

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.

Επιμέλεια : Παπαδόπουλος Παναγιώτης ΑΕΜ :186
Μουρατίδου Δήμητρα ΑΕΜ :173

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Θεόδωρος Θεοδοσίου

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
Αριθμ. Εισαγ. : 1588
Ημερομηνία : 19/11/06

Κοζάνη, Φεβρουάριος 2006

*Το παρόν σύγγραμμα
αφιερώνεται στους
γονείς, τα αδέρφια και
όσους
συμπαραστάθηκαν
στην προσπάθεια μας.*

Περιεχόμενα :

Πρόλογος

Σελίδα

1. Εισαγωγή στα διαφανή στοιχεία

1.1. Ο ρόλος των διαφανών στοιχείων του κελύφους.....	1
1.2 Ήλιος –θέση.....	3
1.3 Ήλιος – ακτινοβολία.....	4
1.4 Ηλιακή ακτινοβολία –διαφανή στοιχεία(ηλιακή συλλογή).....	6
1.5 Εξοικονόμηση θερμότητας –διαφανή στοιχεία.....	9
1.6 Η ιστορία του γυαλιού.....	10
1.7 Στρατηγικές Σχεδιασμού.....	13
1.7.1 Ανοικτός τύπος κτιρίου ή «επιθετική» στρατηγική σχεδιασμού.....	13
1.7.2 Κλειστός τύπος κτιρίου ή «αμυντική» στρατηγική σχεδιασμού.....	14
1.8 Τύποι υαλοπινάκων.....	16
1.8.1 Υλικά υαλοπινάκων	16
1.8.2 Κοινοί υαλοπίνακες	16
1.8.3 Ανακλαστικοί υαλοπίνακες (Reflective glasses).....	18
1.8.4 Απορροφητικοί υαλοπίνακες (Body-tinted, absorptive glasses).....	19
1.8.5 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low emissivity ,Low-e glasses).....	20
1.9 Κτίριο –φυσικός φωτισμός (μέσω των υαλοπινάκων).....	21
1.9.1 Διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού.....	23
1.10 Σκίαση.....	24
1.10.1 Σταθερή σκίαση.....	24
1.10.2 Ρυθμιζόμενη σκίαση.....	26
1.10.3 Σκίαση από γειτονικά κτίρια ,τοπογραφική διαμόρφωση και βλάστηση.....	27
1.11 Ειδικό υαλοστάσιο.....	28

2 Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας

2.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value).....	29
2.2 Προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας στο κέντρο του κρυστάλλου (U _{cg}).....	30
2.2.1 Εσωτερικός και εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας(h _i ,h _o).....	31
2.3 Προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (U _f).....	32
2.4 Υπολογισμός εμβαδού του κουφώματος.....	33
2.5 Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας μέσα από έναν υαλοπίνακα με χρήση γλώσσας προγραμματισμού visual basic (1ος τρόπος).....	34
2.6 Δυναμικός υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας	39
2.6.1 Αρχικές τιμές.....	39
2.6.2 Υπολογισμός των συντελεστών μετάδοσης θερμότητας των επιφανειών και του διακένου του υαλοπίνακα	41

3. Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας

3.1 Η ηλιακή ακτινοβολία.....	45
3.2 Συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας-Ηλιακή γεωμετρία	45
3.2.1 Επίδραση της ατμόσφαιρας στην ηλιακή ακτινοβολία.....	45

3.2.2 Ηλιακή γεωμετρία.....	47
3.3 Οπτικές ιδιότητες.....	50
3.3.1 Γενικά.....	50
3.3.2 Ανακλαστικότητα.....	51
3.3.3 Διαπερατότητα.....	53
3.3.4 Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα του διπλού υαλοπίνακα(με επίστρωση και χωρίς επίστρωση).....	55
3.4 Σκιασμός.....	60
3.4.1 Γενικά.....	60
3.4.2 Υλικά ηλιοπροστατευτικών διατάξεων.....	61
3.4.3 Γεωμετρία υαλοστασίου και σκιασμού.....	62
4. Εισαγωγή στο περιβάλλον προσομοίωσης	
4.1 Ενεργειακές ροές.....	65
4.2 Εισαγωγή στο περιβάλλον προγραμματισμού (προσομοίωσης).....	66
4.3 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου και υπολογισμού θερμοπερατότητας	70
4.4 Παράμετροι εισαγωγής από τον χρήστη και εξαγωγής από το πρόγραμμα.....	73
5. Ανάλυση και ερμηνεία αποτελεσμάτων που έχουν εξαχθεί από το πρόγραμμα προσομοίωσης	
5.1 Θερμοπερατότητα κρυστάλλου.....	78
5.2 Θερμοκρασίες εξωτερικού και εσωτερικού κρυστάλλου.....	85
5.3 Εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας	87
5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων για την θερμική αγωγιμότητα κρυστάλλου και πλαισίου.....	88
6 Ανάλυση οπτικών ιδιοτήτων διπλού υαλοπίνακα	
6.1 Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα.....	94
6.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων.....	98
7 Θερμική αγωγιμότητα και ηλιακό κέρδος	
7.1 Άθροισμα ενεργειακών ροών σε έναν διπλό υαλοπίνακα.....	105
7.2 Αντικατάσταση εσωτερικού υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου και τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικής διάταξης.....	107
7.3 Αντικατάσταση εσωτερικού υαλοπίνακα με υαλοπίνακα solar control.....	110
7.4 Επίδραση της αλλαγής του αερίου διακένου στις ενεργειακές ροές ενός παραθύρου.....	112
8 Συμπεράσματα-Οικονομική ανάλυση-Περαιτέρω προτάσεις	
8.1 Συμπεράσματα.....	114
8.2 Οικονομική μελέτη.....	116
8.3 Περαιτέρω προτάσεις για ανάλυση.....	117

Παράρτημα

Βιβλιογραφία

Πρόλογος

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας, είναι η ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου, για την μελέτη του θερμικού κέρδους μέσω διαφόρων τύπων παραθύρων με χρήση ποικίλων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων (π.χ. οριζόντιος πρόβολος, πλευρικά σκιάδια κτλ.), καθώς και η διερεύνηση της απόδοσης των διατάξεων αυτών. Αφενός μεν, θα προκύψουν κάποια συμπεράσματα μετά το πέρας της εργασίας, και αφετέρου θα διατυπωθούν περαιτέρω προτάσεις σχεδιασμού.

Στο αρχικό μέρος λοιπόν, μελετάτε ο ρόλος των διαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση ή διάχυτη), την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, το περιβάλλον και την ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων, ενώ παράλληλα γίνεται μια σύντομη αναδρομή στην ιστορία των παραθύρων.

Κατόπιν, αναπτύσσεται ένα υπολογιστικό μοντέλο περιγραφής των θερμικών ροών από τα ανοίγματα, του σκιασμού και του ηλιακού κέρδους –το οποίο και θα υλοποιηθεί με τη δημιουργία ενός προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τέλος, γίνεται μια παραμετρική ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς των παραθύρων σε σχέση με το κλίμα, τον προσανατολισμό, τα υλικά, την κατασκευαστική διαμόρφωση, το πάχος του διακένου, τις διαστάσεις καθώς και ένας ικανοποιητικός έλεγχος, των διατάξεων του σκιασμού, της λειτουργίας του κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο και της επίδρασης στη θερμική άνεση του χώρου.

Μετά την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή Δρ.Θ.Θεοδοσίου, για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε σ' αυτή μας την προσπάθεια, για τις κατευθυντήριες γραμμές που μας έδωσε, τις επισημάνσεις, τις συστάσεις και την υπομονή του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Δε θα μπορούσαμε βέβαια να παραλείψουμε, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους ανθρώπους που για πέντε χρόνια στάθηκαν στο πλευρό μας, συμμερίστηκαν κάθε μας προσπάθεια και έγιναν αρωγοί των προσδοκιών μας.

1 Εισαγωγή στα διαφανή στοιχεία

1.1 Ο ρόλος των διαφανών στοιχείων του κελύφους

Τα παράθυρα καθώς και οι πόρτες αναλαμβάνουν πολλές και σύνθετες λειτουργίες: προστατεύουν τους εσωτερικούς χώρους από τις κλιματικές του περιβάλλοντος όπως θόρυβος, ατμοσφαιρική ρύπανση κ.α. Παράλληλα πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή απέναντι στις μηχανικές καταπονήσεις (π.χ. βροχή, αέρας, θερμοκρασία, ακτινοβολία) και τις βλαβερές επιδράσεις, να επιτρέπουν την οπτική επαφή με το περιβάλλον και να εξασφαλίζουν ικανοποιητικό φωτισμό και εξαερισμό στους εσωτερικούς χώρους. Τέλος οφείλουν να είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε να μην επιτρέπουν παρά ελάχιστες μόνο θερμικές απώλειες.

Μεγάλη προσοχή, πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι ένα παράθυρο δεν μπορεί να εκπληρώσει όλες τις προαναφερθείσες απαιτήσεις εξίσου καλά και στον ίδιο βαθμό, επειδή πολλές από αυτές είναι αντίθετες μεταξύ τους (π.χ. υψηλή μόνωση –απαίτηση για καθαρό αέρα και υψηλό εξαερισμό, υψηλή καλοκαιρινή θερμομόνωση ή ηλιοπροστασία με ειδικά κρύσταλλα –απαίτηση για υψηλή χειμερινή θερμομόνωση, με εκμετάλλευση της θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και παράλληλη ύπαρξη επαρκούς φυσικού φωτισμού). Έτσι λοιπόν, ανάλογα με το τι επιζητείται από την κατασκευή ενός παραθύρου, θα πρέπει να γίνεται για κάθε περίπτωση και ανάλογη ιεράρχηση.

Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των παραθύρων, πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες καταπονήσεις που πρόκειται να δεχθούν. Οι καταπονήσεις αυτές χωρίζονται σε κατηγορίες. Με αυτήν την κατηγοριοποίηση, προστατεύονται τα κουφώματα από τη δυνατή βροχή και εξασφαλίζεται η στεγανότητα των αρμών τους. Καλό επίσης, είναι να καθορίζονται και οι πραγματικές συνθήκες ανέμων, επειδή τα φορτία τους μεταβάλλονται από την μια περίπτωση στην άλλη.

Εάν η ανανέωση του αέρα ενός εσωτερικού χώρου γίνεται μέσα από τις εγκοπές συναρμογής φύλλων και κάσας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ελάχιστοι συντελεστές ειδικής διαπερατότητας. Εάν οι αρμοί χρειάζεται να έχουν απόλυτη στεγανότητα, τότε απαιτούνται πρόσθετα συστήματα εξαερισμού για να εξασφαλίζεται η ανανέωση του αέρα.

Η θερμομόνωση των υαλοπινάκων, μπορεί να βελτιωθεί αισθητά με γέμισμα του διακένου ανάμεσα στα κρύσταλλα με αέρια χαμηλής θερμοαγωγιμότητας και παράλληλο ψεκασμό των κρυστάλλων για τον σχηματισμό μεταλλικής επίστρωσης. Οι μεγάλες επιφάνειες των παραθύρων, είναι προτιμότερο να αποφεύγονται όταν δεν υπάρχουν παράλληλα και αποτελεσματικά συστήματα για την ηλιοπροστασία τους. Ένας Νότιος ή Βόρειος προσανατολισμός είναι πολύ πιο ευνοϊκός από έναν Ανατολικό ή Δυτικό.

Προτού επιλεγθεί ένα συγκεκριμένο σύστημα ηλιοπροστασίας, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πρόσθετη εξουκονόμηση ενέργειας που έχουμε το χειμώνα, όταν αφήνουμε την ακτινοβολία του ηλίου να περνά μέσα από τα παράθυρα. Από αυτήν την άποψη, τα ειδικά κρύσταλλα ηλιοπροστασίας μειονεκτούν σε σχέση με τα ρυθμιζόμενα συστήματα.

Εάν η ηλιοπροστασία πρέπει να αναληφθεί μόνο ή και από τα κρύσταλλα, πρέπει να προτιμούνται κρύσταλλα των οποίων η φωτοδιαπερατότητα είναι πολύ υψηλότερη από τη διαπερατότητα στην περιοχή των υπέρυθρων ακτινών.

Όταν ένα φύλλο παραθύρου αποτελείται από διπλό κρύσταλλο με ενδιάμεσο κενό, τότε τα δύο αυτά κρύσταλλα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο βαριά και με διαφορετικά πάχη το καθένα (σχέση περίπου 1:2). Η απόστασή τους, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (24mm). Ακόμη καλύτερες τιμές επιτυγχάνονται όταν το διάκενο ανάμεσα στα κρύσταλλα περιέχει κάποιο αέριο ή όταν χρησιμοποιούνται διπλά παράθυρα με ανεξάρτητες κάσες.

Τα φύλλα και η κάσα, πρέπει να έχουν την ίδια ηχομονωτική ικανότητα με τους υαλοπίνακες ιδίως όταν το ποσοστό τους στο σύνολο του παραθύρου είναι ιδιαίτερα υψηλό. Όταν έχουμε υαλοπίνακες μεγάλου βάρους (π.χ. τριπλό κρύσταλλο) και απαιτείται ιδιαίτερα υψηλή ηχομόνωση, θα πρέπει να χωρίζονται οι κάσες.

Τα ρολά πρέπει να κατασκευάζονται όσο το δυνατόν πιο βαριά και στεγανά και να τοποθετούνται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από τους υαλοπίνακες. Για πρόσθετη βελτίωση της ηχομόνωσης, μπορεί να τοποθετηθεί ηχοαπορροφητικό υλικό στις πλευρές και στο επάνω μέρος του ενδιάμεσου ανάμεσα στους υαλοπίνακες και τα ρολά.

