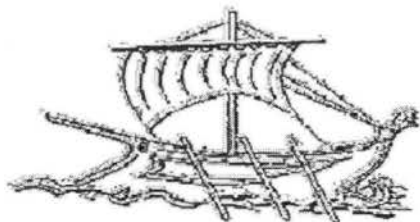


ΜΗ
830

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ**



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”**

Μητσόπουλος Γεώργιος
Τζάνες Γεώργιος



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Ζαφειράκης Δημήτριος

Αθήνα / Σεπτέμβρης 2013

1. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σύγχρονη εποχή εφαρμόζονται νόμοι με στόχο την ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων για κατανάλωση ενέργειας, διότι τα ενεργειακά αποθέματα διαρκώς μειώνονται. Έτσι είναι αναγκαίο ελαχιστοποιηθεί η δαπάνη λειτουργίας των συστημάτων ελέγχου του μικροκλίματος για την επίτευξη της θερμικής άνεσης εντός της κτιριακής κατασκευής. Ακόμα, με τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας αποφεύγεται η περεταίρω υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την παραγωγή αέριων ρύπων. Στην προσπάθεια διαφύλαξης και ορθολογικής εκμετάλλευσης των αποθεμάτων ενέργειας έλαβε σημαντική θέση και η θερμομόνωση.

Με τη θερμομόνωση πραγματοποιείται εξοικονόμηση ενέργειας παρεμποδίζοντας τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας. «Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι η φθηνότερη, εναλλακτική, ήπια, καθαρή και άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας για την αντιμετώπιση των σύγχρονων οικονομικών και ενεργειακών αναγκών.» , (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 20701-2/2010, σ.).

Η κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες θέρμανσης – ψύξης ενός κτιρίου χωρίς θερμομόνωση, είναι περίπου η τριπλάσια από την κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου με θερμομόνωση, σύμφωνα με το υπουργείο ανάπτυξης της Ελλάδας.

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών στοιχείων και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της κατασκευής. Ο στόχος της θερμομόνωσης σε μια κτιριακή κατασκευή είναι η ελάττωση της ταχύτητας ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα διαχωριστικά τοιχώματα χώρων με διαφορετικές θερμοκρασίες, ώστε να επιτευχθεί ένα ευχάριστο εσωκλίμα με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, τη χειμερινή περίοδο, σκοπός της θερμομόνωσης είναι η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και τη θερινή περίοδο ο περιορισμός της υπερθέρμανσης λόγω

υψηλών προσόδων θερμικής ενέργειας. Ακόμα με τη θερμομόνωση ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών.

1.3 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Μια μορφή ενέργειας είναι η θερμότητα. Ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία, η θερμότητα μεταφέρεται αυθόρμητα πάντα από το σώμα με την υψηλή θερμοκρασία προς το σώμα με την χαμηλή θερμοκρασία. Δηλαδή υπάρχει μια συνεχής ροή θερμότητας από τον εσωτερικό θερμό χώρο ενός κτίσματος, προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα ψυχρότερο γειτονικό χώρο κατά τον χειμώνα, και το αντίστροφο κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Το αποτέλεσμα αυτής της ροής είναι η χρήση ενέργειας από τα συστήματα θέρμανσης - ψύξης για την αντιμετώπιση των θερμοκρασιακών μεταβολών ούτως ώστε να παραμείνει το αίσθημα της θερμικής άνεσης από τον χρήστη του χώρου. Ο περιορισμός της μετάδοσης θερμότητας, οπότε και της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με την θερμομόνωση του κελύφους.

1.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

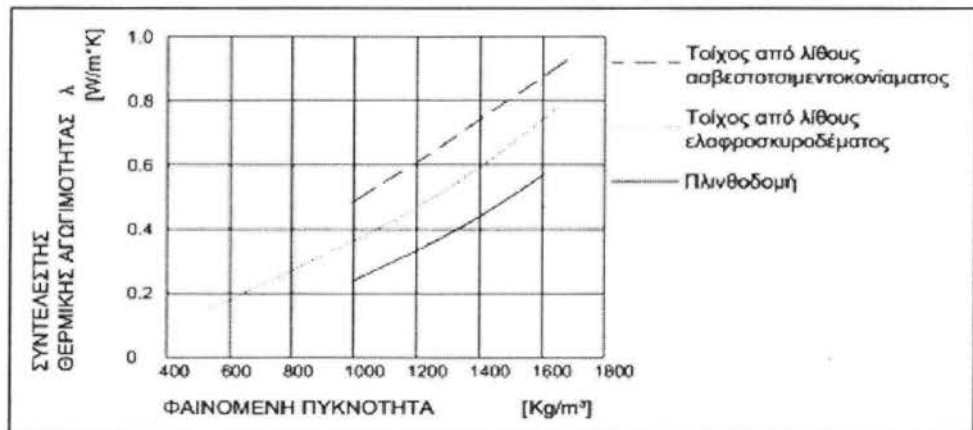
Η θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου αλλά και ολόκληρου του κελύφους είναι ο σωστός συνδυασμός της διατομής και των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των χρησιμοποιούμενων υλικών, όπως και η σωστή εφαρμογή τους, που θα έχει ως αποτέλεσμα τον εντός συγκεκριμένων ορίων συντελεστή θερμοπερατότητας. Όπως ορίζετε στην Ελλάδα από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, Κ.Εν.Α.Κ., η εξέταση της θερμομονωτικής επάρκειας θα πρέπει να γίνει για κάθε δομικό στοιχείο αλλά και για το κτιριακό κέλυφος στο σύνολο του.

1.4.1 Χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων

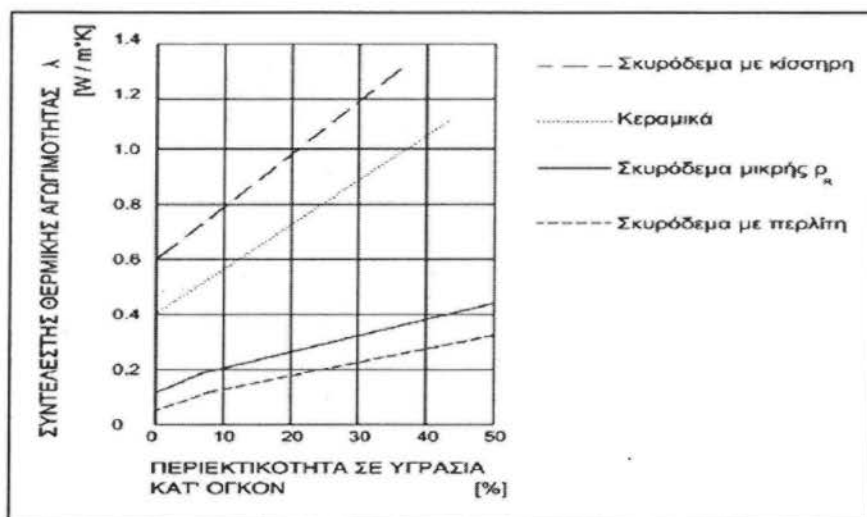
Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων που ορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτίσματος είναι:

- I. **Η θερμομονωτική ικανότητα U**, που ορίζεται ως την ποσότητα που διέρχεται από επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου στρώσης υλικού σε μία ώρα όταν μεταξύ των επιφανειών της υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας 1 Kelvin. Οι μονάδες μέτρησης της θερμομονωτικής

ικανότητας είναι $\frac{W}{m^2 \cdot K}$, $\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot \theta_C}$. Το αντίστροφο της θερμομονωτικής ικανότητας είναι η αντίσταση θερμοδιαφυγής των κατασκευαστικών στοιχείων, δηλαδή $U=1/\lambda$. Η θερμομονωτική ικανότητα εξαρτάται από των συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ο οποίος είναι εξαρτώμενος από τις ιδιότητες των υλικών που συνθέτουν την κατασκευή. Ο **συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ** , εκφράζει τη θερμική ισχύ που διέρχεται μέσα από απέναντι πλευρές κύβου από ομοιογενές και ισότροπο υλικό ακμής ενός μέτρου, όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή και ίση με 1 Kelvin. Μονάδα μέτρησης είναι το $\frac{W}{m \cdot K}$. Η μικρότερη τιμή του λ υποδηλώνει μεγαλύτερη παρεμπόδιση της μετάδοσης θερμότητας. Υλικά με τιμή λ από 0,04 έως 0,1 θεωρούνται θερμομονωτικά υλικά. Ο συντελεστής λ είναι εξαρτώμενος της φαινόμενης πυκνότητας (Σχήμα 1.1) καθώς και του ποσοστού της περιεχόμενης υγρασίας (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.1 Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, λ , σε συνάρτηση με τη φαινόμενη πυκνότητα, ρR , τοίχου εν ξηρό. (Κορωναίος κ.ά., 2005, σ.9, τόμος 2)



Σχήμα 1.2 Επίδραση του περιεχόμενου ποσοστού υγρασίας στο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, λ , διάφορων δομικών υλικών. (Κορωναίος κ.ά., 2005, σ.10, τόμος 2)

II. Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα δια μέσω των δομικών στοιχείων, που είναι εξαρτώμενος από:

- Το είδος της κατασκευής που διαμορφώνει το περίβλημα ενός χώρου.
- Την επιφάνεια των κουφωμάτων και τον τρόπο συναρμογής τους. Η συνήθης υψηλή τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας καθώς και οι αρμοί επαφής έχουν ως αποτέλεσμα της υψηλές θερμικές απώλειες.
- Την ειδική θερμοχωρητικότητα, C , των δομικών στοιχείων. Η τιμή της ειδικής θερμοχωρητικότητας συνεπάγεται αποθήκευση θερμικής ενέργειας κατά τη λειτουργία της θέρμανσης, και αποβολή αυτής στον προς θέρμανση χώρο με το πέρας της λειτουργίας της θέρμανσης, με αποτέλεσμα την αργή ψύξη του χώρου.

1.4.2 Στοιχεία κτιριακής κατασκευής ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή

Τα στοιχεία ενός κτιρίου που είναι ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή και χρήζουν θερμομόνωσης είναι:

- I. Η οροφή ή η στέγη του κτίσματος. Ο λόγος είναι ότι είναι άμεσα εκτεθειμένες στα καιρικά φαινόμενα και έτσι προκαλούνται μεγάλες θερμικές απώλειες. Στην περίπτωση οροφής κάτωθεν μη θερμομονωθίσας στέγης, γίνεται έλεγχος θερμομονωτικής

επάρκειας μόνο στην οροφή. Στην περίπτωση θερμομονωμένης στέγης, ο έλεγχος γίνεται σε αυτή και όχι στην οροφή.

- II. Τα εξωτερικά τοιχώματα, που αποτελούν και την μεγαλύτερη επιφάνεια του κτίσματος, αναλόγως την κατασκευή τους μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες θερμικές απώλειες. Για την σωστή κατασκευή των τοιχωμάτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:
 - Η προστασία του θερμομονωτικού υλικού από την συμπύκνωση υδρατμών.
 - Παρεμπόδιση της διείσδυσης βρόχινων νερών από το εξωτερικό, στην θερμομονωτική πλάκα.
 - Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών.
 - Αποφυγή της διάτρησης των εξωτερικών τοιχωμάτων, διότι ο κίνδυνος καταστροφής της θερμομόνωσης από υγρασία και δημιουργίας θερμογεφυρών αυξάνει.
- III. Τα ανοίγματα, που είναι το πιο ευάλωτα δομικά στοιχεία. Η διείσδυση αέρα από τους αρμούς συναρμογής των πλαισίων καθώς και τα υλικά κατασκευής θα καθορίσουν τις θερμικές απώλειες των στοιχείων αυτών.
- IV. Το κατώτερο δάπεδο του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή είναι εκτεθειμένο στο εξωτερικό περιβάλλον (πχ. πλάκα σε πυλωτή). Υπάρχουν περιπτώσεις όμως που το δάπεδο δεν χρήζει θερμικής προστασίας.
- V. Οι πρόβολοι και οι προεξοχές της πλάκας, λειτουργούν ως θερμογέφυρες χωρίς θερμική προστασία, και εκτός των θερμικών απωλειών πολλές φορές προκαλούν και συμπύκνωση ατμών. Η μόνωση τους είναι δύσκολη και δαπανηρή.

1.5 ΥΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η θερμομονωτική ικανότητα ενός υλικού εξαρτάται από το πορώδες του. Περισσότεροι πόροι και με μικρότερο μέγεθος θα σημάνουν μεγαλύτερη θερμομονωτική ικανότητα. Η διάφορες καταπονήσεις (μηχανικές, υγροθερμικές και φυσικοχημικές) επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά των χρησιμοποιηθέντων υλικών θερμομόνωσης. Για παράδειγμα, εάν τα υλικά γεμίσουν τους πόρους τους με νερό,

λόγω υγρασίας θα μειωθεί η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού, αφού η θερμοαγωγιμότητα του νερού είναι 23 φορές μεγαλύτερη αυτής του αέρα. Για τον λόγο αυτό η επιλογή τους γίνεται με συγκεκριμένα κριτήρια. Η εξέταση των υλικών γίνεται ως προς τα θερμοτεχνικά τους χαρακτηριστικά (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, ειδική θερμοχωρητικότητα, συντελεστής θερμικής διαστολής), τον τρόπο εφαρμογής τους, της μηχανικές τους ιδιότητες (αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, γήρανση), την χημική τους συμπεριφορά (αντίσταση στη διάβρωση, συμπεριφορά στην υγρασία και στις μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας) καθώς και τα οικονομικά τους στοιχεία (Κόστος εγκατάστασης, κόστος αγοράς, χρόνος απόσβεσης δαπάνης). Συνήθη χρησιμοποιούμενα υλικά είναι η εξηλασμένη/ διογκωμένη πολυστερίνη, πετροβάμβακας, PVC, θερμομονωτικά τούβλα, φελλός, περλιτοειδή, πολυουρεθάνη.

1.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

1.6.1. Τρόποι εφαρμογής θερμομόνωσης σε δομικά στοιχεία

- I. Υπάρχουν 3 τρόποι εφαρμογής τις θερμομόνωσης σε τοιχοποιία:
 - Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.
 - Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.
 - Θερμομόνωση στον πυρήνα της τοιχοποιίας .
- II. Η εφαρμογή τις θερμομόνωσης σε υποστυλώματα και δοκούς και γίνεται με τους εξής δύο τρόπους:
 - Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά του στοιχείου.
 - Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά του στοιχείου.
- III. Σε μία επίπεδη ή κεκλιμένη οροφή το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί:
 - Κάτω από την πλάκα.
 - Πάνω από την πλάκα.
- IV. Η θερμομόνωση στέγης σημαίνει χρήση του χώρου της σοφίτας. Η θερμομόνωση της γίνεται:
 - Στην εσωτερική επιφάνεια της στέγης.
 - Τοποθέτηση ανάμεσα από τα κεραμίδια και τα καδρόνια.
- V. Η θερμομόνωση δαπέδου εβρισκόμενο σε επαφή με το έδαφος γίνεται:
 - Στην άνω επιφάνεια της πλάκας.
 - Στην κάτω επιφάνεια της πλάκας.

VI. Θερμομόνωση κουφωμάτων

- Υλικό κατασκευής των κουφωμάτων.
- Τοποθέτηση φράγματος ροής θερμότητας στον πυρήνα του κουφώματος.

VII. Υαλοστάσια

- Χρήση διπλών ή τριπλών υαλοστασίων.
- Χρήση θερμομονωτικού αερίου στο διάκενο (αέρας, αργό, κρύπτο).
- Χρήση επίστρωσης χαμηλής εκπομπής ακτινοβολίας από το στοιχείο.

1.6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τρόπου εφαρμογής θερμομονωτικού υλικού

1.6.2.1. Θερμομόνωση τοποθετημένη στην εσωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων

Η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού στην εσωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων συνηθίζεται σε παραθεριστικές κατοικίες, δημόσια κτίρια, κτίρια γραφείων, όπου δεν ενδιαφέρει η αποθήκευση ενέργειας στα δομικά στοιχεία, δηλαδή προτιμάται η άμεση ψύξη/απόψυξη του χώρου.

I. Τα πλεονεκτήματα τοποθέτησης της θερμομόνωσης εσωτερικά των δομικών στοιχείων έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Γρήγορη, απλή τοποθέτηση.
- Οικονομική κατασκευή, σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση.
- Άμεση απόδοση του συστήματος Θέρμανσης/Ψύξης.
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από το εξωτερικό περιβάλλον.

II. Τα μειονεκτήματα της τοποθέτησης του θερμομονωτικού υλικού στην εσωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων έχει τα εξής μειονεκτήματα:

- Δημιουργία περισσότερων θερμογεφυρών, σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση.
- Γρήγορη ψύξη/απόψυξη του χώρου μετά τη διακοπή της λειτουργίας της θέρμανσης – Ψύξης.
- Τα δομικά στοιχεία μένουν απροστάτευτα στις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος και έτσι καταπονούνται, λόγω των συστολών διαστολών.

- Μεγαλύτερη πιθανότητα δημιουργίας επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών. Η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών είναι αναγκαία
- Μείωση ωφέλιμου εμβαδού από τον εσωτερικό χώρο.

1.6.2.2. Θερμομόνωση τοποθετημένη στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων

Η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων συνηθίζεται σε μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία και όπου ενδιαφέρει η απόδοση ενέργειας στα δομικά στοιχεία κατά διάρκεια λειτουργίας της ψύξης - θέρμανσης και έπειτα κατά τη διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης ελέγχου του μικροκλίματος η απόδοση της θερμότητας, ούτως ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ήπια η θερμοκρασιακή μεταβολή και πιο κοντά στην επιθυμητή θερμοκρασία εντός του χώρου.

I. Τα πλεονεκτήματα τοποθέτησης της θερμομόνωσης στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

- Αποθήκευση ενέργειας εντός των δομικών στοιχείων, και απόδοση της πίσω στο χώρο με τη διακοπή λειτουργίας της θέρμανσης. Η ποσότητα αυτής της ενέργειας εξαρτάται από την θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων που θα την αποθηκεύσουν.
- Αποτέλεσμα της παραπάνω ιδιότητας είναι και η χρήση της θέρμανσης για λιγότερο χρονικό διάστημα, επομένως και η επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας.
- Προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων από τις έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές επομένως και των συστολών διαστολών που τα καταπονούν.
- Ελάχιστες θερμογέφυρες.

II. Τα μειονεκτήματα τοποθέτησης της θερμομόνωσης στην εξωτερική επιφάνεια είναι:

- Αύξηση περιμέτρου του κτιρίου.
- Μεγάλο κόστος εφαρμογής.
- Δύσκολη εφαρμογή, ιδίως σε κτίρια με έντονα μορφολογικά χαρακτηριστικά.

1.6.2.3. Θερμομόνωση στον πυρήνα του δομικού στοιχείου

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις

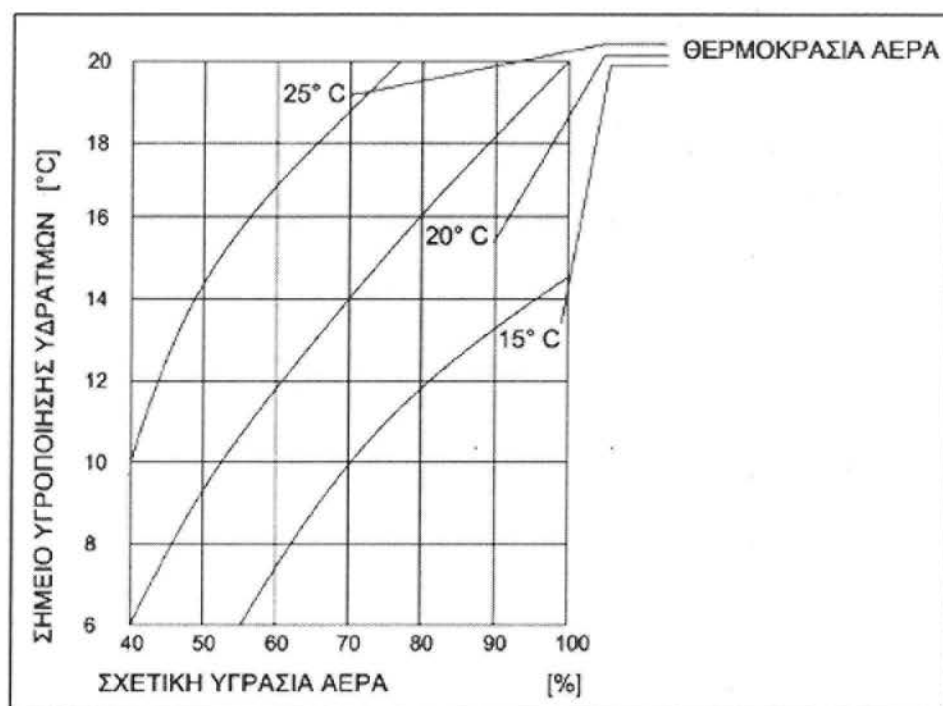
θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετηθεί θερμική μόνωση στο διάκενο. Σε περίπτωση κατασκευής τοίχου από τούβλα, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό επιμέρους τοίχο στο εσωτερικό φύλλο, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και του εξωτερικού μετώπου των θερμομονωτικών πλακών. Ένα καθαρό κενό πάχους 50 mm, είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Όπως έχει προαναφερθεί, εάν ένα θερμομονωτικό υλικό βραχεί, αλλοιώνονται τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του. Επειδή σε ένα διπλό τοίχο είναι σίγουρο ότι θα δημιουργηθεί εσωτερικά υγρασία, είτε από την άμεση εισχώρηση βροχής είτε από τις διαφορές θερμοκρασίας που αναπτύσσονται, θα πρέπει να επιλεγεί ένα υλικό με υψηλή αντίσταση υδροαπορροφητικότητας, ούτως ώστε να μην αχρηστευτεί σε σαν μονωτικό υλικό σε μικρό χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της θερμομόνωσης στον πυρήνα είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας στον μισό, εσωτερικό τοίχο και επιστροφή αυτής στον χώρο όταν σταματήσει να λειτουργεί η θέρμανση, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου στην εξωτερική του επιφάνεια. Τα μειονεκτήματα αυτής της πρακτικής είναι:

- Ταχεία διάβρωση του οπλισμού. Η χρήση υλικών που έχουν μειωμένη δυνατότητα αναπνοής συνεισφέρουν στην δημιουργία διαφοράς θερμοκρασίας του μονωτικού υλικού – σκυροδέματος, με αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπυκνωμένων υδρατμών, σημείο δρόσου, επάνω στον οπλισμό, διαβρώνοντας τον.
- Μεγάλη πιθανότητα αστοχιών (φωλιές, ακάλυπτοι οπλισμοί). Η τοποθέτηση των μονωτικών υλικών στα καλούπια κατά τη σκυροδέτηση θα πρέπει να αποφεύγεται λόγω του αυξημένου κινδύνου αστοχιών.
- Αδυναμία επισκευών – επεμβάσεων.
- Δραματική μείωση σεισμικής επάρκειας.
- Σημείο δρόσου μεταξύ μονωτικού υλικού και φέροντος οργανισμού.
- Μικρά πάχη μόνωσης.
- Δημιουργία πολλών θερμογεφυρών.

1.7 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ

Τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των θερμομονωτικών υλικών (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, ειδική θερμοχωρητικότητα, συντελεστής θερμικής διαστολής), αλλοιώνονται όταν βραχούν. Όταν ο αέρας είναι κορεσμένος, δηλαδή δεν μπορεί να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς, η σχετική υγρασία είναι 100%. Η θερμοκρασία αυτή είναι η θερμοκρασία δρόσου. Εάν ψυχθούν οι υδρατμοί, τότε αυτοί θα μετατραπούν σε σταγόνες δρόσου που θα προσκολληθούν στην επιφάνεια του στοιχείου, π.χ. ενός τοίχου και λόγω της υψηλής υδροαπορροφητικότητας που συνήθως έχουν τα θερμομονωτικά υλικά, να απορροφηθεί και να αλλοιώσει της ιδιότητες του υλικού. Η θερμοκρασία αυτή εξαρτάται μόνο από την ποσότητα των υδρατμών που περιέχει 1κ.β. αέρος δηλαδή εξαρτάται από την απόλυτη υγρασία, επομένως μπορεί να είναι οποιαδήποτε θερμοκρασία πάνω από τους μηδέν βαθμούς κελσίου. Η απόλυτη υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι αυτή που ευθύνεται κυρίως για την υγρασία στον χώρο. Η τιμή της απόλυτης υγρασίας αυξάνει ακόμα από τον εσωτερικό χώρο και τη χρήση του (αναπνοή ενοίκων, από τα φοιτά, το λουτρό, το μαγείρεμα κ.α.). Η απόλυτη υγρασία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε ένα χώρο καθώς η κίνηση του αέρα εξομοιώνει τις διαφορές συγκέντρωσης υδρατμών, ενώ η σχετική υγρασία λόγω του ότι επικρατούν διαφορετικές θερμοκρασίες στο χώρο διαφέρει. Συγκεκριμένα, εάν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, τότε η σχετική υγρασία είναι υψηλή. Το αντίθετο συμβαίνει εάν η θερμοκρασία είναι υψηλή.



Σχήμα 1.3 Το σημείο υγραποίησης των υδρατμών σε συνάρτηση με τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία του αέρα (Κορωναίος κ.ά., 2005, σ.35, τόμος 2)

Οι επιφάνειες που έχουν χαμηλή θερμοκρασία και προκαλούν την επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών συνήθως είναι μη καλά θερμομονωμένες επιφάνειες, θερμογέφυρες, επιφάνειες με υψηλή υδατοπεροτότητα και επιφάνειες μακριά από θερμαντικά σώματα, γι' αυτό το λόγο η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση του χώρου εξετάζεται σοβαρά κατά την μελέτη της θέρμανσης. Ακόμα υπάρχει περίπτωση διαπίδυσης υδρατμών, δηλαδή συμπύκνωσης υδρατμών μεταξύ θερμομονωτικού και φέροντος υλικού. Στη περίπτωση που το φέρον υλικό είναι μεταλλικό υπάρχει και ο κίνδυνος οξείδωσης του.

Ακόμα, η υγρασία προκαλεί σπατάλη ενέργειας από το σύστημα θέρμανσης, καθώς αυτό λειτουργεί αρκετή ώρα μόνο για το στέγνωμα των υγρών στοιχείων όπως υγρών σοβάδων, υγρού σκυροδέματος.

Για την αποφυγή των παραπάνω πρέπει να εξετάζονται η χημική συμπεριφορά των θερμομονωτικών υλικών προς την υγρασία, η υδατοπεροτότητα του στοιχείου που τοποθετείται το θερμομονωτικό υλικό, η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση στο χώρο κατά τη μελέτη της θέρμανσης και εάν η θερμομόνωση είναι τοποθετημένη στον πυρήνα τότε βάσει τους βαθμούς έκθεσης θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές

διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και του εξωτερικού μετώπου των θερμομονωτικών πλακών.

Η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών αποτελεί μια λύση στο πρόβλημα. Το φράγμα υδρατμών τοποθετείται πριν από τη στρώση στην οποία γίνεται η υγροποίηση των υδρατμών, κατά την κατεύθυνση της διαπίδυσης των υδρατμών. Συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ασφαλτόχαρτα, πισσόχαρτα και πλαστικά χρώματα, μη υδατοπερατά.

1.8 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

Οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου όπου διαφοροποιείται η θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων σε σχέση με τις γειτονικές τους ονομάζονται θερμογέφυρες. Οι θερμογέφυρες προκαλούνται είτε επειδή διακόπτεται η στρώση της θερμομόνωσης είτε επειδή το υλικό διαφοροποιείται κατά μήκος του δομικού στοιχείου είτε αλλάζει η γεωμετρία της διατομής. Σε αυτές τις θέσεις παρατηρείτε μεταβολή της ροής θερμότητας και της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας.

Οι θερμογέφυρες επιβαρύνουν τη θερμική προστασία του κελύφους επηρεάζοντας τη θερμική του συμπεριφορά και μειώνοντας την αίσθηση της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Συγκεκριμένα, από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσανξάνουν την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου συγκριτικά με την θεωρητικά υπολογιζόμενη από 5% μέχρι και 30%. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από το πλήθος των θερμογεφυρών το οποίο έχει να κάνει με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτίσματος καθώς και τον όγκο του.

Πολλές φορές, οι θερμογέφυρες είναι υπαίτιες για την επιφανειακή συμπύκνωση υδρατμών στα δομικά στοιχεία όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, επομένως και για τις διάφορες φθορές που προκαλούνται από τις σταγόνες δρόσου σε αυτά.

Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στις γραμμικές και στις σημειακές:

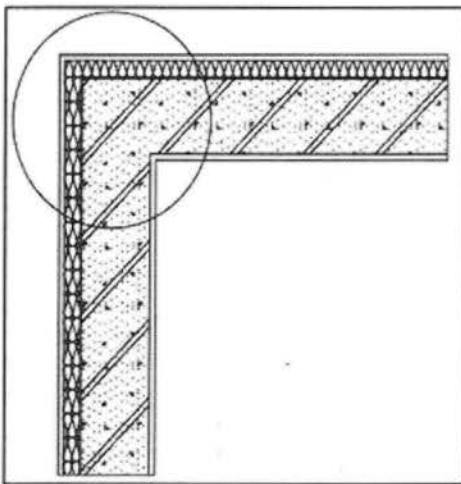
- Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα

δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας δεν μπορεί να ισχύσει.

- Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών, στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα.

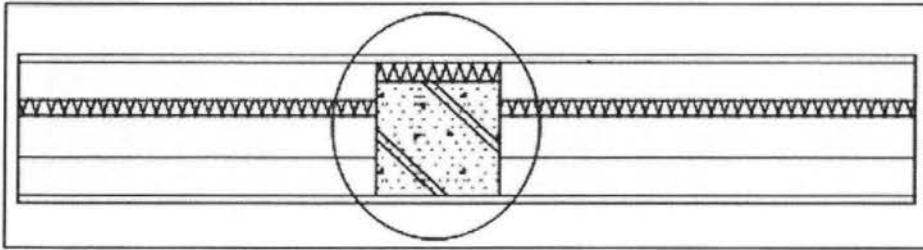
Οι γραμμικές θερμογέφυρες διακρίνονται σε τρεις τύπους βάσει των αιτιών που τις προκάλεσαν, τις γεωμετρικές, τις κατασκευαστικές καθώς και στον συνδυασμών των δύο προηγούμενων τύπων:

- Οι γεωμετρικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική, π.χ. στη θέση κάθετης τομής δύο εξωτερικών δομικών στοιχείων με τη συνέχεια της θερμομόνωσης να μην διακόπτεται (γωνία). Σ' αυτήν την περίπτωση επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας. Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ροών, η τιμή του γραμμικού συντελεστή της συγκεκριμένης θερμογέφυρας διαφοροποιείται. Στην περίπτωση χρήσης εσωτερικών διαστάσεων παίρνει θετικές τιμές, ενώ στην περίπτωση χρήσης εξωτερικών διαστάσεων παίρνει αρνητικές, λειτουργώντας στην ουσία ως διόρθωση στους υπολογισμούς των ροών θερμότητας με παραδοχή μονοδιάστατης ροής. Ωστόσο για τους υπολογισμούς κατά τους ελληνικούς κανονισμούς, θα πρέπει παντού να γίνεται χρήση των εξωτερικών διαστάσεων.



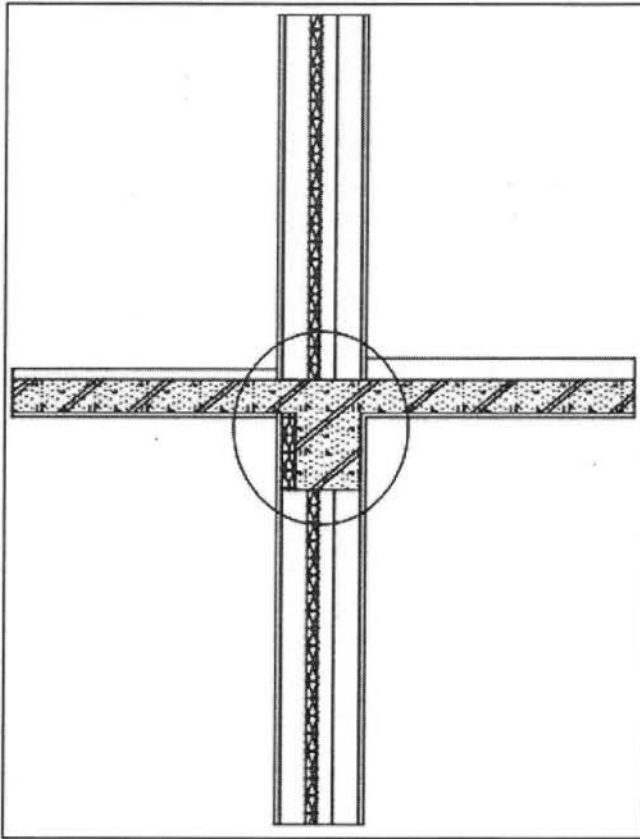
Σχήμα 1.4 Απεικόνιση γεωμετρικής θερμογέφυρας (Αζαρή Κλειώ, σ.25)

- Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, π.χ. στις θέσεις ένωσης δοκού με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σε αυτήν την περίπτωση αναπτύσσεται έντονη δισδιάστατη ροή θερμότητας στην περιοχή της ασυνέχειας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Σε αυτές τις θερμογέφυρες η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι πάντα θετική.



Σχήμα 1.5 Απεικόνιση κατασκευαστικής θερμογέφυρας (Αζαρή Κλειώ, σ.25)

- Ο συνδυασμός γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας, π.χ. σε ένα γωνιακό υποστύλωμα θερμομονωμένο εξωτερικά, στο οποίο εφάπτονται δύο κάθετες μεταξύ τους τοιχοποιίες με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζονται αυξημένες ροές θερμότητας και μειωμένη εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας μπορεί να λάβει, ακόμη και με χρήση εξωτερικών διαστάσεων για τους υπολογισμούς των ροών θερμότητας, τιμή αρνητική, θετική ή μηδενική ανάλογα με την περίπτωση.



Σχήμα 1.6 Απεικόνιση συνδυασμού γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας (Αζαρλή Κλειώ, σ.25)

1.9 ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας γίνεται βάση τις Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, με τίτλο «θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010).

Κατά τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε το προς έλεγχο κτίσμα εξετάζεται ως προς τον συντελεστή θερμοπερατότητας (U) σε δύο στάδια:

- Το πρώτο στάδιο είναι η σύγκριση του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου ($U_{\text{στοιχείου}}$), ξεχωριστά, με τον αντίστοιχο μέγιστο επιτρεπτό συντελεστή από τον κανονισμό (U_{max}). Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας που θέτει ως όριο ο κανονισμός είναι εξαρτώμενος της κατηγορίας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, καθώς και η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίσμα. Θα πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$U_{\text{στοιχείου}} \leq U_{\text{max}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.1)$$

- Στο δεύτερο στάδιο γίνεται σύγκριση της μέσης τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτίσματος (U_m) με τον αντίστοιχο μέγιστο επιτρεπτό συντελεστή θερμοπερατότητας από τον κανονισμό ($U_{m,max}$). Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτίσματος ορίζεται από την κλιματική ζώνη που ανήκει το κτίσμα καθώς και από τον λόγο της ολικής εξωτερικής επιφάνειας με τον όγκο της οικοδομής.

$$U_m \leq U_{m,max} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.2)$$

1.9.1 Βασικές σχέσεις

Με τη παραδοχή ότι η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου θα αντιμετωπιστεί ως μονοδιάστατο μέγεθος και με μία διεύθυνση, η οποία διεύθυνση είναι κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας μια ομογενής στρώση ενός δομικού υλικού μπορεί να υπολογιστεί από τον εξής τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.3)$$

Όπου $R \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η προβαλλόμενη από το υλικό αντίσταση στη ροή θερμότητας,

d [m] το πάχος της στρώσης του δομικού υλικού και

$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας που έχει το δομικό υλικό.

Τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Σε περίπτωση που τα δομικά στοιχεία δεν μπορούν να θεωρηθούν ομογενή, όπως μια τοιχοποιία αποτελούμενη από οπτόπλινθους και συνδετικό κονίαμα, τότε συνήθως παρέχεται από τον κατασκευαστή ο ισοδύναμος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της τοιχοποιίας, στον οποίο έχει ληφθεί υπόψη η ομοιογένεια που προκαλεί το συνδετικό κονίαμα. Τότε η τοιχοποιία θα αντιμετωπισθεί ως ομογενής. Ακόμα οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρούνται ανεξάρτητες από το χρόνο και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες, είναι δηλαδή σε στάσιμη κατάσταση.

Για τον υπολογισμό του συνόλου των θερμικών αντιστάσεων ενός δομικού στοιχείου με πολλές στρώσεις υλικών χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n R_j = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.3)$$

Όπου $R_{\Lambda} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η θερμική αντίσταση ενός δομικού στοιχείου με πολλές στρώσεις δομικών υλικών και

$R_j \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η θερμική αντίσταση του έκαστου δομικού υλικού.

Η σειρά των στρώσεων στο δομικό στοιχείο επηρεάζει σημαντικά την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του δομικού στοιχείου καθώς η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στην εσωτερική επιφάνεια περιορίζει την ικανότητα του δομικού στοιχείου να αποθηκεύει την ενέργεια. Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης στην εξωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου θα μεγαλώσει τη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Βέβαια η θερμοχωρητικότητα είναι μέγεθος κυρίως εξαρτώμενο από τη μάζα του δομικού στοιχείου. Η αποθηκευμένη ενέργεια επιστρέφει στο εσωτερικό του χώρου όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας του δομικού στοιχείου είναι χαμηλότερη από αυτή του εσωτερικού χώρου.

Η θερμική αντίσταση ενός δομικού στοιχείου πρέπει να λάβει υπόψη και την μετάδοση θερμότητας με συναγωγή, γι' αυτό θα πρέπει σε ένα δομικό στοιχείο να συμπεριληφθεί και η αντίσταση που προβάλλει ο αέρας εκατέρωθεν των όψεων του. Έτσι προκύπτει η εξίσωση:

$$R_{o\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.4)$$

Όπου $R_{o\lambda} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

$n [-]$ το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το

επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση θερμότητας από την επιφάνεια του δομικού στοιχείου προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου ($U_{\text{στοιχείου}}$) ορίζεται ως:

$$U = \frac{1}{R_{o\lambda}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.5)$$

1.9.2 Μεθοδολογία υπολογισμού

Η μεθοδολογία υπολογισμού που ακολουθείται είναι αυτή που ορίζει το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε με τίτλο «ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ». Κατά τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας και η θερμομόνωση όλων των επιμέρους δομικών στοιχείων του κελύφους που περικλείουν τη θερμαινόμενη περιοχή του κτιρίου. Όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν μεταξύ τους δύο διαφορετικά διαμερίσματα του ίδιου κτηρίου ή χώρους με διαφορετική χρήση ή χώρους με διαφορετικά ωράρια λειτουργίας, κρίνεται σκόπιμο να θερμομονώνονται χωρίς ωστόσο αυτό να αποτελεί υποχρέωση.