Η κακή στεγανότητα των διαφόρων κουφωμάτων, έχει τις περισσότερες φορές σαν αποτέλεσμα την είσοδο του νερού ή τη δημιουργία ρευμάτων αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Όσον αφορά στα πιθανά προβλήματα εργασίας, παρατηρούνται κυρίως στα σημεία συναρμογής των κουφωμάτων στο άνοιγμα

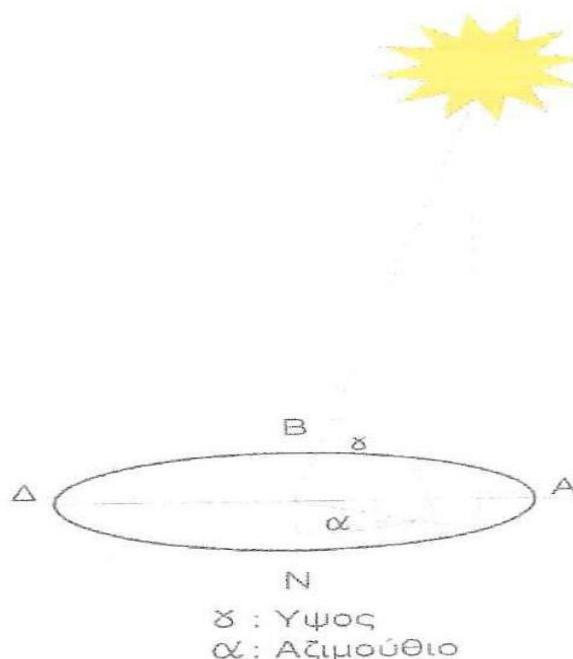
(πλαϊνά ,πρέκια) ενώ τα προβλήματα στεγανότητας εντοπίζονται στις εγκοπές συναρμογής κάσας και φύλλων.

1.2 Ήλιος –θέση

Η θέση του ηλίου στον ουρανό και επομένως η διεύθυνση της ηλιακής δέσμης, καθορίζεται από το ηλιακό ύψος και το ηλιακό αζιμούθιο. Το ηλιακό ύψος (γ) είναι η γωνία μεταξύ της ευθείας προς το κέντρο του ηλίου και του οριζοντίου επιπέδου. Όταν ο ήλιος είναι στον ορίζοντα, το ύψος του είναι 0 μοίρες. Όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ, ακριβώς από πάνω είναι σε 90 μοίρες .

Το αζιμούθιο (α) (ή φ) είναι η γωνία του αληθινού νότου και του σημείου στον ορίζοντα ακριβώς κάτω από τον ήλιο. Κατά σύμβαση, είναι αρνητικό πριν από το μεσημέρι και θετικό μετά το μεσημέρι. Οι γωνίες ύψους και αζιμουθίου, ποικίλλουν από ώρα σε ώρα και από εποχή σε εποχή.

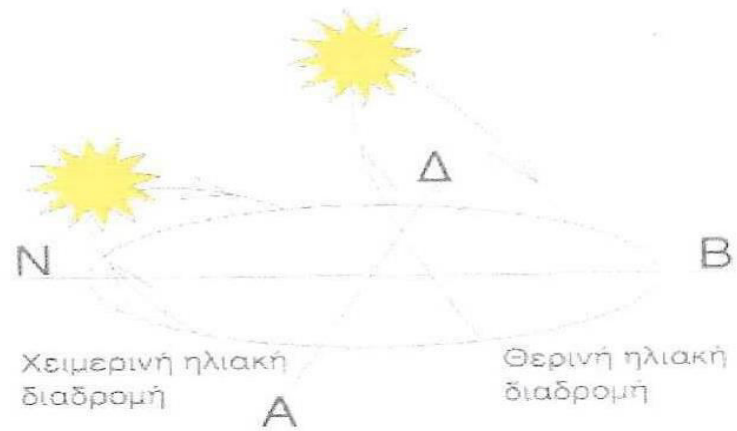
Στο θερινό ηλιοστάσιο του βορείου γεωγραφικού πλάτους (21 Ιουνίου), οι ηλιακές ακτίνες σχηματίζουν γωνία ύψους $23^{\circ} 27'$ στο επίπεδο του Ισημερινού. Η ηλιακή δέσμη είναι περίπου κάθετη στον Τροπικό του Καρκίνου ($22^{\circ}30' B$). Στο βόρειο ημισφαίριο, η διάρκεια της ημέρας φτάνει τότε στην



Σχήμα 1.1

μεγαλύτερη της τιμή. Βόρεια από το γεωγραφικό πλάτος $23^{\circ} 27' B$, το ηλιακό ύψος κατά την μεσημβρία εμφανίζει την μεγαλύτερη τιμή του έτους. Στο χειμερινό ηλιοστάσιο (21 Δεκεμβρίου), οι ηλιακές ακτίνες κάνουν γωνία $-23^{\circ} 27' B$ με το επίπεδο του Ισημερινού. Η ηλιακή δέσμη, είναι περίπου κάθετη στον Τροπικό του Αιγόκερου ($20^{\circ} 30' N$). Στο βόρειο ημισφαίριο, οι ημέρες έχουν τότε την μικρότερη διάρκεια και τα ηλιακά ύψη το μεσημέρι έχουν την μικρότερη τιμή. Στο βόρειο ημισφαίριο στις εαρινές και φθινοπωρινές ισημερίες (21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου), οι ηλιακές ακτίνες είναι κάθετες στον Ισημερινό. Οι ημερήσιες και νυχτερινές διάρκειες είναι περίπου ίσες παντού στον κόσμο.

Το ηλιακό ύψος και το αζιμούθιο για όλο το έτος, ανά ώρα, μπορούν να αποτυπωθούν σε ένα ηλιακό διάγραμμα. Η κλίμακα του ηλιακού ύψους φαίνεται ως μια σειρά από ομόκεντρους κύκλους. Η κλίμακα του αζιμουθίου εμφανίζεται γύρω από την περίμετρο του διαγράμματος.



Σχήμα 1.2

Η γωνία αζιμουθίου, καθορίζεται με μια γραμμή που ξεκινά από το κέντρο του διαγράμματος ως τομή των ζητούμενων γραμμών τροχιάς ώρας και ημερομηνίας και σημειώνοντας που τέμνεται η περίμετρος του διαγράμματος. Για τα διάφορα γεωγραφικά πλάτη απαιτούνται ιδιαίτερα διαγράμματα .

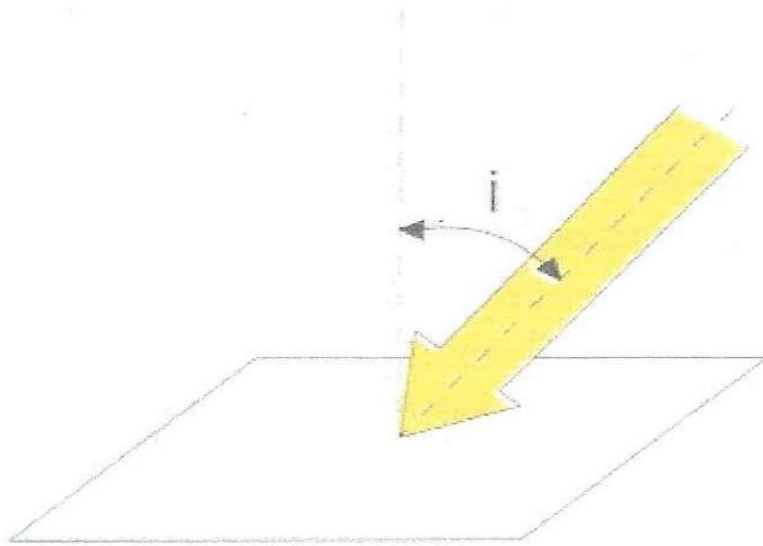
1.3 Ήλιος – ακτινοβολία

Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος, εξαρτάται από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και από το μήκος της τροχιάς της ηλιακής δέσμης . Όταν η ακτινοβολία της ηλιακής δέσμης περνά από την ατμόσφαιρα, διαχέεται από τα μόρια του αέρα, τα σωματίδια της σκόνης και τα σταγονίδια του νερού και σε κάποιο μέρος απορροφάται από τους υδρατμούς, το όζον, το διοξείδιο του

Σχήμα 1.3

άνθρακα και άλλα αέρια. Τα σύννεφα ιδιαίτερα, προκαλούν απορρόφηση και διάχυση. Πάνω από 60% της ακτινοβολίας που φτάνει σε οριζόντιες επιφάνειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, είναι διάχυτη ως αποτέλεσμα αυτής της διάχυσης .Το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας είναι πιο μικρό στη νότια

Ευρώπη. Όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος της διαδρομής μέσα από την ατμόσφαιρα και όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό υδρατμών και σωματιδίων σκόνης, τόσο πιο ασθενείς είναι η ηλιακή δέσμη.



Το σύνολο της άμεσης (ή ηλιακής δέσμης) και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε μια οριζόντια επιφάνεια, αποτελεί τη συνολικά διαθέσιμη ενέργεια. Η ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας που οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία, που μερικές φορές ονομάζεται ενεργητική έκθεση, αποτελεί έργο της

Σχήμα 1.4

ακτινοβολίας .

Η ηλιακή ακτινοβολία, είναι το σύνολο της ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο και πέφτει σε ένα τετραγωνικό μέτρο επιφανείας μια τυχαία στιγμή. Συνήθως μετράτε σε Watts ανά τετραγωνικό μέτρο και όπως αναφέρθηκε πιο πάνω αποτελείται από δύο συστατικά, την άμεση ηλιακή δέσμη και τη διάχυτη ακτινοβολία.

- Η δέσμη της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει πάνω σε μια δεδομένη επιφάνεια, εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης που σχηματίζεται μεταξύ των ηλιακών ακτινών και της κατακόρυφης (γραμμή σε 90°) στην επιφάνεια .
- Η διάχυτη ακτινοβολία είναι το σύνολο της διάχυτης ακτινοβολίας που προέρχεται από τον ουρανό, αφού ανακλαστεί από τα σύννεφα .Σ' αυτήν μπορεί να προστεθεί η διάχυτη ακτινοβολία που ανακλάται από το έδαφος από γειτονικές περιοχές και παρακείμενα κτίρια. Το σύνολο της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια, είναι γνωστό ως ολική ακτινοβολία .

Η ακτινοβολία ποικίλλει από στιγμή σε στιγμή. Εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή, το γεωγραφικό πλάτος, την ώρα της ημέρας και τις μετεωρολογικές

συνθήκες. Αν η ακτινοβολία σε μια επιφάνεια υπολογιστεί ως ολοκλήρωμα σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο, προσδιορίζεται η ηλιακή ακτινοβολία που εξασφαλίζει σε αυτό το διάστημα. Η χρονική περίοδος που συνήθως χρησιμοποιείται είναι η ημέρα, έτσι τυπικά η ακτινοβολία δίνεται σε κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά ημέρα.

Στην Ευρώπη, η τιμή για την ετήσια μέση ημερήσια ακτινοβολία σε μια οριζόντια επιφάνεια ποικίλλει από 2.25 Kwh ανά τετραγωνικό μέτρο την ημέρα, στη Σκωτία ως 6 Kwh ανά τετραγωνικό μέτρο την ημέρα στην περιοχή της Μεσογείου. Στοιχεία για οριζόντιες επιφάνειες σε μετεωρολογικούς σταθμούς στις χώρες της Κοινότητας, δίνονται στον τόμο του Ατλάντα της Ευρωπαϊκής Ηλιακής Ακτινοβολίας που έχει εκδοθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή **.(European Solar Radiation Atlas, Volume i).**

Οι κεκλιμένες επιφάνειες δέχονται διαφορετικά ποσά ημερήσιας ακτινοβολίας από ότι οι οριζόντιες επιφάνειες. Δίνοντας κλίση σε μια επιφάνεια προς την μέση θέση του ηλίου αυξάνεται η ημερήσια ακτινοβολία. Επιπρόσθετα, το χρώμα του εδάφους επηρεάζει την ημερήσια τιμή κλίσης, γιατί διαφοροποιεί το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος στην κεκλιμένη επιφάνεια. Χάρτες με στοιχεία ακτινοβολίας για κεκλιμένες επιφάνειες έχουν υπολογιστεί για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



1.4 Ηλιακή ακτινοβολία –διαφανή στοιχεία(ηλιακή συλλογή)

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει σε μια διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια ,