1.9.3 Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Για τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων γίνεται χρήση του τύπου :

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{\delta} + R_a} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.6)$$

Όπου $R_{\delta} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα πρακτικά ακίνητου μεταξύ των στρώσεων του δομικού στοιχείου.

1.9.3.1 Κλειστό διάκενο αέρα ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου

Ο αέρας του διακένου ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου που δεν έρχεται σε επαφή με το εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου εξωτερικό περιβάλλον θεωρείται πρακτικά ακίνητος και λαμβάνει τιμές από τον πίνακα 4α των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010. Οι τιμές του πίνακα δίνονται για σ τρώση αέρα που ορίζεται μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών, οι οποίες είναι κάθετες στην κατεύθυνση της θερμικής ροής και υπό τις προϋποθέσεις ότι:

- ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δομικό στοιχείο, δηλαδή δεν έχει εναλλαγές με το εξωτερικό περιβάλλον εκατέρωθεν των όψεων του δομικού στοιχείου.
- Η στρώση αέρα έχει πάχος μικρότερο του $1/10$ εκάστης των άλλων δύο διαστάσεων και πάντως όχι μεγαλύτερο των 30 cm.
- Ως οριζόντια θεωρείται η θερμική ροή που παρουσιάζει απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο μέχρι $\pm 30^\circ$.

Στην περίπτωση που ο αέρας του διάκενο βρίσκεται σε επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον μιας των όψεων του δομικού στοιχείου μέσω οπών είτε κάποιου τύπου ανοιγμάτων, αδιαφόρως του μεγέθους αυτών των ανοιγμάτων, τότε θεωρείται ήπια κινούμενος.

Η αντίσταση που θα προβάλλει αυτή η στρώση αέρα στην ροή θερμότητας θεωρείται ίση με την αντίσταση που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην εσωτερική όψη του δομικού στοιχείου.

$$R_{\delta} = R_i \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.7)$$

Οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του διακένου δεν συμπεριλαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας.

Όταν η στρώση αέρα εντός του διακένου βρίσκεται σε επικοινωνία με το εσωτερικό περιβάλλον τότε στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας δεν λαμβάνονται υπόψη οι αντιστάσεις των στρώσεων του δομικού στοιχείου μεταξύ του

διακένου και του εσωτερικού περιβάλλοντος. Η τιμή της θερμικής αντίστασης θεωρείται ίση με αυτή του εσωτερικού επιφανειακού στρώματος αέρα R_i .

Εάν το διάκενο επικοινωνεί με το εσωτερικό καθώς και το εξωτερικό περιβάλλον, τότε το δομικό στοιχείο θεωρείτε ότι δεν προσφέρει θερμομονωτική προστασία στο κτίσμα.

1.9.3.2 Δομικά στοιχεία προς μη θερμαινόμενους χώρους

Ως μη θερμαινόμενος χώρος ορίζεται κάθε κλειστός χώρος που δεν θερμαίνεται και περιλαμβάνεται στον όγκο του κτηρίου ή βρίσκεται στην περίμετρό του. Ο μη θερμαινόμενος χώρος δεν συμπεριλαμβάνεται στο θερμομονωτικά προστατευόμενο όγκο του κτηρίου και εφόσον διαχωρίζεται από τους λοιπούς θερμαινόμενους χώρους με κοινά προς αυτούς δομικά στοιχεία, αυτά οφείλουν να θερμομονώνονται πλήρως και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού (πίνακας 6).

Συνήθως μη θερμαινόμενοι χώροι είναι:

- Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν θερμαίνονται.
- Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου ή σε επαφή με αυτό και δεν διαθέτουν θέρμανση.
- Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.
- Κάθε κλειστός χώρος που από τη φύση της λειτουργίας του δεν θερμαίνεται (π.χ. βιομηχανικά εργαστήρια).

Θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι, αδιαφόρως αν θερμαίνονται ή όχι, βοηθητικοί χώροι και μικρές αποθήκες που συνυπολογίζονται στον ωφέλιμο χώρο ενός διαμερίσματος και έχουν συνεχή χρήση στη λειτουργικότητα του κτηρίου.

Οι κοινόχρηστη χώροι όπως ο χώρος της εισόδου μονοκατοικίας ή πολυκατοικίας, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας κ.α. χώροι μπορούν να θεωρηθούν είτε ως θερμαινόμενοι είτε ως μη θερμαινόμενοι. Εάν θεωρηθούν θερμαινόμενοι τότε ισχύει γι' αυτούς ότι ισχύει για κάθε θερμαινόμενο χώρο. Εάν θεωρηθούν μη θερμαινόμενοι τότε πρέπει να εξαιρεθούν της θερμομονωτικά προστατευμένης περιοχής του κτιρίου από τον μελετητή.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου που διαχωρίζει ένα θερμαινόμενο από ένα μη θερμαινόμενο χώρο εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και χρησιμοποιείται η ίδια σχέση (2.6), λαμβάνοντας όμως τη θερμική αντίσταση του επιφανειακού στρώματος αέρα προς το μη θερμαινόμενο χώρο ίση με αυτήν του εσωτερικού, σχέση (2.7).

1.9.3.3 Δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας σε ένα δομικό στοιχείο που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος γίνεται στον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας (U) αυτού. Για τον υπολογισμό όμως του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτίσματος (U_m) πρέπει να ληφθεί υπόψη ένας ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας (U').

Η σχέση υπολογισμού του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας (U) είναι η (2.6). Ωστόσο θα πρέπει να μηδενιστεί η εξωτερική αντίσταση της θερμικής μετάβασης, δηλαδή:

$$R_a = 0 \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.8)$$

Ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας (U') για ένα κατακόρυφο δομικό στοιχείο είναι διαφορετικός από ότι για ένα οριζόντιο δομικό στοιχείο:

- Για κατακόρυφο δομικό στοιχείο, ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας (U'_{TB}) εξαρτάται από το βάθος έδρασης του δομικού στοιχείου (Z) καθώς και από τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του δομικού στοιχείου. Η τιμή του βρίσκεται στον πίνακα 9.β των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010. Στην περίπτωση που η τιμή του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν εμπίπτει με αυτές του πίνακα, τότε ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας θα προκύψει κάνοντας γραμμική παρεμβολή στον πίνακα αυτό. Εάν το έδαφος είναι επικλινές τότε θα πρέπει να υπολογιστεί ένας ισοδύναμος συντελεστής για το βάθος έδρασης του κάθε στοιχείου. Εάν το κατακόρυφο δομικό στοιχείο ξεκινά από βάθος z_1 και εκτείνεται σε βάθος z_2 από τη στάθμη του εδάφους, ο ισοδύναμος συντελεστής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U'_{TB} = \frac{Z_2 \cdot U'_{TB,Z2} - Z_1 \cdot U'_{TB,Z1}}{Z_2 - Z_1} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.9)$$

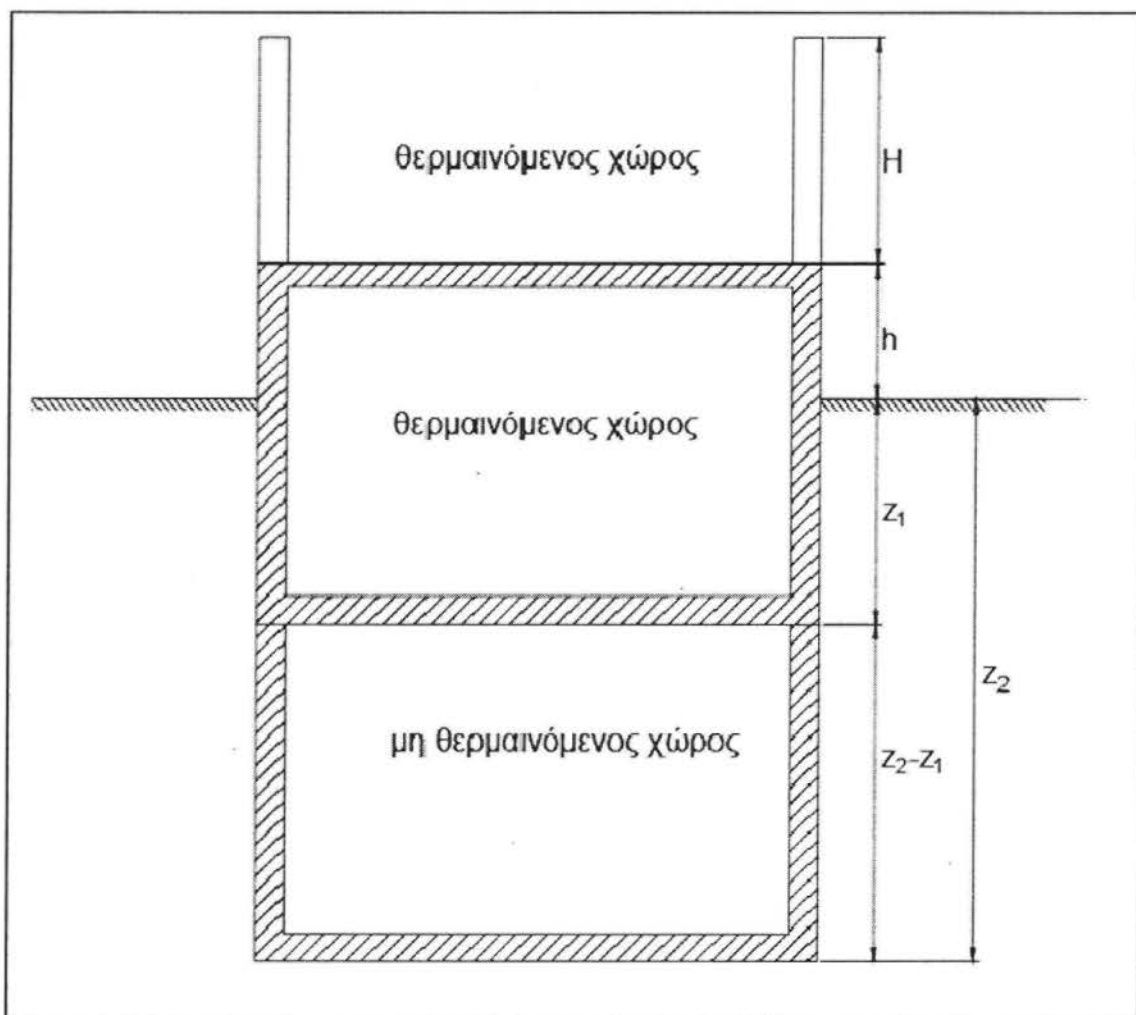
Όπου, $U'_{TB,z1} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του

κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης

z_1 (m),

$U'_{TB,z2} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας του

κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος για βάθος έκτασης z_2 (m).

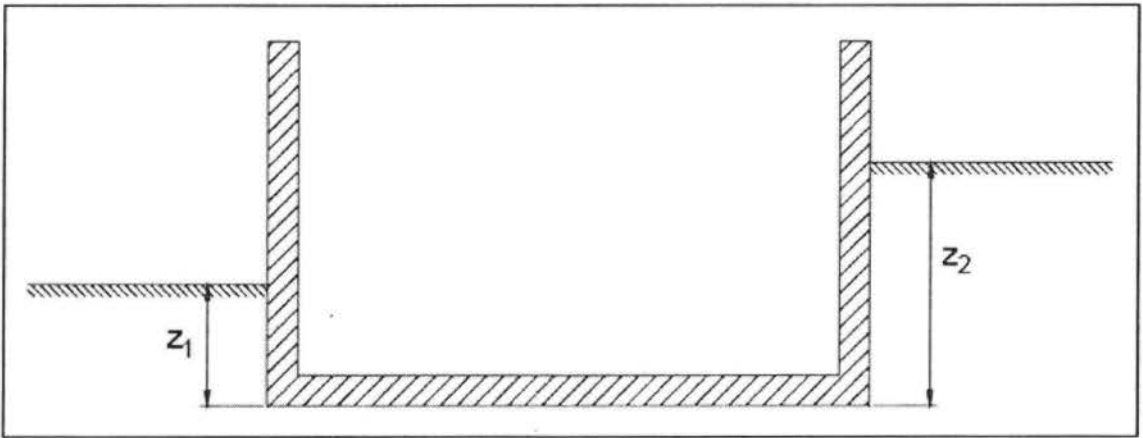


Σχήμα 1.7 Ενδεικτική διατομή κτηρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφου δομικού στοιχείου εντοσκόμενου σε στάθμη χαμηλότερη αυτής της επιφάνειας του εδάφους. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010)

▪ Για οριζόντιο δομικό στοιχείο εβρισκόμενο σε επαφή με το έδαφος, ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_{FB}') εξαρτάται από τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του δομικού στοιχείου, από το βάθος έδρασης του δομικού στοιχείου (Z) και από την χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας (B'). Η τιμή του βρίσκεται από τον πίνακα 9.α των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010.

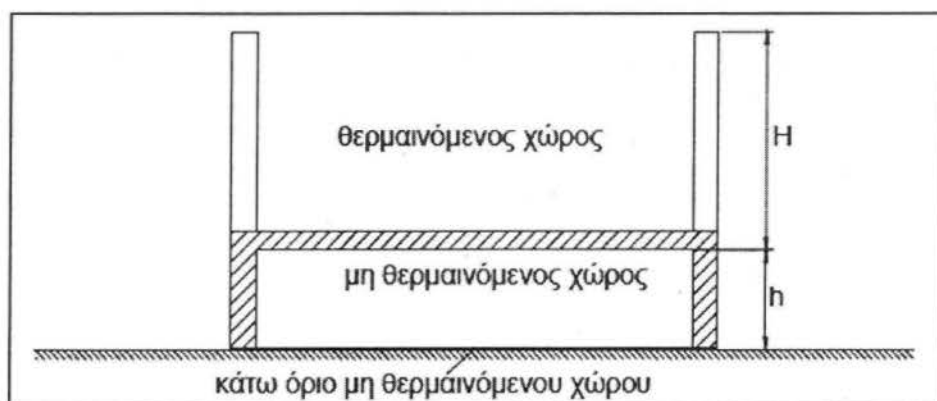
Το βάθος έδρασης του στοιχείου, με διαφορετικές στάθμες έδρασης, λόγω επικλινούς εδάφους ορίζεται ως το μέσο βάθος έδρασης, δηλαδή:

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \text{ (m)} \quad (2.10)$$



Σχήμα 1.8 Ενδεικτική διατομή κτηρίου για τον προσδιορισμό του το βάθους έδρασης πλάκας επί εδάφους με διαφορετικές στάθμες έδρασης λόγω κεκλιμένου εδάφους. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010)

Στην περίπτωση υπερυψωμένης πλάκας, ακόμη και όταν ο υποκείμενος χώρος πληρούται με έδαφος, αυτός λαμβάνεται ως κενός μη θερμαινόμενος χώρος και το κάτω όριο του ως πλάκα εδραζόμενη στο έδαφος με ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας U' ίσο με $4,50 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$.

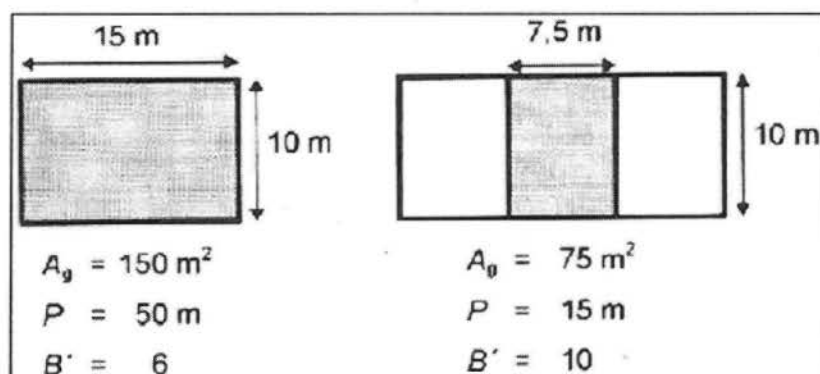


Σχήμα 1.9 Ενδεικτική διατομή κτηρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας πλάκας υπερυψωμένης κατά απόσταση h από τη στάθμη του εδάφους.

Η χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$B' = 2 * \frac{A}{P} \quad (2.11)$$

Όπου, A (m^2) το εμβαδό της πλάκας και P (m) η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας. Ως εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας ορίζεται το άθροισμα των μηκών των πλευρών της πλάκας που δεν έρχονται σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα κτίσματα ή με μη θερμαινόμενους χώρους του ίδιου κτηρίου.



Σχήμα 1.10 Ενδεικτική κάτοψη κτηρίου για τον προσδιορισμό του τρόπου υπολογισμού της εκτεθειμένης περιμέτρου της πλάκας. (Prof. Dr.-Ing. Christian Rechenauer, Heizungstechnik, 2013).

Στην περίπτωση που η τιμή του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου δεν εμπίπτει με αυτές του πίνακα, τότε ο ισοδύναμος

συντελεστής θερμοπερατότητας θα προκύψει κάνοντας γραμμική παρεμβολή στον πίνακα αυτό.

1.9.3.4 Δομικό στοιχείο σε επαφή με όμορο κτήριο

Κατά τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτηρίου στη μελέτη θερμομόνωσης όλα τα δομικά στοιχεία, τα οποία έρχονται σε επαφή με δομικά στοιχεία όμορων κτηρίων, θεωρούνται ως ελεύθερα προς τον εξωτερικό αέρα και κατά τον υπολογισμό το κτίσμα θεωρείται συνολικά ως πανταχόθεν ελεύθερο.

1.9.3.5 Σύνθετα δομικά στοιχεία

Ως σύνθετα δομικά στοιχεία ορίζονται αυτά που προκύπτουν από την εφαρμογή του ίδιου δομικού υλικού με διαφορετικά πάχη κατά τη δόμηση του δομικού στοιχείου ή από την εφαρμογή διαφορετικών δομικών υλικών, τα οποία συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους, παρουσιάζοντας μια σχετική επαναληπτικότητα και διαμορφώνουν ένα δομικό στοιχείο με συγκεκριμένη λειτουργία.

Η θερμομονωτική επάρκεια των στοιχείων αυτών μπορεί να ελεγχθεί:

- Είτε με τον συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε επί μέρους διατομή του σύνθετου δομικού στοιχείου
- Είτε με έναν ενιαίο συντελεστή θερμοπερατότητας, ο οποίος προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας των επί μέρους διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου κατά την αναλογία του εμβαδού που αυτοί καταλαμβάνουν στο συνολικό εμβαδό του δομικού στοιχείου. Ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει από τον τύπο:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j * A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \left[\frac{W}{m^2 * K} \right] \quad (2.12)$$

όπου:

$U \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$ ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου,

n [-] το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου,

$U_j \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου, ο οποίος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο (2.6),

$A_j [m^2]$ η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επί μέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου.

1.9.3.6 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα δομικά στοιχεία των παθητικών ηλιακών συστημάτων, δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια. Ειδικότερα, δεν ελέγχονται ως προς τη θερμομονωτική τους επάρκεια:

- ο τοίχος Trombe, ο τοίχος θερμικής μάζας και γενικώς οποιοσδήποτε τοίχος ή άλλο στοιχείο θερμικής συσσώρευσης,
- το διαχωριστικό δομικό στοιχείο μεταξύ του κυρίως χώρου του κτιρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου, που θα θεωρείται ως εξωτερική επιφάνεια του κελύφους προς μη θερμαινόμενο χώρο, καθώς το προσαρτημένο θερμοκήπιο λογίζεται ως χώρος που δεν θερμαίνεται.

Στα παθητικά συστήματα με η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U) του δομικού στοιχείου λαμβάνεται ίση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη για εξωτερικό τοίχο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για την αντίστοιχη κλιματική ζώνη.

1.9.3.7 Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κλειστών χώρων που διαμορφώνονται μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων ορόφων των κτηρίων και των κεκλιμένων επιστεγάσεων τους που δεν είναι θερμομονωμένες υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα του ενδιάμεσου αυτού χώρου. Η στρώση του αέρα αυτού του χώρου θεωρείται πρακτικά ομογενής και λαμβάνεται υπόψη ως πρόσθετη θερμική αντίσταση. Έτσι, η σχέση υπολογισμού του συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτωθεν μη θερμομονωθήσας στέγης είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_u + R_a} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.8)$$

Όπου $R_u \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$ η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης. Οι τιμές του R_u υπάρχουν στον πίνακα 5 του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20201-2/2010.

1.9.4 Υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων.

Στα διαφανή δομικά στοιχεία η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U_w) υπολογίζεται είτε αναλυτικά είτε γίνεται αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που δίδει ο κατασκευαστής.

Στην περίπτωση του αναλυτικού υπολογισμού η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του διαφανούς δομικού στοιχείου, δηλαδή ενός κουφώματος, προκύπτει από τους συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος και του υαλοπίνακα κατά την ποσοστιαία αναλογία των εμβαδών των δύο υλικών στην επιφάνεια του κουφώματος, λαμβανομένης υπόψη και της γραμμικής θερμογέφυρας που αναπτύσσεται μεταξύ πλαισίου και υαλοπίνακα. Όπως περιγράφεται παρακάτω για μονό και για διπλό κούφωμα. Όταν στο κούφωμα περιλαμβάνονται και αδιαφανή τμήματα, πέραν του πλαισίου, λαμβάνονται και αυτά στον υπολογισμό.

Στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, πίνακες 10α, 10β, δίδονται τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας διάφορων κουφωμάτων συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου τους, του τύπου του υαλοπίνακα τους, της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων καθώς και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα. Εάν το κτίσμα φέρει κουφώματα όμοια με αυτά του πίνακα, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές του πίνακα.

Ανεξαρτήτως του τρόπου υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, αυτός πρέπει να συγκριθεί και να είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπτό συντελεστή θερμοπερατότητας που προβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ. , πίνακα 6 των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010.

Τα είδη κουφωμάτων που οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε αναλύουν, είναι: το μονό κούφωμα, το μονό κούφωμα που περιλαμβάνει πέτασμα, το διπλό κούφωμα καθώς και τα

τοιχοπετάσματα. Στην παρούσα πτυχιακή γίνεται χρήση του αναλυτικού υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός μονού κουφώματος.

1.9.4.1 Αναλυτικός υπολογισμός του U_w ενός μονού κουφώματος

Ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας (U_w) ενός μονού κουφώματος είναι:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.9)$$

όπου $U_w \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος, U_f

$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

$U_g \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),

$A_f \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

$A_g [m^2]$ το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

$l_g [m]$ το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (το μήκος συναρμογής πλαισίου - υαλοπίνακα, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα),

$\Psi_g \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Οι τιμές των παραπάνω συντελεστών παίρνονται από τους πίνακες τιμών των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 :

- ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f) βρίσκεται στον πίνακα 11 και είναι εξαρτώμενος από το υλικό κατασκευής του πλαισίου.
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) υπάρχει στον πίνακα 12, και επιλέγεται βάση του τύπου υάλωσης, των διαστάσεων της, του αερίου στο διάκενο της καθώς και με το αν ο υαλοπίνακας φέρει επιστροφή χαμηλής εκπομπής ή όχι.

Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα αναλυτικού υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (U_g) ωστόσο στην παρούσα πτυχιακή έχει γίνει χρήση μόνο των πινάκων.

- Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ_g) βρίσκεται στον πίνακα 13, όπου επιλέγεται εξαρτώμενος από το υλικό του πλαισίου του κουφώματος καθώς και με το αν υπάρχει επίστρωση χαμηλής εκπομπής ή όχι.

1.9.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ

Οι θερμικές απώλειες κατά μήκος μιας θερμογέφυρας ορίζονται από το γινόμενο:

$$\Psi * l \left[\frac{W}{K} \right] \quad (2.10)$$

Όπου Ψ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$,

l το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που βρίσκεται στο περίβλημα του κτίσματος σε (m).

Χρησιμοποιώντας την απλοποιητική μέθοδος ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας λαμβάνεται από τον πίνακα 15 των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα τιμών 15, οι συνολικές ροές θερμότητας που θα προκύψουν είναι αυξημένες σε σχέση με αυτές που προκύπτουν από τον αναλυτικό υπολογισμό.

Ο πίνακας παρουσιάζει τις τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας με βάση τη θέση εμφάνισης της θερμογέφυρας καθώς και με βάση τη θέση της θερμομόνωσης.

Για να ληφθούν υπόψη και οι ιδιαιτερότητες της κάθε κατασκευής ώστε να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερη η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ στον πίνακα, υπάρχουν προσαυξήσεις/ μειώσεις, αναλόγως τον τύπο κατασκευής.

- Στις κατακόρυφες θερμογέφυρες ο βασικός συντελεστής διορθώνεται στην περίπτωση προεξοχής του ενός εκ των δύο δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στην εσωτερική γωνία, χωρίς ωστόσο να διακόπτεται η συνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, καθώς και στην περίπτωση που διακόπτεται η θερμομόνωση είτε λόγω ύπαρξης κάποιου δομικού στοιχείου είτε λόγω κατασκευαστικού λάθους.

- Για τις οριζόντιες θερμογέφυρες η διόρθωση του βασικού συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας αφορά συνήθως στις περιπτώσεις προεξοχής της πλάκας (πρόβολος), στη διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης, κτλ.

1.9.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ A/V

Για την εύρεση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων γεωμετρικών μεγεθών του κτηρίου.

Για τον υπολογισμό του λόγου A/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτηρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Για την εύρεση του εμβαδού A υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτηρίου. Αντίστοιχα, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτηρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

Στον όγκο του κτηρίου δεν συμπεριλαμβάνονται:

- Ο ανοικτός υπόστυλος χώρος που βρίσκεται στην πυλωτή.
- Ο χώρος της εισόδου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξή του στο δώμα, οι διάδρομοι πολυκατοικίας και γενικώς όλοι οι κοινόχρηστοι χώροι, αν θεωρηθούν ως μη θερμαινόμενοι. Αντίθετα, συμπεριλαμβάνονται κανονικά στον όγκο του κτηρίου αν θεωρηθούν θερμαινόμενοι.
- Οι χώροι των υπογείων, όταν δεν είναι θερμαινόμενοι.
- Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου ή σε επαφή με αυτό, εφόσον δεν θεωρούνται θερμαινόμενοι.
- Ο χώρος του προσαρτημένου θερμοκηπίου που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα (και είναι μη θερμαινόμενος χώρος).
- Ο μη κατοικήσιμος χώρος που διαμορφώνεται επάνω από την οροφή και κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Προφανώς αν ο χώρος είναι κατοικήσιμος (σοφίτα), συνυπολογίζεται στον όγκο του κτηρίου και η στέγη και οφείλει να

θερμομονωθεί, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του πρώτου ελέγχου, δηλαδή $U_{\sigma\tau\acute{\epsilon}\gamma\eta\varsigma} \leq U_{\max}$.

- Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων.
- Κάθε κλειστός χώρος που δεν θεωρείται θερμαινόμενος (π.χ. εργαστήρια που από τη φύση της λειτουργίας τους δεν θερμαίνονται).
- Οι όγκοι, τους οποίους καταλαμβάνουν αίθριοι χώροι μέσα στο σώμα του κτηρίου, δηλαδή – σύμφωνα με το Γ.Ο.Κ. – τα μή στεγασμένα τμήματα του κτηρίου που περιβάλλονται από όλες τις πλευρές τους από το κτήριο ή από άλλα κτήρια του οικοπέδου.
- Οι φωταγωγοί του κτηρίου.
- Οι υποχρεωτικώς ή προαιρετικώς ακάλυπτοι χώροι.
- Κάθε ανοικτός χώρος, που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είτε βρίσκεται μέσα στο κυρίως σώμα του κτηρίου είτε όχι.

Στα προσαρτημένα θερμοκήπια, τα οποία λειτουργούν ως παθητικά ηλιακά συστήματα, ως εξωτερική επιφάνεια λαμβάνεται ο διαχωριστικός τοίχος μεταξύ κυρίως χώρου του κτηρίου και του προσαρτημένου θερμοκηπίου και όχι η εξωτερική γυάλινη όψη του θερμοκηπίου.

Επιφάνειες του κτηρίου που έρχονται σε επαφή με εξωτερική επιφάνεια άλλου κτηρίου είτε αυτό το κτήριο βρίσκεται εντός του ιδίου οικοπέδου είτε στο όμορο (δηλαδή τα δύο κτήρια βρίσκονται σε επαφή στο διαχωριστικό όριο των δύο οικοπέδων) λαμβάνονται ως συνορεύουσες με το εξωτερικό περιβάλλον και δεν υπάρχει κάποια ξεχωριστή αντιμετώπιση.

Σε περίπτωση που ο θερμαινόμενος όγκος του κτηρίου αποτελείται από επί μέρους όγκους, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από μη θερμαινόμενους χώρους και δεν έχουν δυνατότητα μεταξύ τους επικοινωνία, ως όγκος του κτηρίου λαμβάνεται για τον υπολογισμό του λόγου A/V το άθροισμα όλων αυτών των επί μέρους θερμαινόμενων όγκων (π.χ. θερμαινόμενος υπόγειος χώρος που χωρίζεται από τους θερμαινόμενους ορόφους με το μη θερμαινόμενο χώρο του κλιμακοστασίου και της εισόδου της πολυκατοικίας). Ομοίως, ως εξωτερική επιφάνεια A λαμβάνεται το άθροισμα όλων των εξωτερικών επιφανειών των θερμαινόμενων χώρων.

Σε όλες τις περιπτώσεις η εύρεση του λόγου A/V οδηγεί στον προσδιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτηρίου όπως αυτή ορίζεται για κάθε ζώνη από τον πίνακα 7 του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010.

1.9.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΟΛΟΥ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ (U_m)

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου (U_m) προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτηρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του U_m θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία. Ο τύπος για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτηρίου είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (2.11)$$

όπου $U_m \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου,

n [-] το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου,

v [-] το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,

$A_j [m^2]$ το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου,

$U_m [W/(m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτηρίου,

$l_j [m]$ το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,

$\Psi_j [W/(m \cdot K)]$ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,

b [-] μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου).

Το ευρισκόμενο ηλίκιο U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ από το λόγο A/V του πίνακα 7, από το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. για κάθε κλιματική ζώνη. Θα πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max} \quad (2.12)$$

Αν δεν ικανοποιείται αυτή η συνθήκη, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται από την αρχή, έχοντας προηγουμένως βελτιώσει τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των επί μέρους δομικών στοιχείων (π.χ. αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης των αδιαφανών στοιχείων, βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων, μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων κ.ά.).

1.9.8 Ο ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (b)

Ο μειωτικός συντελεστής (b) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα είναι υπερεκτιμημένος. Με το μειωτικό συντελεστή επιχειρείται η επαναφορά της σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα.

Η τιμή του μειωτικού συντελεστή (b) είναι ίση με τη μονάδα στις εξής περιπτώσεις:

- Σε επιφάνειες έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.
- Σε επιφάνειες έρχονται σε επαφή με όμορο κτήριο.
- Σε οριζόντια οροφή κάτωθεν μη θερμομονωθήσας στέγης.
- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος.

Ο μειωτικός συντελεστής (b) ισούται με 0.5 στις εξής περιπτώσεις:

- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενους χώρους του ίδιου κτηρίου. Για παράδειγμα σε περίπτωση προσθήκης νέου κτίσματος (ή και ενός μόνο δωματίου) σε υφιστάμενο θερμομονωμένο ή μη θερμομονωμένο κτήριο τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν το υφιστάμενο κτήριο από την προσθήκη υπάγονται σ' αυτήν

την κατηγορία. Αν το διαχωριστικό δομικό στοιχείο αποτελεί μέρος του υφιστάμενου, θα πρέπει να θερμομονωθεί κατά τη κατασκευή του νέου προστιθέμενου κτίσματος. Παρέχεται ωστόσο η δυνατότητα ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας να γίνει για το σύνολο του κτηρίου (υφιστάμενου και προσθήκης) με την προϋπόθεση της ριζικής ανακαίνισης του υφιστάμενου και της πλήρους θερμομονωτικής του προστασίας.

▪ Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο. Στην περίπτωση αυτή η ροή θερμότητας μέσω του δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο από το μη θερμαινόμενο χώρο είναι ίση με τη ροή θερμότητας από το μη θερμαινόμενο χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον, επηρεασμένη κατά την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται ή απάγεται μέσω αερισμού στο μη θερμαινόμενο χώρο. Ο υπολογισμός του μειωτικού συντελεστή b , σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να γίνει αναλυτικά μέσω τύπου, ωστόσο στην εργασία αυτή γίνεται χρήση της απλοποιητικής μεθόδου και λαμβάνεται $\beta=0.5$.

Σε κάθε περίπτωση, κατά τη χρήση των αρχείων Excel θα πρέπει να πολλαπλασιασθεί χειροκίνητα ο μειωτικός συντελεστής b με τον συντελεστή θερμοπερατότητας.

1.10 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτίσματος και για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών αυτού έχουν δημιουργηθεί βιβλία εργασίας στο περιβάλλον του λογισμικού «Microsoft office excel». Τα βιβλία εργασίας λειτουργούν με βάση τους κανονισμούς «θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010).

Παρατηρήσεις κατά τη χρήση του προγράμματος:

- Τα βήματα εισαγωγής των στοιχείων του κτίσματος είναι προτεινόμενο να γίνονται με την σειρά που παρουσιάζονται.
- Ο μειωτικός συντελεστής (b) θα πρέπει να πολλαπλασιαστική με το συντελεστή θερμοπερατότητας (λ) του κάθε στοιχείου που χρειάζεται σύμφωνα με την παράγραφο 1.9.8 «Ο μειωτικός συντελεστής (b)».
- Κατά την αντιγραφή των βιβλίων εργασίας σε έναν διαφορετικό υπολογιστή θα πρέπει οι συνδέσεις των αρχείων να επαναπροσδιορίζονται. Αυτό γίνεται από την καρτέλα Δεδομένα > Συνδέσεις > Επεξεργασία συνδέσεων > Αλλαγή Προέλευσης.

1.10.1 Βιβλίο εργασίας: «Ειδικά στοιχεία κτιρίου (όγκος, επιφάνεια)»

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας ορίζονται τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, που θα χρειαστούν για τον υπολογισμό του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m .

Υπάρχουν τρεις καρτέλες εργασίας: «Όγκος οικοδομής, πέραν της στέγης», «Όγκος Στέγης», «Υπολογισμός επιφανειών».

Στην πρώτη καρτέλα υπολογίζεται ο όγκος του κτιρίου, χωρίς τον υπολογισμό του όγκου τη στέγης - οροφής. Τυχόν πολύπλοκο σχήμα, μπορεί να χωριστεί σε άλλα απλούστερα συμπληρώνοντας τα στοιχεία τους στα υπόλοιπα Α/Α.

Α/Α	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ			Όγκος	
	A	B	u	V	V _{στέγης}
	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m ³]
1	7,9	6,4	5,09	257,5504	
2				0	
3				0	
4				0	
Συνολικός όγκος οικοδομής χωρίς τη στέγη				257,5504	

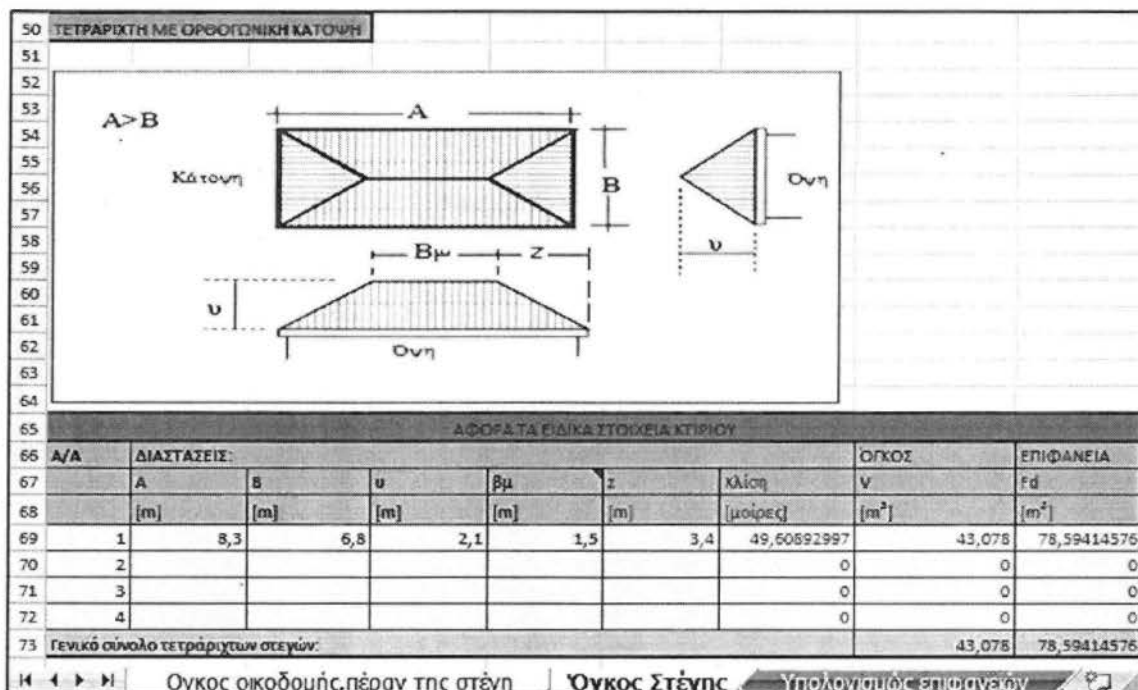
Έτσι όγκο του κτιρίου δεν συμπεριλαμβάνονται:

- Ο ανοιχτός υπόγειος χώρος που βρίσκεται στην πλάση
- Ο χώρος της σκάβου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη του στο δώμα, οι διάδρομοι, πολυκατοικίες και γκαράζ όλοι οι κενή χύστρα, αν θεωρούνται ως μη θερμομονωμένοι. Αντίθετα, συμπεριλαμβάνονται κενά στον όγκο του κτιρίου αν θεωρηθούν θερμομονωμένα.
- Οι χώροι των αποχρυσών, όταν δεν είναι θερμομονωμένοι.
- Οι χώροι των αποχρυσών που βρίσκονται μέσα στο κτίριο, ούσια του κτιρίου ή σε επαφή με αυτό, εφόσον δεν θεωρούνται θερμομονωμένοι.
- Ο χώρος του προσαρτημένου θερμοκηπίου που λειτουργεί ως κλιματικό φέρελο σύστημα.
- Ο μη κατασκευασμένος χώρος που θεωρείται πέραν από την οροφή και κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη. Πιο συγκεκριμένα ο χώρος είναι κενός (αερόχωρο), συνιστάται στον όγκο του κτιρίου και η στέγη οφείλει να θερμομονωθεί, ισοσταθμίζοντας τις απαιτήσεις του κτιρίου ελέγχου, δηλαδή ύψους ή ύψους.
- Οι κλειστά μέρη επίστρωσης αυτοκινήτων
- Κάθε κλειστό μέρος που δεν θεωρείται θερμομονωμένο (π.χ. γκαράζ) που από τη φύση της λειτουργίας τους δεν θερμομονώνεται
- Οι όγκοι, τους οποίους καταλαμβάνουν ετήσιοι χώροι μέσα στο κτίριο και κτίριο, δηλαδή σύμφωνα με το Γ.Ο.Κ. - τα με στεγασμένα τμήματα του κτιρίου που παράγονται από όλες τις πλευρές τους από το κτίριο ή από άλλα κτίρια του οικοπέδου
- Οι δωκετανοί του κτιρίου
- Οι υπερυψωμένες ή προσαρτημένες εσκαμμένες μέρη.
- Κάθε ανοιχτός χώρος, που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, είτε βρίσκεται μέσα στο κτίριο ούσια του κτιρίου είτε όχι.

Εικόνα 1.1 Όγκος οικοδομής χωρίς τον όγκο της στέγης

Ο όγκος της στέγης είναι χρήσιμος και λαμβάνεται υπόψη, μόνο στην περίπτωση χρήσης - θερμομόνωσης της σοφίτας. Για τον λόγο αυτό υπάρχουν οι υπόλοιπες δύο καρτέλες. Στην καρτέλα «Όγκος στέγης» υπολογίζεται η επιφάνεια και ο

όγκος της στέγης ή της επίπεδης οροφής. Υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού δύριχτης στέγης, τετράριχτης με τετραγωνική κάτοψη, τετράριχτης με ορθογωνική κάτοψη, τετράριχτης με ορθογωνική κάτοψη και αέτωμα, τετράριχτης με τυχαία κάτοψη, τετράριχτης με ορθογωνική κάτοψη και πρόσθετο εξόγκωμα καθώς και επίπεδης οροφής. Εικόνα 1.1 Όγκος οικοδομής χωρίς τον όγκο της στέγης.



Εικόνα 1.2 Όγκος στέγης – οροφής

Τέλος, για τον διευκόλυνση των υπολογισμών του συντελεστή θερμοπερατότητας υπάρχει η καρτέλα «Υπολογισμός επιφανειών». Σε αυτή τη καρτέλα υπολογίζονται οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του κάθε διαφορετικού συντελεστή θερμοπερατότητας (φαίνονται συνολικά στα κελιά I20 έως K49). Λόγω δυσκολίας της τυποποίησης, η καρτέλα αναφέρεται σε δύριχτες και τετράριχτες στέγες.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	Τριγωνική διατομή, δοκάρια													
	κλίση	μήκος βέλους ορθογ. τριγώνου	ύψος διατομής	πλάτος διατομής	Απόσταση παρειών δοκαριών	Απόσταση από γωνία	Αριθμός δοκαριών	Απώλεια μήκους συναρμολόγησης της άκσης του δοκαριού	Κυλιόμενη πλευρά	Μήκος δοκαριών τριγώνου	Επιφάνεια δοκαριών τριγώνου	Αριθμός τριγωνών v	Επιφάνεια δοκαριών τριγώνων	
3	μήκος	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]					[m ²]		[m ²]	
4	49,60893	3,4	0,03	0,03	0,3	0,1	6	0,646431921	3,996248241	21,714906	1,0837454	8	8,68396309	
5														
6														
7														
8	Δίωξη στη μέση ζευκτά						Κορφιά και μαχιάδες							
	Μήκος στέγης	καθαρή απόσταση δοκαριών από παρειά σε παρειά	ύψος διατομής	πλάτος διατομής	Αριθμός ζευκτών	Μήκος ζευκτών	Επιφάνεια ζευκτών στο σύνολο			ύψος διατομής	πλάτος διατομής	Μήκος	Αριθμός οριζών v	Εμβαδό
9	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]			[m]	[m]			
10	1,3	0,4	0,1	0,1	3	3,996248241	2,397748944	κορφιά		0,1	0,1	1,3	1	0,13
11								Μαχιάς		0,06	0,06	3,2469038	4	1,23923692
12								Συνήθεια κορφιά		0,1	0,1	3,9962482	2	0,79924963
13	Τριγωνική διατομή, καθρονάρια													
	κλίση	μήκος βέλους ορθογ. τριγώνου	ύψος διατομής	πλάτος διατομής	Απόσταση παρειών δοκαριών	Απόσταση από γωνία	Αριθμός δοκαριών	Απώλεια μήκους συναρμολόγησης της άκσης του δοκαριού	z	Μήκος δοκαριών τριγώνου	Επιφάνεια δοκαριών τριγώνου	Αριθμός τριγωνών v	Επιφάνεια δοκαριών τριγώνων	
15	μήκος	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]				[m]	[m ²]		[m ²]	
16	49,60893	3,996248241	0,03	0,03	0,3	0	7	0,430922939	3,4	21,996308	0,6396892	8	3,27911398	
17														
18														
19	Δίωξη στη μέση καθρονάρια													
	Μήκος οροφής	καθαρή απόσταση καθρονών	Μήκος κεκλιμένης επιφάνειας	Αριθμός καθρονών	Επιφάνεια									
20	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]									
21	1,3	0,3	3,996248241	7	0,63									
22	Επιφάνεια που επικαλύπτονται τα στοιχεία													
23	Δίωξη στη μέση													
	Αριθμός καθρονών	Αριθμός ζευκτών στη μέση	πλάτος ζευκτού	πλάτος καθρονού	Αριθμός οριζών επιφανειών	Επιφάνεια επικάλυψης								
25			[m]	[m]		[m ²]								
26	7	3	0,1	0,03	2	0,126								
27	Οροφώλια τριγώνω στην μεση διάσταση													
	Αριθμός καθρονών	Αριθμός δοκαριών	πλάτος καθρονού	πλάτος δοκαριού	Αριθμός οριζών επιφανειών	Επιφάνεια επικάλυψης								
29			[m]	[m]		[m ²]								
30	7	6	0,03	0,03	8	0,304								
31	Επικάλυψη μαχιάδων στο οροφώλιο													
	Αριθμός καθρονών	Αριθμός μαχιάδων	πλάτος καθρονού	πλάτος μαχιάς	Αριθμός οριζών επιφανειών	Επιφάνεια επικάλυψης								
33			[m]	[m]		[m ²]								
34	7	1	0,03	0,06	4	0,004								
35	Επικάλυψη συνήθειας κορφιά στο οροφώλιο													
	Αριθμός καθρονών	Αριθμός κορφιάδων	πλάτος καθρονού	πλάτος κορφιάς	Αριθμός οριζών επιφανειών	Επιφάνεια επικάλυψης								
37			[m]	[m]		[m ²]								
38	7	1	0,03	0,1	2	0,042								
39	Επιφάνεια στέγης χωρίς τα παραπάνω													
40	Επιφάνεια στέγης													
41	[m ²]													
42	78,3941438													
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														

Εικόνα 1.3 Επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας της στέγης

1.10.2 Βιβλίο εργασίας: «Ειδικά στοιχεία – Αποτελέσματα Um»

Το πρώτο βήμα είναι το άνοιγμα του βιβλίου εργασίας « Ειδικά στοιχεία – Αποτελέσματα Um». Εκεί συμπληρώνεται στη καρτέλα με τίτλο Γενικά στοιχεία κτιρίου, το κελί H1 (νομός που υπάγεται το οικοπέδο) και το κελί H2 (Υψόμετρο τοποθεσίας οικοπέδου). Το πρόγραμμα θα δώσει ως αποτέλεσμα την κλιματική ζώνη

που ανήκει το οικόπεδο και βάση αυτής θα επιλέξει τις περιόδους θέρμανσης- ψύξης, αλλά και την κατάλληλη θερμοκρασία-σχετική υγρασία των εσωτερικών χώρων.

	B	C	D	E	F	G	H
1	Νομός που υπάγεται το οικόπεδο :						Αιτωλοακαρνανίας
2	Υψόμετρο τοποθεσίας οικοπέδου:						1250
3	Κλιματική ζώνη:						Γ
4	Για τους υπολογισμούς των θερμικών φορτίων και ψυκτικών φορτίων ενός κτηρίου, λαμβάνονται						
5	συγκεκριμένες περιόδους για την θέρμανση και ψύξη ανάλογα την κλιματική ζώνη.						
6	Περίοδος θέρμανσης 15 Οκτωβρίου έως 30 Απριλίου						
7	Περίοδος Ψύξης 1η Ιουνίου έως 31 Αυγούστου						
8							
9	Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον						
10	υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.						
11	Θερμοκρασία [oC]		Σχετική υγρασία [%]				
12	Χειμερινή	Θερινή	Χειμερινή	Θερινή			
13	περίοδος	περίοδος	περίοδος	περίοδος			
14	20	26	40	45			

Εικόνα 1.4 Επιλογή Νομού που υπάγεται το οικόπεδο στο κελί H1 του βιβλίου εργασίας «Ειδικά στοιχεία - αποτελέσματα Um».

Έπειτα συναντάται η καρτέλα Αποτέλεσμα Um, η οποία είναι η οθόνη κεντρικού ελέγχου που θα εξαχθούν τα αποτελέσματα. Πλέον θα πρέπει να «κατασκευαστεί» το κτίριο που είναι προς έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας. Στην στήλη D, υπάρχουν υπερσυνδέσεις που οδηγούν στα αντίστοιχα βιβλία εργασίας για κάθε δομικό στοιχείο. Σε εκείνα τα βιβλία θα εισαχθούν τα δεδομένα για τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία και θα εξαχθούν σε αυτό το βιβλίο εργασίας. Από το κάθε στοιχείο η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας γυρίζει αυτόματα στην στήλη E. Αντίστοιχα και για τις θερμογέφυρες, οι οποίες επιστρέφουν στην στήλη I.

Για να γίνει σύγκριση ενός υφιστάμενου κτίσματος και της βελτιωμένης εκδοχής του πρέπει πρώτα να «κατασκευαστή» το υφιστάμενο κτίσμα, να αποθηκευτούν τα U κάθε στοιχείου και το Um του κτίσματος στη στήλη M. Έπειτα, «ανακατασκευάζοντας» τα δομικά στοιχεία (προστίθεται η μόνωση κ.α.) σε αυτή την καρτέλα θα εμφανιστούν οι νέες τιμές των U και Um, οι οποίες θα πρέπει να επικολληθούν στη στήλη L.

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας γίνεται σύγκριση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με τον μέγιστο επιτρεπτό στο κελί B27.

Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου (U _{κτ})									
A/A	δομικό στοιχείο	Τύπος κατασκευής	Εντελεστές Θερμικής αγωγιμότητας	Συνολική Επιφάνεια ανα στοιχείο	Αριθμός ορόφων	Σ(1+ψ) θερμογέφυρων	U στοιχείων μετά την περάτωση θερμομόωσης	U στοιχείων υφιστάμενου κτιρίου	
			U	F			U(W/m)		
			[W/m ² *K]	[m ²]					
ΟΡΟΦΟΣ:					1		1 Ορόφος		
1	Τοίχος 1	Τοίχος 1,10m	0,590	18,328	1		0,590	3,153	
2	Τοίχος 2	Τοίχος 2,10m	0,635	14,848	1		0,635	2,167	
3	Τοίχος 3	Τοίχος 3,10m	0,456	18,328	1		0,456	1,689	
4	Τοίχος 4	Τοίχος 4,10m	0,352	14,848	1		0,352	1,286	
9	Δάπεδο	Δάπεδο 1,10m	0,400	29,812	1		0,400	1,063	
10	Οροφή	Οροφή 1,10m	3,445	46,011	0		3,445	0,000	
13	Θερμογέφυρες	Θερμογέφυρες 1,10m				-2,15	-2,150	-2,150	
ΟΡΟΦΟΣ:					1		2 Ορόφος		
5	Τοίχος 5	Τοίχος 5,10m	0,696	21,883	1		0,696	2,125	
6	Τοίχος 6	Τοίχος 6,10m	0,769	17,728	1		0,769	2,663	
7	Τοίχος 7	Τοίχος 7,10m	0,727	21,883	1		0,727	2,199	
8	Τοίχος 8	Τοίχος 8,10m	0,509	17,728	1		0,509	2,151	
10	Οροφή	Οροφή 1,10m	0,392	46,011	1		0,392	1,445	
11	Στέγη	Στέγη 1,10m	6,123	78,594	0		6,123	0,000	
13	Θερμογέφυρες	Θερμογέφυρες 1,10m				-2,82	-2,820	-2,150	
			Συνολική επιφάνεια	221,8966			U _{κτ} μετά την περάτωση θερμομόωσης	U _{κτ} υφιστάμενου κτιρίου	
							0,508	2,285	
Λογός	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής θερμοπερατότητας U _{κτ} κτιρίου		Συντελεστής θερμοπερατότητας U _{κτ} κτιρίου				Εισαγωγή U	Εισαγωγή U	
F/N	U _{κτ} max		U _{κτ} κτιρίου				Καθαρισμός U	Καθαρισμός U	
m ²	[W/m ² *K]		[W/m ² *K]						
0,968	0,660		0,508						
Το κτίριο ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού.									

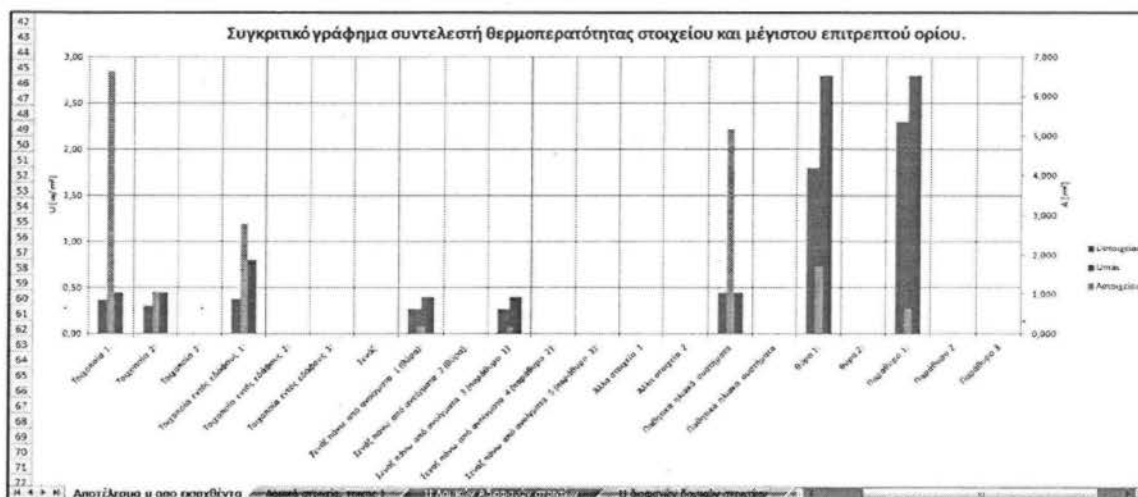
Εικόνα 1.5 βιβλίο εργασίας: «Ειδικά στοιχεία - αποτελέσματα U_{κτ}», καρτέλα «Αποτέλεσμα U_{κτ}».

1.10.3 Βιβλίο εργασίας «Τοίχος 1»

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας υπάρχουν 5 καρτέλες: Αποτέλεσμα u από εισαχθέντα, Δομικά στοιχεία τοίχος 1, U Δομικών Αδιαφανών στοιχείων, U διαφανών δομικών στοιχείων, Πίνακας Ισοδ. Συντ. Δαπέδου.

Στην καρτέλα «Αποτέλεσμα U από εισαχθέντα» βρίσκονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία των επιμέρους δομικών στοιχείων που απαρτίζουν τον τοίχο 1. Ακόμα, σε αυτή την καρτέλα γίνεται ο έλεγχος στην θερμομονωτική επάρκεια κάθε δομικού στοιχείου συγκρίνοντας την στήλη E με την στήλη H, η οποία και εξαρτάται από τον τύπο του δομικού στοιχείου, στήλη G. Ακόμα, σε αυτή τη καρτέλα υπολογίζεται και το μέσο U του τοίχου που επιστρέφει στο βιβλίο εργασίας «Ειδικά στοιχεία - αποτελέσματα U_{κτ}». Τέλος υπάρχει και ένα γράφημα στο οποίο φαίνεται η επιφάνεια του κάθε στοιχείου χωριστά καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του και ο

μέγιστος επιτρεπτός. Έτσι φαίνεται γραφικά, εάν κάποιο επιμέρους στοιχείο δεν ικανοποιεί τον κανονισμό.



Εικόνα 1.6 Συγκριτικό γράφημα συντελεστών θερμοπερατότητας με τα μέγιστα επιτρεπτά όρια των δομικών στοιχείων που απαρτίζουν τον τοίχο 1.

Στην καρτέλα «Δομικά στοιχεία, τοίχος», συμπληρώνονται τα στοιχεία που αφορούν την επιφάνεια των επιμέρους στοιχείων και τελικά όλου του τοίχου. Ο χρήστης πρέπει να έχει ορίσει τους τρόπους μετάδοσης της θερμότητας διαμέσου του τοίχου (θεωρώντας μονοδιάστατη και κάθετη ροή ως προς τον τοίχο), ώστε στο εμβαδό κάθε υποσυνόλου να εμπίπτει ένας τρόπος. Η καρτέλα πραγματοποιεί έλεγχο για τη σωστή εισαγωγή των στοιχείων, συγκρίνοντας το συνολικό εμβαδό που προκύπτει (κελί 196) με το εισαγμένο αρχικά εμβαδό όλου του τοίχου (κελί 16). Η σύγκριση γίνεται στο κελί (198). Επομένως η εισαγωγή των στοιχείων της γραμμής 6 δεν είναι αναγκαία, αλλά χρήσιμη για να μπορεί να γίνει έλεγχος στην εισαγωγή των στοιχείων που αφορούν το εμβαδό.

Τα πρώτα δεκατέσσερα στοιχεία αφορούν τα δομικά αδιαφανή στοιχεία, τα επόμενα 2 αφορούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα υπόλοιπα τα διαφανή δομικά στοιχεία.

Όσον αφορά τα δομικά αδιαφανή στοιχεία, στη στήλη I, μπορεί να αντιστοιχηθεί με οποιοδήποτε φύλλο εργασία από την καρτέλα «U δομικών αδιαφανών στοιχείων». Αυτό μπορεί να σημάνει ότι μπορεί να φτιαχτεί ένα φύλλο (π.χ. ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με πάχος 0,02 [m] και ψαμμίτης 0.67[m], οπότε προκύπτει $U = 2.266 [W/m^2 \cdot K]$) και επιλέγοντας το φύλλο να επιστραφεί το $U=2.266 [W/m^2 \cdot K]$ και στα δύο στοιχεία (π.χ. τοιχοποιία 1 και τοιχοποιία 2). Αντίστοιχα για τα δομικά

διαφανή στοιχεία, το πού θα επιστρέψει το U από το φύλλο εργασίας επιλέγεται από την στήλη M.

Ακόμη στα δομικά αδιαφανή στοιχεία, σενάζ, πάνω από ανοίγματα, στη στήλη J, υπολογίζεται η τυπική επιφάνεια του σενάζ βάση του μήκους του αντίστοιχου ανοίγματος που βρίσκεται από κάτω. Με το κουμπί εισαγωγής (στήλη L) η τυπική επιφάνεια θα μεταφερθεί στο αντίστοιχο κελί που περιέχει το εμβαδό (στήλη G) και θα γίνουν οι υπολογισμοί με αυτή την επιφάνεια πλέον. Στη στήλη M το κουμπί επαναφέρει τον τύπο υπολογισμού στην στήλη I.

Πολύ σημαντική επισήμανση είναι ότι για τα δομικά διαφανή στοιχεία, οι θερμογέφυρες υπολογίζονται σε αυτό το βιβλίο εργασίας, ενώ για τα δομικά αδιαφανή στοιχεία οι θερμογέφυρες υπολογίζονται στο βιβλίο εργασίας «Θερμογέφυρες».

Ο συντελεστής μετάδοσης των επιμέρους αδιαφανών δομικών στοιχείων του τοίχου υπολογίζεται στην καρτέλα «U δομικών αδιαφανών δομικών στοιχείων».

Α/Α	2	3	4	5	6
1	1800	0,03	0,57	0,034	
2	0	0,06	0,03	1,174	
3	2000	0,57	2,3	0,248	
4	400	0,1	0,04	0,714	
5	2000		2,3	0,000	
6	2000		2,3	0,000	
7	2000		2,3	0,000	
8	2000		2,3	0,000	
9	0,000	0,000		0,000	

Εικόνα 1.7 Φύλλο υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας και σκαρίφημα δομικού στοιχείου

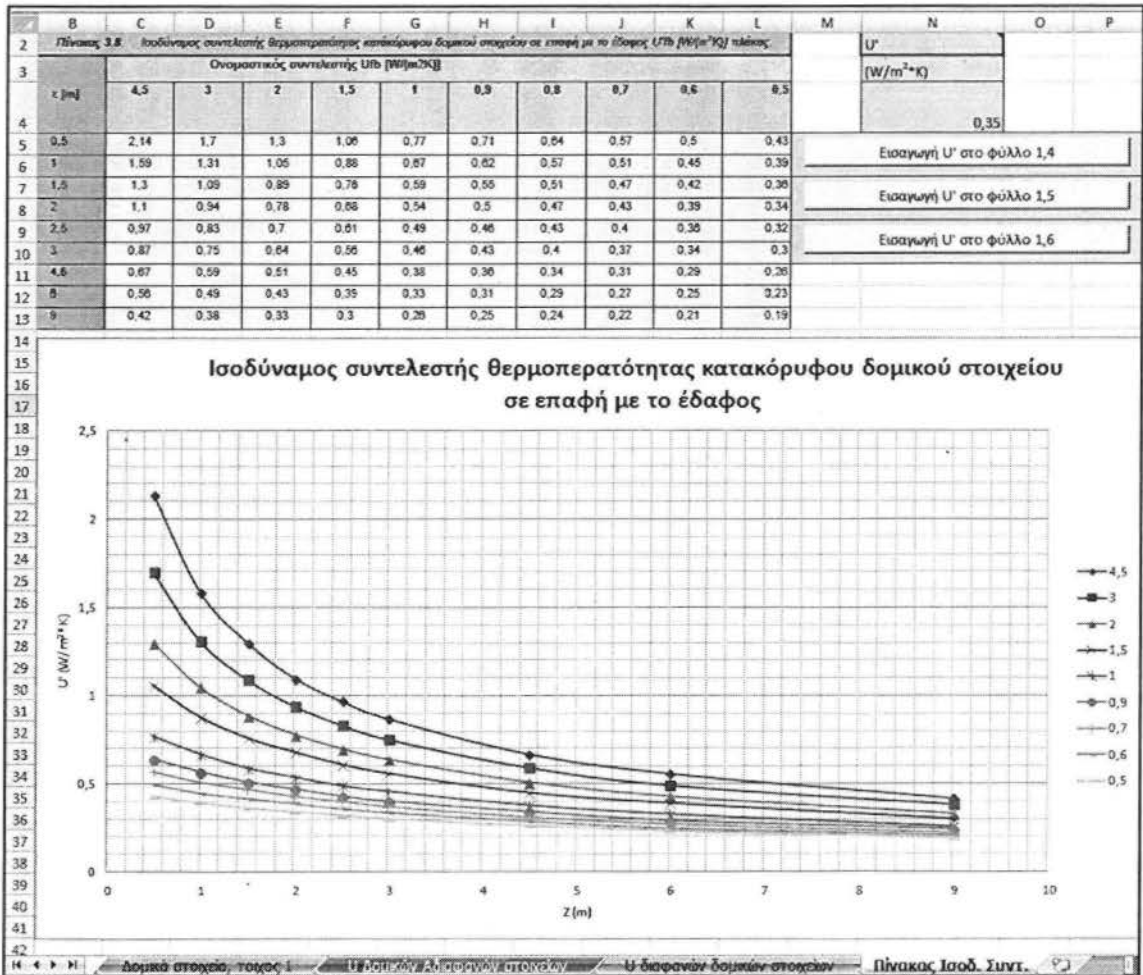
Τα κελιά A/A από 1 έως 8 αφορούν την μετάδοση θερμότητας με αγωγή. Το κελί με A/A 9 αφορά το κλειστό διάκενο που περιέχει αέρα μεταξύ των στρώσεων των δομικών υλικών του δομικού στοιχείου. Η ένδειξη «0» στο κελί της στήλης D και γραμμής 16 θεωρεί μηδενικό πάχος αμετακίνητης στρώσεις αέρα. Οι υπόλοιπες ενδείξεις αφορούν την αντιστοιχία με τα φύλλα υπολογισμού, ώστε να επιστραφεί από εκεί η τιμή στο κελί της στήλης G. Η υπερσύνδεση στο κελί της στήλης E οδηγεί στα

φύλλα υπολογισμού της θερμικής αντίστασης του αέρα. Τα πάχη της στρώσεις αέρα είναι συνήθως τυποποιημένα, λόγω τρόπου κατασκευής των τοιχίων. Εάν δεν υπάρχει το αντίστοιχο πάχος τότε, το καλύτερο είναι να επιλεγεί το αμέσως μικρότερο, για λόγους ασφαλείας. Από κάτω βρίσκεται η θερμική αντίσταση που προβάλλει στρώμα αέρα στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου, αναλόγως του τύπου του στοιχείου. Πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερος ότι ο μειωτικός συντελεστής (b) εισάγεται χειροκίνητα. Η παράγραφος αναφέρει τις περιπτώσεις που ο συντελεστής αυτός λαμβάνει τιμές διάφορες του 1. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει τα κελιά τις στήλης E που περιέχουν το τελικό συντελεστή θερμοπερατότητας U να πολλαπλασιαστούν με τον συντελεστή b.

	C	D	E	F
306	Θερμική αντίσταση αέρα φύλλου 5,1			
307	Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα [mm]	Ανακλαστική επιφάνεια	Είδος ροής	[m ² · K/W]
308	5	Με ανακλαστική επιφάνεια (ε = 0,05) στη μία πλευρά του διαζύ	Ροή από άνω προς τα κάτω	0,19

Εικόνα 1.8 Φύλλο υπολογισμού θερμικής αντίστασης ακίνητης στρώσεις αέρα μεταξύ των δομικών υλικών ενός δομικού στοιχείου

Για τον υπολογισμό κάθετων δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος είναι σκόπιμο να γίνει χρήση των φύλλων υπολογισμού 1.4 , 1.5, 1.6 , καθώς πρέπει να γίνει και υπολογισμός του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U' που θα συμπεριελήφθη στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτίσματος U_m. Πρώτα συμπληρώνεται το βάθος έδρασης (z1, z2) και έπειτα από το γράφημα στη καρτέλα «Πίνακας Ισοδ. Συντ.» που οδηγεί η υπερσύνδεση στη στήλη G, βρίσκεται ο ισοδύναμος συντελεστής U', εξαρτώμενος από το βάθος έδρασης και τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας U.



Εικόνα 1.9 Υπολογισμός ισοδύναμου συντελεστή U' κατακόρυφου δομικού στοιχείου βάση του βάθους έδρασης και του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας U .

Η χρησιμοποίηση του γραφήματος, για την εύρεση του ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφου δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος είναι απαραίτητη εάν δεν εμπίπτουν οι τιμές του ονομαστικού συντελεστή U , και του βάθους έδρασης z με τον πίνακα 3.8. Εάν η τιμές του ονομαστικού συντελεστή και του βάθους έδρασης δεν υπάρχει στις τιμές του πίνακα, τότε φτιάχνεται μια παράλληλη καμπύλη, με την τιμή του ονομαστικού συντελεστή. Έπειτα στο σημείο τομής της καμπύλης αυτής και της κάθετης από το βάθος έδρασης, φέρνοντας μια οριζόντια ευθεία θα φανεί στον άξονα των Ψ η τιμή του ισοδύναμου συντελεστή U' . Η ευρεθείσα τιμή πρέπει να συμπληρωθεί στο κελί της στήλης N και της γραμμής 4. Έπειτα, από τα κουμπιά, επιλέγεται σε ποιο φύλλο (1,4, 1,5, 1,6) υπολογισμού της καρτέλας «U Δομικών Αδιαφανών στοιχείων» θα επιστρέψει η τιμή U' .

Ένας τοίχος μπορεί να περιέχει και ανοίγματα (θύρες, παράθυρα κ.α.). Τα χαρακτηριστικά αυτών επιλέγονται στην καρτέλα «U Δομικών διαφανών στοιχείων». Το κίτρινο πλαίσιο στην εικόνα 1,8 αφορά την αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας του υαλοπίνακα. Το μπλε πλαίσιο στην εικόνα 1,8 αναφέρεται στην θερμοπερατότητα του πλαισίου. Το κόκκινο πλαίσιο στην εικόνα 1,8 αναφέρεται στις θερμογέφυρες που λάβουν χώρα στη συναρμογή πλαισίου υαλοπίνακα. Η τιμές που προκύπτουν γυρίζουν αυτόματα στη καρτέλα «Δομικά στοιχεία, τοίχος 1», αρκεί να επιλεγεί το φύλλο υπολογισμού από εκεί.

ΔΟΜΙΚΑ ΔΙΑΦΑΝΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ:				
Φύλλο 2,1				
Τύπος υάλωσης	Αέριο στο διάκενο	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα U_g [$W/(m^2 \cdot K)$]
Διπλή <input type="button" value="Μονή"/> <input type="button" value="Επαναφορά"/>	Αέρας	Με επίπρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	+12-4	1,8 [$W/(m^2 \cdot K)$]
		0,1		
Τύπος πλαισίου:	Επίστρωση:	Γραμμική θερμοπερατότητα υαλοπινάκων Ψ_g [$W/(m \cdot K)$]		
Εύνοο πλαίσιο	Με επίπρωση χαμηλής εκπομπής	0,08	[$W/(m \cdot K)$]	
Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου U_f			
Εύνοο πλαίσιο	[$W/m^2 \cdot K$]			
	2,2			

Εικόνα 1.10 Επιλογή χαρακτηριστικών για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας και των θερμογεφυρών των ανοιγμάτων.

Για τη μελέτη κτισμάτων που φέρουν μονό τύπο υάλωσης υπάρχει το κουμπί στην στήλη Β. Το κουμπί αυτό δίνει τιμή θερμοπερατότητας $U_g=5.23$ ($W/m^2 \cdot K$) όπως αυτή δίνεται για μονό τύπο υάλωσης στο βιβλίο «Ενεργειακός-Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών», Γεώργιος Μ.Κοντορύπης, Αθήνα 2005 των εκδόσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και μηδενίζει τις θερμογέφυρες. Το κουμπί επαναφορά επιστρέφει την τιμή U_g που προκύπτουν από την διπλή και τριπλή υάλωση, καθώς και την τιμή θερμογέφυρας, Ψ_g που προκύπτει εξαρτώμενο από τον τύπο του πλαισίου και της επίστρωσης αυτού.

1.10.4 Βιβλίο εργασίας «Δάπεδο 1»

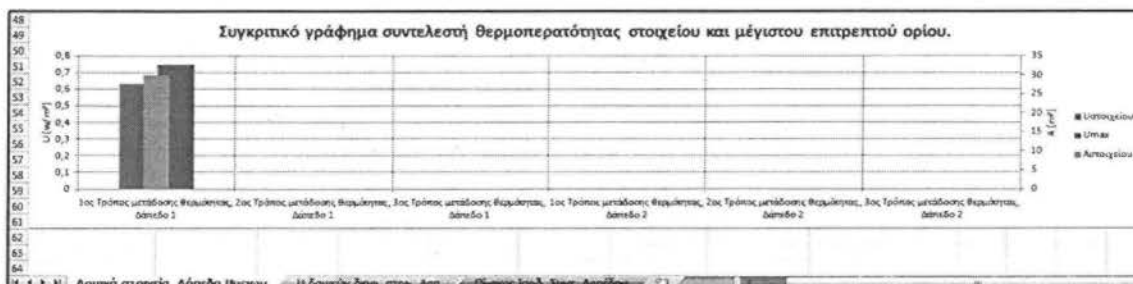
Σε αυτό το βιβλίο εργασίας υπάρχουν 3 καρτέλες: «Δομικά στοιχεία, Δάπεδα, Υμειωμ.», «U δομικών διαφ. στοιχ. Δαπ.», «Πίνακας Ισοδ. Συντ. Δαπέδου».

Στην πρώτη καρτέλα εισάγονται τα στοιχεία των επιφανειών.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	Όροφος	0							
3	Δάπεδα:								
4	Δάπεδο 1								
5	1ος Τρόπος μετάδοσης θερμότητας								
6	Πλάτος	Πάχος	Μήκος	Αριθμός ομοίων	Αφαιρούμενο εμβαδό	Αριθμός ομοίων	Εμβαδό	U _{συνολικό}	Φύλλο απόδοσης συντελεστή θερμοπερατότητας
7	5		6,5	1	2,688	1	29,812	0,63114979	Φύλλο 1.1
8	2ος Τρόπος μετάδοσης θερμότητας								
9	Πλάτος	Πάχος	Μήκος	Αριθμός ομοίων	Αφαιρούμενο εμβαδό	Αριθμός ομοίων	Εμβαδό	U _{συνολικό}	Φύλλο απόδοσης συντελεστή θερμοπερατότητας
10							0	0,63114979	Φύλλο 1.1
11	3ος Τρόπος μετάδοσης θερμότητας								
12	Πλάτος	Πάχος	Μήκος	Αριθμός ομοίων	Αφαιρούμενο εμβαδό	Αριθμός ομοίων	Εμβαδό	U _{συνολικό}	Φύλλο απόδοσης συντελεστή θερμοπερατότητας
13							0	0,63114979	Φύλλο 1.1
14	Επιφάνεια που επαναλαμβάνεται ομοιόμορφα	Έλεγχος εισαγωγής εμβαδών		Ποσοστό 1ου τρόπου	Ποσοστό 2ου τρόπου	Ποσοστό 3ου τρόπου	Υπολογισμοί		
15	29,812	Σωστή εισαγωγή		1	0	0	0,63114979		

Εικόνα 1.11 Εισαγωγή στοιχείων επιφανειών συναλλαγής θερμότητας και αντιστοίχιση με τον κατάλληλο συντελεστή θερμοπερατότητας.

Η επιφάνειες που εισάγονται στοιχίζονται και με τον αντίστοιχο συντελεστή θερμοπερατότητας στη στήλη J. Στο κελί J 27 υπολογίζεται ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου στο σύνολο. Στη στήλη I βρίσκεται ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας του έκαστου τρόπου μετάδοσης θερμότητας, ο οποίος και συγκρίνεται με τον μέγιστο στα κελιά των γραμμών από 38 έως 46. Τα παραπάνω παρίστανται και γραφικά.



Εικόνα 1.12 Συγκριτικό γράφημα συντελεστή θερμοπερατότητας στοιχείου και μέγιστου επιτρεπτού ορίου.

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m πρέπει να υπολογιστεί και ο ισοδύναμος συντελεστής U' του δαπέδου. Έτσι συμπληρώνονται όπως ορίζουν οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε τα κελιά τις στήλης E από 29, 31 έως 34, και από την υπερσύνδεση που οδηγεί στην καρτέλα «Πίνακας Ισοδ. Συντ. Δαπέδου» βρίσκεται το U' . Εξαρτώμενο από τον ονομαστικό συντελεστή θερμοπερατότητας, το βάθος έδρασης και τη χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας ορίζεται στο κελί O10 ο U' και επιστρέφει αυτόματα στο κελί E36 της καρτέλας «Δομικά στοιχεία, Δάπεδα, Υμειωμ.».

Πίνακας 3.8. Ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας οριζώντιου δομικού στοιχείου σε εσοχή με το έδαφος U'_{fb} [W/m²K] πλάκας		Χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' [m]										Στοιχεία	
Ονομαστικός συντελεστής U_{fb} [W/m²K]	z [m]	2	4	6	8	10	14	18	22	26	30	U'_{fb} [W/m²K]	z [m]
		4.5	0	1.21	0.83	0.64	0.53	0.45	0.36	0.3	0.25	0.22	0.2
	0.5	1.05	0.75	0.59	0.49	0.42	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19		2,08476
	1	0.92	0.68	0.54	0.45	0.39	0.31	0.26	0.23	0.2	0.18		
	1.5	0.82	0.62	0.5	0.42	0.37	0.3	0.25	0.22	0.19	0.17		
	2	0.74	0.57	0.47	0.4	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.17		
	2.5	0.67	0.53	0.44	0.38	0.33	0.27	0.23	0.2	0.18	0.16		
	3	0.62	0.5	0.42	0.36	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15		

Εικόνα 1.13 Εύρεση ισοδύναμου συντελεστή θερμοπερατότητας U' πλάκας.

1.10.5 Βιβλίο εργασίας: «Οροφή 2»

Το βιβλίο εργασίας «Οροφή 2» περιέχει τις εξής καρτέλες : «αποτέλεσμα U », «Δομικά στοιχεία, Οροφή, Υμειωμ.», « U δομικών διαφ. στοιχ. Δαπ-Οροφ». Η πρώτη καρτέλα περιέχει μόνο την συνολική επιφάνεια της οροφής καθώς και τον συντελεστή θερμοπερατότητας της.

Η καρτέλα «Δομικά στοιχεία, Οροφή, Υμειωμ.» είναι ανάλογη με αυτή του δαπέδου.

Η καρτέλα «U δομικών διαφ. στοιχ. Διαπ-Οροφ», διαφέρει από τις υπόλοιπες καρτέλες με πανομοιότυπο τίτλο διότι στην περίπτωση μη θερμομονωθείσας στέγης άνωθεν της οροφής πρέπει να προστεθεί στον συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής και η αντίσταση που προβάλλει ο αέρας μεταξύ στέγης και οροφής καθώς και η αντίσταση των στρώσεων των δομικών υλικών της στέγης. Η προσθήκη αυτή είναι στις γραμμές με μπλε χρώμα και Α/Α 10. Στην περίπτωση που δεν υφίσταται στέγη άνωθεν της οροφής, υπάρχει η επιλογή 0.