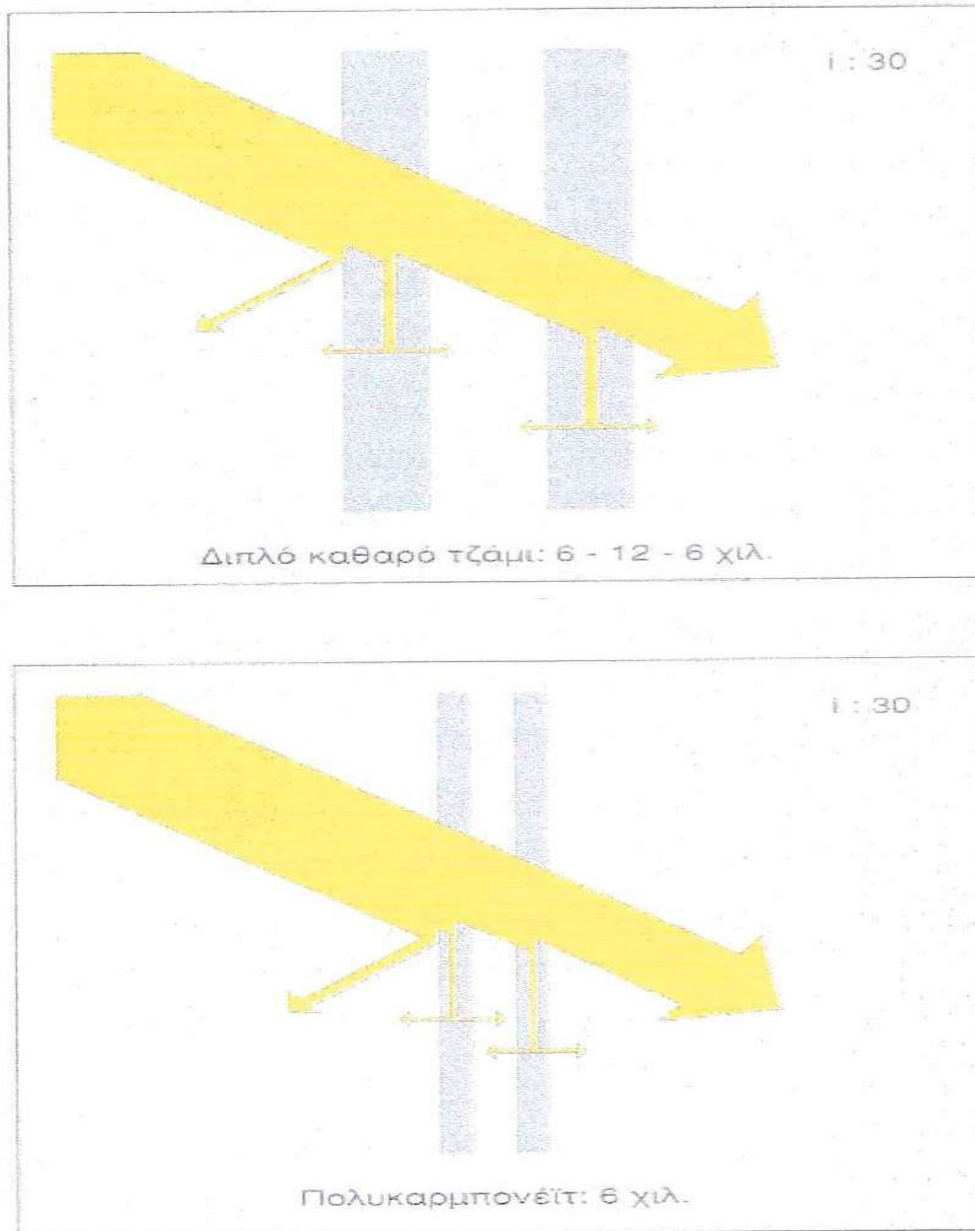
Σχήμα 1.5

μέρος της ανακλάται, μέρος της απορροφάται και το υπόλοιπο μεταδίδεται άμεσα .

Η ακτινοβολία που απορροφάται, επανεκπέμπεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κτιρίου είτε με μετάδοση είτε ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Το ποσοστό που παραμένει μέσα στο κτίριο εξαρτάται από τις

θερμοκρασίες του αέρα και τις ημιδιαφανείς και παρακείμενες επιφάνειες όσο και από την ταχύτητα του ανέμου προς τις δυο πλευρές του στοιχείου.

Η ολική μετάδοση από το στοιχείο, είναι το άθροισμα των ακτινών που μεταδίδονται άμεσα και της ακτινοβολίας που απορροφάται και επανεκπέμπεται προς το εσωτερικό. Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από το υλικό με το οποίο είναι φτιαγμένο το στοιχείο, από την επιφάνεια του, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών και τη διαθέσιμη ακτινοβολία, που με τη σειρά της εξαρτάται από τον προσανατολισμό, την τοπογραφική διαμόρφωση και τη σκίαση.



Σχήμα 1.6

Η ακτινοβολία που μεταβιβάζεται άμεσα, θα μπορούσε πιθανώς να φτάσει τελικά σε μια άλλη επιφάνεια που θα ήταν ίσως ημιδιαφανής (ένα άλλο παράθυρο) ή

αδιαφανής, για παράδειγμα έναν τοίχο, δάπεδο, οροφή ή ένα έπιπλο. Αν είναι ημιδιαφανής, μέρος της ακτινοβολίας θα ανακλαστεί, μέρος της θα απορροφηθεί και το υπόλοιπο θα μεταδοθεί, είτε προς το εξωτερικό του κτιρίου –αν το εμπόδιο είναι εξωτερικό– ή προς έναν άλλο χώρο. Αν το εμπόδιο είναι αδιαφανές, μέρος της ακτινοβολίας θα απορροφηθεί και αυτό που απομένει θα ανακλαστεί.

Τα ηλιακά κέρδη από ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο ποικίλλουν με τον προσανατολισμό. Νότια προσανατολισμένες επιφάνειες δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι, σε σύγκριση με επιφάνειες άλλων προσανατολισμών. Αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι είναι σε φασική συμφωνία με τις απαιτήσεις για θέρμανση του κτιρίου.

Καθόλη τη διάρκεια του έτους, τα ηλιακά κέρδη από τα δυτικά και νοτιοδυτικά υαλοστάσια, μοιάζουν πολύ προς αυτά που εξασφαλίζονται από τα υαλοστάσια που βλέπουν προς τα ανατολικά και νοτιοανατολικά. Το θέρος, τα παράθυρα που βλέπουν προς τα δυτικά μπορεί να προκαλέσουν υπερθέρμανση, εάν δεν προστατεύονται από της ηλιακές ακτίνες, που είναι υπό μικρή γωνία πρόσπτωσης

Η κλίση του υαλοστασίου έχει επίσης επίδραση στα ηλιακά κέρδη. Το θέρος, τα κέρδη από ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο είναι μικρότερα από αυτά που εξασφαλίζονται, αν το υαλοστάσιο είναι υπό άλλες γωνίες, επειδή ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό και η ηλιακή δέσμη έχει κατά συνέπεια υψηλή γωνία πρόσπτωσης.

Κεκλιμένο υαλοστάσιο με μικρή γωνία ως προς την οριζόντιο (π.χ. 30^0) μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση το θέρος, παρά το γεγονός ότι δίνει χαμηλά κέρδη το χειμώνα. Γενικά, παρόμοια υαλοστάσια πρέπει να αποφεύγονται, εκτός εάν μπορούν να σκιάζονται αποτελεσματικά, όταν είναι αναγκαίο. Είναι δυνατόν όμως, να εφαρμόζονται σε θερμοκήπια ή σε αίθρια, αν ξεχωρίζουν από τους άλλους χώρους που χρησιμοποιούνται στο κτίριο και διαθέτουν τα δικά τους συστήματα αερισμού.

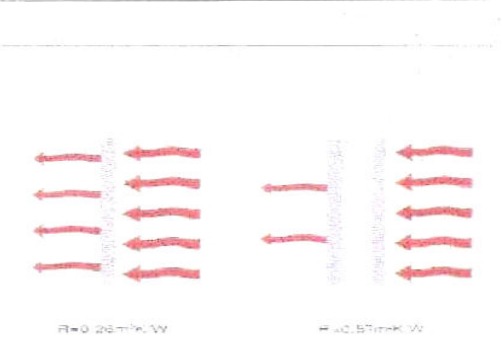
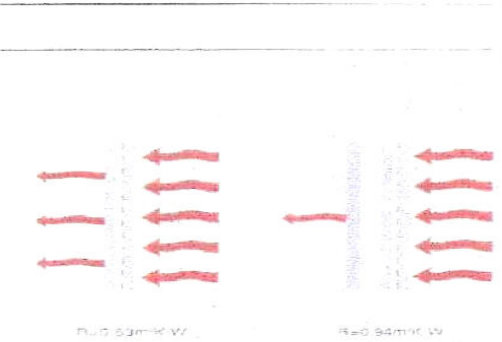
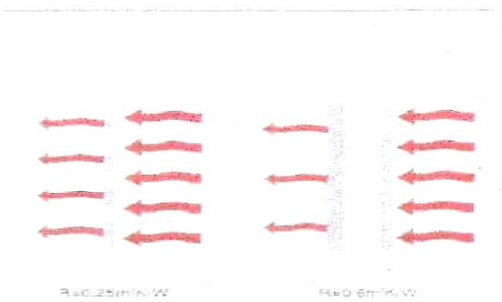
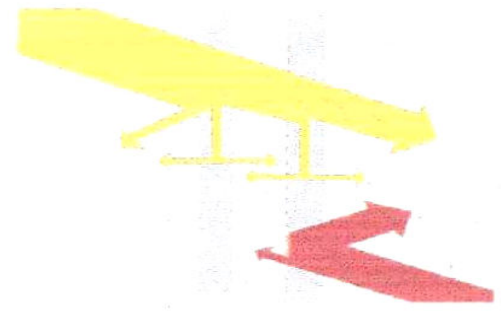
1.5 Εξοικονόμηση θερμότητας –διαφανή στοιχεία

Τα διαφανή στοιχεία, όπως είναι οι υαλοπίνακες, παρέχουν εύκολη δίοδο για τη ροή θερμότητας έξω από το κτίριο, εξαιτίας των σχετικά περιορισμένων θερμικών ιδιοτήτων των ίδιων των διαφανών στοιχείων και των πλαισίων τους.

Οι ιδιότητες μετάδοσης από αυτά τα στοιχεία είναι δυνατόν να μειωθούν στο μισό ή στο ένα τρίτο, αν αυτά είναι κατασκευασμένα από δυο ή τρία τζάμια (αντί για ένα) και εάν το κενό μεταξύ τους, έχει πληρωθεί με ξηρό αέρα ή με ειδικό αέριο χαμηλής αγωγιμότητας.

Ειδική επεξεργασία αυτών των ίδιων των τζαμιών, μπορεί επίσης να περιορίσει τις θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, το εσωτερικό φύλλο ενός διπλού τζαμιού, μπορεί να βαφτεί από την πλευρά που βλέπει προς τα έξω με μια μεμβράνη από οξείδιο μετάλλου που να έχει ιδιότητες χαμηλής ικανότητας εκπομπής. Η μεμβράνη αυτή εμποδίζει την υπέρυθη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος να φύγει από το κτίριο, ενώ επιτρέπει την κανονική είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας. Το οξείδιο του μετάλλου, λειτουργεί ως φράγμα που ανακλά την υπέρυθη ακτινοβολία μέσα στο χώρο. Η μετάδοση θερμότητας μέσα από τζάμι με « χαμηλό -e» είναι περίπου ίση με το 30% αυτής που θα είχε ένα συνηθισμένο απλό τζάμι. Είναι σχεδόν ίση με την απόδοση ενός τριπλού τζαμιού.

Αυξημένη θερμική αντίσταση ενός διαφανούς στοιχείου, μπορεί να εξασφαλιστεί και με τη χρήση κουρτινών, ρολών ή άλλης κινητής μόνωσης. Η χρήση διαφανούς μόνωσης που είναι τώρα εμπορικά διαθέσιμη μπορεί να προτιμάται, επειδή περιορίζει τις



Σχήμα 1.7

απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτίριο, ενώ επιτρέπει στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται.

Στην επιλογή μόνωσης για τα παράθυρα, είναι προτιμότερο να επιλέγονται εξωτερικές διατάξεις παρά εκείνες που ταιριάζουν με το εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό γίνεται γιατί πάνω και πέρα από τις ιδιότητες της μόνωσης, οι διατάξεις αυτές σταματούν τις θερμικές απώλειες με μεταφορά ή ακτινοβολία στον ουρανό, στην επιφάνεια του τζαμιού. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν προστασία από τον ήλιο και να αποτρέπουν την υπερθέρμανση.

Οι κατασκευαστές τζαμιών αναπτύσσουν τώρα τα διπλά τζάμια, εφαρμόζοντας κενό αέρα με δυνατότητα μείωσης της μετάδοσης θερμότητας στο ένα δέκατο εκείνης που θα είχε ένα απλό τζάμι .

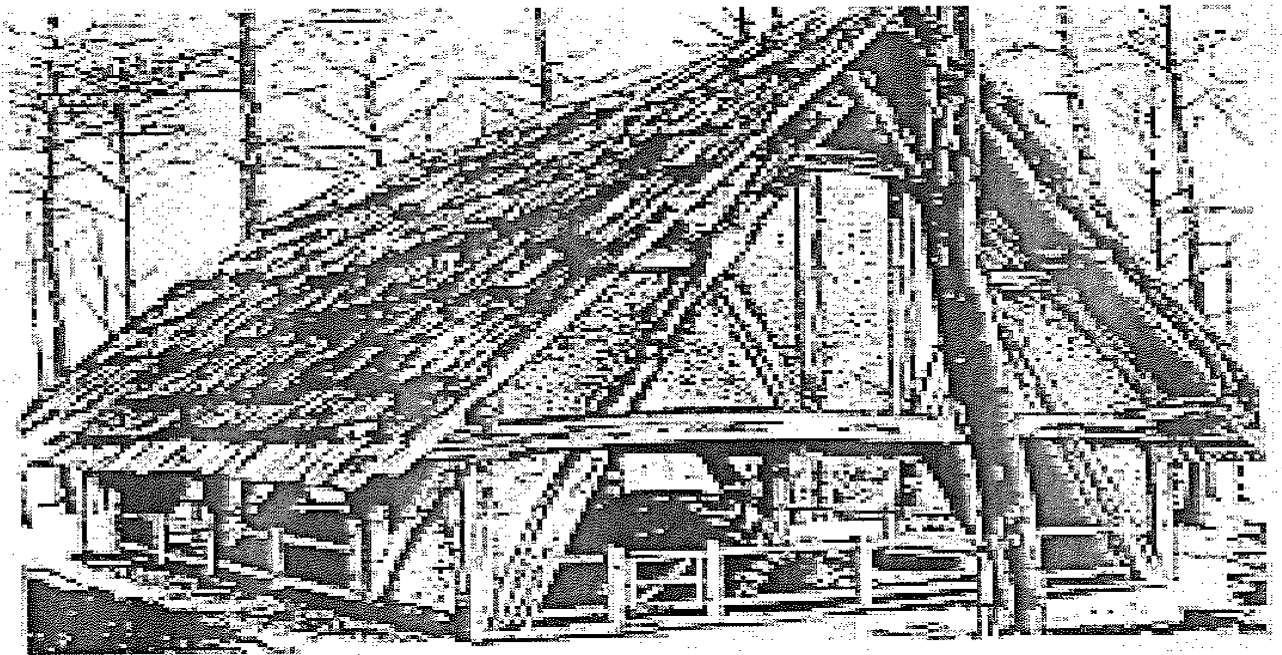
1.6 Η ιστορία του γυαλιού

Το πρώτο γυαλί έγινε από τα ηφαιστεια και χρησιμοποιήθηκε από τον πρώτο άνθρωπο. Ηφαιστειακοί οψιανοί λίθοι έχουν σπάσει σε αιχμηρά μέσα, έχουν πελεκηθεί στις διακοσμήσεις και έχουν λειώσει αργότερα στις χάντρες, τα μπουκάλια και τα κύπελλα μορφής.

Στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία, πολύ πριν από την ηλικία των μετάλλων, το γυαλί κατασκευάστηκε από τις πρώτες ύλες. Τα μπουκάλια γυαλιού βρέθηκαν στον τάφο του Thutmose του 1^{ου} της Αιγύπτου. Οι ιστορικοί μας λένε ότι ο Thutmose κυβέρνησε την Αίγυπτο από 1507 Π.Χ. έως το 1497 Π.Χ. Αυτά τα μπουκάλια ήταν λιγότερο από πέντε ίντσες ψηλά, ήταν μπλε με τα κίτρινα νήματα του γυαλιού που εφαρμόστηκαν στο εξωτερικό ως διακόσμηση. Εκείνοι οι αρχαίοι άνθρωποι ανακάλυψαν μερικές από τις χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σήμερα: κοβάλτιο (μπλε), χαλκός (πράσινος), και μαγνήσιο (πορφυρό). Το γυαλί είχε τόσο μεγάλη ζήτηση όσο και οι πολύτιμοι λίθοι και χρησιμοποιούνταν συχνά ως υποκατάστατο των πολύτιμων λίθων στα αντικείμενα του αρθ. Περίπου 300 Π.Χ.. Οι Έλληνες έμαθαν να χρησιμοποιούν σωλήνες φυσήματος γυαλιού για να κάνουν τα μεγαλύτερα και πιο χρήσιμα σκάφη. Μετά από 100 έτη οι Ρωμαίοι έφτιαξαν το γυαλί πιάτων, το γυαλί για τα μωσαϊκά και τις διακοσμήσεις των τοίχων. Χρησιμοποίησαν μια φόρμα, για να περιέχουν και να διαμορφώσουν το ανθισμένο

γυαλί. Αργότερα οι Ρωμαίοι έκαναν το γυαλί των καμεών, που η αξία του ήταν μεγαλύτερη από αυτή του χρυσού και των κοσμημάτων.

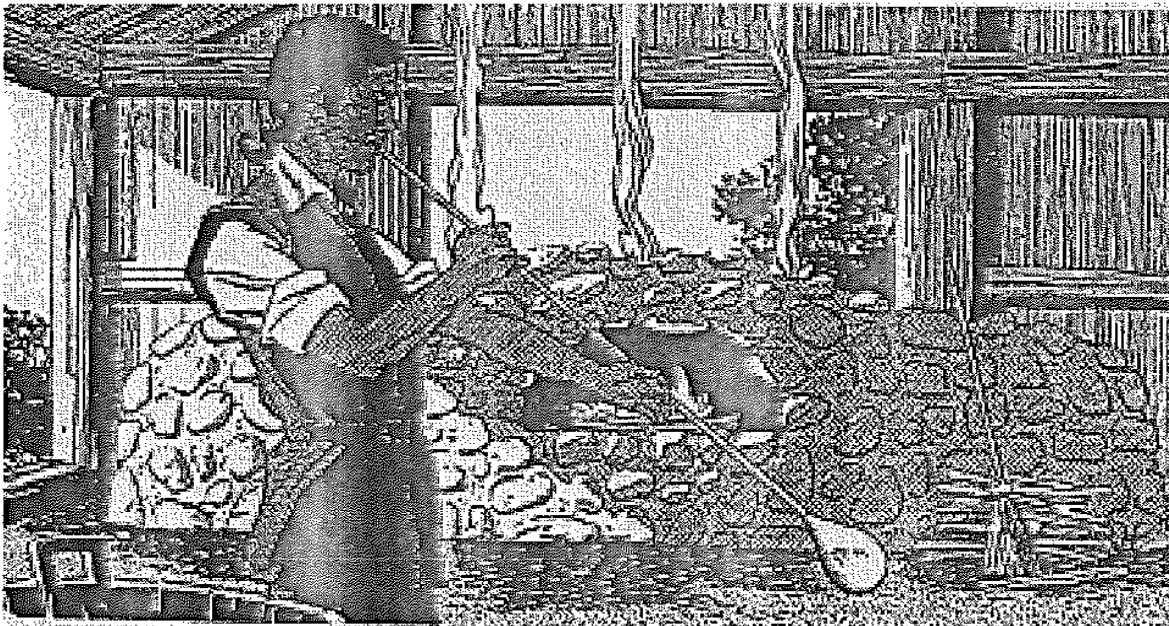
Πεντακόσια έτη πριν, η υαλοτεχνία ήταν ένας από τους σπουδαιότερους λόγους της γρήγορης ανόδου της Βενετίας σε πλούτο και το γόητρο. Το μεγάλο Συμβούλιο της Βενετίας κίνησε την τέχνη της κατασκευής του γυαλιού προς το νησί Murano, που αποτελούσε τον καλύτερο τόπο για να προστατευθούν τα εμπορικά μυστικά τους από τους Γάλλους και τους Άγγλους. Τελικά, όταν χάθηκαν τα εμπορικά μυστικά, η βιομηχανία παρήκμασε στη Βενετία και λήφθηκε από τη Γαλλία, τη Γερμανία και την Αγγλία. Το γυαλί, έγινε η πρώτη βιομηχανία της Αμερικής το 1608, ένα κατά προσέγγιση έτος αφότου έφθασαν οι πρώτοι άποικοι στο Jamestown. Το γυαλί ήταν πάντα σημαντικό ως υλικό αλλά ως επιχείρηση, το γυαλί είχε τα πρώτα προβλήματά του. Όταν οι άποικοι έφθασαν, μια από τις μέγιστες ανάγκες τους ήταν για το γυαλί... «να περιληφθεί στα τρόφιμα».



Εικόνα 1

Πέρα από αυτά, η Αγγλία έπρεπε να εισαγάγει το γυαλί. Το μεγάλο ποσό καυσίμων (αργότερα το ξύλο) που απαιτήθηκε για υαλοτεχνία είχε ήδη αρχίσει να μειώνεται στην Αγγλία. Επομένως, το 1608 η επιχείρηση του «καπετάνιου John

Smith» στο Λονδίνου παρουσίασε στο Jamestown οκτώ κατασκευαστές γυαλιού πολωνικής και ολλανδικής καταγωγής. Κατασκεύασαν ένα εργοστάσιο γυαλιού το οποίο καλούσαν «σημείο σπιτιών γυαλιού», ένα μίλι από την αποικία. Κατασκεύασαν το γυαλί και άρχισαν να το στέλνουν πίσω στην Αγγλία. Αλλά υπήρξε πρόβλημα. Οι τεχνίτες του γυαλιού όμως δεν άντεξαν τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Οι επιζώντες εγκαταλείψαν.



Εικόνα 2

Αργότερα, η επιχείρηση του Λονδίνου δοκίμασε πάλι. Το 1621, έστειλαν πάνω από έξι ιταλικής καταγωγής υαλουργούς. Στη συνέχεια, έστειλαν και πάλι το γυαλί στην Αγγλία. Αλλά τα προβλήματα εξακολούθησαν, μια θύελλα διέλυσε τη στέγη μιας από τις έξι καμπίνες γυαλιού. Όταν επανοικοδομούσαν έλαβε μέρος η σφαγή του Jamestown το 1622. Το 1624 οι υαλουργοί πήγαν στο σπίτι.

Υπήρξε διάσπαρτη δραστηριότητα στο γυαλί για τα επόμενα εκατό έτη, αλλά καμία συγκεντρωμένη επιτυχία μέχρι την εποχή του Caspar Wistar δεν έλαβε μέρος στο Σάλεμ, Νιου Τζέρσευ! το 1739. Το Wistar ήταν επιτυχές έως ότου έβλαψαν οι σκληροί χρόνοι του επαναστατικού πολέμου την επιχείρησή τους. Το 1780 έκλεισαν τα υαλοπωλεία. Εντούτοις, η επιτυχία του Caspar και Richard Wistar έδωσε ώθηση στην έναρξή της υαλοτεχνίας ως σημαντική αμερικανική βιομηχανία. Προς το τέλος του 1800 η εργασία αυτή συνεχίστηκε στην αυτοματοποίηση της κατασκευής του γυαλιού. Το 1903, ο Michael Owens των εγκαταστάσεων γυαλιού του Τολέδο του Edward Libbey, δημιούργησε την πρώτη αυτοματοποιημένη μηχανή παραγωγής

γυαλιού. Το 1905, ο I.J. Collins και 50 υπάλληλοι άνοιξαν τις εγκαταστάσεις γυαλιού τους στο Λάνκαστερ, Οχάιο. Η οικοδόμηση της άγκυρας Hocking είχε ριζώσει ως «Hocking Glass Company».

1.7 Στρατηγικές Σχεδιασμού

Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός των κτιρίων, διακρίνει δυο βασικές στρατηγικές σχεδιασμού, όσον αφορά στο χαρακτήρα του κτιρίου και την προσδοκώμενη επικοινωνία του με το περιβάλλον. Κάθε στρατηγική σχεδιασμού αποβλέπει στο να δημιουργήσει τους παρακάτω βασικούς τύπους κτιρίων . (σχήμα 2.2):

1. **Ανοικτός τύπος κτιρίου ή επιθετική στρατηγική σχεδιασμού**
2. **Κλειστός τύπος κτιρίου ή αμυντική στρατηγική σχεδιασμού**

Παρακάτω αναφέρεται η γενική φιλοσοφία των δυο στρατηγικών. Κατά περίπτωση βέβαια, είναι δυνατόν να υπάρξει ένας συνδυασμός των δυο στρατηγικών σε ορισμένες περιπτώσεις, ανάλογα με τις παραμέτρους της ενεργειακής και αρχιτεκτονικής μελέτης.

1.7.1 Ανοικτός τύπος κτιρίου ή «επιθετική» στρατηγική σχεδιασμού

Σε αυτή τη στρατηγική σχεδιασμού επιδιώκεται σχετικά μεγάλη επικοινωνία του κτιρίου με το περιβάλλον του και μεγιστοποίηση των ηλιακών και γενικά των ενεργειακών κερδών από το περιβάλλον. Επιδιώκεται η μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγάλες επιφάνειες ανοιγμάτων στο νότο με τον κατάλληλο σκιασμό για το καλοκαίρι, η αποδοτικότερη εκμετάλλευση του ανέμου για φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι και άλλες τεχνικές που αποσκοπούν στην εκμετάλλευση των στοιχείων της φύσης.

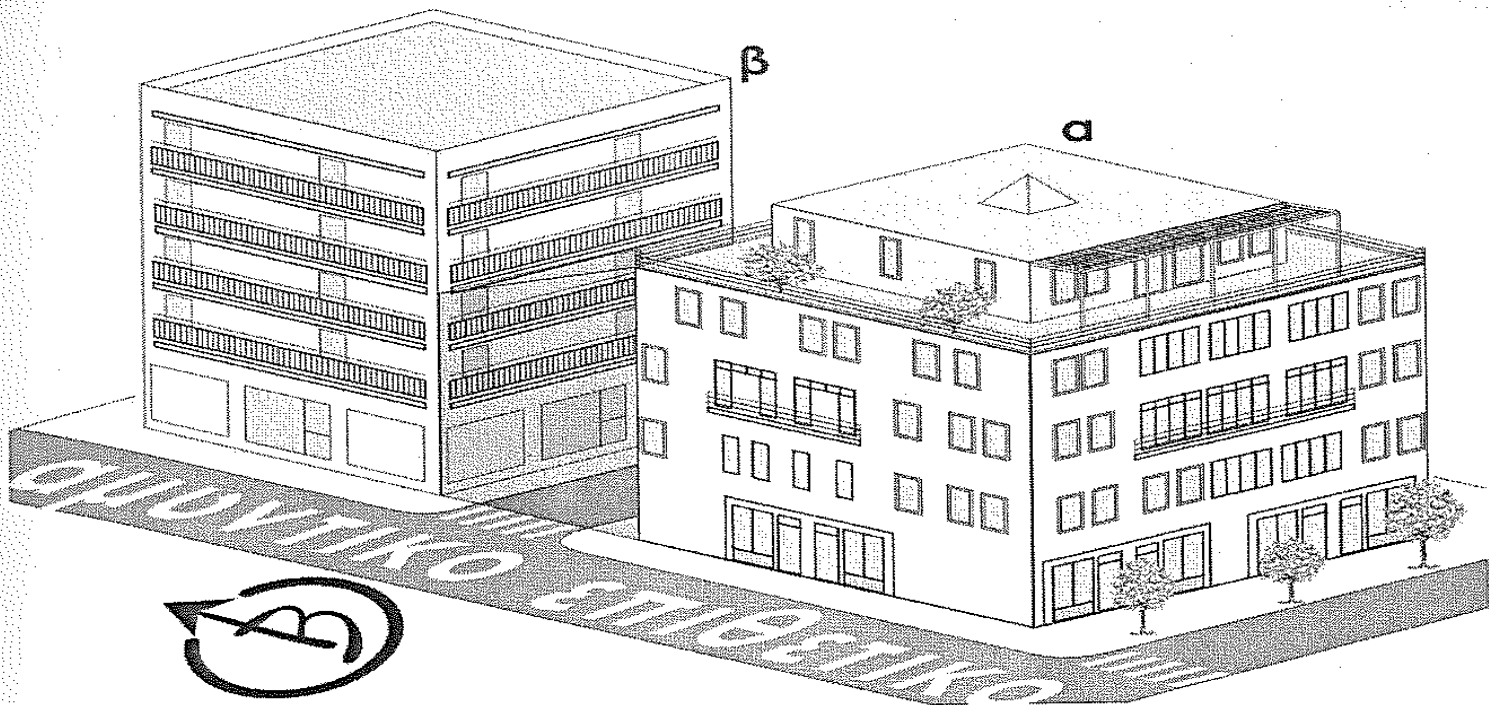
Αυτός ο τύπος σχεδιασμού ονομάζεται και βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική για προφανείς λόγους. Υπάρχουν αρκετές προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να γίνει εφικτή αυτή η αντιμετώπιση.