	C	D	E	F	G	H	I
3		Φύλλο 3,1					
4		Δομικό στοιχείο					
5	A/A		1	2	3	4	5 Σχεδίασμα:
6		Στρώσεις υλικών από μέσα προς τα έξω	Φαινόμενη κινούμενη υλικού	Πάχος	Συντελεστής θερμοκίνησης	Λόγος	
7		Μονάδες	ρ [kg/m ³]	d [m]	λ [W/m ² *K]	d/ λ [m ² *K/W]	
8	1	Μαυροσίδηρος	900		0,008	0,15	0,0444
9	2	Ανεμοσπλιφ φύλλο ΕΙΛίας (όχι στο πλάσι)	500		0,03	0,13	0,2368
10	3	Πολυμορφή με κλειστό κυκλικό (ακροφύτι)	0		0,05	0,023	2,1739
11	4	Γκρεστός	2400 - 2700			3,5	0
12	5	Γκρεστός	2400 - 2700			3,5	0
13	6	Γκρεστός	2400 - 2700			3,5	0
14	7	Γκρεστός	2400 - 2700			3,5	0
15	8	Γκρεστός	2400 - 2700			3,5	0
16	9	Θερμική αντίσταση αέρα	0				0
17	10	Θερμική αντίσταση στρώσεων υλικών στέγης καθώς και στρώσης αέρα μεταξύ οροφής και στέγης	Θυλακός στην ή κενανιστική με απόλυτο ή με ελαστική από το κενό				
18			R_{a1} [m ² *K/W]		0,2		[m ² *K/W]
19		Αντίσταση θερμοδιαφυγής του στοιχείου (όλων των στρώσεων):		1/A ₀		2,449126719	[m ² *K/W]
21		Όσοι που συνάγει με τη θερμομόνοση για	1/a ₀		0,1	[m ² *K/W]	
22			1/a ₀		0,1	[m ² *K/W]	
23		$U=1/(1/U)+1/(1/a_0+1/A+1/a_0)$			0,35098474	[W/m ² *K]	
24		αποτέλεσμα U _{0m}	δομικό στοιχείο, Οροφή, Ημερωμ.		U δομικών διαφ. στοιχ. Διαπ-Οροφ		

Εικόνα 1.14 Εύρεση συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.

1.10.6 Βιβλίο εργασίας: «Στέγη»

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας υπάρχουν οι εξής καρτέλες:

- «Δομικά στοιχεία, Στέγη» που αφορά τις επιφάνειες συναλλαγής του κάθε διαφορετικού συντελεστή θερμοπερατότητας. Θα πρέπει δοθεί προσοχή στα

κελιά με τίτλο «Εμβαδό». Αυτά, πατώντας το κουμπί στο κελί I4 (Επαναφορά) χρησιμοποιούν τον τύπο Πλάτος x Μήκος x Αριθμός ομοίων. Ωστόσο πατώντας το κουμπί στο κελί I5 χρησιμοποιούν τα εμβαδά που έχουν υπολογιστή στο βιβλίο εργασίας «Ειδικά στοιχεία κτιρίου (όγκος, επιφάνεια)», και μπορούν να βρεθούν στην αμέσως επόμενη καρτέλα για συντομία.

- «Εμβαδα β.ε ειδ,στοιχ,(όγκος)» όπου είναι εισαγμένα τα στοιχεία από το βιβλίο εργασίας «Ειδικά στοιχεία κτιρίου (όγκος, επιφάνεια)», καρτέλα «Υπολογισμός επιφανειών».
- «U δομικών αδιαφ. στοιχ. Στέγης» όπου υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών όπως σε κάθε άλλο βιβλίο εργασίας
- «U διαφανών δομικών στοιχείων», όπου γίνεται επιλογή χαρακτηριστικών για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας και των θερμογεφυρών των ανοιγμάτων.

Στην πρώτη καρτέλα, θα πρέπει στο κελί B40 να επιλεγθεί ο τύπος της στέγης, ώστε να διαιρεθεί η επιφάνεια συναλλαγής του κάθε τρόπου μετάδοσης θερμότητας με την συνολική επιφάνεια της στέγης που επιστρέφει από το βιβλίο εργασία «Ειδικά στοιχεία κτιρίου (όγκος, επιφάνεια)», καρτέλα «Όγκος στέγης». Έτσι προκύπτει το ποσοστό που καταλαμβάνει στην επιφάνεια ο κάθε τρόπος μετάδοσης θερμότητας με διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Τύπος στέγης	Επιφάνεια στέγης που αναφέρεται στο βιβλίο εργασίας	Ποσοστό 1ου τρόπου	Ποσοστό 2ου τρόπου	Ποσοστό 3ου τρόπου	Ποσοστό 4ου τρόπου	Ποσοστό 5ου τρόπου	Ποσοστό 6ου τρόπου	Ποσοστό 7ου τρόπου
ΓΕΤΡΑΣΤΗ ΜΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΚΑΤΩΝ	78,59414576	0,001603173	0,028904811	0,006412691	0,104103976	0,000534391	0,009634927	0,000641269
Η επιφάνεια της στέγης βρέχεται από:	Έλεγχος οριστικής επιλογής εμβαδού στέγης							
	Έλεγχος παραγών εμβαδού στέγης							

Εικόνα 1.15 Εύρεση ποσοστών συμμετοχής κάθε συντελεστή θερμοπερατότητας

1.10.7 Βιβλίο εργασίας: «Θερμογέφυρες»

Το βιβλίο εργασίας «θερμογέφυρες» περιέχει την καρτέλα «ΨI». Από τις λίστα στη στήλη C, επιλέγεται η κατηγορία της θερμογέφυρας. Αναλόγως την κατηγορία της θερμογέφυρας, στην στήλη D, η διαμορφώνεται η λίστα, από όπου πρέπει να επιλεγεί η αντίστοιχη προσαύξηση. Έτσι παίρνουν αυτόματα τιμές τα κελιά των στηλών E,F,G.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ο ήλιος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που ο άνθρωπος οφείλει να χρησιμοποιεί έναντι των εναλλακτικών πηγών, που ρυπαίνουν το περιβάλλον. Η ενέργεια του ήλιου φτάνει στη γή μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για να αξιοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια δουλεύουν με την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι χρειάζεται να γνωρίζουμε την τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να μπορούμε να υπολογίζουμε τα συστήματα, που τη χρησιμοποιούν με ακρίβεια. Δυστυχώς η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι κάτι ανέφικτο. Αυτό συμβαίνει διότι η ηλιακή ακτινοβολία χωρίζεται σε 3 κατηγορίες. Την άμεση, την ανακλώμενη και τη διάχυτη. Κάθε μια είναι πολύ δύσκολο να την προσδιορίσεις, διότι εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Για το λόγω αυτό διάφοροι επιστήμονες δημιούργησαν μοντέλα υπολογισμού της ακτινοβολίας, χρησιμοποιώντας όσον το δυνατό περισσότερες μεταβλητές. Στο παρόν λογισμικό χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο καθαρού ουρανού Hottel.

2.1. Ηλιακή γεωμετρία – Ηλιακή ώρα

Πριν αναλυθεί το μοντέλο πάνω στο οποίο βασίστηκε το παρόν λογισμικό, πρέπει να δοθούν κάποια στοιχεία της ηλιακής γεωμετρίας και της γεωμετρίας ηλίου-επιφανείας.

Αρχικά πρέπει να πούμε ότι η γή περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο, σε ελλειπτική τροχιά, με μια μικρή εκκεντρότητα. Η εκκεντρότητα αυτή επηρεάζει την ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης. Ο διορθωτικός συντελεστής E_o της εκκεντρότητας δίνεται από την κάτωθι σχέση.

$$E_o = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{360D}{365}\right) \quad (2.1)$$

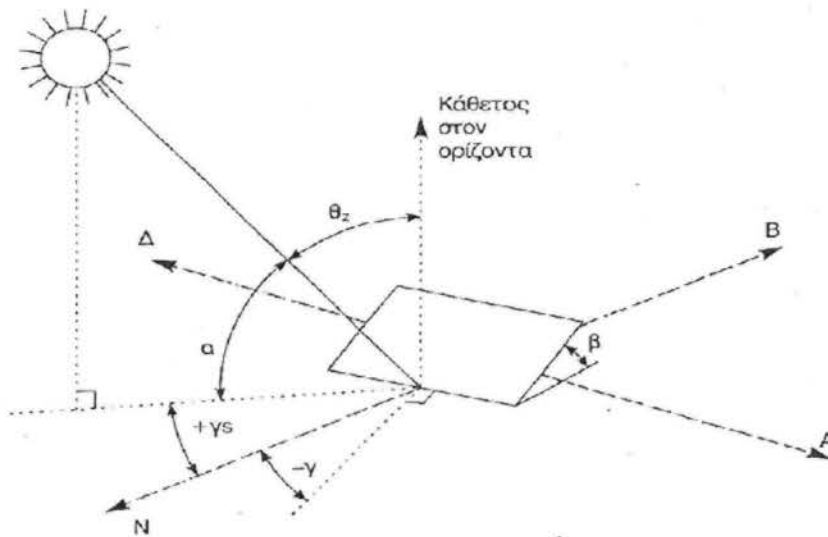
Όπου D η Ιουλιανή μέρα του χρόνου.

Ένας άλλος παράγοντας, που επηρεάζει την ηλιακή ακτινοβολία, είναι η γωνία που σχηματίζεται από την νοητή ευθεία που ενώνει τα κέντρα γης και ήλιου με

το επίπεδο του ισημερινού. Η γωνία αυτή μεταβάλλεται συνεχώς και ονομάζεται ηλιακή απόκλιση δ . Υπολογίζεται με καλή ακρίβεια από την εξίσωση Cooper.

$$\delta = 23,45 \sin \frac{360(D+284)}{365} \quad (2.2)$$

Εκτός από την γωνία δ υπάρχουν και άλλες σημαντικές γωνίες, που πρέπει να υπολογιστούν. Αυτές φαίνονται στην εικόνα 2.1 και είναι αναλυτικά :



Εικόνα 2.1 Σημαντικές γωνίες επιφάνειας-ήλιου.

- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής φ , θετικό για βόρειο ημισφαίριο. Παίρνει τιμές από -90° έως $+90^\circ$.
- Η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο β . Παίρνει τιμές από 0° έως 180° .
- Η αζιμούθια γωνία επιφάνειας γ , που είναι η απόκλιση της προβολής σε ένα οριζόντιο επίπεδο της καθέτου στην επιφάνεια από τον τοπικό μεσημβρινό. Παίρνει τιμές μηδέν για νότιο προσανατολισμό, αρνητικές για ανατολικό και θετικές για δυτικό προσανατολισμό με εύρος -180° έως 180° .
- Η ωριαία γωνία ω , που είναι η γωνιακή μετατόπιση του ήλιου ανατολικά η δυτικά από τον τοπικό μεσημβρινό λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον άξονά της με 15° ανά ώρα. Παίρνει αρνητικές τιμές πριν το ηλιακό μεσημέρι και θετικές το απόγευμα.

- Η γωνία πρόσπτωσης θ , που είναι η γωνία μεταξύ της νοητής ευθείας που ενώνει τον ήλιο με την επιφάνεια και της κάθετης στην επιφάνεια.
- Το ηλιακό ύψος α , που είναι η γωνία που σχηματίζει ο ορίζοντας με την ευθεία που ενώνει τον ήλιο με την επιφάνεια. Παίρνει τιμές από 0° έως 90° .
- Η ζενιθιακή γωνία θ_z , που είναι η συμπληρωματική του ηλιακού ύψους.

Οι γωνίες φ , γ , και β είναι χαρακτηριστικές της επιφάνειας και της περιοχής στην οποία βρίσκεται. Οι λοιπές γωνίες υπολογίζονται με τις κάτωθι σχέσεις.

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi \quad (2.4)$$

Η γωνία ω δίνεται από τη σχέση 2.5. Η σχέση αυτή είναι εξαρτώμενη από τον ηλιακό χρόνο. Ο ηλιακός χρόνος εξαρτάται από τον τοπικό χρόνο. Η διαφορά των δύο είναι ο τοπικός χρόνος για μια περιοχή εξαρτάται μόνο από τον τοπικό μεσημβρινό και με το πέρασ αντου αλλάζει. Στην πραγματικότητα ο χρόνος αλλάζει με την περιστροφή της γής. Έτσι πρέπει να έχουμε μια συσχέτιση των δύο για να υπολογίζουμε τη γωνία ω . Επίσης ρόλο παίζει και η αλλαγή σε θερινή και χειμερινή ώρα. Η σχέση του ηλιακού χρόνου με τον τοπικό δίνεται παρακάτω.

$$HX = TX \pm 4(L_{st} - L_T) + E_t \quad (2.5)$$

Όπου το + αναφέρεται στο δυτικό ημισφαίριο και το - στο ανατολικό και L_{st} ο μεσημβρινός από τον οποίο παίρνει την ώρα η περιοχή και L_T το γεωγραφικό μήκος της περιοχής. Το E_t είναι διορθωτικός συντελεστής, διότι μια περιστροφή της γής δεν γίνεται ακριβώς σε 24 ώρες και δίνεται από τη σχέση

$$E_t = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (2.6)$$

Όπου $B = \frac{360(D-81)}{364}$ και D η Ιουλιανή μέρα. Τέλος το ω δίνεται από τη σχέση

$$\omega = 15^\circ (HX - 12:00) \quad (2.7)$$

2.2. Μοντέλο άμεσης ακτινοβολίας «Hottel»

Η ακτινοβολία που δέχεται μια επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στο όριο της ατμόσφαιρας είναι

$$G_{on}=G_{sc} * E_0 \quad (2.8)$$

Με $G_{sc}=1367W/m^2$ η ηλιακή σταθερά και E_0 ο διορθωτικός συντελεστής εκκεντρότητας που δίνεται από τη σχέση (2.1). Με βάση την παραπάνω σχέση το μοντέλο Hottel υπολογίζει την ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην επιφάνεια της γης, ήτοι

$$G_{cb} = G_{on} \tau_b \cos \theta_z \quad (2.9)$$

Λόγω τη μικρή διαφορά στους υπολογισμούς Μπορούμε να αντικαταστήσουμε την στιγμιαία ακτινοβολία G με την ωριαία I . Άρα η σχέση 2.9 γίνεται

$$I_b = I_{on} \tau_b \cos \theta_z$$

Όπου $\tau_b = \alpha_0 + \alpha_1 e^{\frac{-k}{\cos \theta_z}}$ και

$$\alpha_0 = r_0 + \alpha_2$$

$$\alpha_1 = r_1 + \alpha_3$$

$$\alpha_2 = 0,4237 - 0,00821(6-z)^2$$

$$\alpha_3 = 0,5055 - 0,00595(6,5-z)^2$$

$$k_1 = 0,2711 - 0,01858(2,5-z)^2$$

$$k = r_k + k_1$$

$z =$ υψόμετρο περιοχής σε km

Διορθωτικοί συντελεστές κλίματος	r_0	r_1	r_k
Τροπικό κλίμα	0,95	0,98	1,02
Μεσαία γεωγραφικά πλάτη - καλοκαίρι	0,97	0,99	1,02
Βορεια πλάτη – καλοκαίρι	0,99	0,99	1,01
Μεσαία γεωγραφικά πλάτη - χειμώνας	1,03	1,01	1,00

Για να βρούμε την ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την άμεση ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο με τον γεωμετρικό παράγοντα r_b που δίνεται από τη σχέση

$$r_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (2.10)$$

Και έχουμε $I_{b\beta} = I_b r_b$ (2.11)

2.3. Ισοτροπικό μοντέλο για ανακλώμενη και διάχυτη ακτινοβολία

Το μοντέλο Hottel δεν υπολογίζει τη διάχυτη και την ανακλώμενη ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το ισοτροπικό μοντέλο για τον υπολογισμό τους. Για την ανακλώμενη ακτινοβολία ισχύει η σχέση

$$I_f = 0,5 I_b \rho (1 - \cos \beta) \quad (2.12)$$

Και για τη διάχυτη

$$I_d = \tau_d I_{on} \quad (2.13)$$

Με $\tau_d = (0,2710 - 0,2939 \tau_b)$

Και τελικά

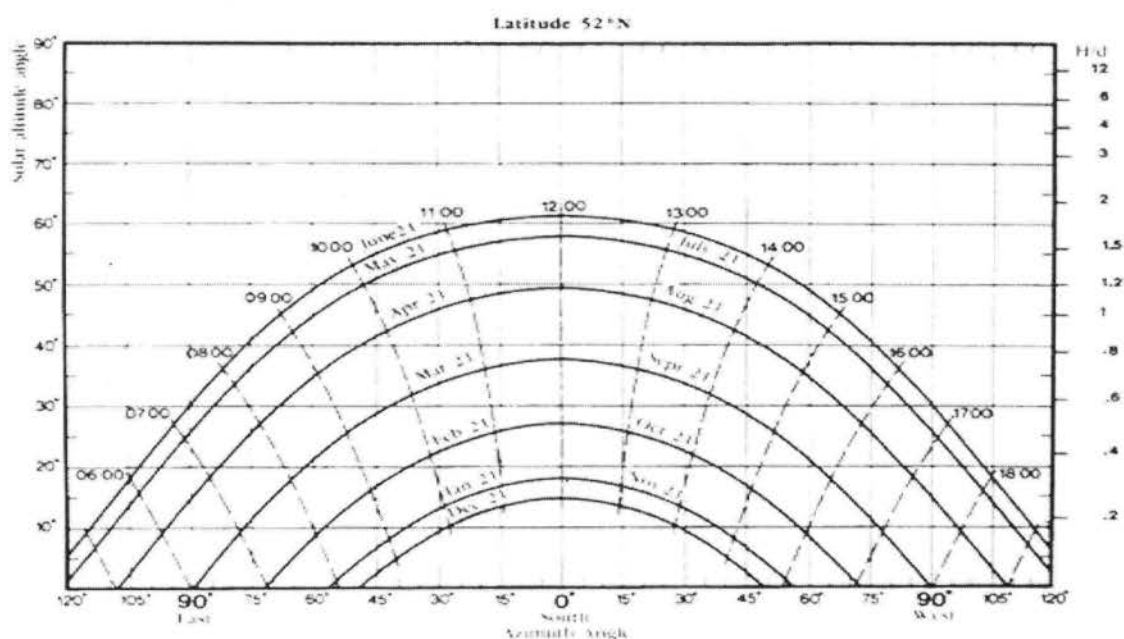
$$I_s = 0,5 I_d (1 + \cos \beta) \quad (2.14)$$

Η τελική ηλιακή ακτινοβολία προκύπτει με πρόσθεση των τριών και ως εκ τούτου

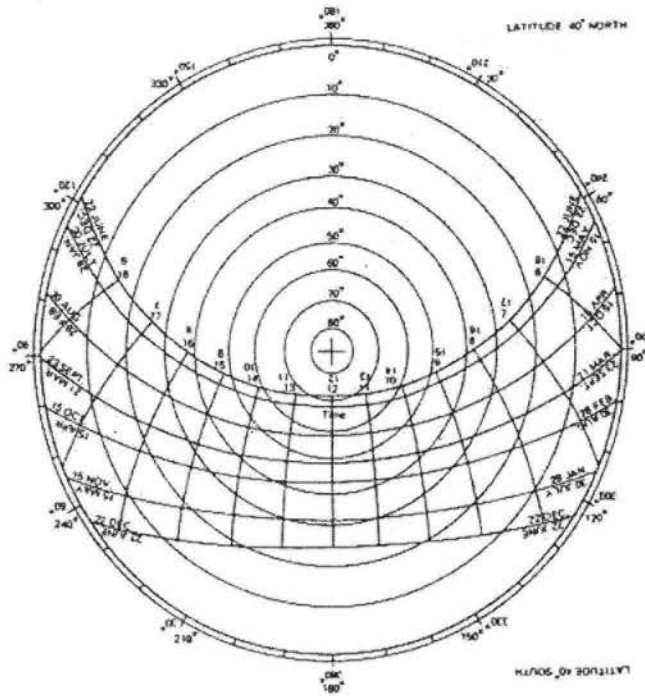
$$I = I_b + I_s + I_f$$

2.4. Ηλιακά Διαγράμματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σημαντικότερη πηγή ενέργειας στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι ο ήλιος. Τα ηλιακά διαγράμματα είναι το μέσο για να μελετηθεί και να αξιολογηθεί η τεράστια αυτή πηγή ενέργειας. Υπάρχουν δύο ειδών ηλιακά διαγράμματα, αυτά που δείχνουν την προβολή της κίνησης του ήλιου σε οριζόντιο επίπεδο και αυτά που δείχνουν την προβολή σε κυλινδρικό. Τα πρώτα είναι διαγράμματα ισοστατικής ή στερεογραφικής προβολής και χρησιμοποιούνται στο φυσικό φωτισμό και στον έλεγχο του ηλιασμού. Τα δεύτερα είναι κυλινδρικής προβολής και χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της ηλιακής προσέγγισης.



Εικόνα 2.2 Κυλινδρική προβολή της τροχιάς του ήλιου για γεωγραφικό πλάτος 52°



Εικόνα 2.3 Στερεογραφική προβολή της τροχιάς του ήλιου για γεωγραφικό πλάτος 40°

Σύμφωνα με το TOTEE 20701-3 η κατασκευή ενός ηλιακού διαγράμματος είναι εξαιρετικά απλή, χρησιμοποιώντας την εξίσωση του ηλιακού αζιμούθιου. Πιο αναλυτικά δίνεται από τη σχέση

$$\gamma_s = C_1 C_2 \left[\sin^{-1} \frac{\sin \omega \cos \delta}{\sin \theta_z} \right] + C_3 180 \frac{(1 - C_1 C_2)}{2} \quad (2.15)$$

Με $C_1 = 1$ αν $|\omega| \leq \omega_{ew}$ και -1 αν $|\omega| > \omega_{ew}$

$C_2 = 1$ αν $(\varphi - \delta) \geq 0$ και -1 αν $(\varphi - \delta) < 0$

$C_3 = 1$ αν $\omega \geq \omega_{ew}$ και -1 αν $\omega < \omega_{ew}$

$$\cos \omega_{ew} = \frac{\tan \delta}{\tan \varphi}$$

2.5. Σκίαση

Όπως είπαμε η σκίαση των κτιριακών όγκων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων τους είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή συνθηκών θερμικής δυσφορίας (υπερθέρμανσης), και γενικά καταλυτικής σημασίας για την ψύξη του εσωτερικού χώρου. Η λεπτομερής κατανόηση του αποτελέσματος των κοντινών εμποδίων (σκιάστρων) απαιτεί τις βασικές γνώσεις της ηλιακής γεωμετρίας που αναφέρθηκαν παραπάνω.

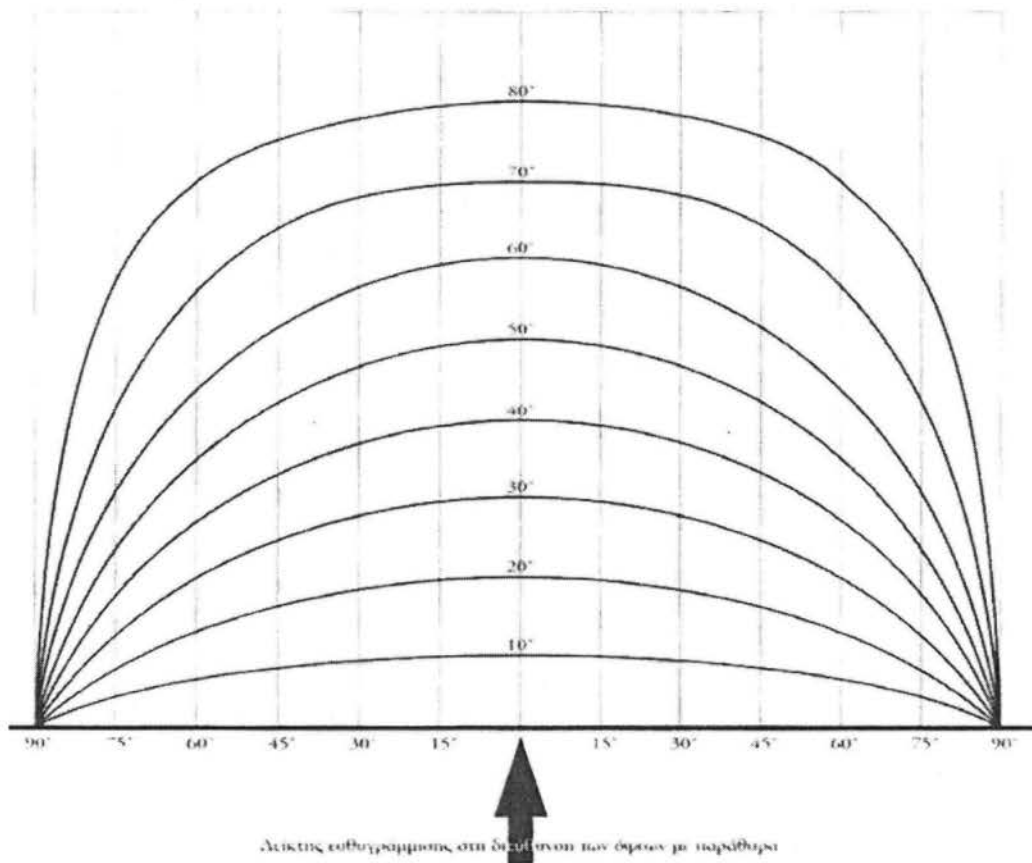
Τα σταθερά σκίαστρα μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, τα οριζόντια και τα κατακόρυφα.

Τα οριζόντια σκίαστρα αποτρέπουν ως επί το πλείστον τις κατακόρυφες ηλιακές ακτίνες, ή γενικά αυτές που προέρχονται από μεγάλες ηλιακές γωνίες, και επιτρέπουν στις ηλιακές ακτίνες με μικρές γωνίες να περάσουν. Έτσι χρησιμοποιούνται σε νότια προσανατολισμένα παράθυρα, επιτρέποντας αρκετά τον ηλιασμό το χειμώνα (μικρές ηλιακές γωνίες) και αποτρέποντας ικανοποιητικά τον ηλιασμό το θέρος (μεγάλες ηλιακές γωνίες).

Τα κατακόρυφα σκίαστρα αποτρέπουν τον ηλιασμό με μικρές ηλιακές γωνίες, ενώ δεν εμποδίζουν σημαντικά τον ηλιασμό με μεγάλες ηλιακές γωνίες. Χρησιμοποιούνται στις δυτικές και ανατολικές όψεις, όπου ο ήλιος βρίσκεται σχετικά χαμηλά στον ορίζοντα, και έχουν λίγο καλύτερη απόδοση το θέρος από ότι το χειμώνα, που είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Για την βέλτιστη κατανόηση των αποδόσεων των σκιάστρων χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, γραφικές κυρίως, αλλά και με τη χρήση υπολογιστή. Η χρήση υπολογιστή σίγουρα διευκολύνει και αυξάνει την ακρίβεια στους υπολογισμούς στη σημερινή εποχή, αλλά δεν θα αναλυθεί εδώ. Θα παρουσιαστεί η βασικότερη γραφική μέθοδος, αυτή της επικάλυψης ηλιακού διαγράμματος με μάσκα σκίασης. Η μέθοδος αναλύθηκε από τον Olgyay, ο οποίος εισήγαγε μερικές σημαντικές διαδικασίες απλοποίησης.

Τα βασικά στοιχεία για την εφαρμογή της μεθόδου είναι οι διαστάσεις των σκιάστρων καθώς και των ανοιγμάτων όπου προσαρτώνται, το ηλιακό διάγραμμα που αφορά το Β.Γ.Π. της περιοχής καθώς και ένα διάγραμμα επικάλυψης σε ακριβή κλίμακα (σχήμα 2.1), σύμφωνη με αυτή του ηλιακού διαγράμματος.



Εικόνα 2.4 Διάγραμμα επικάλυψης για το σχεδιασμό παράλληλων εμποδίων ορισμένης γωνίας σκίασης

Λόγω της χρήσης των ηλιακών διαγραμμάτων, το αζιμούθιο ενός στοιχείου μετράται κατά 180° μικρότερο, δηλαδή με αφετηρία: το νότο και όχι το βορρά. Θεωρείται ένα άνοιγμα με σκίαση που προέρχεται από ένα οριζόντιο και δύο κατακόρυφα προστεγασμάτα.

2.5.1 Ανάλυση οριζοντίων προστεγασμάτων

Σε αυτή τη μέθοδο υποτίθεται κανονικά ότι κάθε οριζόντιο προστέγασμα είναι είτε συνεχόμενο ή τουλάχιστο ότι διαθέτει πτερύγια στις κατακόρυφες πλευρές. Η ανάλυση της κατακόρυφης όψης απλοποιείται με τη θεώρηση δύο μόνο σημείων, της βάσης του παραθύρου και του κεντρικού σημείου του παραθύρου. Η όψη της γωνίας από τη βάση του παραθύρου εξασφαλίζει την απαίτηση για 100% σκίαση από τη δέσμη ακτίνων. Η όψη της γωνίας από τη μέση του παραθύρου δίνει τη γραμμή για σκίαση κατά 50%.

Μετά μπορεί να σχεδιαστεί η μάσκα σκίασης με χρήση του σχήματος 2.1. Αυτό υπερτίθεται πάνω από τα ηλιακά διαγράμματα, με την κεντρική γραμμή του επιπέδου ευθυγραμμισμένη με το αζιμούθιο τοίχου, όπως θα εξηγηθεί στα επόμενα. Είναι τότε δυνατό να εξακριβωθούν και να καταγραφούν οι περιόδοι σκίασης από μήνα σε μήνα.

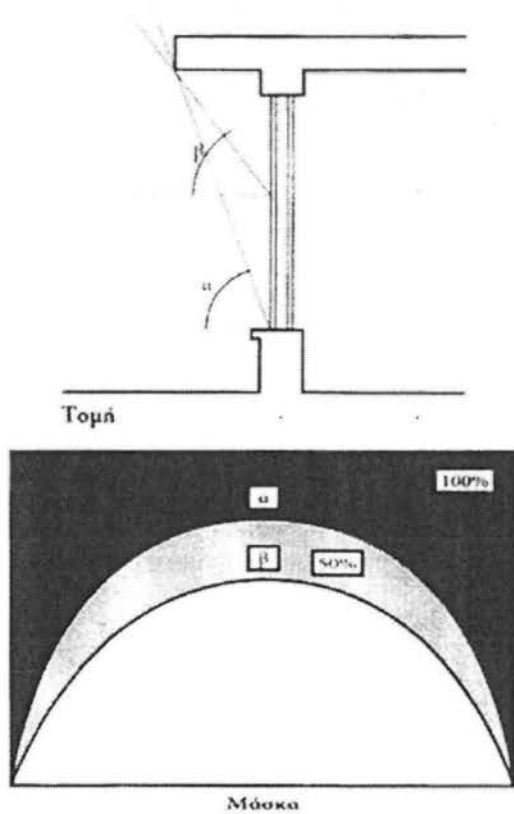
2.5.2 Ανάλυση κατακόρυφων πτερυγίων

Η διαδικασία για την κατασκευή διάταξης σκίασης για κατακόρυφα συστήματα σκίασης είναι παρόμοιες με των οριζοντίων. Αρχικά καθορίζονται οι συνθήκες για ποσοστά σκίασης 100% και 50%, έπειτα έχοντας το σχήμα 2.1 ως υπόβαθρο σχεδιάζεται υπό κλίμακα η μάσκα σκίασης και υπερτίθεται πάνω από το κατάλληλο για την περιοχή ηλιακό διάγραμμα, προσανατολισμένο έτσι ώστε η κεντρική γραμμή να συμπίπτει με το αζιμούθιο του τοίχου που βρίσκεται το άνοιγμα.

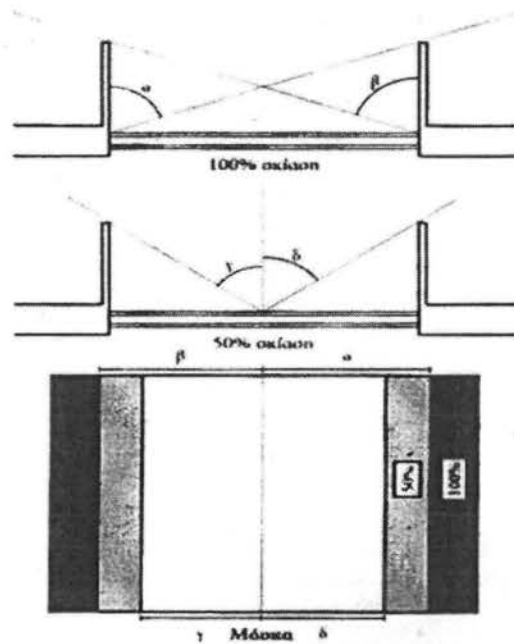
Για παράδειγμα, αν πρόκειται για ένα άνοιγμα σε τοίχο που είναι προσανατολισμένος ακριβώς νοτιοδυτικά ($AZ = +45^\circ$), τότε η μάσκα σκίασης θα υπερκαλύψει το ηλιακό διάγραμμα έχοντας το δείκτη ευθυγράμμισης (σχήμα 2.1) να συμπίπτει με το σημείο του οριζοντα που βρίσκεται 45 δυτικά (δεξιά) του κέντρου του ηλιακού διαγράμματος.

Λόγω της συνύπαρξης των οριζοντίων και των κατακόρυφων προστεγασμάτων, προκύπτει μια τελική μάσκα σκίασης. Η υπερκάλυψη του ηλιακού διαγράμματος με τη μάσκα έχει ως αποτέλεσμα το σχήμα 2.5

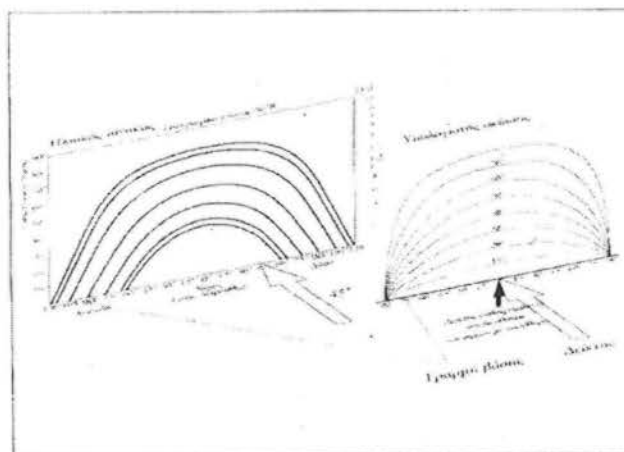
Ένα τέτοιο διάγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα πλήρους κατανόησης της σκίασης που προκαλούν τα σχεδιασμένα προστεγάσματα. Κυρίως όμως, μας δίνει τη δυνατότητα εξακρίβωσης του συντελεστή σκίασης S_f (ποσοτικοποίηση της παραμέτρου σκίασης) για μηνιαίες περιόδους, που λειτουργεί μειωτικά στα θερμικά ηλιακά κέρδη, και σε ψυχρές και σε θερμές περιόδους. Τα σωστά σχεδιασμένα προστεγάσματα θα παρέχουν μικρούς συντελεστές το θέρος και μεγάλους το χειμώνα, πράγμα που είναι επιθυμητό.



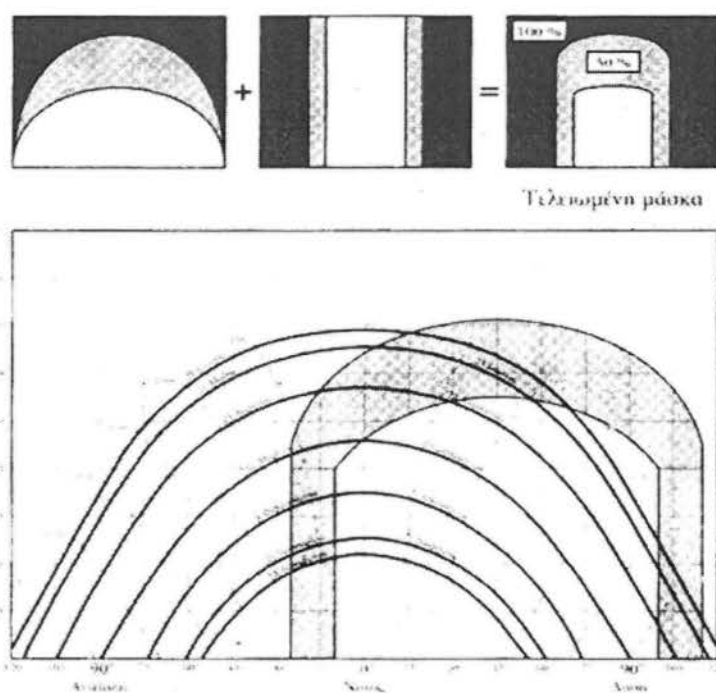
Εικόνα 2.5 Προσδιορισμός του 100% και του 50% της κατακόρυφης γωνίας της όψης ενός προστεγάσματος και μεταφορά των γωνιών α και β στο επίπεδο του σχήματος για την κατασκευή της μάσκας σκίασης.



Εικόνα 2.6 Προσδιορισμός των γωνιών σκίασης και μεταφορά των γωνιών α , β , γ , δ στο επίπεδο του σχήματος για την κατασκευή της μάσκας σκίασης.