Έτσι το υπό μελέτη κτίριο θα πρέπει να μη σκιάζεται από εμπόδια στο νότο (άλλα κτίρια) το χειμώνα, να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής προσανατολισμού προς το νότο, και άλλες απαιτήσεις που θα αναφερθούν στη συνέχεια

1.7.2 Κλειστός τύπος κτιρίου ή «αμυντική» στρατηγική σχεδιασμού

Η στρατηγική αυτή αποβλέπει στον περιορισμό της ενεργειακής επικοινωνίας του κτιρίου με τον περιβάλλοντα χώρο. Αυτή η στρατηγική εφαρμόζεται κυρίως στις περιοχές όπου δεν είναι δυνατή η εκμετάλλευση των στοιχείων της φύσης (ήλιος για θέρμανση, άνεμος για δροσισμό κλπ) ή υπάρχουν άλλοι λόγοι που οδηγούν σε αυτή την επιλογή. Εφαρμόζεται συχνά σε περιοχές με ακραίες κλιματικές συνθήκες, όπου συχνά τα ηλιακά κέρδη δεν καλύπτουν αξιόλογο ποσοστό των θερμαντικών αναγκών του κτιρίου, λόγω απαίτησης παροχής θερμότητας μεγάλης ισχύος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αμυντικής στρατηγικής συνιστάται στα σύγχρονα αστικά κέντρα των μεγάλων πόλεων. Η πυκνή δόμηση έχει ως αποτέλεσμα το συνωστισμό των κτιρίων και την ύπαρξη στενών δρόμων. Αυτό καθιστά αδύνατη την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας διότι απλά, το μεγαλύτερο μέρος της όψης του κτιρίου δεν ηλιάζεται άμεσα ποτέ, επομένως δεν θα είχαν νόημα οποιεσδήποτε ανάλογες τεχνικές εφαρμόζονταν. Επιπροσθέτως, η πρόταση εφαρμογής τεχνικών φυσικού αερισμού του κτιρίου για το φυσικό δροσισμό το καλοκαίρι, έχει να αντιμετωπίσει την ηχορύπανση, την αέρια ρύπανση και σημαντικά προβλήματα ασφαλείας που εισάγει ο φυσικός αερισμός (μεγάλα ανοίγματα, τα οποία δεν μπορούν να προστατευτούν εύκολα και με καλαίσθητες λύσεις). Άλλωστε ακόμη μη ρυπασμένος να ήταν ο άνεμος, η ταχύτητα του στον αστικό ιστό είναι εξαιρετικά περιορισμένη, ώστε μια τέτοια λύση πρακτικά να μην είχε να προσφέρει και πολλά.



Επιθετική (α) και αμυντική (β) στρατηγική σχεδιασμού κτιρίων. Στην πρώτη, το κτίριο αποκόπτεται από το περιβάλλον του (μικρά ανοίγματα, αυξημένη θερμομόνωση και εξάρτηση από μηχανολογικό εξοπλισμό) σε μια προσπάθεια περιορισμού των ενεργειακών απωλειών ενώ στη δεύτερη γίνεται προσπάθεια ώστε το κτίριο να εκμεταλλευτεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις θερμικές προσόδους του περιβάλλοντος. (μεγάλα ανοίγματα κλπ)

Σε τέτοιες περιπτώσεις, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αδυνατεί να παρέχει συνολική, ολοκληρωμένη και αποδοτική λύση. Έτσι, αντί να δημιουργηθεί ένας ανοικτός τύπος κτιρίου για να μεγιστοποιηθεί η επικοινωνία με τα στοιχεία της φύσης που μπορούν να συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, ακολουθείται η αντίθετη λύση, αυτή που επιδιώκει να περιορίσει τις ενεργειακές ανταλλαγές με το περιβάλλον.

Έτσι το κτίριο σχεδιάζεται με ισχυρή θερμομονωτική προστασία του κελύφους ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες το χειμώνα και η θερμική πρόσδοδος από το αδιαφανές κέλυφος το καλοκαίρι. Επιδιώκεται να περιοριστούν κατά το δυνατό τα ευπαθή – από ενεργειακή άποψη- τμήματα του κελύφους, όπως τα

ανοίγματα και ο αερισμός ελέγχεται, αν είναι δυνατόν, μηχανικά. Συστήματα επανάκτησης θερμότητας και άλλα Ενεργητικά Συστήματα για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αναλαμβάνουν την εξοικονόμηση ενέργειας για τη λειτουργία του κτιρίου.

Στην πράξη, αυτές οι στρατηγικές δεν εφαρμόζονται γενικευμένα και μονοσήμαντα δεδομένου ότι ο κλειστός τύπος κτιρίου αποτελεί αναγκαστική επιλογή σε δυσμενή κτίρια του αστικού περιβάλλοντος και ο ανοικτός βέλτιστη επιλογή σε κτίρια που εκπληρούν μια σειρά από προϋποθέσεις. Εξετάζοντας το ενεργειακό και θερμικό ισοζύγιο του υπό μελέτη κτιρίου, μπορεί να γίνει ταυτόχρονη εφαρμογή κάθε στρατηγικής σε τμήματα ή ορισμένα επιμέρους συστήματα του κτιρίου.

1.8 Τύποι υαλοπινάκων

1.8.1 Υλικά υαλοπινάκων

Οι υαλοπίνακες με την κατάλληλη επεξεργασία του υλικού, κυρίως με την επίστρωση εξαιρετικά λεπτών στρώσεων διαφόρων μεταλλικών υλικών, διακρίνονται στους υαλοπίνακες :

- Κοινοί
- Ανακλαστικοί
- Απορροφητικοί
- Χαμηλής εκπεψιμότητας (θερμοανακλαστικοί)
- Μεταβλητής διαπερατότητας
- Σκεδασμού /διάχυσης
- Με επίστρωση μεμβράνης
- Με βαφή γαλακτώματος

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι γνωστότερες κατηγορίες διαφανών υλικών και ορισμένες ενδειγμένες χρήσεις τους.

1.8.2 Κοινοί υαλοπίνακες

Σημαντική ιδιότητα του γυαλιού, που σε αυτή οφείλεται το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι ότι είναι διαπερατό στην μικρού μήκους ακτινοβολία 9ηλιακή ή υψηλής ενέργειας) και διαπερατό στην μεγάλου μήκους ακτινοβολία. Έτσι, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας διαπερνά το γυαλί, προσκρούει στις

εσωτερικές επιφάνειες. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των υλικών που προσκρούει, ένα μεγάλο μέρος απορροφάται από τα υλικά και ένα μικρότερο ανακλάται σε άλλες επιφάνειες μέχρι να απορροφηθεί τελείως. Οι θερμές πλέον επιφάνειες ακτινοβολούν ενέργεια σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, η οποία δεν διαπερνά στο σύνολο της το γυαλί και έτσι παραμένει εντός του χώρου ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι σε όλα τα είδη υαλοπινάκων η διαπερατότητα, η απορροφητικότητα και η ανακλαστικότητα δεν είναι σταθερά σε όλο το φάσμα της ακτινοβολίας, αλλά μεταβάλλονται σημαντικά, ανάλογα με τον τύπο του υλικού. Αυτή η ιδιότητα των διαφόρων υλικών, δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά, τα οποία επηρεάζουν ξεχωριστά το εισερχόμενο φως (ορατότητα μέσα από τον υαλοπίνακα), την εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (ηλιακό κέρδος) και την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος που εξέρχεται από το χώρο ως θερμική απώλεια κατά τη χειμερινή περίοδο του έτους.

Η πιο κοινή περίπτωση θερμικής προστασίας των ανοιγμάτων του κτιρίου, προκύπτει με τη χρήση πολλαπλού μονωτικού υαλοπίνακα (συνήθως διπλού και σπανιότερα τριπλού υαλοπίνακα) με κρύσταλλα από κοινό γυαλί.

Η διαπερατότητα του κοινού γυαλιού σε μικρού μήκους ακτινοβολία λαμβάνει τιμές από 0,91 έως 0,78 ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε οξείδιο του σιδήρου και το πάχος του.

Το κοινό γυαλί είναι αδιαφανές σε ένα μεγάλο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας, πολύ διαπερατό από την ορατή ακτινοβολία και ελαφρώς αδιαφανές στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Σε ένα δίδυμο θερμομονωτικό υαλοπίνακα, το πλήθος των στρώσεων γυαλιού και η μεταξύ τους απόσταση επηρεάζει τη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Πέρα από το κοινό γυαλί τα τελευταία χρόνια υπάρχουν κι άλλα συνθετικά, κατά βάση, ή ειδικά επεξεργασμένα υλικά που χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά και κατά περίπτωση, ανάλογα με τις ανάγκες αντικαθιστούν το κοινό γυαλί. Κυριότεροι εκπρόσωποι των συνθετικών διαφανών υλικών είναι τα ακρυλικά πλαστικά, τα πολυανθρακούχα ή πολυκαρβονικά και πολυεστερικά (fiberglass).

Τα συνθετικά υλικά έχουν μεγάλες αντοχές σε μηχανική κρούση, έχουν αισθητά μικρότερο βάρος. Μειονεκτούν ως προς το ότι δεν είναι τελείως αδιαφανή στη θερμική ακτινοβολία και έχουν χαμηλή αντίσταση στη φωτιά.

Από αυτά τα ακρυλικά έχουν μεγάλη διαπερατότητα στην ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, μικρή στην υπεριώδη. Συνήθως είναι διαυγή αλλά δεν έχουν

αντίσταση στην τριβή και έτσι χαράσσουν σχετικά εύκολα εμφανίζοντας θολότητα που αυξάνει με τον καιρό και τη χρήση. Τα πολυκαρβονικά είναι ακόμη μεγαλύτερης αντοχής αλλά έχουν μικρότερη διαπερατότητα και εμφανίζουν προβλήματα διαστολής σε υψηλές θερμοκρασίες. Τέλος, τα ενισχυμένα πολυεστερικά είναι αδιαπέραστα από την υπεριώδη ακτινοβολία ενώ στο οπτικό φάσμα, έχουν καλή διαπερατότητα. Όσον αφορά στην προσπάθεια για μείωση του φορτίου κλιματισμού (θερμή περίοδος του έτους) υπάρχουν διάφοροι τύποι υαλοπινάκων να συμβάλλουν στη μείωση της ηλιακής προσόδου και χρησιμοποιούνται μόνοι τους ή σε συνδυασμό με κοινό γυαλί ή μεταξύ τους. Η τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα στο κούφωμα, είναι στις περισσότερες περιπτώσεις επιβεβλημένη. Σε μονή στρώση, συναντώνται κυρίως στα υαλοπετάσματα ,αποτελώντας το ένα από τα δύο εξωτερικά κελύφη. Τα σύγχρονα υλικά μπορούν να τοποθετηθούν ως εξωτερικός ή εσωτερικός υαλοπίνακας σε ένα θερμομονωτικό κούφωμα ανάλογα με τις ιδιότητες τους .

Αξίζει να τονισθεί, ότι τα οπτικά χαρακτηριστικά του γυαλιού αλλά και όλων των διαφανών υλικών στη πράξη δεν είναι σταθερά –όπως λαμβάνονται συνήθως στις στατικές μεθοδολογίες υπολογισμού της ενέργειας που τα διαπερνά-αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης του φωτός. Ακόμη περισσότερο, παρουσιάζουν διαφορετική ανακλαστικότητα και διαπερατότητα στην άμεση ακτινοβολία και διαφορετική στη διάχυτη.

1.8.3 Ανακλαστικοί υαλοπίνακες (Reflective glasses)

Κατά μέσο όρο, αυτού του τύπου τα υλικά, ανακλούν γύρω στο 50% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με την παρουσία κάποιας επιφάνειας στην εσωτερική τους πλευρά. Αν για παράδειγμα, πίσω από τον υαλοπίνακα τοποθετηθεί ανοιχτόχρωμη κουρτίνα ή περσίδες, τότε η τιμή της ανακλαστικότητας μπορεί να αυξηθεί στο 75%.

Παρουσιάζουν ελαφρώς μικρότερη απορροφητικότητα από ότι οι υαλοπίνακες με απλό γυαλί με αποτέλεσμα να μην υπερθερμαίνονται και να μην εμφανίζουν αξιόλογη θερμική διαστολή που θα μπορούσε να προκαλέσει θραύση.

Δεν εμφανίζουν αξιόλογη αλλοίωση του φυσικού φωτός πέρα από ορισμένη μείωση της έντασης του και ελαφρά μικρή χρωματική μεταβολή. Γίνονται μόλις αισθητοί κοιτώντας τους από μέσα προς τα έξω. Παράγονται με διαφορετικούς

χρωματισμούς, ανάλογα με το υλικό επίστρωσης τους (ασήμι, χρυσός, χαλκός) με βασικότερο αυτό του μπλε-γκρι ή πράσινο-γκρι.

Είναι κατάλληλοι για ηλιοπροστασία σε κλιματιζόμενους χώρους, χώρους με φυσικό αερισμό και απαιτούν συνήθως αυξημένη θερμοχωρητικότητα του κτιρίου για εξομάλυνση των θερμοκρασιακών μεταβολών κατά τη χειμερινή περίοδο του έτους, όταν μειώνεται η συνεισφορά της επιθυμητής ηλιακής προσόδου.

1.8.4 Απορροφητικοί υαλοπίνακες (Body-tinted, absorptive glasses)

Παρασκευάζονται από υλικά που εμφανίζουν αυξημένη απορροφητικότητα στην ακτινοβολία, ιδίως στην περιοχή του μεγάλου μήκους κύματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη στην μάζα ή στην επιφάνεια του γυαλιού κατά την παραγωγή του ή στην επιφάνεια του με ειδική επεξεργασία οξειδίων μετάλλου. Η απορροφητικότητα τους επεκτείνεται και στην περιοχή του ορατού φάσματος με συνέπεια την αλλοίωση του φυσικού φωτισμού.

Η λειτουργία τους, βασίζεται στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας, την υπερθέρμανση τους και στη συνέχεια την εκπομπή θερμότητας τόσο προς τον εσωτερικό χώρο αλλά και προς την ατμόσφαιρα. Αυτός είναι και ο λόγος που συνήθως τοποθετούνται σε απόσταση από την πρόσοψη ή στα υαλοστάσια που εγκαθίστανται, λαμβάνεται μέριμνα για συνεχή ψύξη τους σε ψυχρό ρεύμα αέρα από την κλιματιστική εγκατάσταση ή από ειδική διάταξη φυσικής κυκλοφορίας αέρα. Αν δε ληφθεί σχετική μέριμνα, τότε υπάρχει κίνδυνος θραύσης αυτών των κρυστάλλων από θερμική διαστολή. Συνήθως δε χρησιμοποιούνται σε διπλό μονωτικό υαλοπίνακα αλλά σε διπλό παράθυρο, είτε ως ξεχωριστή στρώση κοντά και σε απόσταση από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα μεταξύ τους από όπου κυκλοφορεί ο αέρας με φυσική μεταφορά. Ανάλογα με την εποχή του έτους, αυτός ο αέρας μπορεί να εισέλθει προθερμασμένος στο σύστημα εξαερισμού. Είναι κατάλληλοι κυρίως για χώρους που απαιτείται χαμηλή ένταση φυσικού φωτισμού και δεν ενδείκνυται για κτίρια κατοικίας ή χώρους γραφείων.

1.8.5 Υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low emissivity ,Low-e glasses)

Έχουν χαμηλή επίστρωση μεταλλικών οξειδίων στην μια τους πλευρά, η οποία μειώνει το συντελεστή εκπομπής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από το 0,9 (περίπου) που χαρακτηρίζει το κοινό γυαλί στο 0,1 περίπου. Οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά αποτρέπουν τις απώλειες με θερμική ακτινοβολία από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον, μειώνοντας δραστικά τις θερμικές απώλειες από το άνοιγμα .

Σε κούφωμα διπλού υαλοπίνακα, μειώνει δραστικά τόσο το συντελεστή μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία της επιφάνειας (θερμικές απώλειες) μειώνοντας ουσιαστικά την μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μέσα από ένα άνοιγμα, όσο και τις θερμικές απώλειες με αγωγιμότητα, επιτυγχάνοντας θερμική συμπεριφορά του υαλοπίνακα, αντίστοιχη με θερμομονωμένο τοίχο.

Η επίστρωση του υαλοπίνακα συνίσταται συνήθως από τρεις στρώσεις. Η μεσαία αποτελείται από λεπτό μεταλλικό υλικό όπως χρυσός, ασήμι ή χαλκός και οι ακραίες από φύλλα οξειδίου του κασσιτέρου.

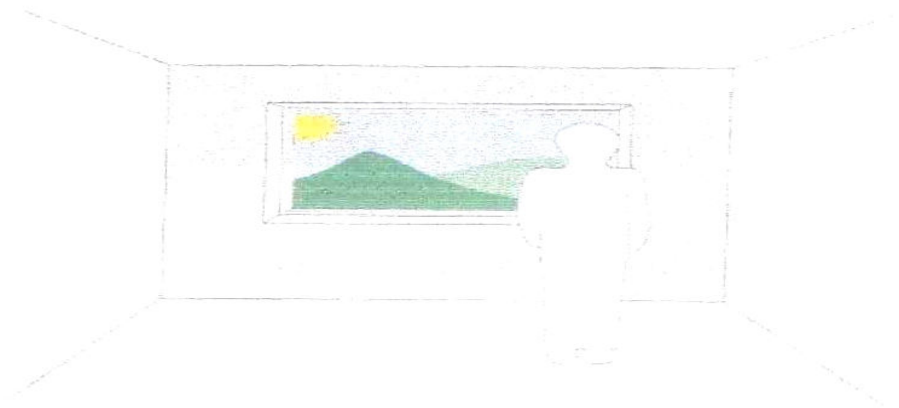
Κατά τη θερινή περίοδο βέβαια, αυτή η συμπεριφορά μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου και σε αύξηση της κατανάλωσης για ψύξη, αν ληφθεί μέριμνα για φυσικό δροσισμό του κτιρίου.

Η έρευνα στα κρύσταλλα χαμηλής εκπεμπιμότητας τα τελευταία χρόνια, έχει στραφεί στα κρύσταλλα με επιλεκτική επίστρωση, η οποία συμβάλλει ώστε να είναι διαπερατά από την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα και αδιαφανή στο φάσμα της θερμικής ακτινοβολίας. Ακόμη δεν υπάρχει εκτενής εμπορική εκμετάλλευση αυτής της τεχνολογίας ,λόγω κόστους .Τέτοια υλικά προσφέρονται κυρίως για εφαρμογές που δεν ενδιαφέρει το ηλιακό κέρδος, αλλά απαιτείται μεγιστοποίηση του φυσικού φωτός.

1.9 Κτίριο –φυσικός φωτισμός (μέσω των υαλοπινάκων)

Η σωστή χρήση του φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα στα κτίρια που χρησιμοποιούνται κυρίως την ημέρα, μπορεί με την αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού, να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα, στην οπτική άνεση και στην ευεξία των ενοίκων. Στρατηγική αυτού του είδους, πρέπει να περιλαμβάνει τη δυνατότητα για θερμική πρόσοδο και εξοικονόμηση ενέργειας με αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού με φυσικό που παρέχει υποκειμενικά πλεονεκτήματα και θέα στο ύπαιθρο, στοιχεία που ικανοποιούν τους ενοίκους.

Ο φυσικός φωτισμός στα κτίρια συνιστάται ιδιαίτερα έχει μεταβλητότητα και ευαισθησία που είναι πιο ευχάριστη από το σχετικά μονότονο περιβάλλον που παρέχεται από τον τεχνητό



Σχήμα1.8

Φωτισμό. Βοηθά στη δημιουργία εξαιρετων συνθηκών εργασίας, αποκαλύπτοντας τη φυσική διαφορά και το χρώμα των αντικειμένων. Τα παράθυρα και οι φεγγίτες παρέχουν τη δυνατότητα επαφής των χρηστών με τον έξω κόσμο, προσφέροντας μια εναλλακτική μακρινή θέα που ξεκουράζει τα μάτια ύστερα από πολύ εργασία σε κοντινή θέση. Η παρουσία του φυσικού φωτός, παρέχει αίσθημα ευδιαθεσίας και την αντίληψη του ευρέως περιβάλλοντος στο οποίο ζει ο άνθρωπος. Υποστηρίζεται πως η έκθεση στο φυσικό φως μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία .



Η οπτική άνεση, αποτελεί το κύριο στοιχείο των απαιτήσεων του φωτισμού. Η ολική στάθμη συνολικού φωτισμού και η διανομή του φωτός στο χώρο πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά αποφεύγοντας υπερβολικές αντιθέσεις στις στάθμες φωτισμού και τη θάμβωση.

Ο φυσικός φωτισμός είναι ιδιαίτερα σημαντικός στα εμπορικά και τα άλλα κτίρια, εκτός από τα κτίρια κατοικίας που χρησιμοποιούνται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο, ακόμη και σε αυτές τις περιπτώσεις δεν μπορεί να εξασφαλιστεί επαρκής φωτισμός όλες τις ώρες, εξαιτίας της αβεβαιότητας και της μεταβλητότητας του. Τα συστήματα τεχνητού φωτισμού πρέπει να είναι διαθέσιμα για να συμπληρώνουν το φυσικό φωτισμό όταν αυτό είναι αναγκαίο .

Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού, έχει έναν αριθμό στοιχείων τα πιο πολλά από τα οποία πρέπει να ενσωματωθούν στην μελέτη του κτιρίου κατά το αρχικό της στάδιο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία σε σχέση με την επίπτωση του φυσικού φωτισμού στο κτίριο:

- Ο προσανατολισμός, η οργάνωση και η γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν .
- Η εγκατάσταση, το σχήμα και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων διαμέσου των οποίων θα περάσει το φως της ημέρας .
-

- Η θέση και οι ιδιότητες της επιφάνειας των εσωτερικών χωρισμάτων που ανακλούν το φυσικό φως και παίζουν ρόλο στη διανομή του .
- Η θέση, το σχήμα, οι διαστάσεις κτλ. Των κινητών ή των μόνιμων διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση.
- Το φως και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών των υαλοστασίων.

1.9.1 Διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού

Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια δοσμένη επιφάνεια, εξαρτάται από τον προσανατολισμό και την κλίση της επιφάνειας. Το ποσό του φυσικού φωτός που παίρνει μια δοσμένη εξωτερική επιφάνεια έχει τρία συστατικά :

- Το φως που έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο .
- Το φως που παραλαμβάνεται από τον ουρανό, αφού διαχυθεί από τα αέρια στην ατμόσφαιρα (γαλάζιο φως) και από τα σταγονίδια του νερού (άσπρο φως).
- Το φως από τα δυο προηγούμενα συστατικά, αφού ανακλαστεί από το έδαφος και άλλες γειτονικές επιφάνειες .

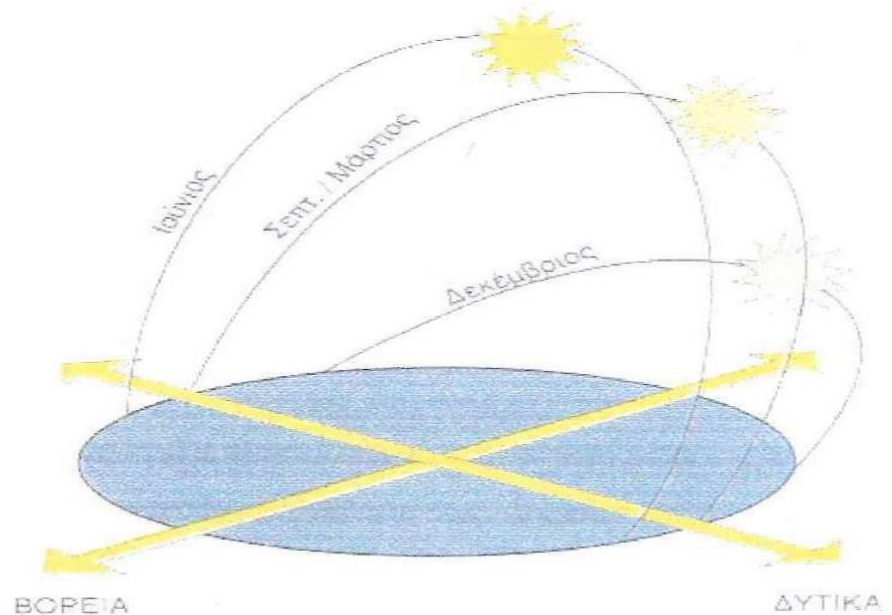
Εσωτερικά σε ένα κτίριο πρέπει να προστεθεί ένα τέταρτο συστατικό, το φως που ανακλάται από εσωτερικές επιφάνειες.

Κατά γενικό κανόνα, ο όρος « φωτισμός από το φως της ημέρας» αναφέρεται στο φως που λαμβάνεται από τον ουρανό χωρίς το άμεσο ηλιακό φως. Ωστόσο, κάτω από ορισμένες περιπτώσεις, όπως είναι για κλίματα με μεγάλη ηλιοφάνεια ή για κτίρια όπου η αντίθεση που δημιουργείται από το άμεσο ηλιακό φως προσδίδει μια σημαντική συνεισφορά στη συνολική ποιότητα του φωτός του εσωτερικού χώρου, είναι σημαντικό να περιληφθεί και αυτό το συστατικό του άμεσου ηλιακού φωτός .

1.10 Σκίαση

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος προστασίας ενός κτιρίου, είναι να σκιάζονται τα παράθυρα του και άλλα ανοίγματα από το ανεπιθύμητο άμεσο ηλιακό φως. Ο βαθμός και ο τύπος της αναγκαίας σκίασης, εξαρτάται από τη θέση του ηλίου και από την τοποθεσία και τη γεωμετρία του τμήματος του κτιρίου που πρέπει να σκιάζεται .

Το καλοκαίρι, όταν η ηλιακή δέσμη πέφτει στη νότια πλευρά του κτιρίου, ο ήλιος είναι αρκετά ψηλά στον ουρανό. Έτσι, οποιαδήποτε νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ηλιακή ακτινοβολία και είναι εύκολο να προστατευτούν. Η σκίαση των δυτικών και ανατολικών παραθύρων



Σχήμα 1.9

από την άλλη πλευρά, θέτει ένα πολύ μεγάλο πρόβλημα, γιατί ο ήλιος είναι πολύ χαμηλά στον ουρανό όταν είναι στην ανατολή ή στη δύση και ένα μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει σε αυτά τα παράθυρα. Γι' αυτό μια λύση αποτελεί η μελέτη μείωσης κατά το δυνατό της επιφάνειας των ανατολικών και δυτικών υαλοστασίων .