Εικόνα 2.7 Διαδικασία ευθυγράμμισης επικάλυψης σε ηλιακό διάγραμμα για μια όψη με αζιμούθιο τοίχου 45°



Εικόνα 2.8 Μάσκα από το συνδυασμό οριζόντιας και κατακόρυφης σκίασης (πάνω) και επικάλυψη του ηλιακού διαγράμματος με ηλιακό αζιμούθιο τοίχου 45° δυτικά

2.6 Λογισμικό Υπολογισμού Ηλιακής Ακτινοβολίας

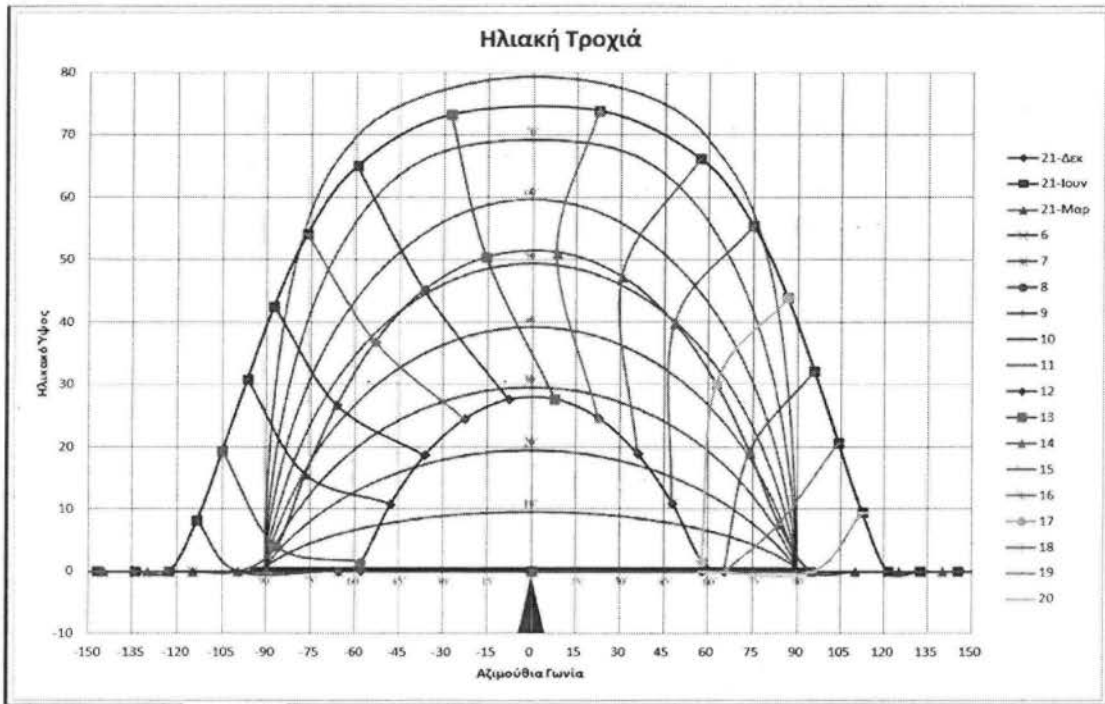
Το λογισμικό που έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιεί όλα τα προηγούμενα και εξάγει τα αποτελέσματα. Στην εικόνα 2.5 μπορούμε να δούμε την κοινή καρτέλα εισαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων. Ο χρήστης καλείται να δώσει τιμές για το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, για το μεσημβρινό αναφοράς της ώρας και για την επιφάνεια που θέλουμε να μετρήσουμε την ακτινοβολία. Προσοχή διότι οι τιμές δεν πρέπει να δοθούν σε μοίρες και λεπτά, αλλά ανοιγμένες σε κλίμακα του 100. Συγκεκριμένα για την επιφάνεια ο χρήστης χρειάζεται να δώσει τις γωνίες του αζιμούθιου γ , της κλίσης της επιφάνειας β και του υψομέτρου που βρίσκεται η επιφάνεια. Τέλος πρέπει να επιλέξει από αναπτυσσόμενες λίστες τους διορθωτικούς συντελεστές κλίματος και την ανακλαστικότητα του εδάφους. Εδώ πρέπει να πούμε ότι υπάρχουν 2 κουμπιά για να αποθηκεύουν τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας για το λογισμικό του ζεστού νερού χρήσης και των φωτοβολταϊκών. Τα 2 αυτά προγράμματα πρέπει να πάρουν πρώτα τιμές, διότι υπάρχει η δυνατότητα

αποθήκευσης των τιμών τους, και μετά να πάρει τιμές το λογισμικό υπολογισμού παθητικών συστημάτων. Τέλος υπάρχει ένα κουμπί καθαρισμού των προς συμπλήρωση κελιών.

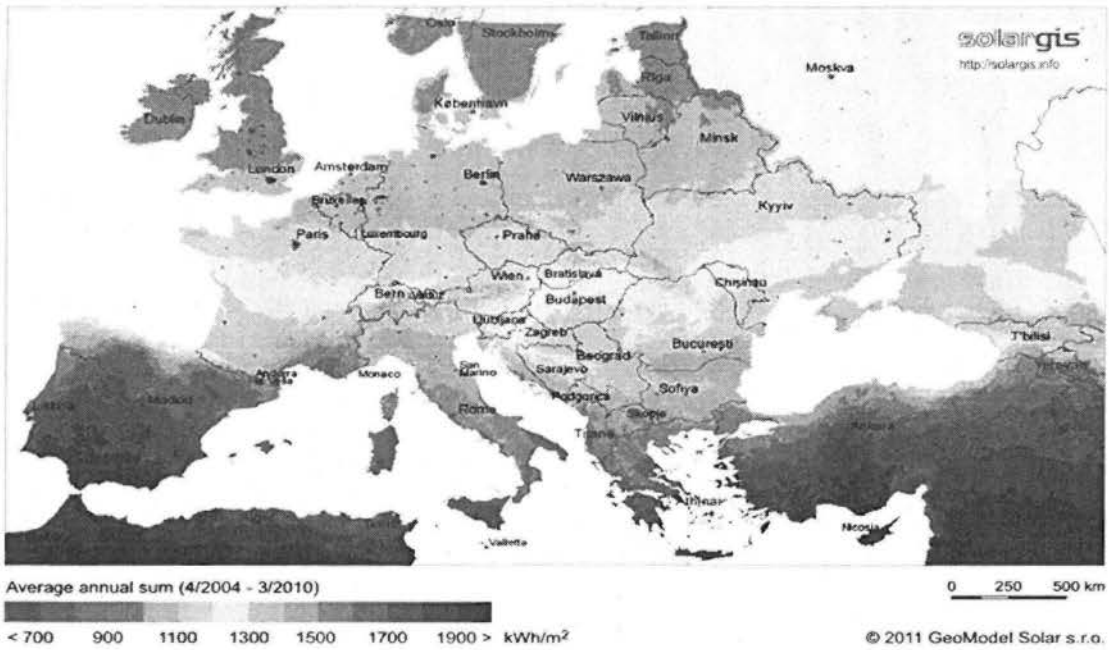
Στα εξαχθέντα δεδομένα ο χρήστης δεν βλέπει τη σειρά υπολογισμών αλλά παίρνει μόνο τα αποτελέσματα σε Watt/m^2 . Σε σύγκριση που έγινε με τις τιμές από τα αντίστοιχα TOTEE που δίνουν τις ηλιακές ακτινοβολίες ανά περιοχή, βρέθηκε μια απόκλιση της τάξης του 15%. Για το λόγω αυτό πάρθηκε ένα δείγμα από 7 πόλεις βρέθηκε η απόκλισή τους σε σχέση με τις τιμές του TOTEE 20701-3 βγήκε ο μέσος όρος της απόκλισης και με αυτόν τον τρόπο διορθώνονται οι τιμές. Με τις διορθώσεις αυτές οι συγκεντρωτικές τιμές έρχονται μέσα στα όρια των συνολικών τιμών που προβλέπουν οι πίνακες ακτινοβολίας στο έτος. Όπως φαίνεται από την εικόνα 2.10 για την Αθήνα έχουμε τιμές από 1600 έως 1700 kWh/m^2 , ενώ με το λογισμικό παίρνουμε αποτέλεσμα 1616 kWh/m^2 .

	A	B	C	D	E	F
1	ΔΩΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ					
2	Γεωγραφικό Μήκος [L]	Μεσημβρινός Αναφοράς [Lst]	Γεωγραφικό Πλάτος [φ]	Κλίση Επιφάνειας [β]	Αζιμούθια Γωνία [γ]	Υψόμετρο Περιοχής [Z km]
3	22	30	38,74	90	0	0
4	ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	r_0	r_1	r_2	ZNX	PV
5	ΜΕΣΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΑΤΗ - ΧΕΙΜΩΝΑ	1,03	1,01	1		
6	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	Καθαρισμός Κελιών - Νέα Στοιχεία		
7	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	0,15	0,15			
8						
9	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα					
10	Μήνες	Watt/m ²	Watt/m ² (Διορθωμένο)	kWh/m ² (Διορθωμένο)	ZNX	PV
11	Ιανουάριος	416,1646641	347,6327669	108	117	138
12	Φεβρουάριος	423,047565	313,4061252	103	122	142
13	Μάρτιος	369,4684493	290,4185726	105	152	170
14	Απρίλιος	270,4472114	208,0878608	83	163	174
15	Μάιος	188,0109897	156,3032375	68	181	185
16	Ιούνιος	159,5733904	138,2622685	60	188	189
17	Ιούλιος	171,8730116	157,7750552	68	200	202
18	Αύγουστος	228,2124399	213,7600819	91	202	211
19	Σεπτέμβριος	336,0155161	301,1331952	112	180	199
20	Οκτώβριος	405,199724	302,6510553	103	131	150
21	Νοέμβριος	422,9088282	344,2105071	107	117	140
22	Δεκέμβριος	401,3410259	329,6336983	102	108	129

Εικόνα 2.9 Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων και λήψης αποτελεσμάτων του λογισμικού «Ακτινοβολία».



Εικόνα 2.9 Κυλινδρική προβολή της τροχιάς του ήλιου όπως εξάγεται από το λογισμικό «Ακτινοβολία».



Εικόνα 2.10 Τιμές για σύγκριση των τιμών συνολικής ετήσιας ακτινοβολίας με τα αποτελέσματα του λογισμικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η μελέτη θέρμανσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Η θερμική άνεση των χρηστών αυτού εξαρτάται από την απόδοσή της. Η θέρμανση στην εποχή μας είναι εξαρτώμενη από τις κύριες πηγές ενέργειας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Πρόσφατα η τεχνολογία επανέφερε στο προσκήνιο πηγές ενέργειας, που θεωρούνταν ξεπερασμένες, όπως η βιομάζα και κατέστησε τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας οικονομική. Ανάλογα με το είδος της καύσιμης ύλης μεταβάλλεται και ο απαιτούμενος εξοπλισμός. Στόχος του παρόντος λογισμικού είναι να βοηθήσει στην εκπόνηση μιας μελέτης θέρμανσης, όχι αρχικά σε επίπεδων υδραυλικών εγκαταστάσεων, αλλά σε επίπεδο ενεργειακό. Βοηθά στην εύρεση των ενεργειακών απωλειών και με την εκλογή του καυσίμου στην επιλογή των εγκαταστάσεων θέρμανσης. Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα λειτουργίας.

3.1. Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης

3.1.1. Εισαγωγή Τιμών Θερμοκρασιών

Στην καρτέλα αυτή, που είναι η πρώτη του βιβλίου θέρμανσης, πρέπει ο χρήστης να εισάγει τις τιμές των θερμοκρασιών, που διαθέτει από τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Εδώ ο χρήστης έχει τρεις επιλογές. Ανάλογα με τις απαιτήσεις μπορεί ο χρήστης να εισάγει ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας, μηνιαίες ή/και την μέση ελάχιστη θερμοκρασία των χειμερινών μηνών. Με βάση αυτές τις θερμοκρασίες το πρόγραμμα κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς για να δώσει τα γραφήματα για τις ωριαίες απώλειες, τις μηνιαίες απώλειες ή τις απώλειες σχεδιασμού των χώρων του κτιρίου. Στην εικόνα 3.1 εμφανίζεται η καρτέλα εισαγωγής, όπως φαίνεται συμπληρωμένη στο πρόγραμμα.

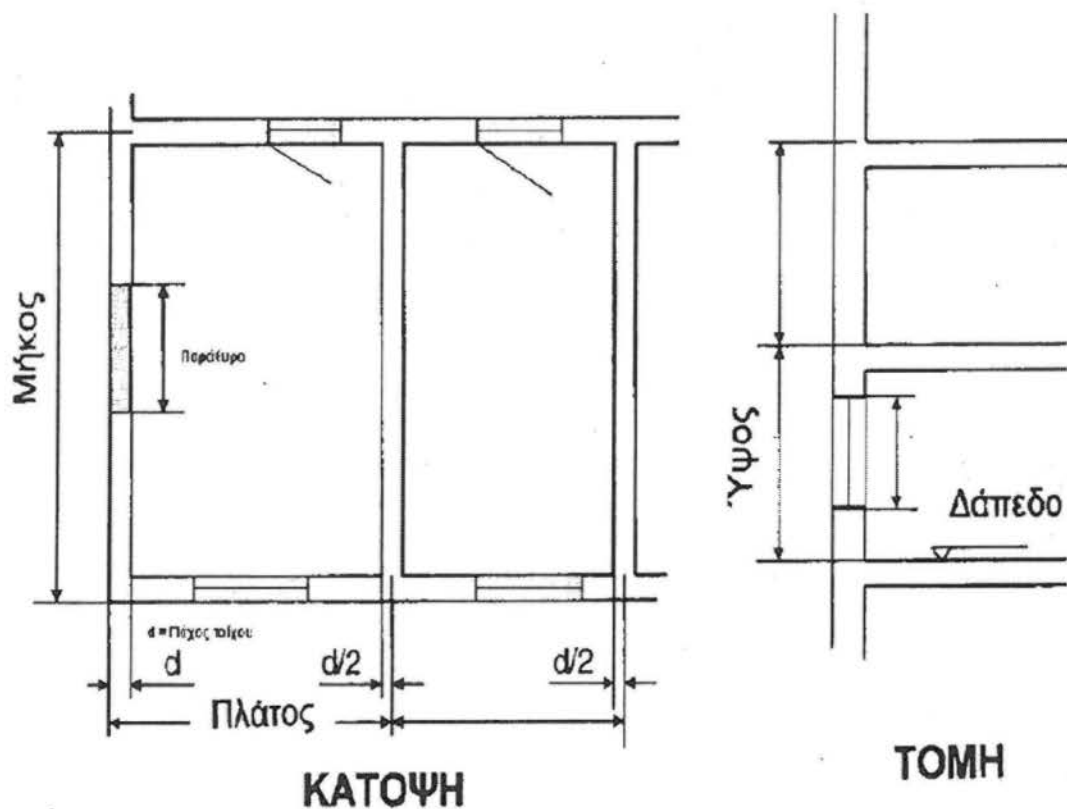
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ΔΩΣΕ ΩΡΙΑΙΟ ΠΡΟΦΙΛ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ °C		ΔΩΣΕ ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΡΟΦΙΛ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ °C		ΔΩΣΕ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ			
2	1,00	-0,92	Ιανουάριος	0,70				
3	2,00	-1,93	Φεβρουάριος	-0,15				
4	3,00	-2,72	Μάρτιος	1,69				
5	4,00	-3,23	Απρίλιος	5,36				
6	5,00	-3,73	Μάιος	9,89				
7	6,00	-4,02	Ιούνιος	14,74				
8	7,00	-3,28	Ιούλιος	18,99				
9	8,00	-2,65	Αύγουστος	17,76				
10	9,00	-1,55	Σεπτέμβριος	15,11				
11	10,00	1,23	Οκτώβριος	6,49				
12	11,00	3,42	Νοέμβριος	1,55				
13	12,00	6,22	Δεκέμβριος	2,30				
14	13,00	6,13						
15	14,00	6,05						
16	15,00	5,38						
17	16,00	4,20						
18	17,00	3,45						
19	18,00	3,20						
20	19,00	2,58						
21	20,00	2,28						

Εικόνα 3.1 Επιφάνεια εργασίας Microsoft Office Excel για την εισαγωγή του προφίλ θερμοκρασιών

3.1.2. Εισαγωγή δεδομένων στην καρτέλα «Απώλειες Θερμικών Ζωνών»

Αρχικά το κτίριο πρέπει να χωριστεί σε θερμικές ζώνες. Θερμική ζώνη είναι μια περιοχή που λειτουργεί με βάση ένα σημείο ή κόμβο ελέγχου (π.χ. θερμοστάτη), που μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρήση. Ανάλογα με την κρίση του μηχανικού και τη λεπτομερέστερη μελέτη μια θερμική ζώνη μπορεί να είναι ένα δωμάτιο ή ένας όροφος με ενιαία θερμοκρασία. Στο παρόν λογισμικό ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει μέχρι 8 θερμικές ζώνες.

Σχεδιάζοντας την πρώτη θερμική ζώνη το πρώτο βήμα είναι η συμπλήρωση των κελίων A5:12 (μώβ χρώμα), που αφορούν το είδος των δομικών στοιχείων, π.χ. Εξωτερικός τοίχος. Οι διαστάσεις τους τοποθετούνται στα κελιά D6:12 και E 6:12. Ο τρόπος εισαγωγής των διαστάσεων πρέπει να προσεχθεί. Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού των διαστάσεων του εκάστοτε χώρου.



Εικόνα 4.2 Καθορισμός εξωτερικών διαστάσεων χώρων

Όπως παρατηρείται, σε κάτοψη η διάσταση ενός χώρου είναι από την εξωτερική παρειά του εξωτερικού δομικού στοιχείου έως το μέσον του εσωτερικού δομικού στοιχείου. Τα ύψη των χώρων είναι ίσα με τα ύψη των ορόφων και οι διαστάσεις θυρών και παραθύρων ίσες με τις διαστάσεις των ανοιγμάτων.

Ακολουθούν οι όμοιες επιφάνειες G6:12 καθώς και τυχόν άλλα δομικά στοιχεία όπως παράθυρα, των οποίων η επιφάνεια αφαιρείται λόγω διαφορετικού συντελεστή μετάδοσης θερμότητας H 6:12.

Ακολουθεί η εισαγωγή του προσανατολισμού του δομικού στοιχείου στα κελιά Β6:12. Προσοχή στο γεγονός ότι ο προσανατολισμός δίδεται μόνο με τις κάτωθι συντομογραφίες Ν,Β,Α,Δ, που αντιστοιχούν στα τέσσερα σημεία του ορίζοντα Νότος, Βορράς, Ανατολή, Δύση καθώς και ενδιάμεσα σημεία ΒΑ, ΒΔ, ΝΑ, ΝΔ, που αντιστοιχούν σε Βορειανατολικά, Βορειοδυτικά, Νοτιοανατολικά και Νοτιοδυτικά.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ						ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ		ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Watt	
			ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ / ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡ. ΟΜΑΔΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΔΙΑΦΥΚΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΧΑΡΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΛΟΓΩ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	ΠΡΟΣ. ΔΙΑΔΟΤΑΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗΣ		
			°C	m	m	m ²		m ²	m ²	W/m ² °C	°C	Watt	W/°C		Watt	
Θερμική ζώνη 1																
ΣΑΛΟΝΟΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ																
Καθαρισμός Θερμικής Ζώνης 1																
Πόρτα	NA	20	0,92	1,85	1,702	1		1,702	3,1	23,25	122,6717		5,2762	0,15	1,15	141,0724
Παράθυρο 1	NA		0,8	1,2	0,96	1		0,96	4,59	23,25	102,4488		4,4064	0,15	1,15	117,8161
Παράθυρο 2	NA		0,8	1,2	0,96	1		0,96	4,59	23,25	102,4488		4,4064	0,15	1,15	117,8161
Τοίχος Εξωτερικός 1	NA		6,4	2,3	14,72	1	1,92	12,8	1,98	23,25	589,248		25,344	0,15	1,15	677,6352
Τοίχος Εξωτερικός 2	BA	U	3,78	2,3	8,694	1		8,694	2	23,25	404,271		17,388	0,15	1,15	464,9117
Τοίχος Εξωτερικός 3	NA		3,78	2,3	8,694	1	1,702	6,992	2	23,25	325,128		13,984	0,15	1,15	373,8372
Δάπεδο		3,736567	6,4	3,78	24,192	1		24,192	2	23,25	1124,928		48,384	0,15	1,15	1293,667
Σύνολο											2771,141		115,339			3186,816
Απώλειες αερισμού	N	V _{αερ} [l/s°C]	Δθ		Λειτουργία				Απώλειες Νεπού Αέρα							
Q=0,34*N*V*ΔT	0,5	9,6883	23,25		Λειτουργία 8-12 ώρες ημερησίως				Συντελεστής προστασίας e	Παθ-βαθμός στεγανότητας κτιρίου	V _{αερ}	H ₂ [W/°C]	Q _{αερ}			
στάσεις Θερμικής Ζώνης μήκος πλάτος/ύψος	5	2,78	2,05	Προσαύξηση λόγω ύψους e				Περσσοτόρο Εκτατάμενο Αναψ	Μονοκατοικό	35,295	35,295	820,6088				
ολικές απώλειες θ ζώνης																
Θερμική ζώνη 2																
ΚΟΥζίνα																
Καθαρισμός Θερμικής Ζώνης 2																
Πόρτα			1,1	2,05	2,255	1		2,255	1	0,00	0		2,255	0,15	1,15	0
Input δεδομένων	ΑΠΩΛΕΙΣ ΑΠΟ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ / ΘΡΙΑΣΙΟ ΠΡΟΦΙΛ ΕΞ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ / Υπολογισμός Παρ															

Εικόνα 3.3 Επιφάνεια εργασίας Microsoft Office Excel για υπολογισμό απωλειών Θέρμανσης

Στο κελί C 6 συμπληρώνεται η επιθυμητή, από το μηχανικό, θερμοκρασία του χώρου, ενώ στα κελιά B16, C16, D16 συμπληρώνονται οι τρεις εσωτερικές διαστάσεις του χώρου αυστηρά με την σειρά « Μήκος , Πλάτος , Ύψος ». Αυτό είναι ουσιώδες, ώστε το πρόγραμμα να αντιληφθεί πιο είναι το εμβαδό δαπέδου και πιο το ύψος της θερμικής ζώνης. Με βάση τις διαστάσεις αυτές υπολογίζει τις απαραίτητες προσ αυξήσεις, όταν ο χρήστης επιλέξει το πόσες ώρες θα δουλεύει ημερησίως η θέρμανση. Η επιλογή των ωρών λειτουργίας χωρίζεται σε 3 κύριες κατηγορίες, που είναι α) 8-12 ώρες ημερησίως, β) 12-16 ώρες ημερησίως και γ) Συνεχής λειτουργία. Και επιλέγεται από την λίστα επιλογών λειτουργίας στο κελί G 15.

Ακολουθούν οι απώλειες αερισμού. Εδώ έχουμε δύο ειδών απώλειες. Αρχικά είναι οι απώλειες αερισμού του χώρου από τον ίδιο το χρήστη. Εδώ το πρόγραμμα ζητεί να εισαχθεί ο αριθμός των αλλαγών αέρα που προβλέπονται για τον εκάστοτε χώρο από τον μέσο οικιακό χρήστη. Ο αριθμός των αλλαγών αέρα συμβολίζεται με N και εισάγεται στο κελί B 15. Στον πίνακα 3.1 φαίνονται οι συνήθεις τιμές.

Τύπος Χώρου	$n_{min} [h^{-1}]$
Κατοικήσιμο Δωμάτιο (τιμή προεπιλογής)	0,5
Κουζίνα < 20	1,0
Κουζίνα >20	0,5
Λουτρό ή WC	1,5
Γραφείο	1,0
Αίθουσα Συνεδριάσεων	2,0
Αίθουσα Διδασκαλίας	2,0

Πίνακας 3.1 Ελάχιστες αλλαγές αέρα ανά ώρα σύμφωνα με ΕΛΟΤ EN 12831.

Ακολουθούν οι απώλειες ροής αέρα μέσω αρμών. Είναι ουσιαστικά απώλειες από κακή στεγάνωση των χαραμάδων των ανοιγμάτων της θερμικής ζώνης και είναι αποτέλεσμα διαφοράς πίεσης 50 Pa του εσωτερικού με το εξωτερικό. Αρχικά πρέπει να επιλεγούν συντελεστές από τα κελιά G16, K16 και M16 μέσα από αναπτυσσόμενες λίστες. Στο κελί G16 ο χρήστης πρέπει να επιλέξει από μια αναπτυσσόμενη λίστα τον παράγοντα ύψους ϵ . Ο παράγοντας αυτός μεταβάλλεται κάθε 10 ύψους. Στις αναπτυσσόμενες λίστες στο κελί K16 ο χρήστης επιλέγει τον συντελεστή προστασίας e , που έχει να κάνει με το πόσο εκτεθειμένο είναι το κτίριο στο περιβάλλον. Τέλος στο κελί M16 δίνεται ο βαθμός στεγανότητας του κτιρίου n_{50} , για διαφορά εσωτερικής – εξωτερικής πίεσης 50 Pa. Ο συντελεστής δεν παίρνει σταθερές τιμές, αλλά μεταβάλλεται με την κρίση του μηχανικού. Εδώ το λογισμικό με την επιλογή από τις αναπτυσσόμενες λίστες δίνει τις συνηθισμένες τιμές για κάθε κατηγορία. Μια τελευταία παράμετρος απωλειών από αερισμό είναι η ύπαρξη οπής στο χώρο λόγω καμινάδας ή οπών αερισμού. Η επιλογή γίνεται πάλι από αναπτυσσόμενη λίστα. Το πρόγραμμα επιλέγει τη μεγαλύτερη από τα δύο είδη απωλειών αέρα και τις προσθέτει στις απώλειες από τα δομικά στοιχεία.

Για την ευκολία του χρήστη τα κελιά προς συμπλήρωση έχουν μείνει λευκά, ενώ αυτά που δίνουν αποτελέσματα είναι χρωματισμένα. Για να γίνουν αλλαγές δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να σβήσει χειροκίνητα όποιο κελί χρειαστεί. Έχει όμως τη δυνατότητα πατώντας το κουμπί Καθαρισμός θερμικής ζώνης να διαγράψει όλα τα προς συμπλήρωση κελιά.

Στην τελευταία στήλη κάθε θερμικής ζώνης υπολογίζονται οι απώλειες για την χαμηλότερη εξωτερική θερμοκρασία, με στόχο την εποπτεία του μελετητή στο σύνολο των απωλειών.

3.1.3. Φύλλο εργασίας «Υπολογισμός Panel»

Το αμέσως επόμενο βήμα για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών είναι ο υπολογισμός υπαρχόντων παθητικών συστημάτων. Τα παθητικά συστήματα όμως έχουν δικό τους φύλλο υπολογισμού, το οποίο θα εξεταστεί σε επόμενο στάδιο.

Με δεδομένο αυτό το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων στο χώρο και του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης. Στο λογισμικό αυτό σαν θερμαντικά σώματα υπάρχουν μόνο τα πάνελ. Σε μελλοντική χρονική περίοδο μπορούν να προστεθούν και σώματα τύπου AKAN, ηλεκτρικά σώματα εκπομπής και μονάδες FCU, ανάλογα με το τι θέλει ο χρήστης. Όμως η κατηγοριοποίηση των θερμαντικών σωμάτων είναι τέτοια, που δύσκολα θα καλυφθεί όλο το φάσμα. Με μια ματιά στους εμπορικούς καταλόγους μόνο των σωμάτων τύπου πάνελ θα γίνει αντιληπτό ότι κάθε κατασκευαστής δίνει διαφορετικές αποδόσεις για την ίδια κατηγορία σωμάτων. Στο λογισμικό αυτό επιλέχθηκαν πάνελ από συγκεκριμένο κατασκευαστή.

Στο σημείο αυτό λίγα στοιχεία πρέπει να περάσει ο χρήστης στο πρόγραμμα. Κυρίως οι επιλογές γίνονται από αναπτυσσόμενες λίστες. Στην Εικόνα 3.4 εμφανίζεται το πρώτο κομμάτι του υπολογισμού.

Μελετη Θέρμανσης - Microsoft Excel

Επιλογή Προφίλ Απωλειών	Απώλειες [Watt]	Μήκος [m]	Μονάδες Θερμικών αποδόσεων			
			ΥΨΟΣ [mm]	ΤΥΠΟΣ	Watt	
Απώλειες με Μηνιαίο Προφίλ και Ποθητικά						
Θερμική ζώνη 1	2252	2,00	550	3.3	6538	6538,386
Θερμική ζώνη 2	1045	0,80	700	2.2	2279	2279
Θερμική ζώνη 3	449	0,80	700	3.3	3227	3227
Θερμική ζώνη 4	739	0,80	550	2.2	1846	1846
Θερμική ζώνη 5	1118	0,60	550	3.3	1961	1961
Θερμική ζώνη 6	867	1,40	550	2.2	3231	3231
Θερμική ζώνη 7	811	1,40	550	2.2	3231	3231
Θερμική ζώνη 8	221	0,40	550	1.1	523	523
Θερμική ζώνη 9	0	0,80	950	1.1	2615	0
Θερμική ζώνη 10	0	0,80	550	1.1	2615	0

Εικόνα 3.4 Υπολογισμός πάνελ μέσα από αναπτυσσόμενες λίστες

Η πρώτη επιλογή που πρέπει να γίνει είναι να αποφασίσει ο μελετητής με ποια δεδομένα θα κάνει τη μελέτη του. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να κάνει διαστασεολόγηση είτε με ωριαίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας είτε με μηνιαίες τιμές. Προβλέπεται να γίνει μια προσθήκη με τιμές θερμοκρασίας ηλίου-αέρα με στόχο την καλύτερη παραμετροποίηση της εξωτερικής θερμοκρασίας. Στο κελί A2 υπάρχει μια αναπτυσσόμενη λίστα από την οποία ο μελετητής αποφασίζει το προφίλ των θερμοκρασιών (ωριαίο ή μηνιαίο) και το αν θα συμπεριλάβει παθητικά συστήματα.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η προσομοίωση των παθητικών συστημάτων θέρμανσης είναι αρκετά πολύπλοκη και γίνεται μέσα από δύσκολα και χρονοβόρα μαθηματικά μοντέλα. Για το λόγο αυτό αποφεύγεται ο ακριβής υπολογισμός τους. Αντ' αυτού χρησιμοποιούνται εμπειρικά μοντέλα βασισμένα σε πειραματικές μετρήσεις, που δεν είναι πάντα αξιόπιστα λόγω της μη πληρότητας των κριτηρίων που θέτουν, αλλά που δίνουν κατευθύνσεις στον μελετητή. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται εδώ χρησιμοποιεί μηνιαίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό τα παθητικά συστήματα προσφέρονται μόνο σε συνδυασμό με τις μηνιαίες απώλειες θέρμανσης.

Με την επιλογή από την λίστα συμπληρώνεται αυτόματα η στήλη B 3:12, και δίνει τα μέγιστα των θερμικών απωλειών για κάθε ζώνη. Στις στήλες D E F 3:12 εμφανίζονται αναπτυσσόμενες λίστες για κάθε θερμική ζώνη με τους τύπους των πάνελ και την απόδοσή τους (με ΔT νερού $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους, σε Watt. Εδώ ο μελετητής έχει μια αρχική εικόνα των διαστάσεων των σωμάτων και τη σχέση των διαστάσεων με την απόδοσή τους.

Όμως η απόδοση των σωμάτων είναι άμεσα εξαρτημένη από τη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής και εξαγωγής. Ως εκ τούτου ο κατασκευαστής δίνει διορθωτικούς συντελεστές συναρτήσεως των θερμοκρασιών του νερού, οι οποίοι πολλαπλασιάζονται με την απόδοση των σωμάτων και την δίνουν την απόδοση για το ΔT που μελετάται το σύστημα. Η στήλη K έχει αναπτυσσόμενες λίστες με τιμές των διορθωτικών συντελεστών που υπολογίζονται στην στήλη J. Με την κατάλληλη επιλογή εξάγονται τα αποτελέσματα στην στήλη M. Τελειώνοντας, ο μελετητής πρέπει να επιλέξει τον αριθμό των θερμαντικών σωμάτων, που επιθυμεί να τοποθετηθούν στη θερμική ζώνη. Ο αριθμός των σωμάτων πολλαπλασιασμένος με την διορθωμένη απόδοση των θερμαντικών σωμάτων μας δίνουν τη συνολική απόδοση των σωμάτων στη θερμική ζώνη. Η απόδοση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τις απώλειες της θερμικής ζώνης, όπως παρουσιάζονται στη στήλη B του ίδιου φύλλου εργασίας.

	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ [°C]	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΕΞΟΔΟΥ [°C]	ΔΤ [°C]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΤ	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ [Watt]	Αριθμός Θερμαντικών σωμάτων στο χώρο	Συνολικές Απώλειες	
3,386	50	45	27,5	27,00	0,35	2288,4351	1	2288,4351
79	50	45	27,5	27,00	0,35	797,65	1	797,65
27	50	45	25,5	25,00	0,31	1000,37	1	1000,37
46	50	45	27,5	27,00	0,35	646,1	2	1292,2
61	50	45	27,5	27,00	0,35	686,35	2	1372,7
31	50	45	27,5	27,00	0,35	1130,85	1	1130,85
31	50	45	27,5	27,00	0,35	1130,85	1	1130,85
23	50	45	32,5	32,00	0,43	224,89	1	224,89
0	50	40	41,52	16,00	0,17	0		0
0	50	40	45	14,00	0,15	0		0
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ						9237,9451		

Εικόνα 3.5 Εισαγωγή τιμών θερμοκρασίας νερού και επιλογή του κατάλληλου συντελεστή απόδοσης και του αριθμού Θερμαντικών σωμάτων.

Ακολουθώντας τον υπολογισμό του μεγέθους των θερμαντικών σωμάτων, έχουμε την εκλογή του λέβητα και του κυκλοφορητή. Η επιλογή εδώ είναι μεταξύ λέβητα αερίου/πετρελαίου, λέβητα βιομάζας και αντλία θερμότητας. Στόχος είναι η εύρεση της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα θέρμανσης, ώστε ανάλογα με την επιλογή του συστήματος θέρμανσης να ελέγχεται και η αυτονομία του κτιρίου. Στο λέβητα – καυστήρα αερίου πετρελαίου έχουμε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το λέβητα, τον καυστήρα και τον κυκλοφορητή, χωρίς όμως η ηλεκτρική ενέργεια να χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμότητας. Ως εκ τούτου η κατανάλωση είναι πολύ μικρή. Το ίδιο ισχύει και για το λέβητα βιομάζας. Στην περίπτωση όμως της αντλίας θερμότητας η ηλεκτρική ενέργεια είναι αυτή, που απαιτείται για να λειτουργήσει ο κύκλος και ως εκ τούτου να παραχθεί η απαιτούμενη θερμότητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η κατανάλωση

ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης να αυξάνεται πάρα πολύ και να παίζει σημαντικό ρόλο στη ζήτηση ενέργειας και ως εκ τούτου στην αυτονομία του κτιρίου. Στο βιβλίο εργασίας του προγράμματος, που υπολογίζεται η εβδομαδιαία ζήτηση υπάρχει αναπτυσσόμενη λίστα από την οποία μπορεί ο μελετητής να επιλέξει το είδος του συστήματος θέρμανσης. Στην εικόνα 3.6 φαίνονται τα κελιά που έχουν να κάνουν με το σύστημα θέρμανσης. Τα λευκά κελιά είναι αυτά που πρέπει να συμπληρωθούν.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3										
4										
5	Υπολογισμός Λέβητα-Καυστήρα Πετρελαίου-Αερίου			Λέβητας Pellet			ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΝΕΡΟΥ			
6	Συνολικό Φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ [Watt]	7501		Συνολικό Φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ [Watt]	7501		Συνολικό Φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ [Watt]	7501		
7	Μέγεθος Δικτύου	Περιορισμένο		Μέγεθος Δικτύου	Περιορισμένο		Μέγεθος Δικτύου	Περιορισμένο		
8	Θερμική Ικανότητα Λέβητα [Watt]	8252		Θερμική Ικανότητα Λέβητα [Watt]	8252		Θερμική Ικανότητα Αντλίας Θερμότητας [Watt]	8252		
9	Βαθμός Απόδοσης Λέβητα	0,9		Παροχή Κυκλοφορητή [l/h]	1419,088564		Ροή στο συμπυκνωτή [l/h]	376		
10	Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου [kJ/m ³]	42000		Τριβές στον Δυσμενέστερο κλάδο [mH ₂ O]	2		Ροή στον ατμοποιητή [l/h]	911		
11	Παροχή Καυσίμου Καυστήρα	0,218306878		Μανομετρικό Κυκλοφορητή Ηκ	2,3		Ηλεκτρική Ισχύς Κυκλοφορητή Αντλίας	250		
12	Παροχή Κυκλοφορητή [l/h]	1419,088564		Βαθμός απόδοσης Κυκλοφορητή	0,6		Ηλεκτρική Ισχύς Αντλίας Θερμότητας [Watt]	1840		
13	Τριβές στον δυσμενέστερο κλάδο [mH ₂ O]	2		Ηλεκτρική Ισχύς Κυκλοφορητή [Watt]	72,53119327		Υπολογισμός Γεωθερμικού Δικτύου [m]			
14	Μανομετρικό Κυκλοφορητή Ηκ [mH ₂ O]	2,3		Ηλεκτρική Ισχύς Λέβητα [Watt]	50		Θερμοκρασία Εισόδου Συμπυκνωτή [°C]	50		
15	Βαθμός απόδοσης Κυκλοφορητή	0,6					Θερμοκρασία Εξόδου Συμπυκνωτή [°C]	45		
16	Ηλεκτρική Ισχύς Κυκλοφορητή [Watt]	72,53119327					Θερμοκρασία Ατμοποίησης [°C]	8		
17	Ηλεκτρική Ισχύς Καυστήρα [Watt]	90								
18	Ηλεκτρική Ισχύς Λέβητα [Watt]	30								
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										

Εικόνα 3.6 Εισαγωγή τιμών στο επιθυμητό σύστημα θέρμανσης για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συμπλήρωση των λευκών κελιών έχει να κάνει αποκλειστικά με τις προδιαγραφές του εκάστοτε κατασκευαστή και συμπληρώνεται με βάση τα τεχνικά φυλλάδια του εκάστοτε προϊόντος.

3.2. Παθητικά συστήματα θέρμανσης

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας υπήρξε αυτονόητη επιλογή σε καιρούς που η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας ήταν περιορισμένη για οικονομικούς, και κυρίως για τεχνικούς λόγους. Στην εποχή μας η ανάγκη εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι επιτακτική καθώς είναι απαραίτητο να περιοριστεί η κατανάλωση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ώστε και να επαρκέσουν στις επόμενες γενεές, αλλά και να μετριαστεί το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η ανάλυση και η κατανόηση της διαδικασίας συλλογής και αποθήκευσης της ηλιακής θερμότητας κάνει εφικτό το σχεδιασμό της ηλιακής - θερμικής λειτουργίας του κτιρίου. Οι σύγχρονες μέθοδοι εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση κτιρίων, χάρη και στην ανάπτυξη νέων υλικών και μεθόδων, επιτυγχάνουν υψηλές αποδόσεις, οι οποίες στο παρελθόν δεν ήταν ευκαταίεες.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης περιλαμβάνουν δυο βασικούς όρους : *σύστημα και παθητικό*, που η εξήγηση τους βοηθά να γίνουν αντιληπτά τα χαρακτηριστικά των μεθόδων αυτών. Ο όρος *παθητικό* προσδιορίζει ότι η ροή θερμότητας στο σύστημα γίνεται με τρόπο φυσικό (αγωγή – μεταφορά -ακτινοβολία). Ο χαρακτηρισμός *σύστημα* χρησιμοποιείται διότι η λειτουργία κάθε μεθόδου στηρίζεται στην οργάνωση δομικών στοιχείων και κατασκευών του κελύφους ώστε να επιτυγχάνεται η συλλογή ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευση της και η μετάδοση της στους χώρους που επιδιώκεται να θερμανθούν.

Τα στοιχεία ενός παθητικού συστήματος που συλλέγουν, αποθηκεύουν και μεταδίδουν τη θερμότητα αποτελούν συστατικά μέρη του κτιρίου, γι' αυτό θα πρέπει η ένταξη ενός παθητικού συστήματος σε ένα κτίριο να αντιμετωπίζεται ως βασική παράμετρος σχεδιασμού που επηρεάζει τη μορφή , τη λειτουργία και γενικότερα την κατασκευή του κτιρίου. Ο σχεδιασμός πρέπει να προκύπτει μέσα από μια διαδικασία η οποία να μπορεί να αξιολογήσει την λειτουργία του συστήματος καθ 'όλη τη διάρκεια του έτους, για να αποφευχθούν φαινόμενα , όπως για παράδειγμα της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, που μπορούν να μετατρέψουν τα οφέλη του χειμώνα σε δεινά το καλοκαίρι. Σημαντικό είναι να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στη θερμομόνωση του περιβλήματος, αλλά και όλων των δομικών στοιχείων που συλλέγουν ή αποθηκεύουν θερμότητα.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε εδώ κάνει μια απόπειρα προσομοίωσης του τρόπου λειτουργίας ενός παθητικού συστήματος. Αυτό συμβαίνει γιατί στην πράξη τα παθητικά συστήματα προσομοιώνονται μέσω πολύπλοκων μαθηματικών μοντέλων με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, κάτι που καθιστά τον υπολογισμό τους, για το μέσο χρήστη, αδύνατο. Η τεχνική υπολογισμού, που χρησιμοποιεί το παρόν λογισμικό βασίζεται σε μια διαδικασία, που επινοήθηκε στο επιστημονικό εργαστήριο του Λος Άλαμος του Νέου Μεξικού. Η μέθοδος αναπτύχθηκε με προσομοίωση των διαφόρων παθητικών συστημάτων σε υπολογιστή και με κατάστρωση διαγραμμάτων, βάση των υπολογιστικών μοντέλων, που περιλαμβάνουν τους σημαντικότερους παράγοντες του κλίματος. Λόγω του ότι η μέθοδος αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. είναι λογικό ότι θα έχει αποκλίσεις από τα ελληνικά κλιματολογικά στοιχεία. Σε αντιπαράθεση που έγινε όμως (σύμφωνα με τους εισηγητές της μεθόδου Παπαδόπουλο – Αξαρλή) σε κατασκευασμένα παθητικά συστήματα παρατηρήθηκε ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου συμφωνούν με τις επιτόπου μετρήσεις.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα που δίνει το λογισμικό δίνουν μόνο μια εκτίμηση στο μηχανικό για τη λειτουργία του παθητικού συστήματος, έτσι ώστε να σχηματισθεί εικόνα ως προς το συμφέρον της κατασκευής τους.

3.2.1. Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων

Η καρτέλα αυτή πέρα από την εισαγωγή των δεδομένων περιέχει και τα πιο πολλά δεδομένα που υπολογίζονται και αξιοποιούνται από το πρόγραμμα. Στην εικόνα 3.7 παρουσιάζεται η καρτέλα εισαγωγής των δεδομένων. Στα αριστερά της εικόνας υπάρχει η στήλη «δώσε παραμέτρους». Εδώ ο χρήστης πρέπει να δώσει το εμβαδό ολόκληρου του συστήματος (κελί B47) με τα πλαίσια των υαλοπινάκων. Στη συνέχεια πρέπει να συμπληρωθούν κατασκευαστικές λεπτομέρειες του παθητικού συστήματος, όπως το είδος του υαλοπίνακα, το συντελεστή θερμοπερατότητας U για τη μέρα και τη νύχτα, το μήκος προστεγάσματος και διαχωριστικού, αν υπάρχουν, το ύψος του συστήματος και η μέση θερμοκρασία σε μέγιστες απώλειες, που είναι η θερμοκρασία του χώρου μείον τη θερμοκρασία του μήνα με τις μέγιστες απώλειες. Τέλος υπάρχει και μια αναπτυσσόμενη λίστα με τον συντελεστή διαχωριστικού, που

υπολογίζεται με τη σχέση 3.1. Στο σχήμα 3.1 φαίνονται το προστέγασμα, το διαχωριστικό και το ωφέλιμο ύψος σε ένα τοίχο Trombe.

$$\text{Συντελεστής προστεγάσματος} = \frac{\text{οριζόντια προβολή προστεγάσματος}}{\text{ωφέλιμο ύψος ηλικάκου τοίχου}} \quad (3.1)$$

$$\text{Συντελεστής διαχωριστικού} = \frac{\text{κάθετη προβολή διαχωριστικού}}{\text{ωφέλιμο ύψος ηλικάκου τοίχου}} \quad (3.2)$$

Στο κελί A3 σημειώνεται το είδος του παθητικού συστήματος, π.χ. Τοίχος Trombe, και στο κελί J3 επιλέγεται η θερμική ζώνη στην οποία βρίσκεται το παθητικό σύστημα. Στα κελιά B13:B14 συμπληρώνονται τυχόν πρόσοδοι που θέλει ο μελετητής να προσθέσει (τη θερμότητα από λαμπτήρες πυράκτωσης) και στα κελιά C13:C24 η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου. Τέλος στο κελί J27 εισάγεται η τιμή της απορροφητικότητας της ακτινοβολίας από το χρώμα και στα κελιά K35 και K37 η πλησιέστερη τιμή στο συντελεστή φορτίου που υπολογίζεται αυτόματα στο κελί J34.

Το πρόγραμμα υπολογίζει από τα δεδομένα του χρήστη, μέσω των βαθμομερών θέρμανσης, της απαιτήσεις θέρμανσης του χώρου. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα κελιά H13:H24 με τίτλο «Καθαρό Θερμικό Φορτίο». Στη διπλανή στήλη παρατίθενται τα αποτελέσματα από την μελέτη θέρμανσης, για λόγους εποπτείας και σύγκρισης αποτελεσμάτων.

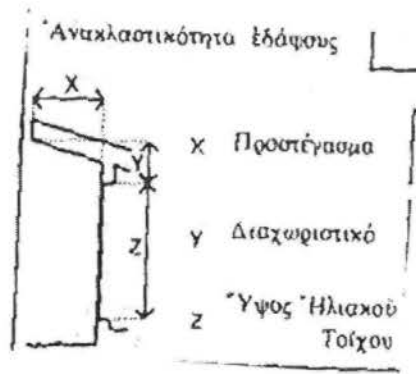
Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την λειτουργία των παθητικών συστημάτων είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Για την εύρεση της ακτινοβολίας το βιβλίο εργασίας συγχρονίζεται με το βιβλίο εργασίας που υπολογίζει την ηλιακή ακτινοβολία. Από το βιβλίο αυτό παίρνει τιμές για την ακτινοβολία στην περιοχή σε οριζόντιο επίπεδο και για την γωνία του ηλιακού ζενίθ. Η μέθοδος υπολογισμού των παθητικών συστημάτων βασίζεται σε διαγράμματα, που σε συνάρτηση με τη γωνία ηλιακού ζενίθ δίνουν συντελεστές, ώστε το πρόγραμμα να προσαρμόσει την ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην επιθυμητή από την επιφάνεια που εξετάζουμε. Τα διαγράμματα αυτά έχουν περαστεί στο πρόγραμμα και με επιλογή του χρήστη στις αναπτυσσόμενες λίστες στα κελιά από C50 έως J50 μπορεί να περιγράψει ακριβώς την ακτινοβολία που δέχεται το σύστημα. Στο κελί K50 υπάρχει μια υπερσύνδεση, τέτοια που επιτρέπει στο χρήστη να μεταπηδήσει στο βιβλίο εργασίας της Ακτινοβολίας και να υπολογίσει το σκιασμό του συστήματος από

τυχόν σκίαστρα (εικ.3.7). Η μέθοδος υπολογισμού της σκίασης αναλύεται στο κεφάλαιο της ακτινοβολίας. Αν δεν υπάρχει σκίασμός ο συντελεστής είναι μονάδα.

Τέλος για την περίπτωση που ένας χώρος έχει παραπάνω από ένα σύστημα και πρέπει να αποθηκευτούν οι τιμές του ενός για να υπολογιστεί το δεύτερο, υπάρχουν στην καρτέλα 3 κουμπιά (Α,Β,Γ στοιχείου). Πατώντας το κάθε κουμπί το πρόγραμμα αποθηκεύει τα στοιχεία στα αποτελέσματα σε ανοιχτές θέσεις, έτσι ώστε να υπολογιστούν όλα μαζί στις προσόδους. Επίσης υπάρχει και ένα κουμπί καθαρισμού κελιών, που καθαρίζει κάθε φορά τα κελιά προς συμπλήρωση (εικ. 3.7)

Τύπος Τροχή										
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΠΟΣΟ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΕΪΤΕΙ ΣΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΑΝΟΙΓΜΑ										
Όμοια Παραμέτρους	5.4									
Επιφάνεια οριζόντια	5.4									
Καθαρή Επιφάνεια	4.32	Συντελεστής Προσανατολισμού	Συντελεστής Κλίσης	Ανομοιογενής ανακλαστικότητα αλάτιου	Επιλεκτική Διάφραση εισαγωγή	Συντελεστής Διαπερασιμότητας	Συντελεστής Προσανατολισμού	Συντελεστής Κλίσης	Ποσοστό Όλων των παραγόντων	
Αριθμός Τροχιών	2	Κλίση ως προς το Νότιο	Κλίση Στοιχείου	Θέση ως προς Νότιο	Κλίση Στοιχείου		Κλίση Στοιχείου	Θέση ως προς Νότιο	0	Συντελεστής Διαφραγής
Μήν ή κατά τη Μέση	2	α	α	α	α		α	α	1.00	α
Μήν ή κατά τη Μέση	2	1.170923279	1.402822777	1.606062102	1	0.64390752	0.982737751	1	1.242718055	πυλώνας
Προσανατολισμός	42	1.286232276	1.428792029	1.712584754	1	0.427673248	0.932729999	1	2.020647821	Στεφάνιας
Κλίση Διαφάνειας	50	1.509529916	1.536225352	1.341483026	1	0.620602571	0.920196277	1	2.540243267	Μάλας
Ενομοιογενή πρόγραμμα ηλιακή διαφάνεια Στοιχείων (PDI)	4.31	1.360206273	1.302379335	1.202025664	1	0.620432231	0.942182802	1	2.172534541	Επίπλας
Προσέγγιση	0	1.229226182	1.468380574	1.328772841	1	0.439124466	0.975996124	1	1.306489228	Μάλας
Διαφάνεια	0	1.127064256	1.420792222	1.572298573	1	0.64823624	0.988577773	1	1.864269029	Πουκά
Φορητικό τμήμα	2.7	1.16790088	1.457520821	1.602618697	1	0.644285328	0.962391818	1	1.726286462	Ουλίας
Επιλεκτική Διαφάνεια	0	1.296729827	1.488223220	1.713110487	1	0.679134913	0.938882961	1	2.012818211	Κίοντες
5.4		1.212076138	1.340231367	1.346292824	1	0.699169306	0.922622204	1	2.262233270	Στεφάνιας
		1.328047761	1.202667208	1.794442342	1	0.622067225	0.944293713	1	1.236674998	Ουλίας
Ομοιογενή διαφάνεια	731.5238913	1.198312197	1.462627112	1.634828182	1	0.42888276	0.877219771	1	1.797049013	Μάλας
Μέση διαφάνεια γλάσας σε μια απώλειες	11.06	1.116767951	1.420224182	1.572222854	1	0.648202487	0.988178940	1	1.861467821	Δοκίμους
Μέση επιφάνεια επιφάνεια	0.2									
Μεταβολή Κελιών	Αποθήκευση Α Στοιχείου	Αποθήκευση Β Στοιχείου	Αποθήκευση Γ Στοιχείου							

Εικόνα 3.7 Εισαγωγή παραμέτρων παθητικού συστήματος και επιλογή παραγόντων που επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία



Σχήμα 3.1 Σχηματική μορφή τοίχου Trombe για να δειχθεί το προστέγασμα, το διαχωριστικό και το καθαρό ύψος.

3.2.2. Καρτέλα «Συνολικά αποτελέσματα»

Η καρτέλα αποτελέσματα ακολουθεί την καρτέλα εισαγωγής δεδομένων. Αφού έχουν εισαχθεί τα δεδομένα για όλα τα παθητικά συστήματα ενός χώρου, αποθηκεύονται τα δεδομένα με την χρήση των κουμπιών αποθήκευσης στοιχείων. Εδώ πρέπει να αποσαφηνίσουμε ότι, αν σε ένα χώρο έχουμε δύο συστήματα, τότε περνάμε τα στοιχεία του πρώτου συστήματος και πατάμε το κουμπί αποθήκευσης, έτσι ώστε να αποθηκεύσουμε τα κέρδη από το πρώτο σύστημα. Ακολούθως περνάμε τα στοιχεία του δεύτερου συστήματος και πατάμε αποθήκευση σε θέση B. Με τη χρήση των κουμπιών γίνεται η αποθήκευση των ποσοστών εξοικονομήσεως στις στήλες B,C,D. Το παρόν λογισμικό υποστηρίζει μέχρι 3 παθητικά συστήματα σε κάθε χώρο.

Μετά την αποθήκευση των αποτελεσμάτων το λογισμικό υπολογίζει το σύνολο των κερδών από τα συστήματα και το συγκρίνει με τις απαιτήσεις για θέρμανση και με την ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στον τοίχο. Η συσχέτιση των κερδών σε σχέση με την ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία μας δίνει την απόδοση του γενικευμένου συστήματος και εμφανίζεται στη στήλη J.Στην

στην στήλη Κ δίνεται σε ποσοστό η εξοικονόμηση θέρμανσης από τα συστήματα. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι τα διαγράμματα στα οποία βασίζεται η παρούσα μέθοδος υπολογισμού έχουν καταστρωθεί με βάσει συγκεκριμένου μεγέθους παθητικά συστήματα, οπότε ο μηχανικός πρέπει, έχοντας αυτά στα δεδομένα, να εκτιμήσει αν ταιριάζουν στη δική του περίπτωση. Αν ταιριάζουν συνεχίζει τη μέθοδο κανονικά χωρίς αλλαγές στα αποτελέσματα. Αν όχι υπάρχει το κελί G 24 στο οποίο μπορεί να τοποθετηθεί ένας συντελεστής ασφαλείας για την ακρίβεια των δεδομένων, βάσει των υλικών και του μεγέθους του παθητικού συστήματος.

Στο κάτω μέρος της καρτέλας υπάρχουν πάλι κουμπιά καθαρισμού και αποθήκευσης. Με το που ολοκληρωθεί ένας χώρος, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί στο οποίο αντιστοιχεί ο χώρος αυτός, με στόχο την αποθήκευσή του στο βιβλίο «Αποτελέσματα Θέρμανσης». Με την αποθήκευση αυτή ο μηχανικός μπορεί να επιλέγει το πώς θα σχεδιάσει το σύστημα θέρμανσης και αν θα λάβει υπόψη του τα παθητικά συστήματα ή όχι.

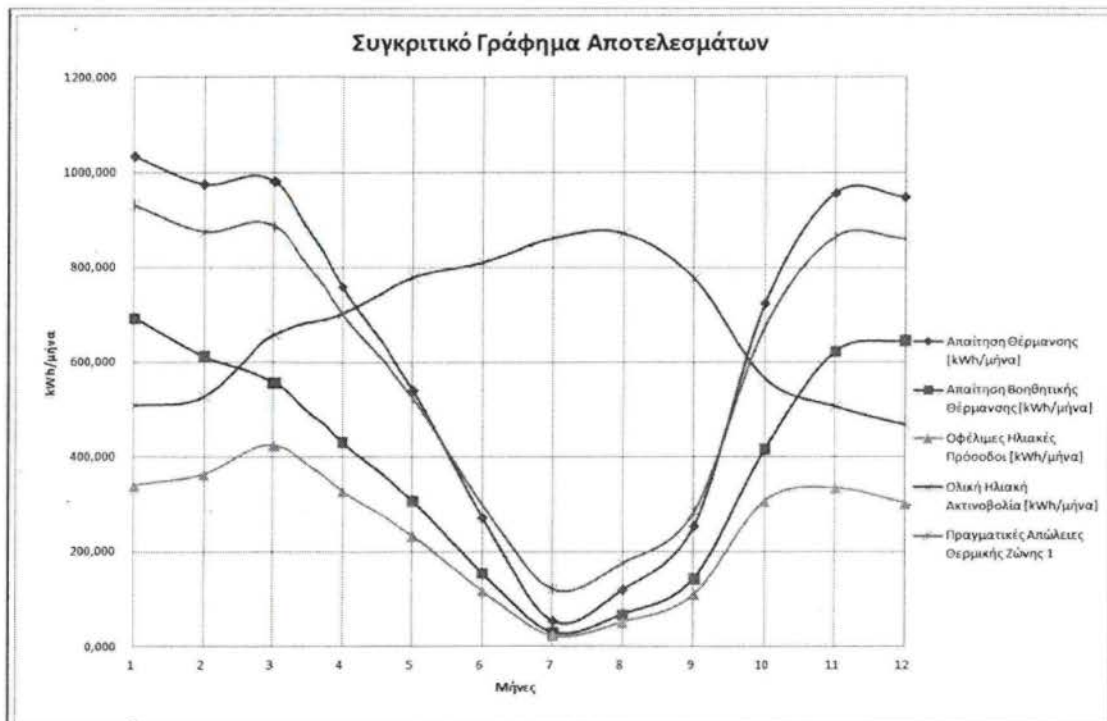
Συνολικά Αποτελέσματα										
Μήνας	Αναγν. Α	Αναγν. Β	Αναγν. Γ	Ποσοστό Υπολογισμών ετοιμοκατασκευασμένων Ολοκληρωμένων Συστημάτων	Απόδοση θέρμανσης [κwh/μήνα]	Απόδοση Βοηθητικής θέρμανσης [κwh/μήνα]	Οφέλιμα Ηλιακά πρόσθετα [κwh/μήνα]	Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία [κwh/μήνα]	Απόδοση Συστήματος	Ποσοστό Ετοιμοκατασκευασμένων Συστημάτων
	0,800	0,800								
1 Ιανουάριος	0,761	0,795		0,672	579,585	189,951	389,639	509,318	76,501%	67,226%
2 Φεβρουάριος	0,852	0,874		0,750	546,530	136,683	409,847	527,806	77,651%	74,991%
3 Μάρτιος	1,000	0,993		0,861	549,884	76,425	473,459	657,961	71,958%	86,102%
4 Απρίλιος	1,000	1,000		0,864	425,359	57,849	367,510	702,973	52,279%	86,400%
5 Μάιος	1,000	1,000		0,864	303,661	41,298	262,363	779,482	33,659%	86,400%
6 Ιούνιος	1,000	1,000		0,864	152,716	20,769	131,947	811,236	16,265%	86,400%
7 Ιούλιος	1,000	1,000		0,864	30,428	4,138	26,290	862,585	3,045%	86,400%
8 Αύγουστος	1,000	1,000		0,864	67,141	9,131	58,010	872,416	6,649%	86,400%
9 Σεπτέμβριος	1,000	1,000		0,864	142,165	19,334	122,831	776,780	15,813%	86,400%
10 Οκτώβριος	0,982	0,989		0,852	405,541	60,156	345,384	565,978	61,024%	85,166%
11 Νοέμβριος	0,809	0,833		0,709	536,218	155,919	380,298	507,552	74,928%	70,922%
12 Δεκέμβριος	0,739	0,779		0,656	511,502	183,018	348,484	468,711	74,350%	65,566%

17 Δεδομένα για θερμική ζώνη 1	18 Δεδομένα για θερμική ζώνη 5	19 Καθαρισμός κελιών ανοιγμάτων
20 Δεδομένα για θερμική ζώνη 2	21 Δεδομένα για θερμική ζώνη 6	22 Συντελεστής διόρθωσης δεδομένων ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε περίπτωσης
23 Δεδομένα για θερμική ζώνη 3	24 Δεδομένα για θερμική ζώνη 7	25 54%
26 Δεδομένα για θερμική ζώνη 4	27 Δεδομένα για θερμική ζώνη 8	

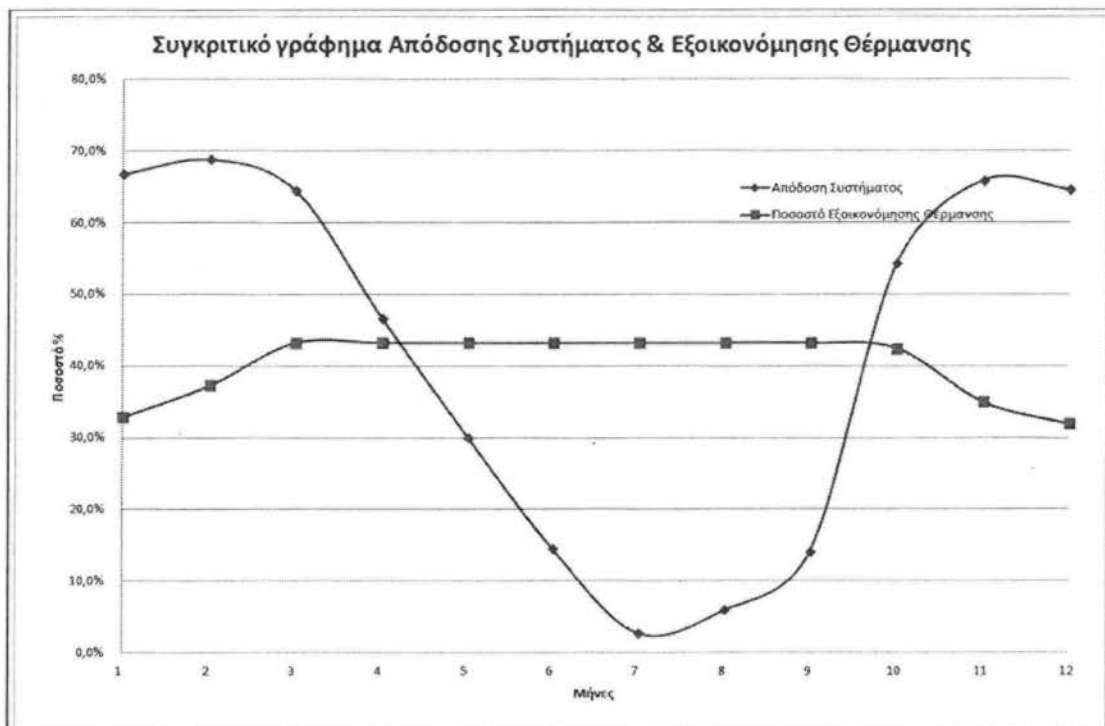
Εικόνα 3.8 Καρτέλα «Συνολικά Αποτελέσματα». Φαίνονται τα κουμπιά αποθήκευσης, τα λευκά κελιά που εισάγονται τα δεδομένα από την προηγούμενη καρτέλα και τα γκρι που είναι τα αποτελέσματα.

Με την ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων το λογισμικό, σε διαφορετικές καρτέλες, καταστρώνει 2 γραφήματα. Το πρώτο γράφημα είναι αυτό που συγκρίνει γραφικά τα αποτελέσματα, δηλαδή το ποσό της ακτινοβολίας που λαμβάνει μέσω των συστημάτων ο χώρος, τις απαιτήσεις θέρμανσης από βαθμομέρες και από τους υπολογισμούς του λογισμικού για την θέρμανση. Επίσης παραθέτει τα οφέλη από τα ηλιακά παθητικά συστήματα και το ποσό που πρέπει να καλυφθεί από ενεργητικά συστήματα. Το γράφημα αυτό φαίνεται στο σχήμα 3.2.

Το δεύτερο γράφημα κάνει σύγκριση της απόδοσης του συστήματος με το ποσοστό εξοικονόμησης θέρμανσης σε μηνιαία βάση. Το γράφημα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.2 Συγκριτικό γράφημα όπως καταστρώνεται από το πρόγραμμα των ηλιακών παθητικών συστημάτων και συγκρίνει τα αποτελέσματα της μεθόδου.



Σχήμα 3.3 Συγκριτικό γράφημα όπως καταστρώνεται από το πρόγραμμα των ηλιακών παθητικών συστημάτων που παρουσιάζει γραφικά την απόδοση του συστήματος και το ποσοστό εξοικονόμησης θέρμανσης.

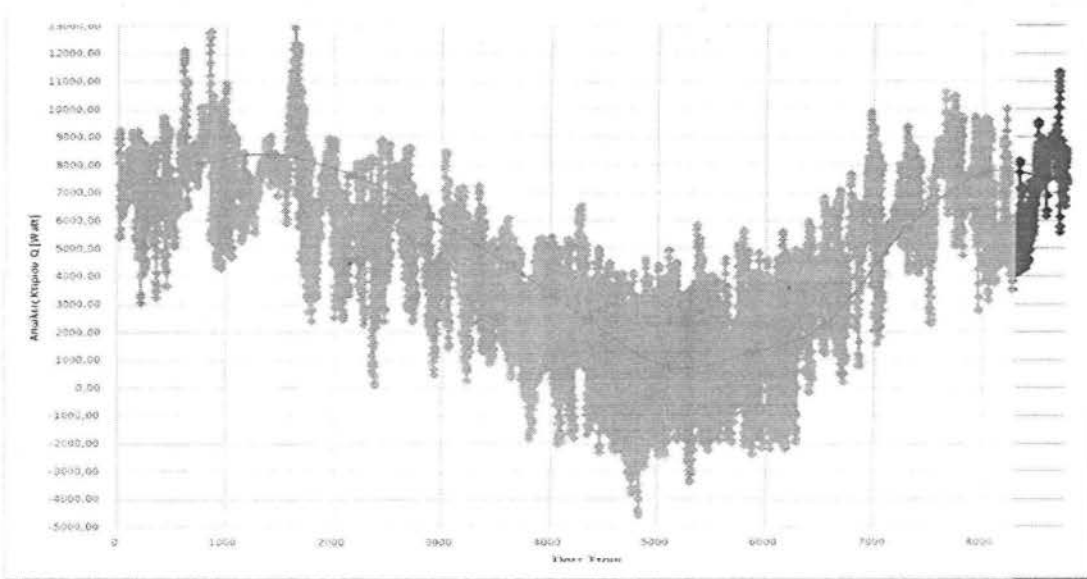
3.3. Αποτελέσματα θέρμανσης

Στο βιβλίο εργασίας Αποτελέσματα Θέρμανσης παρουσιάζονται 2 γραφήματα σε διαφορετικές καρτέλες. Το πρώτο γράφημα είναι αυτό, που δείχνει την ωριαία διακύμανση των απωλειών του κτιρίου καθώς και τη μέση τιμή των ωριαίων τιμών κάθε μήνα. Οι ωριαίες τιμές παρουσιάζονται με γαλάζιο χρώμα, ενώ οι μέσες τιμές με κόκκινο, με στόχο την αντιπαράθεση και σύγκριση των δύο.

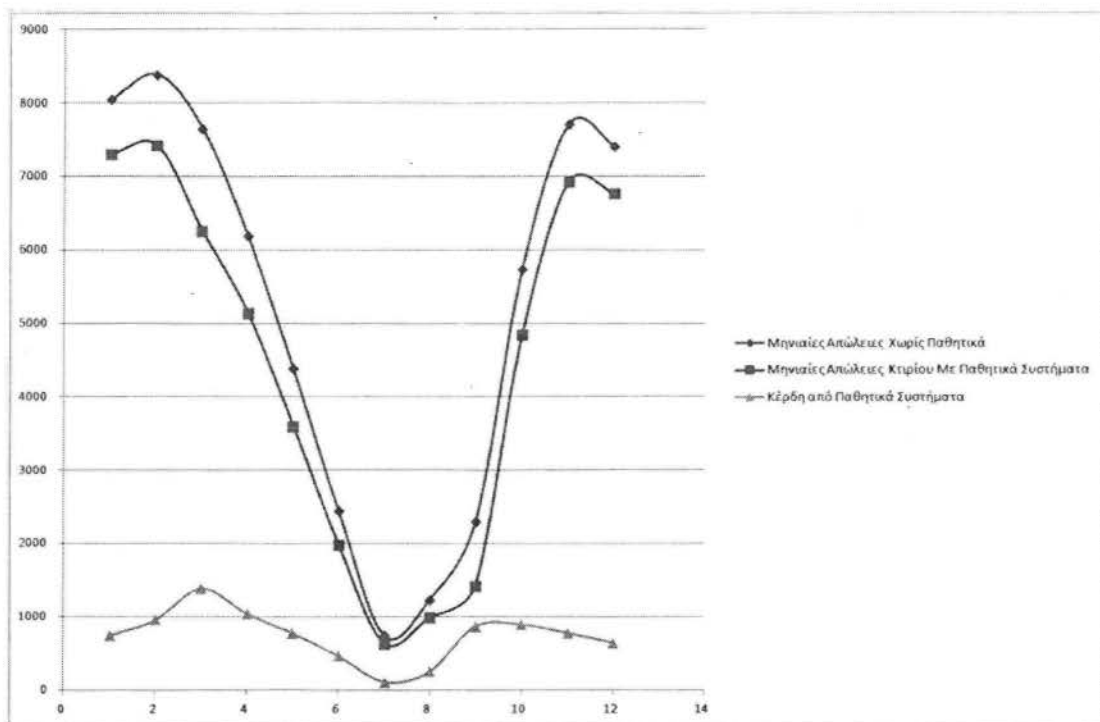
Στο δεύτερο γράφημα παρουσιάζεται ένα γράφημα με τις μηνιαίες απώλειες του κτιρίου, όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη μέση θερμοκρασία κάθε μήνα. Πέρα όμως από τις απώλειες, παρουσιάζεται και το γράφημα των προσόδων από τα παθητικά συστήματα, καθώς και ένα συνδυασμένο γράφημα των μηνιαίων απωλειών με τις προσόδους από τα παθητικά συστήματα, με στόχο την αξιολόγηση των παθητικών συστημάτων και την εκτίμηση των κερδών από τον μηχανικό. Στα σχήματα 3.4 και 3.5 παρουσιάζονται τα δύο αυτά γραφήματα.

Με το βιβλίο εργασίας «Αποτελέσματα Θέρμανσης» κλείνει το κεφάλαιο της θέρμανσης όσον αφορά τις απώλειες και τον υπολογισμό τους. Μένει μόνο η

διαστασιολόγηση του δικτύου. Όμως με τον υπολογισμό των απωλειών μπορούμε να συνεχίσουμε στην ενεργειακή αυτονομία του κτιρίου.



Σχήμα 3.4 Γράφημα ωριαίων απωλειών θερμότητας στο σύνολο του κτιρίου. Με κόκκινο σημειώνεται το γράφημα των μηνιαίων απωλειών θερμότητας για να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των 2 επιλογών.



Σχήμα 3.5 Γράφημα μηνιαίων απωλειών θερμότητας στο σύνολο του κτιρίου. Με και χωρίς παθητικά συστήματα καθώς και τα κέρδη από τα παθητικά συστήματα.

3.4. Ζεστό νερό χρήσης

Η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (μπάνιο, πλύσιμο, κλπ) αντιπροσωπεύει ένα σοβαρό ποσοστό (περίπου 10-15%) επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιούνται κυρίως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο (μπόϊλερ συνδεδεμένο με λέβητα), ηλεκτρισμός (ηλεκτρικός θερμοσίφωνα) και Ηλιακή Ενέργεια (Ηλιακοί θερμοσίφωνες ή Κεντρικά Ηλιακά Συστήματα).

3.4.1. Μέθοδος Καμπυλών f

Το ζεστό νερό χρήση εδώ παράγεται με χρήση ηλιακού συλλέκτη. Ο ακριβής υπολογισμός του ηλιακού συλλέκτη είναι περίπλοκη διαδικασία, για τα λόγω αυτό έχουν αναπτυχθεί εμπειρικά μοντέλα, που προσπαθούν να αξιολογήσουν τη μακροχρόνια ενεργειακή απόδοση του συλλέκτη. Μια μέθοδος είναι η λεγόμενη «μέθοδος των καμπυλών f », που αναπτύχθηκε από τους Klein, Beckman και Duffie στο πανεπιστήμιο του Winsconsin.

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει το ποσοστό f της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας μιας εγκατάστασης, το οποίο μπορεί να καλυφθεί από ηλιακούς συλλέκτες. Το ποσοστό f υπολογίζεται από τη εξίσωση 3.3.

$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (3.3)$$

Με

$$X = F_R \bar{U}_L * \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) (\theta_{ref} - \bar{\theta}_a) \Delta t \left(\frac{A_c}{L} \right) K_2 K_3$$

$$Y = F_R (\tau \alpha)_n * \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) \frac{(\tau' \alpha)}{(\tau \alpha)_n} \bar{H}_T \left(\frac{A_c}{L} \right) K_4$$

Όπου,

F'_R / F_R : Διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη εναλλάκτη. Παίρνει τιμές από 0,8÷0,95. Στο

λογισμικό έχει τιμή 0,92.

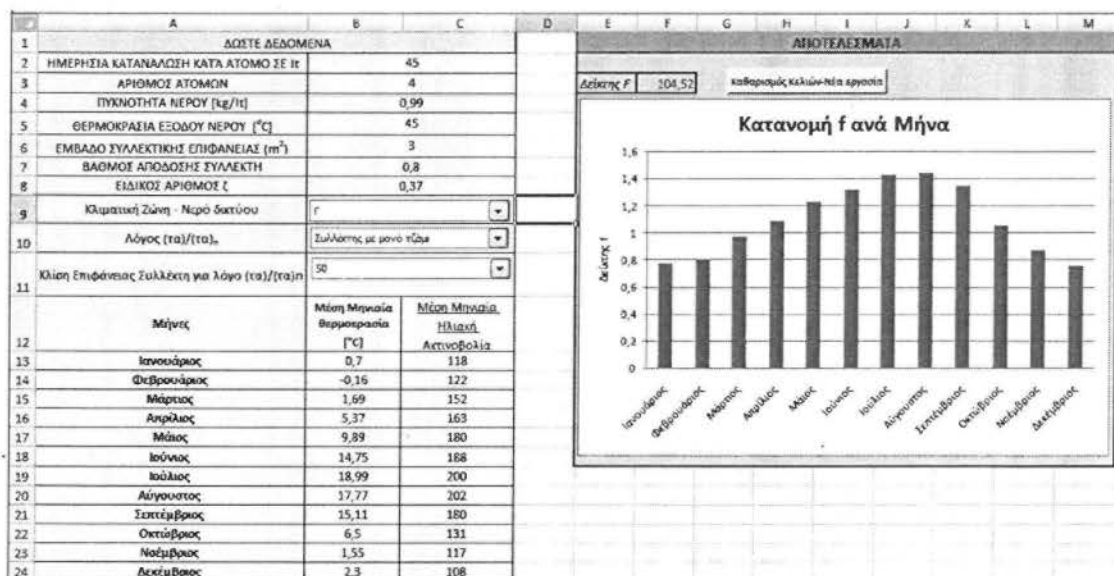
- $F_{R}^* U_L$: Χαρακτηριστικό μέγεθος του συλλέκτη. Ειδικός αριθμός ζ. Δίνεται από τον Κατασκευαστή.
- $F_{R}^*(\tau\alpha)$: Χαρακτηριστικό μέγεθος του συλλέκτη. Βαθμός απόδοσης η. Δίνεται από τον Κατασκευαστή.
- Θ_{ref} : Θερμοκρασία αναφοράς ίση με 100 °C.
- Θ_a : Μέση μηνιαία θερμοκρασία. Λαμβάνεται από το βιβλίο εργασίας «Μελέτη Θέρμανσης».
- L : $L_w + L_p$
- L_w : $NV_w\rho C_p(\theta_w - \theta_m)$ Φορτίο για ζεστό νερό χρήσης.
- L_p : Φορτίο για θέρμανση χώρου. Δεν προβλέπεται από το πρόγραμμα.
- V_w : Μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού ανά άτομο (lt/day).
- P : πυκνότητα νερού.
- C_p : Ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού. Λαμβάνεται ίση με 4179j/Kg K.
- Θ_w : Επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού.
- Θ_m : Θερμοκρασία νερού δικτύου. Λαμβάνεται από τα κλιματικά του TOTEE 20701, ανάλογα με την κλιματική ζώνη.
- H_i : Μέση μηνιαία ακτινοβολία J/m^2mo . Λαμβάνεται από το βιβλίο εργασίας «Ακτινοβολία».
- $(\tau' \alpha)/(\tau\alpha)_n$: Διορθωτικός συντελεστής που έχει να κάνει με το συλλέκτη και το πλήθος το υαλοπινάκων που έχει.
- K_2 : Διορθωτικός συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής. $K_2=(75/M)^{0,25}$
- M : Ανοιγμένος όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης.
- K_3 : Διορθωτικός συντελεστής ζεστού νερού. $K_3=1$, αν έχουμε θέρμανση διαφορετικά $K_3=(11,6+1.18\theta_w+3.86\theta_m-2.32\theta_a)/(100-\theta_a)$. Εδώ χρησιμοποιείται ο τύπος
- K_4 : Διορθωτικός συντελεστής φορτίου εργαζόμενου μέσου. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται σε παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ως εκ τούτου παίρνει τιμή 1.

Ο συντελεστής f δίνει το μέσο μηνιαίο συντελεστή κάλυψης. Για να υπολογιστεί ο μέσος ετήσιος συντελεστής κάλυψης F , χρησιμοποιείται η σχέση 3.4.

$$F = \frac{\sum(f_i L_i)}{\sum L_i} \quad (3.4)$$

3.4.2. Καρτέλα «Εισαγωγή Δεδομένων» στο ZNX

Όλα τα παραπάνω, που συντελούν την μέθοδο καμπυλών f έχουν ενσωματωθεί στο βιβλίο εργασίας «Ζεστό νερό χρήσης». Ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει τις τιμές για το πόσα λίτρα κατά άτομο θέλει να καλύπτει, πόσα άτομα, ποια είναι η πυκνότητα του νερού και πια η θερμοκρασία που θέλει ο μελετητής στην έξοδο από το συλλέκτη και το εμβασό του συλλέκτη. Αφού αποφασιστούν οι τιμές αυτές υπάρχουν 3 αναπτυσσόμενες λίστες, που έχουν να κάνουν με το νερό του δικτύου και το λόγο $(\tau' a)/(\tau a)$. Στη λίστα του νερού δικτύου επιλέγουμε την κλιματική ζώνη και το πρόγραμμα επιλέγει τις αντίστοιχες τιμές. Ο λόγος $(\tau' a)/(\tau a)$ δίνεται σε πίνακες συναρτήσει της κλίσης της επιφάνειας του συλλέκτη και του είδους του υαλοπίνακα του συλλέκτη (μονός – διπλός). Οι πίνακες αυτοί είναι προσαρτημένοι στο πρόγραμμα και ο μελετητής επιλέγει μόνο την κλίση και το αν έχουμε διπλό ή μονό τζάμι. Συνεχίζοντας ο χρήστης πρέπει να δώσει τιμές για τον βαθμό απόδοσης του συλλέκτη και τον ειδικό αριθμό ζ . Οι τιμές αυτές δίνονται από τον κατασκευαστή. Τέλος χρειάζονται οι τιμές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και της ακτινοβολίας. Οι τιμές των θερμοκρασιών λαμβάνονται αυτόματα από το βιβλίο εργασίας «Μελέτη Θέρμανσης». Οι τιμές της ακτινοβολίας λαμβάνονται από το βιβλίο «Ακτινοβολία», με τρόπο που εξηγείται στο κεφάλαιο για την ακτινοβολία. Υπάρχει μια υπερσύνδεση στον τίτλο της ακτινοβολίας, που μεταφέρει το χρήστη στο βιβλίο εργασίας «Ακτινοβολία», ώστε να μπορεί να κάνει εύκολα τις όποιες αλλαγές επιθυμεί. Όλα τα παραπάνω φαίνονται και στην εικόνα 4.10, όπου παρουσιάζεται η καρτέλα εισαγωγής δεδομένων.