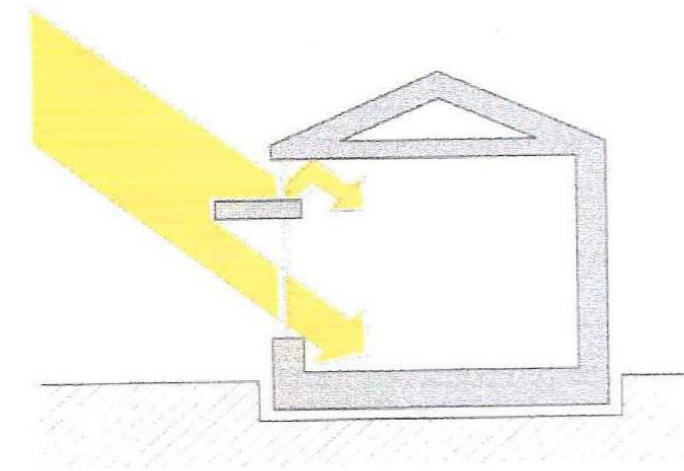
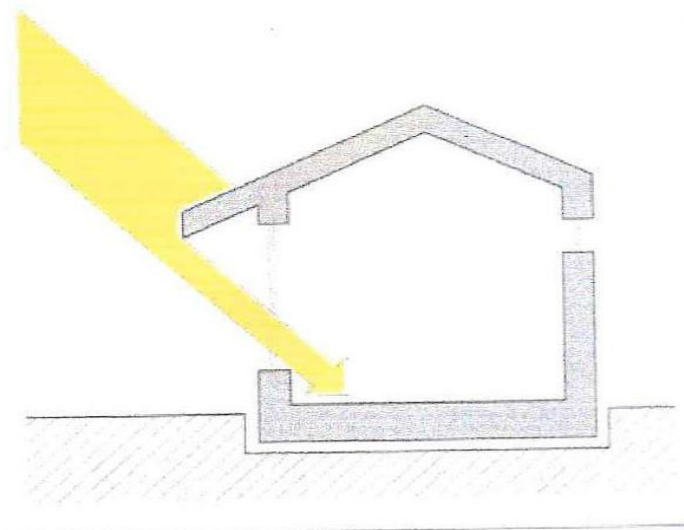
1.10.1 Σταθερή σκίαση

Ο σχεδιασμός μιας διάταξης που να αποτελεί ένα σταθερό μέρος του κτιρίου σε διάκριση από μια που να μπορεί να ρυθμιστεί, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό του ανοίγματος που πρέπει να προστατευθεί .

Παράθυρα προς το νότο μπορούν να σκιάζονται από πρόβολο πάνω από το γυάλινο στοιχείο. Για να εξασφαλίζεται το μέγιστο όφελος από τις ηλιακές ακτίνες το χειμώνα, όταν μπορούν να έχουν μια χρήσιμη συμβολή στις θερμικές απαιτήσεις,

είναι λογικό να εφαρμόζεται ο πρόβολος σε τέτοια θέση, ώστε οι ακτίνες να μπορούν να περάσουν δια του ανοίγματος όταν ο ήλιος είναι χαμηλά στον ουρανό. Στο βάθος του προβόλου δε θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο η απόστασή του πάνω από το παράθυρο, αλλά και το ύψος του ανοίγματος. Το μήκος του προβόλου καθορίζεται από το πλάτος του παραθύρου.

Παράθυρα που βλέπουν προς την ανατολή και τη δύση, μπορούν να ωφεληθούν από την πλάγια σκίαση. Επειδή η θέση του ηλίου αλλάζει, ένα κινητό κατακόρυφο πέτασμα μπορεί να αποτελέσει τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για την εξασφάλιση σκίασης, αν και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σταθερότητας και συντήρησης. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα σταθερό πέτασμα, οι διαστάσεις του θα πρέπει να καθοριστούν από το πλάτος και το ύψος



Σχήμα 1.10

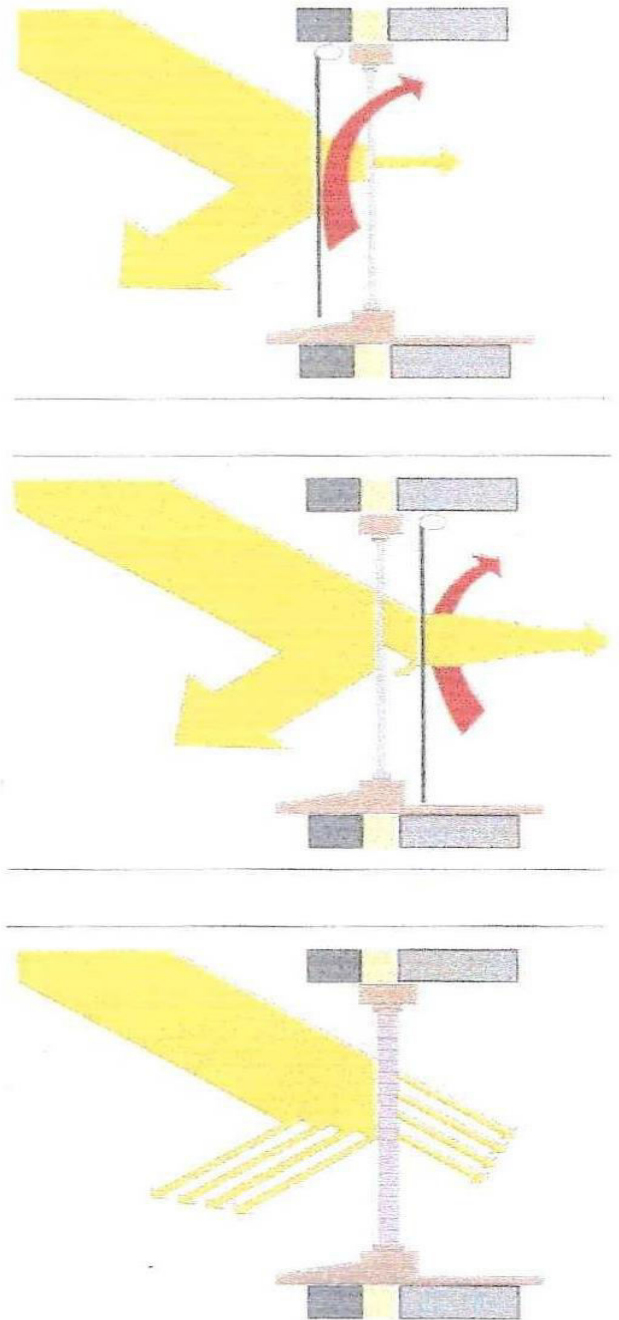
του παραθύρου και από την απόσταση του πετάσματος από αυτό. Για να υπολογιστεί η σκιά που πέφτει στο παράθυρο από το πέτασμα που προτείνεται, μπορεί να είναι χρήσιμα τα διαγράμματα της τροχιάς του ηλίου (που είναι γνωστά ως διαγράμματα θέσης ηλίου – $\Delta\Theta\text{H}$).

1.10.2 Ρυθμιζόμενη σκίαση

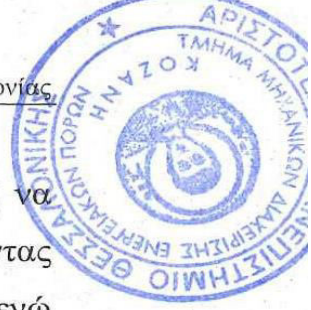
Η αποτελεσματικότητα των σταθερών πετασμάτων ποικίλλει ανάλογα με τις εποχιακές αλλαγές της θέσης του ηλίου. Επειδή οι κλιματικές εποχές δε συμφωνούν με τις κλιματικές εποχές, στις περιοχές με μεγάλο διάστημα λειτουργίας της θέρμανσης είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται κινητή προστασία, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα. Σκίαστρα, στόρια, ενετικά στόρια, τέντες και κουρτίνες, όλα αυτά αποτελούν παραδείγματα ρυθμιζόμενων μηχανισμών σκίασης. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιούνται κατά το χειμώνα ώστε να αυξάνουν τη θερμομόνωση. Η αποτελεσματικότητα της σκίασης που εξασφαλίζουν εκφράζεται με ένα συντελεστή σκίασης, που είναι ο λόγος της ηλιακής ενέργειας η οποία διέρχεται από το προστατευόμενο άνοιγμα, σε σχέση με την ενέργεια που θα περνούσε από το άνοιγμα εάν αυτό δεν ήταν προστατευόμενο. Συνήθως ως σημείο αναφοράς λαμβάνεται ένα απλό παράθυρο.

Κατά το σχεδιασμό ενός κινητού συστήματος σκίασης, σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων ηλιακών κερδών, αλλά χωρίς να σκοτεινιάζει ο χώρος που κατοικείται και να εξαναγκάζονται οι ένοικοι να χρησιμοποιούν τεχνητό φωτισμό.

Είναι προτιμότερο να τοποθετούνται πετάσματα στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου αντί στο εσωτερικό του, έτσι ώστε το περισσότερο ηλιακό φως να ανακλάται πριν φτάσει στα τζάμια. Εκτός από την περίπτωση που τα εσωτερικά πετάσματα είναι ανακλαστικά, αυτά δε σταματούν της ηλιακές ακτίνες παρά αφού αυτές περάσουν διαμέσου του παραθύρου και έτσι τόσο ο αέρας μεταξύ του παραθύρου και του



Σχήμα 1.11



πετάσματος όσο και το ίδιο το πέτασμα θερμαίνονται. Το πέτασμα μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ των δυο στρωμάτων του γυαλιού σε διπλό τζάμι, επιτρέποντας έτσι τη διατήρηση των χαρακτηριστικών του εξωτερικού πετάσματος, ενώ αποφεύγονται τα προβλήματα συντήρησης. Το χρώμα και οι συνθήκες της επιφάνειας του πετάσματος παίζουν επίσης ρόλο στον καθορισμό της αποτελεσματικότητας του. Οι ιδιότητες της ανάκλασης και της απορρόφησης επηρεάζουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο .

1.10.3 Σκίαση από γειτονικά κτίρια ,τοπογραφική διαμόρφωση και βλάστηση

Σχεδόν πάντα, κάποια σκιά από γειτονική κατασκευή πέφτει πάνω σε ένα κτίριο. Το φαινόμενο αυτό, χρησιμοποιείται συνήθως σε θερμά και ξηρά κλίματα όπου οι πόλεις ίσως να σχεδιάστηκαν και να χτίστηκαν σε πολύ συμπαγή μορφή με στενούς δρόμους, έτσι ώστε όλα τα κτίρια να σκιάζονται σε κάποιο ποσοστό από τον ήλιο. Ωστόσο, στις περιπτώσεις αυτές είναι σημαντικό το να μην βρίσκονται τα κτίρια τόσο κοντά μεταξύ τους, για να μην είναι δύσκολο να εξασφαλίζεται ο αερισμός. Ακόμη και στο σχεδιασμό πανταχόθεν ελεύθερων κτιρίων και των γύρω προς αυτά χώρων, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα υφιστάμενα κτίρια για να εμποδίζουν την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία .

Η τοπογραφική διαμόρφωση μιας θέσης, μπορεί συχνά να δημιουργεί σκιά. Γι' αυτό όταν επιλέγεται η θέση ενός κτιρίου σε μια τοποθεσία, σε περιοχές όπου είναι πιθανή η υπερθέρμανση είναι λογικό να καταβάλλεται προσπάθεια να γίνεται το κτίριο στην πιο σκιασμένη θέση για να επωφελείται από τη σκιά. Η σκιά που εξασφαλίζεται από την τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής, επηρεάζεται από την τροχιά του ήλιου, τον προσανατολισμό και την κλίση του εδάφους .

Σκίαση μπορεί επίσης να δημιουργηθεί από βλάστηση. Αν τα φυτά είναι φυλλοβόλα, κάποια πλεονεκτήματα μπορεί να εξασφαλιστούν από τις ακτίνες του ηλίου το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά. Προοδευτικά όμως, καθώς τα φύλλα μεγαλώνουν από την άνοιξη και μετά αυξάνεται το ποσό της σκιάς που δημιουργείται. Είναι καλύτερο να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα αλλά με λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη προστασία το καλοκαίρι και η ελάχιστη σκίαση το χειμώνα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ηλίου περίπου κατά 20-40% .

1.11 Ειδικό υαλοστάσιο

Στα παράθυρα που είναι δύσκολο να σκιαστούν, τα ειδικά τζάμια μπορεί να φανούν χρήσιμα, αφού εμποδίζουν τα ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη ενώ επιτρέπουν τη θέα και το φως.

Τα απορροφητικά τζάμια, περιορίζουν την ολική μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου του παραθύρου περιορίζοντας την άμεση μετάδοση και αυξάνοντας την επανεκπομπή προς το εξωτερικό μετά την απορρόφηση .

Τα ανακλαστικά τζάμια, κατασκευάζονται με επίστρωση των υαλοπινάκων με λεπτό στρώμα από έντονα ανακλαστικό οξειδίο του μετάλλου. Ιδανικά, η επίστρωση θα έπρεπε να είναι στην εξωτερική πλευρά του παραθύρου. Ωστόσο, επειδή αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα ανθεκτικότητας, η λεπτή μεμβράνη εφαρμόζεται κανονικά είτε στη εσωτερική πλευρά του εξωτερικού τζαμιού ή στην εξωτερική πλευρά του εσωτερικού τζαμιού. Αν το ανακλαστικό στρώμα τοποθετηθεί στο εσωτερικό τζάμι, πρέπει να δοθεί προσοχή στο σχεδιασμό του διπλού υαλοπίνακα ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο αέρας του διακένου δε θα θερμανθεί προκαλώντας απώλεια από το περίβλημα .

Απορροφητικά ή ανακλαστικά τζάμια συστήνονται κυρίως για παράθυρα που βλέπουν προς την ανατολή ή τη δύση. Αυτά σπανίως χρησιμοποιούνται για την ώρα σε κτίρια κατοικίας, αλλά εμφανίζονται καλές προοπτικές για το μέλλον ιδιαίτερα σε θερμά κλίματα.