Εικόνα 3.9 Καρτέλα «Εισαγωγή Δεδομένων-Αποτελέσματα».

Αφού ολοκληρωθεί η συμπλήρωση των κελιών δεδομένων το πρόγραμμα δίνει αυτόματα το μέσο ετήσιο συντελεστή κάλυψης (ποσοστό %) F, στο κελί F3. Για να υπάρχει εποπτεία και σε μηνιαία βάση δημιουργείται αυτόματα ένα γράφημα που δείχνει το μέσο μηνιαίο συντελεστή κάλυψης, για του δώδεκα μήνες. Τέλος δίπλα στον δείκτη F υπάρχει κουμπί καθαρισμού των προς συμπλήρωση κελιών.

Με τα στοιχεία αυτά ολοκληρώνεται το κομμάτι της θέρμανσης και ακολουθεί το πρόγραμμα αυτονόμησης.

4. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΝ Α.Π.Ε.

Για τη μελέτη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον έλεγχο της ενεργειακής αυτονομίας που μπορεί να έχει ένα κτίσμα κατοικίας δημιουργήθηκαν δύο βιβλία εργασίας στο περιβάλλον του λογισμικού «Microsoft office excel». Οι τίτλοι τους είναι : «Ετήσια κατανάλωση ενέργειας», «Hybrid». Στο πρώτο βιβλίο εργασίας, προσδιορίζεται η κατανάλωση της ενέργειας, και στο δεύτερο μελετάτε το ποσό της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του κτίσματος.

4.1. Βιβλίο εργασίας : «Ετήσια κατανάλωση ενέργειας»

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας υπάρχουν 5 καρτέλες:

- Ωριαία κατανάλωση ενέργειας
- Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας
- Εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας
- Ετήσια κατανάλωση ενέργειας
- Γράφημα ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας

Για τη δημιουργία του προφίλ κατανάλωσης ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου κατοικίας πρέπει να δημιουργηθεί το προφίλ κατανάλωσης ενέργειας μίας χειμερινής και μίας καλοκαιρινής εβδομάδας. Έπειτα το προφίλ αυτό επαναλαμβάνεται. Συγκεκριμένα το προφίλ κατανάλωσης της χειμερινής εβδομάδας επαναλαμβάνεται από 1 Ιανουαρίου έως 21 Απριλίου και από 22 Οκτωβρίου έως το τέλος του χρόνου. Στο διάστημα από 22 Απριλίου έως 21 Οκτωβρίου επαναλαμβάνεται το προφίλ της εαρινής εβδομάδας. Για το λόγο αυτό η πιο σημαντική καρτέλα σε αυτό το γράφημα είναι αυτή με τίτλο «Εβδομαδιαία κατανάλωση ενέργειας».

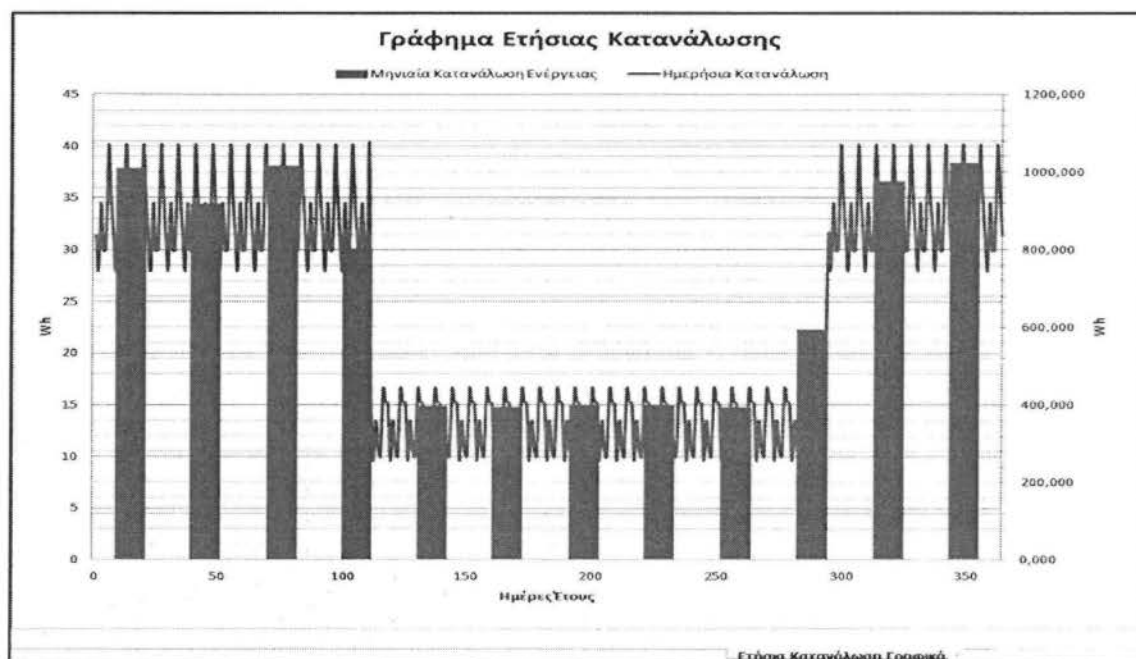
Στην πρώτη γραμμή αυτής της καρτέλας, στα στήλες από D έως AH υπάρχουν οι συσκευές που καταναλώνουν, και στην δεύτερη η ισχύς τους σε Watt. Στις παρακάτω γραμμές, συμπληρώνεται το ποσοστό της ώρας που λειτουργεί η συσκευή επί από τον

αριθμό των ομοίων. Έπειτα στην στήλη AH εμφανίζεται το άθροισμα των γινομένων (ισχύς x τον χρόνο λειτουργίας μέσα στην ώρα x τον αριθμό των ομοίων) τις κάθε συσκευής, δηλαδή την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ώρα σε (Wh). Τέλος στις στήλες AI έως AK, στις πρώτες 9 γραμμές εμφανίζονται συγκεντρωτικά η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για την χειμερινή και την καλοκαιρινή εβδομάδα.

Το κελί Z1 με τίτλο Σύστημα θέρμανσης, είναι συνδεδεμένο με το βιβλίο εργασίας «Θέρμανση». Από αυτό το κελί υπάρχει δυνατότητα επιλογής του τρόπου θέρμανσης, επομένως και τον απαιτούμενων Watt αυτής.

	A	B	C	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1			Συσκευές	Σύστημα Θέρμανσης [Watt]	Κουζίνα : Μεγάλο Μάτι	Κουζίνα : Μεσαίο Μάτι	Κουζίνα : Μικρό Μάτι	Κουζίνα : φούρνος	Μικ
2			Ισχύς [Watt]	2090,00	2000	1500	1000	2700	
3		Όρες Ημέρας	Όρες Εβδομάδας						
4	ΔΕΥΤΕΡΑ	1	1						
5		2	2						
6		3	3						
7		4	4						
8		5	5						
9		6	6						
10		7	7						
11		8	8						
12		9	9						
13		10	10	1					1
14		11	11	1					
15		12	12	1					
16		13	13	1		0,5			0,8
17		14	14						
18		15	15						
19		16	16						
20		17	17						
21		18	18						
22		19	19						
23		20	20	1					
24		21	21	1					
25		22	22	1					
26		23	23	1					
27		24	24						
28		1	25						

Σχήμα 1 Δημιουργία προφίλ κατανάλωσης χειμερινής εβδομάδας



Σχήμα 2 Προφίλ ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας

Η υπερσύνδεση από το βιβλίο εργασίας «Hybrid», της καρτέλας «INPUT-OUTPUT» στο κελί W6, οδηγεί στην καρτέλα «Εβδομαδιαία κατανάλωση» του βιβλίου εργασίας «Ετήσια κατανάλωση ενέργειας».

4.2. Βιβλίο εργασίας : «Hybrid»

Σε αυτό το βιβλίο εργασίας μελετάται η παραγωγή ενέργειας από εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, από εγκατάσταση ανεμογεννήτριας ή από τον συνδυασμό των παραπάνω.

Στο βιβλίο εργασίας υπάρχει η καρτέλα «INPUT-OUTPUT». Από εκεί γίνεται είσοδος των στοιχείων που θα επεξεργαστούν (στήλες B έως Y) και εκεί εξάγονται τα αποτελέσματα (στήλη AA). Σε σημεία της καρτέλας υπάρχουν υπερσυνδέσεις που οδηγούν στις καρτέλες που επεξεργάζονται τα δεδομένα.

4.2.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

4.2.1.1. Επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων

Στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT», οι στήλες B έως E,I,J,K αφορούν το αιολικό δυναμικό της εξεταζόμενης περιοχής. Στην στήλη B βρίσκονται οι ώρες του χρόνου, καθώς ζητούνται οι ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου, στην στήλη C. Η τιμή της ταχύτητας του ανέμου πρέπει να εισαχθεί σε $\frac{m}{sec}$. Σε αυτές τις τιμές γίνεται στατιστική ανάλυση στην καρτέλα «Επεξεργασία, Ανεμογεννήτρια». Συγκεκριμένα στις στήλες H έως K χρησιμοποιούνται οι εξής τύποι:

- Στήλη H, η μέση τιμή ταχύτητας ανέμου \bar{V} σε $\frac{m}{sec}$:

$$\sum_{i=0}^{8760} \frac{V_1 + V_2 \dots + V_{8760}}{8760} \quad (1.1)$$

- Στήλη I:

$$(V_i - \bar{V})^2 \quad (1.2)$$

- Στήλη J, τυπική απόκλιση S_v σε $\frac{m}{sec}$:

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{8760} (V_i - \bar{V})^2}{8759}} \quad (1.3)$$

- Συντελεστής μεταβολής των μετρήσεων C_v :

$$C_v = \frac{S_v}{\bar{V}} \quad (1.4)$$

Οι ίδιοι υπολογισμοί συναντώνται και στις στήλες M έως Q, για τις μετρήσεις που έχουν αναχθεί στο ύψος του οικοπέδου, καθώς και στις στήλες BS έως BV για το ευμενές σενάριο και CK έως CO για το δυσμενές σενάριο.

Στη στήλη D τις καρτέλας «INPUT-OUTPUT» εισάγεται το υψόμετρο που πάρθηκαν οι πειραματικές μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου, ώστε να γίνει αναγωγή στο ύψος της τοποθεσίας του οικοπέδου, που ζητείται στην στήλη E. Οι ταχύτητες ανάγονται χρησιμοποιώντας την εκθετική διανομή:

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^a \quad (1.4)$$

Όπου $V(z)$, η ταχύτητα του ανέμου στο υψόμετρο z ,

$V(z_1)$, η ταχύτητα του ανέμου στο υψόμετρο z_1 ,

a , η τραχύτητα του εδάφους.

Στις στήλες I,J υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης σεναρίων, εισάγοντας το ποσοστό αύξησης/μείωσης της ταχύτητας του ανέμου. Για να ληφθεί υπόψη το σενάριο, στους υπολογισμούς της παραγωγής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, θα πρέπει να πατηθεί το αντίστοιχο κουμπί στα κελία K10,K14. Στην περίπτωση του πρώτου κουμπιού (ευμενές σενάριο) προστίθεται στην ταχύτητα του ανέμου, το ποσοστό της ταχύτητας του ανέμου που εισάγεται στη στήλη I9.

$$V = V * (1 + \text{ποσοστό}) \quad (1.5)$$

Στην περίπτωση του δυσμενούς σεναρίου (κουμπί στο κελιού K14), οι ταχύτητες που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από την ανεμογεννήτρια στη στήλη DK προκύπτουν από τον τύπο:

$$V = V * (1 - \text{ποσοστό}) \quad (1.6)$$

Δηλαδή , οι ταχύτητες στο δυσμενές σενάριο μειώνονται κατά το ποσοστό της ταχύτητας που εισάγεται στη καρτέλα «INPUT-OUTPUT» στο κελί J9.

Για την ακριβέστερη περιγραφή του αιολικού δυναμικού χρησιμοποιείται η αναλυτική διανομή πυκνότητας πιθανότητας Weibull. Η μεθοδολογία επαναλαμβάνεται για τις μετρήσεις στο υψόμετρο z,z1 καθώς και στο ευμενές και δυσμενές σενάριο. Επομένως οι στήλες που υπολογίζουν την κατανομή Weibull είναι από R έως AE για z , από AJ έως AW για z1, από BW έως CI για το ευμενές σενάριο, από CP έως DB για το δυσμενές σενάριο.

Η μέθοδος υπολογισμού της κατανομής Weibull, για τις στήλες από R έως Z, είναι η εξής:

- I. Δημιουργία στήλης R. Η στήλη R περιέχει τις κλάσεις των διαστημάτων της ταχύτητας του ανέμου.
- II. Υπολογισμός πυκνότητας πιθανότητας $[f(v)]$ στην στήλη S. Αυτό γίνεται με την εντολή `COUNTIF(range;criteria)`. Το Microsoft excel μετράει πόσες φορές πληρούνται τα κριτήρια στα συγκεκριμένα κελιά. Τα κριτήρια αλλάζουν για κάθε κλάση. Έτσι η εντολή για την πρώτη κλάση σχηματίζεται ως εξής: `COUNTIF(G7:G8766;"<=1")/8760`, δηλαδή τα κελιά που θα εξετάσει θα είναι της στήλης G (ταχύτητα ανέμου), έχοντας ως κριτήριο, η τιμή της ταχύτητας να είναι μικρότερη της μονάδας (το άνω κλειστό όριο της κλάσης), και η τιμή που προκύπτει θα διαιρείται με τον συνολικό αριθμό των μετρήσεων, έτσι ώστε να προκύψει το ποσοστό.
- III. Στη στήλη T υπολογίζεται η επί τις εκατό πυκνότητα πιθανότητας. Δηλαδή :

$$f(v)\% = f(v) * 100 \quad (1.7)$$

- IV. Στη στήλη U υπολογίζεται η αθροιστική πυκνότητα πιθανότητας $F(v_0)\%$. Δηλαδή σε κάθε κελί της στήλης U προστίθεται το κελί στην ίδια γραμμή της στήλης T με το κελί της στήλης U, της προηγούμενης γραμμής. Η πρώτη γραμμή είναι ίδια με την πυκνότητα πιθανότητας επί της εκατό.
- V. Έστερα υπολογίζεται η καμπύλη διάρκειας που είναι συμπληρωματική της καμπύλης ολικής πιθανότητας. Δηλαδή:

$$G(V_0)\% = 100 - F(V_0)\% \quad (1.8)$$

- VI. Η επόμενη στήλη περιέχει την καμπύλη διάρκειας, όντας αριθμός διαιρεμένη με το 100. Δηλαδή δεν είναι ποσοστό.

- VII. Στη συνέχεια, στη στήλη X, σε κάθε γραμμή η μέση ταχύτητα (V_0) της κάθε κλάσης αντιστοιχεί.
- VIII. Η στήλη Y υπολογίζει τις τιμές $x = \ln(V_0)$ (1.9), για κάθε κλάση.
- IX. Η στήλη Z υπολογίζει τις τιμές $y = \ln(-\ln(g))$ (1.10), για κάθε κλάση.
- X. Από διάγραμμα προκύπτει μια εξίσωση της μορφής $\psi = ax + b$
- XI. Σε κάθε διάγραμμα, δεξιά πρέπει να συμπληρωθούν, οι τιμές a,b. Από εκεί αντιγράφονται στα κελία όπου πρέπει αυτόματα.
- XII. Η κλίση της ευθείας είναι ο συντελεστής k της κατανομής Weibull, και επιστρέφεται στο κελί AA.
- XIII. Στη στήλη AB υπολογίζεται ο συντελεστής c, της κατανομής Weibull μέσω του τύπου $c = e^{-\frac{b}{a}}$ (1.11).
- XIV. Στη στήλη AD υπολογίζεται η κατανομή Weibull. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$f(V)_w = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad (1.12).$$

Ωστόσο, το Microsoft excel περιέχει την εντολή Weibull(x;a;b;cumulative). Ως x λαμβάνεται η V_0 από το VII. Ως a, b οι τιμές που προέκυψαν από το διάγραμμα. Η τελευταία παράμετρος (συσσώρευση) της εντολής πρέπει να είναι FALSE, ψευδής δηλαδή.

Για τον υπολογισμό της κατανομής Weibull σε διαφορετικό υψόμετρο, μπορεί να γίνει είτε αναγωγή των πειραματικών μετρήσεων της ταχύτητας του ανέμου με την εκθετική διανομή, είτε ανάγοντας στο επιθυμητό ύψος τους συντελεστές της διανομής Weibull, k και C. Το C ανάγεται με την εκθετική διανομή όπως έχει προαναφερθεί. Το k ανάγεται με τη χρήση του τύπου:

$$k_{z1} = k_z * \frac{1 - 0.088 * \ln\left(\frac{z}{10}\right)}{1 - 0.088 * \ln\left(\frac{z1}{10}\right)} \quad (1.13)$$

Στις επόμενες σελίδες αναφέρεται το συμπέρασμα που προκύπτει για τη χρήση του κάθε τρόπου υπολογισμού της κατανομής Weibull για διαφορετικό ύψος.

4.2.1.2. Εισαγωγή στοιχείων ανεμογεννήτριας

Έπειτα πρέπει να εισαχθεί η ανεμογεννήτρια στο πρόγραμμα, για την εξέταση του τελικού ποσού της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί. Έτσι

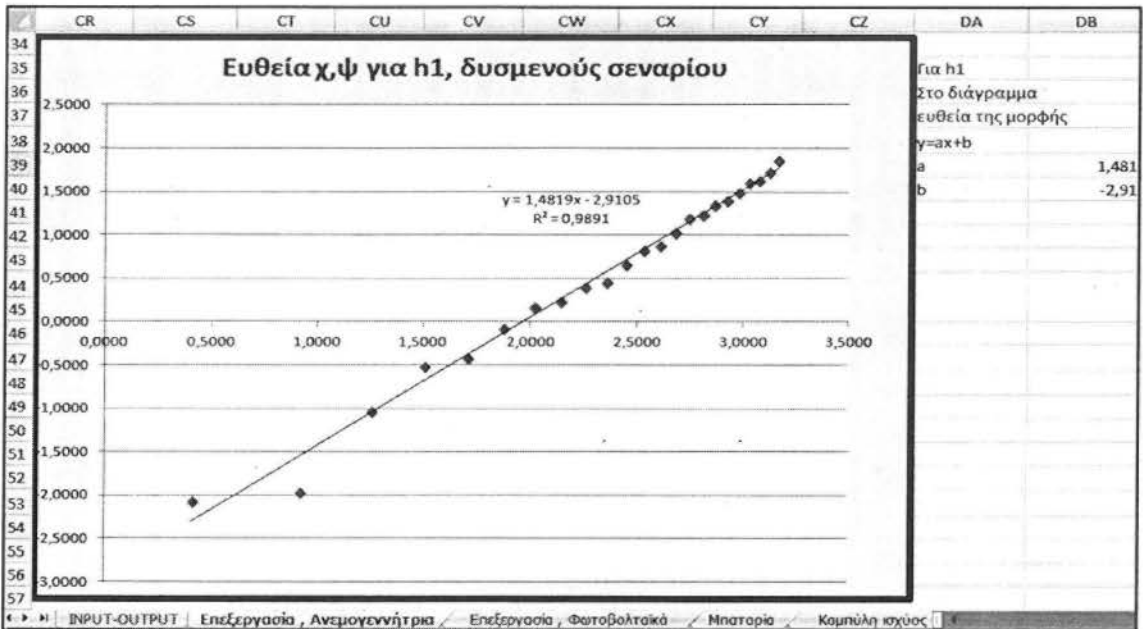
συμπληρώνεται η καμπύλη ισχύος στη στήλη F, η ονομαστική ισχύς στη στήλη G. Οι τιμές πρέπει να έχουν μονάδα μέτρησης το Watt. Ύστερα συμπληρώνεται στη στήλη H, η τεχνική διαθεσιμότητα της ανεμογεννήτριας σύμφωνα με τον κατασκευαστή.

Οι υπερσυνδέσεις στη στήλη K, οδηγούν στα γραφήματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων. Οι εξισώσεις που προκύπτουν από αυτά τα γραφήματα θα πρέπει να συμπληρωθούν στα αντίστοιχα κελιά.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1										
2	Είσοδος στοιχείων									
3	Αιολική ενέργεια									
4	Εταιρία, Μοντέλο ανεμογεννήτριας:				Traverse Industries HAWT 5.5					
5	Υψος πειραματικού σταθμού				Ανεμογεννήτρια					
6	Περίοδος χρόνου	Ταχύτητα ανέμου	Υψόμετρο που πάρθηκαν οι πειραματικές μετρήσεις	Υψόμετρο τοποθεσίας σκαπέδου	Καμπύλη ισχύος	Ονομαστική ισχύς	Τεχνική διαθεσιμότητα	Συντελεστής αόλησης της ταχύτητας του ανέμου για τη δημιουργία ευμενούς σεναρίου	Μειωτικός συντελεστής για τη δημιουργία δυσμενούς σεναρίου	Διόρθωση εξίσωσης που προκύπτει από το διάγραμμα της καμπύλης ισχύος, και των ορίων στο ευμενές σενάριο.
7		V	h0	h1	N	N0	Δ			Διόρθωση εξίσωσης που προκύπτει από το διάγραμμα της καμπύλης ισχύος, και των ορίων στο ευμενές σενάριο.
8	h	[m/sec]	[m]	[m]	[w]	[w]	%	%	%	Διόρθωση εξίσωσης που προκύπτει από το διάγραμμα με την καμπύλη ισχύος Δ/Γ.
9	1	5,80	900,00	1200	0	5500	0,96	5,00%	5,00%	
10	2	5,40			0					
11	3	6,80			160					Χρήση ευμενούς σεναρίου για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από Δ/Γ
12	4	4,80			380					
13	5	5,50			740					
14	6	5,30			1290					
15	7	4,80			2040					
16	8	5,20			3050					Χρήση ευμενούς σεναρίου για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από Δ/Γ
17	9	4,80			4340					
18	10	5,30			5500					
19	11	5,40			5500					
20	12	6,70			5500					
21	13	8,00			5500					
22	14	6,40			5500					
23	15	6,40			5500					
24	16	8,00			5500					
25	17	4,80			5500					
26	18	4,40			5500					
27	19	5,80			5500					
28	20	6,70			5500					

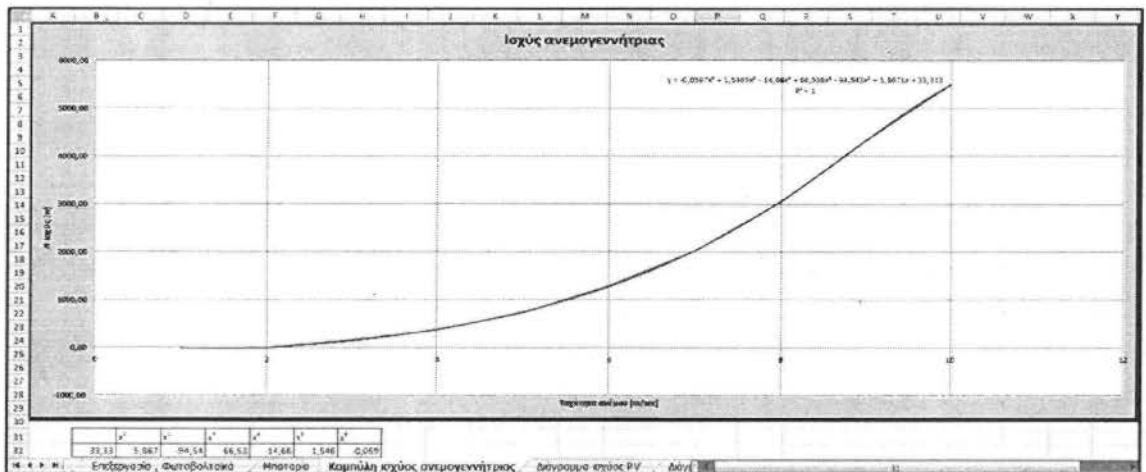
Σχήμα 3 Εισαγωγή στοιχείων αιολικού δυναμικού, ανεμογεννήτριας

Η πρώτη υπερσύνδεση στη στήλη K οδηγεί στο γράφημα από το οποίο προκύπτουν οι συντελεστές k, c της κατανομής Weibull, για το δυσμενές σενάριο. Το γράφημα περιέχει μια ευθεία της μορφής $y=ax+b$, την οποία και εμφανίζει. Η τιμή του a πρέπει να συμπληρωθεί στο κελί DB39, και η τιμή του b (μαζί με το πρόσημο της) πρέπει να συμπληρωθεί στο κελί DB40. Αντίστοιχα συμβαίνει και για το ευμενές σενάριο. Η υπερσύνδεση στο κελί K7, οδηγεί στο γράφημα «Ευθεία χ,ψ για h1, ευμενούς σεναρίου», στην καρτέλα «Επεξεργασία, ανεμογεννήτρια». Στο κελί CI39 συμπληρώνεται η κλίση της ευθείας, και στο κελί CI40 ο συντελεστής b.



Σχήμα 4 Γράφημα εύρεσης συντελεστών k,c κατανομής Weibull

Η υπερσύνδεση «Διόρθωση εξίσωσης που προκύπτει από το διάγραμμα με την καμπύλη ισχύος A/Γ» οδηγεί στο γράφημα «Καμπύλη ισχύος». Η καμπύλη παρίσταται από μία πολυωνμική εξίσωση έκτου βαθμού, η οποία εμφανίζεται επάνω στο γράφημα. Οι συντελεστές του κάθε βαθμού θα πρέπει να συμπληρωθούν στα αντίστοιχα κελιά όπως στην παρακάτω εικόνα.

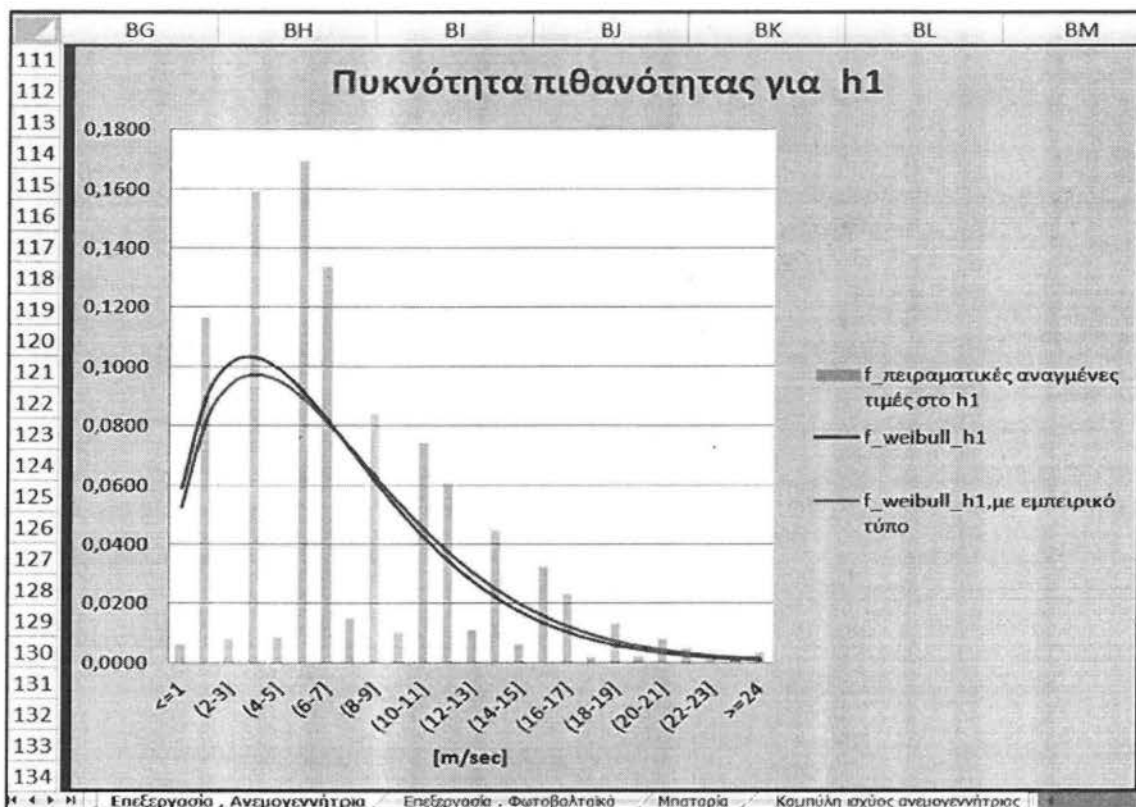


Σχήμα 5 Καμπύλη ισχύος, εύρεση εξίσωσης ισχύος ανεμογεννήτριας

Στη καρτέλα «Επεξεργασία, Ανεμογεννήτρια» υπάρχουν ακόμα τα εξής διαγράμματα, που αφορούν το αιολικό δυναμικό :

- I. Καμπύλη διάρκειας ανέμου, για το ύψος που έγιναν οι μετρήσεις, για το ύψος που ανάχθηκαν οι μετρήσεις, με και χωρίς τα σενάρια.
- II. Διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας και κατανομής Weibull:
 - Για τις μετρήσεις στο ύψος του πειραματικού σταθμού. Στο γράφημα ακόμα, υπάρχει η Weibull που έχει αναχθεί από εμπειρικό τύπο στο επιθυμητό ύψος.
 - Για τις πειραματικές μετρήσεις που έχουν αναχθεί στο επιθυμητό ύψος και έπειτα υπολογίστηκε η κατανομή Weibull, βάσει αυτές. Στο γράφημα φαίνεται και η Weibull που έχει προκύψει από τον εμπειρικό τύπο για λόγους σύγκρισης.
 - Τέλος υπάρχει και ένα γράφημα που περιέχει της πειραματικές τιμές της ταχύτητας του ανέμου για κάθε ύψος, καθώς και της Weibull που προκύπτουν από αυτές, που δείχνει πως επηρεάζονται οι τιμές από το ύψος.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι η πυκνότητα πιθανότητας αυξάνει σε κλάσεις μεγαλύτερης ταχύτητας με την χρησιμοποίηση των μετρήσεων που έχουν αναχθεί σε μεγαλύτερο ύψος, κάτι το αναμενόμενο. Ακόμη φαίνεται ότι η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί υποεκτιμάται από τον εμπειρικό τύπο αναγωγής της κατανομής Weibull σε σχέση με την αναγωγή των ταχυτήτων του αέρα στο επιθυμητό ύψος και τον υπολογισμό της κατανομής Weibull μετά. Αυτό γιατί στην περίπτωση που γίνεται αναγωγή στην κατανομή, υπάρχει ναι μεν μια μικρή αύξηση της πυκνότητα πιθανότητας στις κλάσεις (12-13],[14-15],[16-17],[18-19], όπου μπορεί να παραχθεί περισσότερη ενέργεια λόγω της μεγάλης ταχύτητας του αέρα, ωστόσο υπάρχει πολύ μεγάλη αύξηση στις μικρότερες κλάσεις κατά τον δεύτερο τρόπο υπολογισμού. Έτσι, συγκρίνοντας το εμβαδό που περικλείει ο κάθε τρόπος υπολογισμού, προκύπτει ότι ο πρώτος υποεκτιμά σε σχέση με τον δεύτερο.



Σχήμα 6 Συγκριτικό γράφημα κατανομής Weibull για διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού.

4.2.1.3. Παραγόμενη ενέργεια

Στην καρτέλα «Επεξεργασία, Ανεμογεννήτρια», οι στήλες από DE έως FH αφορούν την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από το εισαγμένο μοντέλο ανεμογεννήτριας στο εισαγμένο αιολικό δυναμικό, έχοντας ανάγει στο υψόμετρο του οικοπέδου τις πειραματικές μετρήσεις και έχοντας μεταβάλλει αυτές κατά ένα ποσοστό τους, για τη δημιουργία ευμενούς/ δυσμενούς σεναρίου.

Οι στήλες DE,DF περιέχουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας. Στη στήλη DG επικολλούνται οι τιμές της καμπύλης ισχύος από την καρτέλα «INPUT-OUTPUT»,στήλη F. Στη στήλη DH επικολλάται η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας από την στήλη G της καρτέλας «INPUT-OUTPUT».Η στήλη DI βρίσκει την αδιάστατη ισχύ $\frac{N}{N_0}$. Αμέσως δεξιά, αναγράφεται η τεχνική διαθεσιμότητα, που έχει επικολληθεί από τη στήλη H της καρτέλας «INPUT-OUTPUT». Η στήλη DK της καρτέλας Επεξεργασία, Ανεμογεννήτρια», περιέχει τις επεξεργασμένες μετρήσεις του αιολικού δυναμικού. Το εάν θα έχουν ληφθεί υπόψη για τους υπολογισμούς οι τιμές

του ευμενούς σεναρίου, ή του δυσμενούς εξαρτάται από ποιο κουμπί θα πατηθεί στα κελιά K10,K14 της καρτέλας «INPUT-OUTPUT». Στη συνέχεια υπολογίζεται από την στήλη DL η στιγμιαία ισχύς της ανεμογεννήτριας. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας την εντολή του Microsoft office IF. Παρατηρείται ότι μετά την τιμή των $10 \frac{m}{sec}$ η ανεμογεννήτρια παράγει την ονομαστική της ισχύ. Συναρτήσει αυτού και της εξίσωσης της καμπύλης ισχύος που βγαίνει από την καρτέλα «Καμπύλη ισχύος», ο αλγόριθμος υπολογισμού της στιγμιαίας ισχύος έχει ως εξής:

- Αν $DK_i > 10$ τότε
 - Επιστροφή της ονομαστικής τιμής ισχύος της A/G αλλιώς
 - Χρησιμοποιείται η εξίσωση που υπολογίζει την ισχύ έως τα $10 \frac{m}{sec}$

Ωστόσο ο αλγόριθμος θέλει διόρθωση, για την αποφυγή τυχαίων σφαλμάτων. Η στήλη DM περιέχει διορθωμένες τις τιμές της στήλης DL.

- Αν $DL_i < 0$ ή $DL_i = 0$ τότε
 - Επιστροφή της τιμής 0 στο κελί, αλλιώς
 - Αν $DL_i >$ της ονομαστικής τιμής (DH7) τότε
 - Επιστροφή της ονομαστικής τιμής ισχύος της A/G αλλιώς
 - Επιστροφή της αρχικά υπολογισθείσας στιγμιαίας ισχύς

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος για το ύψος τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας καθώς υπολογίζεται και η τελική ετήσια ενέργεια που μπορεί να παραχθεί. Για την εύρεση της ενέργειας υπολογίζεται η κατανομή Weibull όπως έχει αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 1.2.1.1 «Επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων» για κάθε ύψος μεταβάλλοντας τα τις παραμέτρους k, C με τον προαναφερθέν εμπειρικό τύπο και την εκθετική διανομή αντίστοιχα. Δεξιά από κάθε υπολογισθείσα Weibull (f_w) βρίσκεται το γινόμενο της αδιάστατης ισχύος με την κατανομή. Δηλαδή:

$$\frac{N}{N_0} * f_w \quad (1.14)$$

Στην αμέσως επόμενη στήλη βρίσκεται ο συντελεστής ισχύος ω . Ο συντελεστής αυτός ποσοτικοποιεί τη συνεργασία γεννήτριας - τοπικού αιολικού δυναμικού. Ακόμα, περιλαμβάνεται στις πράξεις υπολογισμού της ετήσιας παραγόμενης ενέργεια. Εφόσον είναι αδιάστατος, χρησιμοποιείται και για τη σύγκριση ανεμογεννητριών, ανεξαρτήτως ονομαστικής ισχύος, ως προς την προσαρμογή της μηχανής στο τοπικό αιολικό δυναμικό. Ο συντελεστής ω ισούται με το ορισμένο ολοκλήρωμα του γινομένου της

αδιάστατης ισχύος, επί την πυκνότητα πιθανότητας της κατανομής Weibull, από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας έως την ταχύτητα διακοπής λειτουργίας. Η ολοκλήρωση αυτή γίνεται με τη μέθοδο Simpson χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\omega_i = \frac{X_2 - X_0}{6} * [f(x_0) + 4 * f(x_1) + f(x_2)] \quad (1.15)$$

Όπου X_i είναι ο μέσος όρος τις i κλάσης ταχυτήτων ανέμου, από τη στήλη DO. Ακόμα,

$$f(x_i) = \frac{N}{N_0} * f(v)_w \quad (1.16),$$

δηλαδή, το αποτέλεσμα της αμέσως προηγούμενης στήλης, για την i κλάση. Οι υπολογισμοί, σύμφωνα με την μέθοδο γίνονται ανά τρεις κλάσεις, μετρώντας μέσα σε αυτές και την τελευταία κλάση του προηγούμενου υπολογισμού. Στη γραμμή 32, προσδιορίζεται η τιμή του συνολικού συντελεστή ισχύος (ω_{tot}) αθροίζοντας τις τιμές του ω της στήλης.

Στη γραμμή 33 υπολογίζεται η παραγωγή ενέργειας σε Wh από τον τύπο υπολογισμού:

$$E_{ετήσια} = \omega_{tot} * \Delta * \Delta T * N_0 \quad (1.17)$$

Όπου $E_{ετήσια}$, η παραγόμενη ενέργεια για ολόκληρο τον χρόνο,

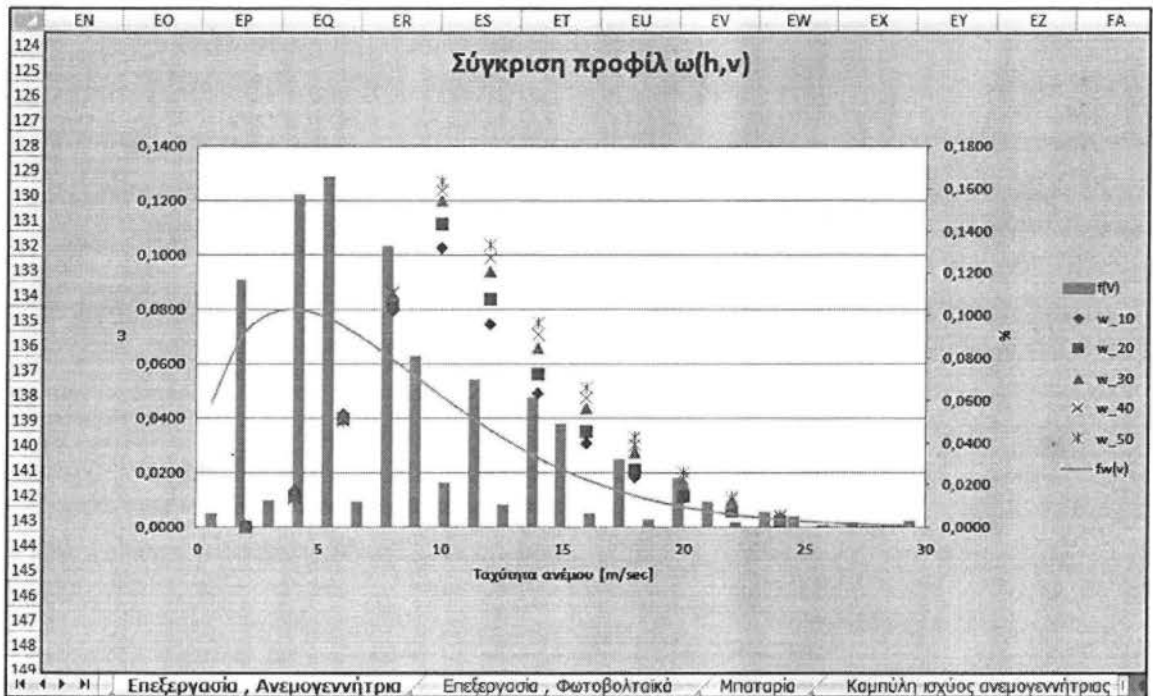
ω_{tot} , ο συνολικός συντελεστής ισχύος,

Δ , η τεχνική διαθεσιμότητα που δίνεται από τον κατασκευαστή,

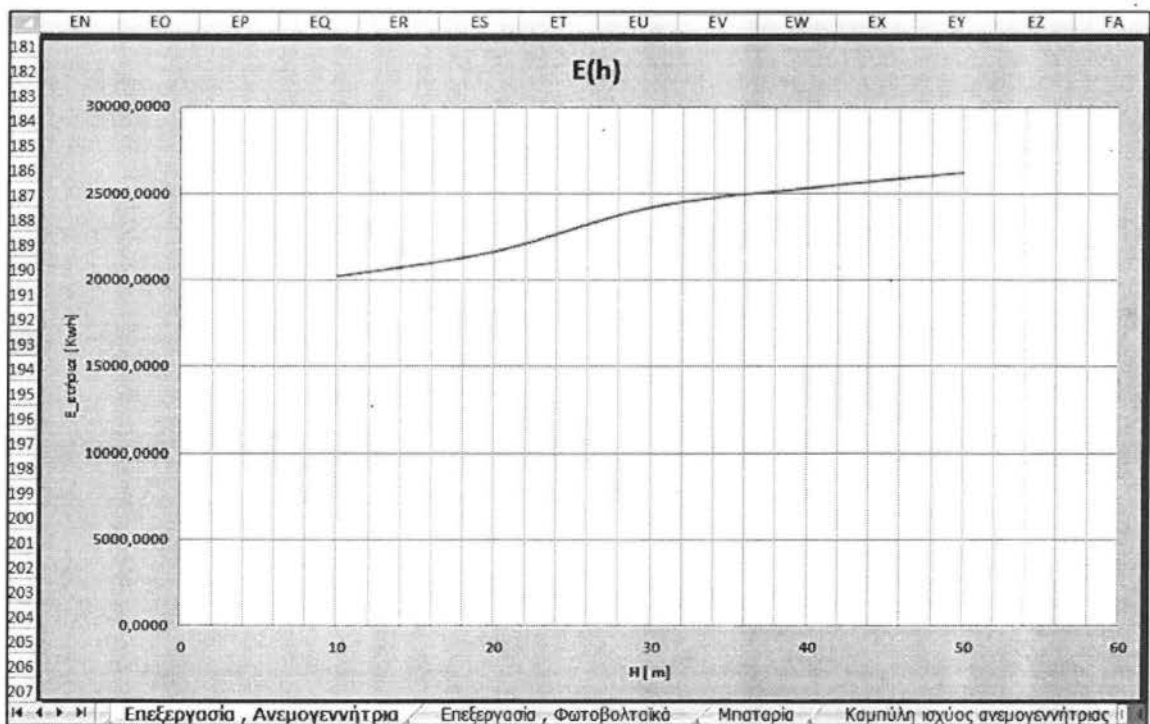
ΔT , το χρονικό διάστημα λειτουργίας,

N_0 , η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας.

Στις στήλες EM έως FB, υφίσταται μια σειρά από γραφήματα.



Σχήμα 7 Συγκριτικό γράφημα συντελεστών ισχύος, για διαφορετικό ύψος τοποθέτησης ανεμογεννήτριας

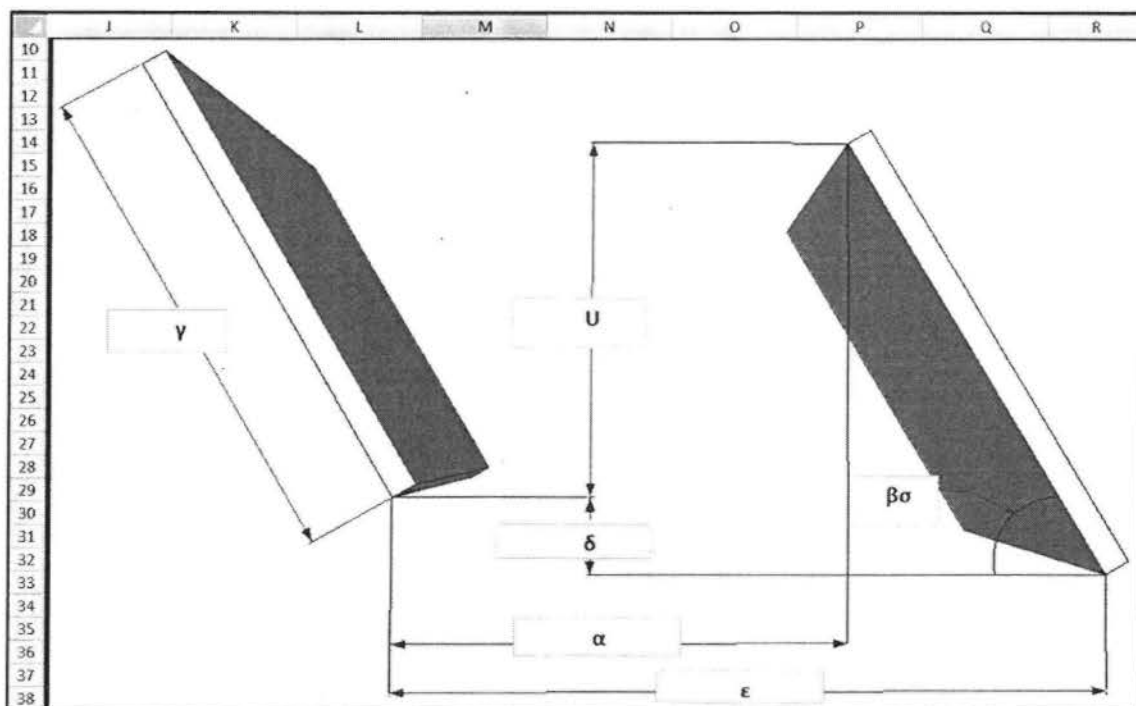


Σχήμα 8 Συγκριτικό γράφημα ετήσιας ενέργειας που μπορεί να παραχθεί, για διαφορετικό ύψος τοποθέτησης ανεμογεννήτριας

4.2.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ

4.2.2.1. Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων

Στο βιβλίο εργασίας «Hybrid», στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT», οι στήλες L έως V αναφέρονται στην ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από την ακτινοβολία του ηλίου. Συγκεκριμένα, οι στήλες L,M,N αναφέρονται στις διαστάσεις του φωτοβολταϊκού πανέλου, που δίδονται από τον κατασκευαστή. Έπειτα συμπληρώνονται οι στήλες P,Q,R,S και σε συνδυασμό με τις διαστάσεις του φωτοβολταϊκού πανέλου υπολογίζεται η ελάχιστη απόσταση (ϵ) μεταξύ δύο γειτονικών σειρών φωτοβολταϊκών πανέλων. Στη στήλη P συμπληρώνεται το γεωγραφικό πλάτος του οικοπέδου. Στη στήλη Q η γωνία τοποθέτησης ($\beta\sigma$) των πανέλων, που μπορεί να συμπληρωθεί από λογισμικό για την ακτινοβολία. Στη στήλη R συμπληρώνεται η υπερύψωση (δ) του πανέλου της πίσω σειράς σε σχέση με της σειράς που ακτινοβολείται μπροστά της. Στη στήλη S συμπληρώνεται ο λόγος ελεύθερης απόστασης μεταξύ δύο γειτονικών σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ προς την επικάλυψη του ύψους.

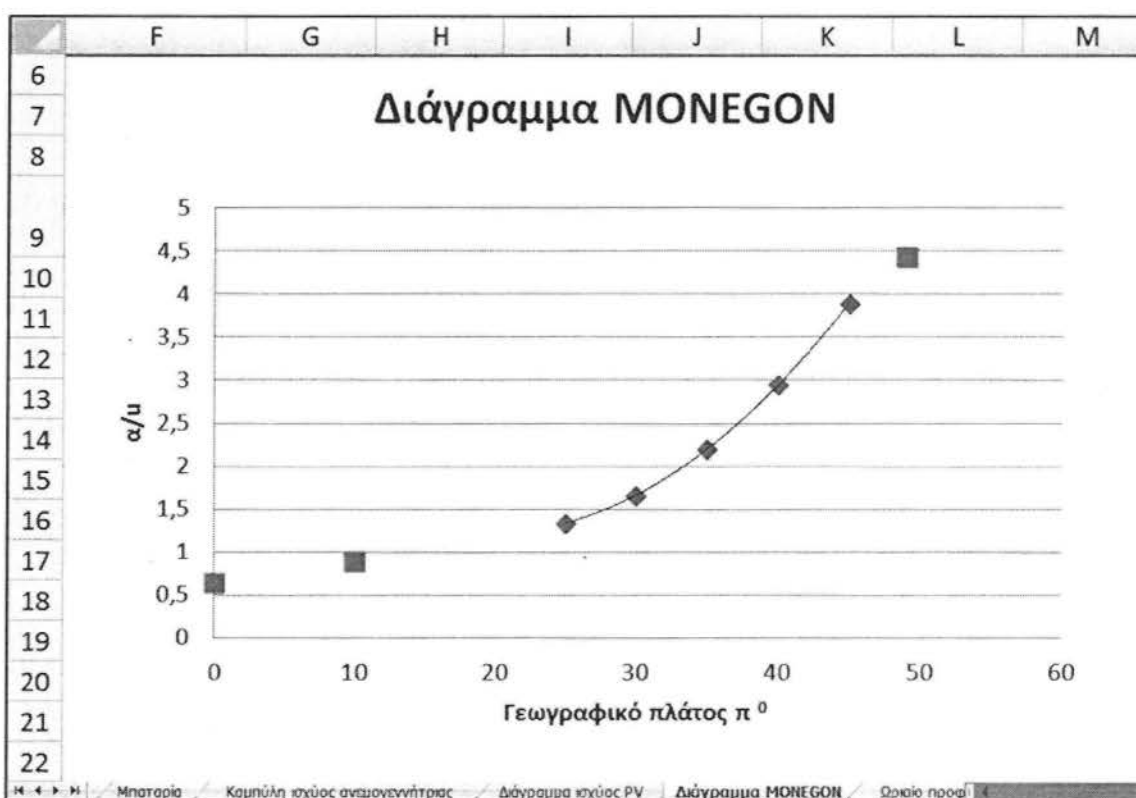


Σχήμα 7 Διαστάσεις φωτοβολταϊκών πανέλων.

Αυτός ο λόγος εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του οικοπέδου. Για γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 25°-45°, η σταθερά του διαγράμματος Monregon προσεγγίζεται ικανοποιητικά από την μαθηματική σχέση :

$$\frac{a}{u} = 0.0042 * \varphi^2 - 0,1661 * \varphi + 2,8653 \quad (1.18)$$

Εάν το γεωγραφικό πλάτος δεν βρίσκεται μεταξύ 25°-45°, τότε το υπάρχει η καρτέλα «Διάγραμμα Monregon», όπου βρίσκεται το διάγραμμα και μπορεί να βρεθεί η τιμή του λόγου της ελεύθερης απόστασης μεταξύ δύο γειτονικών σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ προς την επικάλυψη του ύψος.



Σχήμα 8 Διάγραμμα Monregon. Χρησιμοποιείται για την εύρεση του λόγου a/u , στην περίπτωση που το γεωγραφικό πλάτος δεν είναι μεταξύ των 25 και 45 μοιρών.

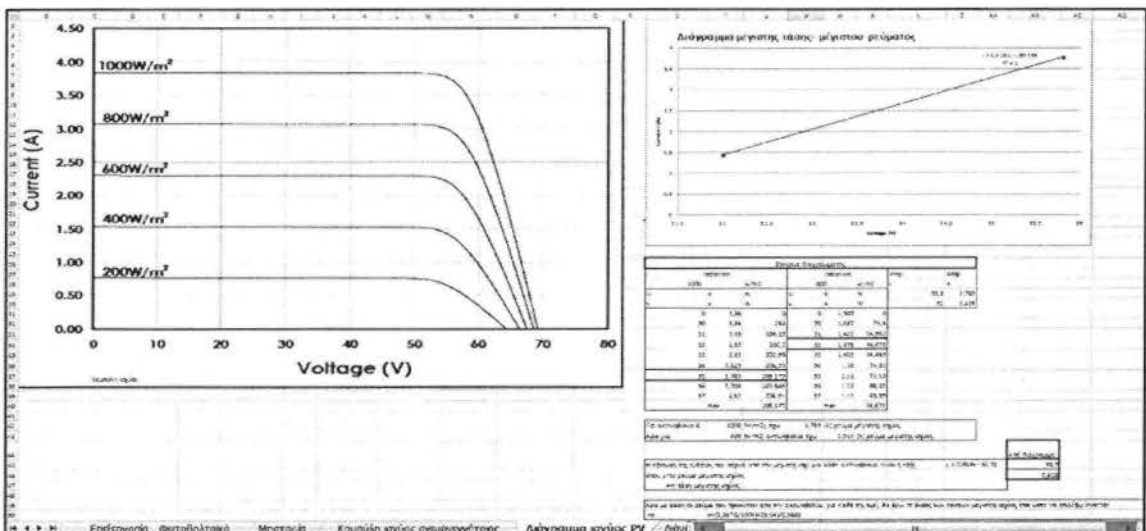
4.2.2.2. Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία

4.2.2.2.1. Αρχική τιμή τάσης ρεύματος

Στη συνέχεια, στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT», εισάγονται οι τιμές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας ανά ώρα, σε $\frac{W}{m^2}$, οι τιμές της θερμοκρασίας

περιβάλλοντος ανά ώρα, σε C^0 , και η τιμή STC CELL TEMP. (Standard Test Conditions Cell temperature), δηλαδή η τιμή της θερμοκρασίας που έχει η κυψέλη του φωτοβολταϊκού στοιχείου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, στις στήλες T,U,V.

Οι παραπάνω τιμές επεξεργάζονται στην καρτέλα «Επεξεργασία, Φωτοβολταϊκά». Στην στήλη U μεταφέρεται η τιμή έντασης της ακτινοβολίας από την καρτέλα «INPUT-OUTPUT». Έπειτα στη στήλη V,W υπολογίζονται οι αρχικές τιμές ρεύματος – τάσης ($I_{mpR}-V_{mpR}$) για την μέγιστη ισχύ του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της καρτέλας «Διάγραμμα ισχύος PV». Συγκεκριμένα, υπολογίζονται από το διάγραμμα ισχύος του επιλεγμένου φωτοβολταϊκού στοιχείου, για ακτινοβολία $1000 \frac{W}{m^2}$ και $400 \frac{W}{m^2}$, η τιμή του ρεύματος και της τάσης για την μέγιστη ισχύ. Με την μέθοδο των τριών βρίσκεται η τιμή του ρεύματος για κάθε ακτινοβολία, στη μέγιστη ισχύ. Στη συνέχεια, φτιάχνεται το γράφημα μέγιστης τάσης – μέγιστου ρεύματος, με τις τιμές ακτινοβολίας $1000 \frac{W}{m^2}$ και $400 \frac{W}{m^2}$. Η ευθεία που ενώνει τα δύο αυτά σημεία, περνά για κάθε ακτινοβολία, από το ζεύγος μέγιστης τάσης – μέγιστου ρεύματος. Στην ευθεία της μορφής $y = ax + b$ που εμφανίζεται το y παριστά την τάση μέγιστης ισχύος και το x το ρεύμα μέγιστης ισχύος. Το a και το b εμφανίζονται στο γράφημα, και συμπληρώνονται στα κελιά AB46 και AB45 αντίστοιχα. Επομένως, λύνοντας την ευθεία ως προς x, γνωρίζοντας τις τιμές μέγιστου ρεύματος για κάθε ακτινοβολία, βρίσκεται στη στήλη W, καρτέλα «Επεξεργασία, Φωτοβολταϊκά» η τιμή της μέγιστης τάσης.



Σχήμα 9 Διάγραμμα ισχύος φωτοβολταϊκού στοιχείου, διάγραμμα μέγιστης τάσης – μέγιστου ρεύματος

4.2.2.2.2. Διόρθωση τιμών τάσης – ρεύματος λόγω θερμοκρασίας

Στην καρτέλα «Επεξεργασία, φωτοβολταϊκά», στην στήλη X, εισάγονται αυτόματα οι τιμές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος που θα εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά, από την καρτέλα «INPUT-OUTPUT». Στην επόμενη στήλη υπολογίζεται η θερμοκρασία του πλαισίου με τη χρήση του τύπου: $\text{Θερμοκρασία περιβάλλοντος} + (0,03 * \text{Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας})$ (1.19)

Η στήλη Z περιέχει την τιμή STC cell Temp. που δανείζεται από την καρτέλα «INPUT-OUTPUT». Έπειτα υπολογίζεται η τιμή της διόρθωσης για τάση και ρεύμα στις στήλες AA, AB, με τους τύπους:

$$V_{mpT} = (\text{Θερμοκρασία πλαισίου} - \text{STC cell temp.}) * 0.172 \quad (1.20)$$

και $I_{ocT} = (\text{Θερμοκρασία πλαισίου} - \text{STC cell temp.}) * 0.00088$ (1.21), για το ρεύμα. Έτσι, στη στήλη AC αφαιρείται από την τάση V_{mp} η τιμή V_{mpT} και υπολογίζεται η τελική τιμή της μέγιστης τάσης. Αντίστοιχα, στην στήλη AD, διορθώνεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος I_{mp} προσθέτοντας όμως την τιμή I_{ocT} .

4.2.2.2.3. Υπολογισμός Ισχύος φωτοβολταϊκών στοιχείων

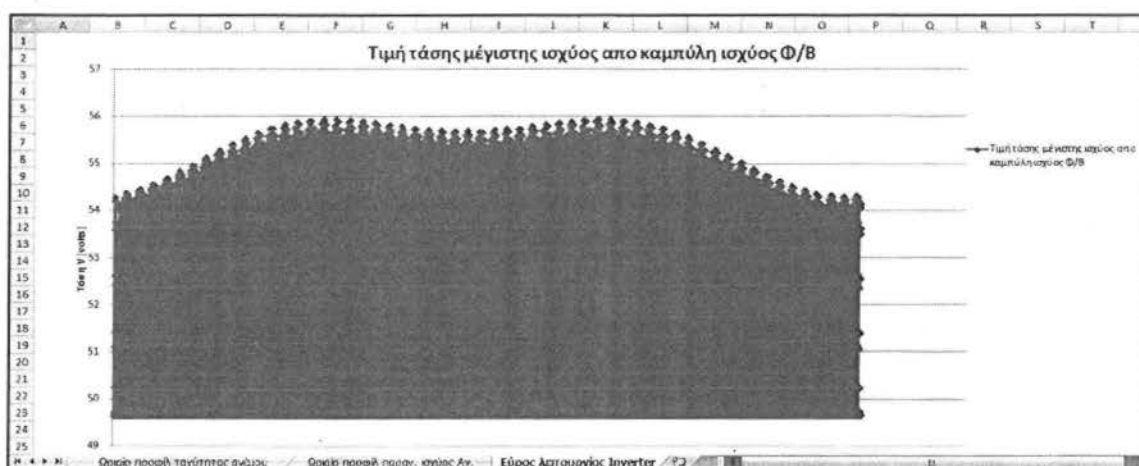
Στη στήλη AE της καρτέλας «Επεξεργασία, Φωτοβολταϊκά», υπολογίζεται η ισχύς του ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου χρησιμοποιώντας την εντολή IF (Av) του προγράμματος Excel. Συγκεκριμένα ο αλγόριθμος έχει ως εξής:

- Αν η τιμή του μέγιστου ρεύματος ισχύος είναι 0 τότε:
 - Η τιμή στο κελί της στήλης AE είναι 0 αλλιώς
 - Η τιμή στο κελί της στήλης AE είναι οι διορθωμένες τιμές της μέγιστης τάσης, AC, επί τις διορθωμένες τιμές του μέγιστου ρεύματος, της στήλης AD.

Στην επόμενη στήλη, AF, πολλαπλασιάζεται η ισχύς του ενός πλαισίου, επί τον αριθμό των πλαισίων.

4.2.2.2.3. Εύρεση εύρους τάσεων λειτουργίας για την επιλογή INVERTER

Στις στήλες AG και AH, υπολογίζονται με τις εντολές min, max του προγράμματος Excel στις στήλες AC, AH, η ελάχιστη τάση και η μέγιστη τάση αντίστοιχα. Ακόμα, υπάρχει σε γράφημα, η τάση μέγιστης ισχύος ανά ώρα.



Σχήμα 10 Διάγραμμα τάσης μέγιστης ισχύος φωτοβολταϊκού στοιχείου ανά ώρα

4.2.3. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT» η στήλη X,Y, αφορά τα στοιχεία που πρέπει να εισαχθούν σε σχέση με την μπαταρία του συστήματος. Στη στήλη Y εισάγονται οι βαθμοί απόδοσης του συστήματος:

- η_{UPS} , βαθμός απόδοσης UPS
- η_{rect} , βαθμός απόδοσης μετασχηματισμού τάσης
- η_{cc} , βαθμός απόδοσης στις καλωδιώσεις
- η_{ch} , βαθμός απόδοσης φόρτισης
- η_{inv} , βαθμός απόδοσης inverter
- η_{bat} , βαθμός απόδοσης μπαταρίας

Στο κελί X19 συμπληρώνεται το ποσοστό της χωρητικότητας της μπαταρίας που είναι φορτισμένο κατά την εγκατάσταση του συστήματος. Στο κελί X14 σημειώνεται το βάθος εκφόρτωσης της μπαταρίας (D.O.D.). Το κελί X12 περιέχει την τάση (volts) στους ακροδέκτες της μπαταρίας. Τέλος στο κελί X9 συμπληρώνεται η χωρητικότητα της μπαταρίας (Q_{bat}) σε Ah.

Για την εύρεση του σωστού μεγέθους της μπαταρίας, δοκιμάζονται τιμές στο κελί X9, έως ότου να μηδενιστούν οι ώρες απόρριψης από την μπαταρία (κελί AA16), και να υπάρχει ποσοστό κάλυψης 100% (κελί AA14), για πλήρη αυτονομία. Οι υπολογισμοί γίνονται στην καρτέλα «Μπαταρία». Οι στήλες A,B, είναι σε σύνδεση με τα κελία της καρτέλας «INPUT-OUTPUT». Οι στήλες D,E περιέχουν τις ωριαίες τιμές ενέργειας, σε Wh, από την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά αντίστοιχα. Η στήλη F υπολογίζει το άθροισμα τους. Στη στήλη G έχουν επιστραφεί οι ωριαίες τιμές

ζήτησης από το βιβλίο εργασίας «Ετήσια κατανάλωση ενέργειας». Στην αμέσως επόμενη στήλη (H) πολλαπλασιάζεται η συνολικά παραγόμενη ενέργεια με τον βαθμό απόδοσης του UPS και αφαιρείται από το γινόμενο η ζήτηση. Στη στήλη I προσδιορίζεται η θεωρητική είσοδος της μπαταρίας κάνοντας χρήση της εντολής IF. Έτσι ο αλγόριθμος που διαμορφώνεται είναι:

- Αν $H_i > 0$ τότε
 - Επιστρέφει την τιμή H_i επί τους βαθμούς απόδοσης η_{rect} , η_{cc} , η_{ch} αλλιώς
 - Επιστρέφει την τιμή 0.

Στη στήλη J εκτιμάται η θεωρητική έξοδος της μπαταρίας με τη βοήθεια του αλγορίθμου:

- Αν $H_i < 0$ τότε
 - Επιστρέφει την τιμή $-H_i$ διαιρεμένη με τους βαθμούς απόδοσης η_{rect} , η_{cc} , η_{ch} αλλιώς
 - Επιστρέφει την τιμή 0.

Η στήλη K υπολογίζει την ενέργεια που έχει η μπαταρία κατά την πρώτη εφαρμογή. Αυτό συμβαίνει πολλαπλασιάζοντας την χωρητικότητα σε Ah (κελί A6), με την τάση στους ακροδέκτες της μπαταρίας (κελί A8), με το βάθος εκφόρτωσης (κελί A10) καθώς και με το πόσο τις εκατό φορτισμένη είναι η μπαταρία. Το πόσο τις εκατό φορτισμένη βρίσκεται η μπαταρία είναι τιμή που δανείζεται από το κελί X19, της καρτέλας «INPUT-OUTPUT». Ύστερα γίνεται έλεγχος της θεωρητικής στάθμης της μπαταρίας, σε Wh στη στήλη L και σε Ah στη στήλη M. Ο αλγόριθμος που ελέγχει την θεωρητική στάθμη είναι ο εξής:

- Αν η θεωρητική είσοδος της μπαταρίας (I) > 0 τότε
 - Αν η θεωρητική είσοδος της μπαταρίας + τη στάθμη της μπαταρίας κατά την πρώτη εφαρμογή $>$ Της χωρητικότητας Q_{bat} επί της τάσης V_{bat} τότε
 - Επέστρεψε την τιμή Q_{bat} επί την τάσης V_{bat} αλλιώς
 - Επέστρεψε την τιμή της θεωρητικής εισόδου + της αρχικής στάθμης της μπαταρίας
 - Αλλιώς αν θεωρητική είσοδος της μπαταρίας - $Q_{bat} * V_{bat} * (1 - \text{βάθος εκφόρτισης μπαταρίας}) >$ της θεωρητικής εξόδου της μπαταρίας τότε
 - Επιστρέφεται η τιμή Στάθμη της μπαταρίας κατά την πρώτη εφαρμογή - της εξόδου της μπαταρίας, αλλιώς

- Επιστρέφεται η θεωρητική είσοδος της μπαταρίας - $Q_{bat} * V_{bat} * (1 - \text{βάθος εκφόρτισης μπαταρίας})$

Βέβαια μετά την πρώτη ώρα λειτουργίας, ο αλγόριθμός αλλάζει, παίρνοντας το αποτέλεσμα της προηγούμενης γραμμής ως τιμή, αντί για την τιμή της στάθμης της μπαταρίας κατά την πρώτη εφαρμογή. Στη συνέχεια η στήλη N,O (σε Wh, Ah) περιέχει τις τιμές της πραγματικής στάθμης της μπαταρίας. Αυτές βρίσκονται αφαιρώντας, για την πρώτη γραμμή, από την τιμή της θεωρητικής στάθμης της μπαταρίας, την τιμή της στάθμης της μπαταρίας κατά την πρώτη ώρα. Στις υπόλοιπες γραμμές, την θέση της στάθμης της μπαταρίας κατά την εφαρμογή, παίρνει το αποτέλεσμα της αμέσως προηγούμενης γραμμής. Στην στήλη P βρίσκεται η ενέργεια στην τελική έξοδο της μπαταρίας με τον εξής αλγόριθμο:

- Αν η πραγματική στάθμη της μπαταρίας < 0 τότε
- Επιστρέφει η τιμή της πραγματικής στάθμης της μπαταρίας επί τους βαθμούς απόδοσης $\eta_{cc}, \eta_{inv}, \eta_{bat}$ αλλιώς
- Επιστρέφει η τιμή 0.

Στην στήλη Q υπολογίζεται το τελικό έλλειμμα σε Wh, με τη χρήση της εντολής IF.

- Αν η τελική ενέργεια στην έξοδο της μπαταρίας ≤ 0 τότε
 - Αν η τελική ενέργεια στην έξοδο της μπαταρίας – τη διαφορά ενέργειας (στήλη H) > 0 τότε
 - Επιστρέφει την τιμή της τελική ενέργειας στην έξοδο της μπαταρίας – τη διαφορά ενέργειας (στήλη H) αλλιώς
 - Επιστρέφει την τιμή 0.
- Αλλιώς επιστρέφει την τιμή 0.

4	Χαρακτηριστικά μπαταρίας	Βελτιστ. απόδοσης	Προς χρόνο	Παραγωγή ενέργειας από A/Γ	Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	Τελικό παραγόμενη ενέργεια	Ζήτηση	ΔΕ	Διακριτική είσοδος μπαταρίας	Θεωρητική έξοδος μπαταρίας	Εισόδη μπαταρίας κατά την πρώην εφόδωση	Έλεγχος θερμοκρασίας σταθμής μπαταρίας	Σύνολος πραγματικής απόδοσης μπαταρίας	Τελική ενέργεια στην μπαταρία	Τελικό έλλειμμα		
5	Q _{max} [Ah]	η _{PS}	h	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh		
6	10764	0.95	1	656.57	0.00	656.57	266.00	357.74	309.95	0.00	100855.20	181145.15	7547.71	309.95	12.91	0.00	
7	10764	0.95	2	175.34	0.00	175.34	128.00	38.58	31.42	0.00		181178.57	7549.11	53.42	3.59	0.00	
8	10764	0.95	3	656.57	0.00	656.57	104.00	519.74	450.30	0.00		181628.87	7567.87	450.30	18.76	0.00	
9	10764	0.95	4	656.57	0.00	656.57	104.00	519.74	450.30	0.00		182079.17	7586.63	450.30	18.76	0.00	
10	10764	0.95	5	1540.01	0.00	1540.01	104.00	1559.01	1177.45	0.00		182526.62	7635.69	1177.45	49.06	0.00	
11	10764	0.95	6	175.34	0.00	175.34	104.00	62.58	54.22	0.00		183310.84	7637.95	54.22	2.26	0.00	
12	10764	0.95	7	175.34	0.00	175.34	144.00	22.58	19.54	0.00		183330.40	7638.77	19.54	0.82	0.00	
13	10764	0.95	8	175.34	481.88	657.32	330.00	294.45	255.11	0.00		183585.51	7649.40	255.11	10.63	0.00	
14	10764	0.95	9	175.34	929.32	1104.66	3390.00	-2240.57	0.00	3193.29		180482.23	7520.09	3193.29	129.30	-2140.57	0.00
15	10764	0.95	10	0.00	1866.50	1866.50	2300.00	-1001.83	0.00	1387.58		179099.65	7462.28	-1387.58	-57.82	-1001.83	0.00
16	10764	0.95	11	656.57	1543.93	2200.49	2430.00	-336.53	0.00	470.27		178626.38	7442.58	-470.27	-19.59	-336.53	0.00
17	10764	0.95	12	656.57	1504.21	2160.79	2210.00	-157.26	0.00	217.81		178409.57	7433.81	-217.81	-9.08	-157.26	0.00
18	10764	0.95	13	3133.88	1305.64	4439.52	5100.00	-1132.65	0.00	3966.77		176837.80	7366.24	-3966.77	-65.57	-1132.65	0.00
19	10764	0.95	14	1540.01	978.43	2518.43	300.00	2292.51	1985.23	0.00		175825.02	7351.00	1985.23	82.76	0.00	
20	10764	0.95	15	1540.01	528.00	2138.89	2900.00	487.05	0.00	1328.66		177795.43	7399.81	-1328.66	-51.39	487.05	0.00
21	10764	0.95	16	3133.88	189.15	3323.03	215.00	2941.89	2548.68	0.00		180144.10	7506.00	2548.68	106.19	0.00	
22	10764	0.95	17	656.57	133.93	670.50	100.00	526.97	465.23	0.00		180609.33	7525.39	465.23	19.38	0.00	
23	10764	0.95	18	0.00	0.00	0.00	1200.00	-1200.00	0.00	1662.05		178947.28	7456.14	-1662.05	-69.25	-1200.00	0.00
24	10764	0.95	19	175.34	0.00	175.34	230.00	63.42	0.00	87.84		178659.44	7452.48	87.84	3.66	0.00	
25	10764	0.95	20	656.57	0.00	656.57	2340.00	-1716.36	0.00	2377.06		176482.35	7353.43	-2377.06	-99.05	-1716.36	0.00
26	10764	0.95	21	0.00	0.00	0.00	2590.00	-2590.00	0.00	3587.26		172895.09	7203.96	-3587.26	-149.47	-2590.00	0.00
27	10764	0.95	22	175.34	0.00	175.34	2338.00	-2171.42	0.00	5007.51		169887.58	7078.65	-5007.51	-125.31	-2171.42	0.00
28	10764	0.95	23	45.15	0.00	45.15	2300.00	-2257.11	0.00	3126.19		166761.38	6948.39	-3126.19	-130.26	-2257.11	0.00
29	10764	0.95	24	0.00	0.00	0.00	210.00	-210.00	0.00	290.86		166470.53	6936.27	-290.86	-12.12	-210.00	0.00
30	10764	0.95	25	0.00	0.00	0.00	90.00	-90.00	0.00	124.65		166345.87	6931.08	-124.65	-5.19	-90.00	0.00
31	10764	0.95	26	0.00	0.00	0.00	90.00	-90.00	0.00	124.65		166221.22	6925.88	-124.65	-5.19	-90.00	0.00
32	10764	0.95	27	1044.61	0.00	1044.61	104.00	886.38	769.69	0.00		166990.91	6957.95	769.69	32.07	0.00	
33	10764	0.95	28	3708.55	0.00	3708.55	104.00	3412.13	2962.33	0.00		169953.23	7081.38	2962.33	121.43	0.00	
34	10764	0.95	29	5500.00	0.00	5500.00	104.00	5111.00	4436.83	0.00		171950.07	7266.25	4436.83	184.87	0.00	
35	10764	0.95	30	5500.00	0.00	5500.00	104.00	5111.00	4436.83	0.00		173826.90	7451.17	4436.83	184.87	0.00	
36	10764	0.95	31	5500.00	0.00	5500.00	162.00	5060.00	4386.54	0.00		183213.49	7631.90	4386.54	182.77	0.00	
37	10764	0.95	32	5500.00	462.15	5962.15	350.00	5314.04	4604.09	0.00		187817.57	7825.73	4604.09	191.84	0.00	

Σχήμα 11 Καρτέλα εργασίας «Μπαταρία»

4.2.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα εξάγονται από την καρτέλα «Μπαταρία» στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT», μέχρι τη γραμμή 16.

Στην καρτέλα «Μπαταρία», η συνολική κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε kWh αθροίζοντας τη στήλη της ζήτησης (G) για όλο τον χρόνο, και διαιρώντας με το 1000, για την μετατροπή από Wh σε kWh. Η παραγωγή ενέργειας A/Γ εκτιμάται σε kWh αθροίζοντας την στήλη D και διαιρώντας το άθροισμα με το 1000. Αντίστοιχα για την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, αθροίζεται η στήλη E και διαιρείται με το νούμερο 1000. Η συνολική παραγωγή ενέργειας είναι το άθροισμα της στήλης F προς 1000. Το τελικό έλλειμμα της μπαταρίας ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται αθροίζοντας τη στήλη Q και διαιρώντας με το 1000. Το ποσοστό κάλυψης προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Ποσοστό κάλυψης} = \frac{\text{Συν. κατανάλωση ενέργ.} - \text{Τελικό έλλειμμα ηλ. ενέργ.}}{\text{Συνολική κατανάλωση ενέργειας}}$$

Τέλος, από την καρτέλα «Μπαταρία», μετρούνται και οι ώρες απόρριψης της μπαταρίας με την βοήθεια της εντολής COUNTIF(Range;Criteria), ζητώντας από το

πρόγραμμα να μετρήσει πόσες φορές στη στήλη Q (Range), ο αριθμός ήταν μεγαλύτερος του “ 0,000000001” (Criteria).

Ακόμα, στα κελιά AA22, AA24, της καρτέλας «INPUT-OUTPUT», οι τιμές επικολλούνται από την καρτέλα «Επεξεργασία, Φωτοβολταϊκά», AG8, AH8, αντίστοιχα.

	W	X	Y	Z	AA
1					
2					Αποτελέσματα
3	Μπαταρία				Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (kWh)
4	Καταναλισκόμενη ενέργεια	Εταιρία:			8322,172
5		Μοντέλο:			Παραγωγή Ενέργειας Α/Γ (kWh)
6	Δημιουργία προφίλ κατανάλωσης	Χαρακτηριστικά μπαταρίας	Βαθμοί απόδοσης		19969,269
7		Q_{Bk}	η_{UPS}		Παραγωγή Ενέργειας Φ/Β (kWh)
8		Ah	0,95		4363,914
9		10764	irect		Συνολική Παραγωγή ενέργειας (kWh)
10		V_{Bk}	0,95		24333,183
11		volts	ncs		Τελικό Έλλειμμα Ηλ. Ενέργειας (kWh)
12		24	0,95		4,9285E-12
13		DOD	η_{ch}		Ποσοστό κάλυψης (%)
14		70,00%	0,95		100,00%
15		Στάθμη μπαταρίας κατά την πρώτη εφαρμογή	η_{inv}		Έξοδος Απόρριψης Wind-Bat
16			0,95		0,000
17			η_{bat}		Τοποθέτηση Φ/Β πάνελ
18			0,8		Υψος τοποθέτησης Α/Γ
19		100,00%			Επιλογή INVERTER Φ//Β
20					Εύρος τάσεως λειτουργίας Φ/Β
21					V_{min} [V]
22					48,98953543
23					V_{max} [V]
24					56,7455754
25	INPUT-OUTPUT / Μπαταρία / Επεξεργασία , Ανεμογεννήτρια				

Σχήμα 12 Αποτελέσματα, στην καρτέλα «INPUT-OUTPUT»