Επιπρόσθετα, ενώ δεν εμφανίζονται ακόμη ευρέως στην αγορά, υπάρχει μια σημαντική ανάπτυξη στα φωτοχρωμικά και ηλεκτροχρωμικά τζάμια τα οποία τροποποιούν τις ακτίνες του ήλιου καθώς αυτές εισέρχονται έτσι ώστε οι οπτικές ιδιότητες του γυαλιού να αλλάζουν και για παράδειγμα να εμφανίζεται σκοτεινίασμα του γυαλιού .

2 Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας

2.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)

Ελλείπει του φωτός του ήλιου, της διείσδυσης αέρα και της συμπύκνωσης υγρασίας, ο πρώτος όρος στην παρακάτω εξίσωση αντιπροσωπεύει το ποσοστό της μεταφοράς θερμότητας μέσω ενός συστήματος δημιουργίας ανοιγμάτων στο κτιριακό κέλυφος. Τα περισσότερα συστήματα δημιουργίας ανοιγμάτων αποτελούνται από τις διαφανείς μονάδες τοποθέτησης υαλοπινάκων και τα αδιαφανή στοιχεία, τα οποία περιλαμβάνουν το σκελετό του τζαμιού και το κούφωμα. Οι πορείες μεταφοράς θερμότητας της μονάδας τοποθέτησης υαλοπινάκων, περιλαμβάνουν μια μονοδιάστατη στο κέντρο του υαλοπίνακα συμβολή γυαλιού. Η συμβολή των κουφωμάτων είναι πρωτίστως δισδιάστατη. Συνεπώς, το συνολικό ποσοστό μεταφοράς θερμότητας μέσω μιας δημιουργίας ανοιγμάτων στο κτιριακό κέλυφος μπορεί να υπολογιστεί γνωρίζοντας τις ξεχωριστές μεταφορές θερμότητας του κεντρικού γυαλιού και του κουφώματος .

Ο συνολικός U-factor υπολογίζεται από :

$$U_o = \frac{U_{cg} * A_{cg} + U_f * A_f}{A_{cg} + A_f}$$

- U_{cg} : ο συντελεστής θερμοπερατότητας στο κέντρο του κρυστάλλου (cg-center of glass-κέντρο του κρυστάλλου).
- U_f : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος .
(f: frame=κούφωμα)
- A_{cg} : εμβαδόν του υαλοπίνακα.
- A_f : εμβαδόν του κουφώματος.

2.2 Προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας στο κέντρο του κρυστάλλου (U_{cg})

Η ροή θερμότητας διαμέσου του κεντρικού τμήματος του κρυστάλλου ενός υαλοπίνακα, περιλαμβάνει την συναγωγή και την ακτινοβολία στο αέριο του διακένου. Η μεταφορά θερμότητας με συναγωγή, υπολογίζεται βασισμένη στην υψηλή- αναλογία φυσικής συναγωγής για στρώματα κάθετου και κεκλιμένου αέρα. Η μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας υπολογίζεται (που αγνοεί την απορρόφηση αερίου) χρησιμοποιώντας μια πιο θεμελιώδη προσέγγιση. Υπολογιστικές μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος μεταφοράς θερμότητας έχουν επινοηθεί

Ειδικά για απλό υαλοπίνακα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται έντονα από τον εξωτερικό h_o και εσωτερικό h_i συντελεστή μεταφοράς θερμότητας:

$$U_{cg} = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \frac{L}{1000K}}$$

Όπου

- h_o, h_i = ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, $W / (m^2 K)$.
- L = μήκος του υαλοπίνακα, mm
- K = θερμική αγωγιμότητα, $W / (mK)$

Οι τιμές για τον συντελεστή θερμοπερατότητας στο κέντρο του κρυστάλλου για σταθερές εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες, εξαρτώνται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του γυαλιού όπως το στίλβωμα, τη διάσταση του διακένου, τον προσανατολισμό σχετικά με την κατακόρυφο και την εκπεμπιμότητα της κάθε επιφάνειας και την σύνθεση του αερίου του διακένου.

2.2.1 Εσωτερικός και εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (h_i, h_o)

Μέρος της συνολικής θερμικής αντίστασης ενός συστήματος ανοίγματος, οφείλεται στην μεταφορά θερμότητας λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας μεταξύ των εκτεθειμένων επιφανειών και του περιβάλλοντος. Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας για εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια h_o και h_i αντίστοιχα, συνδυάζουν τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας και της συναγωγής. Η ταχύτητα αέρα και ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι σημαντικοί για τον καθορισμό του h_o . Αυτή η σχέση έχει μελετηθεί από καιρό και πολλοί είναι οι συσχετισμοί που έχουν προταθεί για το h_o ως συνάρτηση της ταχύτητας του αέρα.

Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή, καθορίζονται συνήθως για τυποποιημένη θερμοκρασία και ταχύτητα αέρα σε κάθε πλευρά. Η ταχύτητα αέρα μπορεί να ποικίλει από $0,2 \text{ m/s}$ για τον αίθριο καιρό μέχρι και πάνω από 29 m/s για άσχημες καιρικές συνθήκες (θύελλα). Μια σταθερή τιμή για το h_o ίση με $29 \text{ W/ (m}^2 \text{K)}$ που αντιστοιχεί σε ταχύτητα αέρα $6,7 \text{ m/s}$ χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει χειμερινές συνθήκες σχεδίασης. Για ταχύτητα αέρα κοντά στο μηδέν, το h_o ποικίλλει ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία αέρα, την εξωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας, τον προσανατολισμό σχετικά με την κατακόρυφο και την περιεκτικότητα σε υγρασία του αέρα. Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για το κέντρο του κρυστάλλου, χρησιμοποιείται η σταθερή τιμή των $29 \text{ W/ (m}^2 \text{K)}$.

Για τη φυσική μεταφορά στην εσωτερική επιφάνεια ενός κάθετου ανοίγματος στο κτιριακό κέλυφος, ο εσωτερικός συντελεστής επιφάνειας h_i εξαρτάται από τον εσωτερικό αέρα, τις θερμοκρασίες επιφάνειας αέρα και γυαλιού και στην εκπεμπιμότητα της εσωτερικής επιφάνειας. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις τιμές του h_i για χειμερινές ($T_i = 21^\circ\text{C}$) και θερινές ($T_i = 24^\circ\text{C}$) συνθήκες σχεδίασης για ύψος παραθύρου $1,2 \text{ m}$.

Εσωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας-Κάθετος προσανατολισμός

Τύπος υαλοπίνακα	Χειμερινές συνθήκες			Καλοκαιρινές συνθήκες		
	h_i $W / (m^2 K)$	Θερμοκρασία υαλοπίνακα $^{\circ}C$	Διαφορά θερμοκρασίας $^{\circ}C$	h_i $W / (m^2 K)$	Θερμοκρασία υαλοπίνακα $^{\circ}C$	Διαφορά θερμοκρασίας $^{\circ}C$
Μονός	7,42	-9	30	3,66	33	9
Διπλός με 12,7mm διάκενο αέρα	7,21	7	14	3,8	35	11
Διπλός με 12,7mm διάκενο αργό	7	13	8	3,73	34	10

Πίνακας 2.1

2.3 Προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος (Uf)

Τα κουφώματα των ανοιγμάτων στο κτιριακό κέλυφος, αποτελούνται από όλα τα δομικά μέλη εκτός από τα μέρη τοποθέτησης υαλοπινάκων. Ο υπολογισμός του ποσοστού μεταφοράς θερμότητας μέσω του κουφώματος εξαρτάται από :

1. την ποικιλία των προϊόντων και τη διαμόρφωση του κουφώματος των ανοιγμάτων στο κτιριακό κέλυφος.
2. τους διαφορετικούς συνδυασμούς υλικών που χρησιμοποιούνται για τα κουφώματα.
3. τα διαφορετικά μεγέθη τα οποία είναι διαθέσιμα.
4. το πλάτος των μερών τοποθέτησης των υαλοπινάκων.

Εσωτερικοί διαιρέτες ή κάγκελα, ασκούν μικρή επίδραση στο συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων, υπό τον όρο ότι υπάρχει τουλάχιστον κενό 3 mm μεταξύ του διαιρέτη και του κάθε τμήματος του υαλοπίνακα.

Οι Carpenter και McGowan (1993) βρήκαν πειραματικά αξιόπιστες τιμές για το συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος, χρησιμοποιώντας διάφορα υλικά κουφωμάτων, μέσω υπολογιστικών μοντέλων. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας, στον οποίο φαίνονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για μονό και διπλό υαλοπίνακα ανάλογα με το είδος του υλικού και το διάκενο του υαλοπίνακα.

Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφώματος $U_f W / (m^2 K)$ -Κάθετος προσανατολισμός			
Υλικό	Τύπος κενού	Μονός Υαλοπ.	Διπλός υαλοπ.
Αλουμίνιο χωρίς θερμοστοπ		13,51	12,59
Αλουμίνιο με θερμοστοπ	Μέταλλο	6,81	5,22
	Μονωτικό	Μη εφαρμόσιμο	5
Αλουμίνιο-συνθετικό ξύλο	Μέταλλο	3,41	3,29
	Μονωτικό	Μη εφαρμόσιμο	3,12
Εύλο/ Βινύλιο	Μέταλλο	3,12	2,90
	Μονωτικό	Μη εφαρμόσιμο	2,78
Fiberglass/Βινύλιο	Μέταλλο	2,1	1,87
	Μονωτικό	Μη εφαρμόσιμο	1,82

Πίνακας 2.2

2.4 Υπολογισμός εμβαδού του κουφώματος.

Το κούφωμα ενός απλού υαλοπίνακα (μονού η διπλού) μπορεί να χωριστεί σε κομμάτια τα οποία έχουν τραπεζοειδή μορφή όπως δείχνει το σχήμα 2.1. Οι σχέσεις οι οποίες μας δίνουν το εμβαδόν του κουφώματος είναι:

$$V_1 = V_{TOT} - w_1 - w_3$$

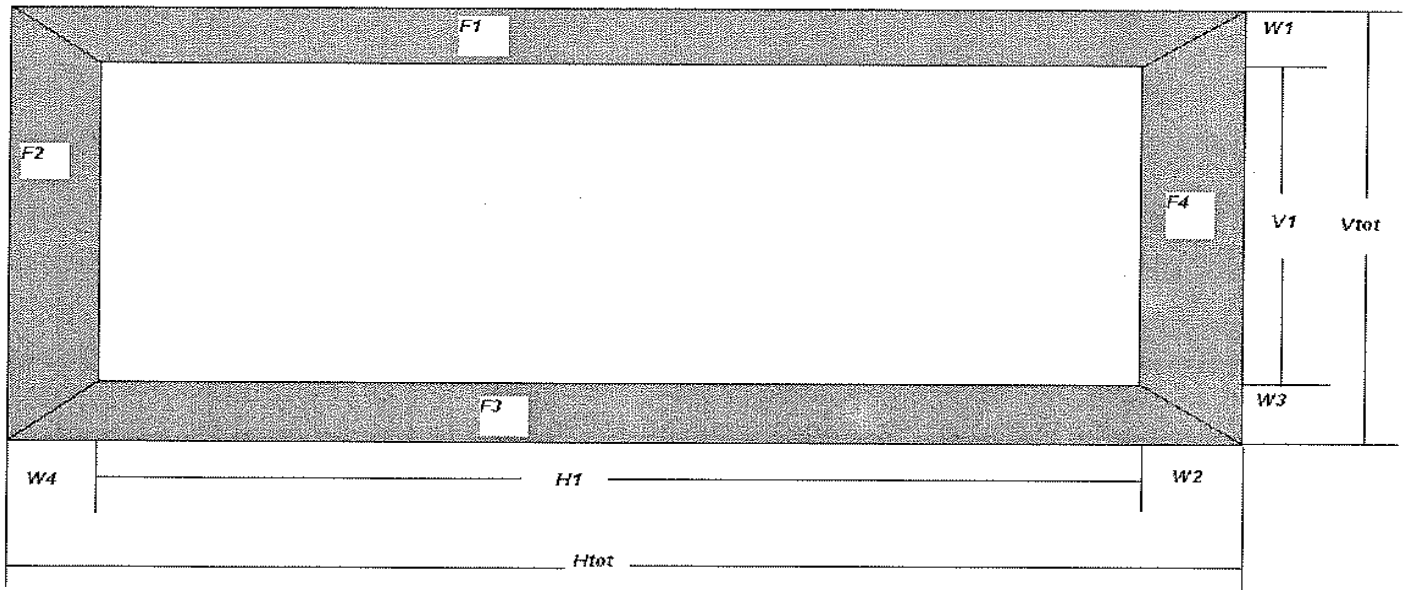
$$H_1 = H_{TOT} - w_2 - w_4$$

$$A_{F1} = w_1(H_1 + 0,5(w_2 + w_4))$$

$$A_{F2} = w_2(H_1 + 0,5(w_1 + w_3))$$

$$A_{F3} = w_3(H_1 + 0,5(w_2 + w_4))$$

$$A_{F4} = w_4(H_1 + 0,5(w_1 + w_3))$$



Σχήμα 2.1

Άρα γίνεται εύκολα κατανοητό ότι το συνολικό εμβαδόν του κουφώματος είναι:

$$A_F = A_{F1} + A_{F2} + A_{F3} + A_{F4}$$

2.5 Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας μέσα από έναν υαλοπίνακα με χρήση γλώσσας προγραμματισμού visual basic (1^{ος} τρόπος)

Πρώτο μέρος αυτής της εργασίας, είναι η υπολογιστική διαδικασία της θερμικής αγωγιμότητας. Οι υπολογισμοί θα γίνονται για σταθερές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_F καθώς και του συντελεστή θερμοπερατότητας του κρυστάλλου U_g . Οι τιμές αυτές, οι οποίες παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες, είναι σταθερές και αφορούν συντελεστές θερμοπερατότητας, όταν χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά για το κούφωμα, για μονό και διπλό υαλοπίνακα, όπως επίσης και σταθερές τιμές για τον εσωτερικό συντελεστή

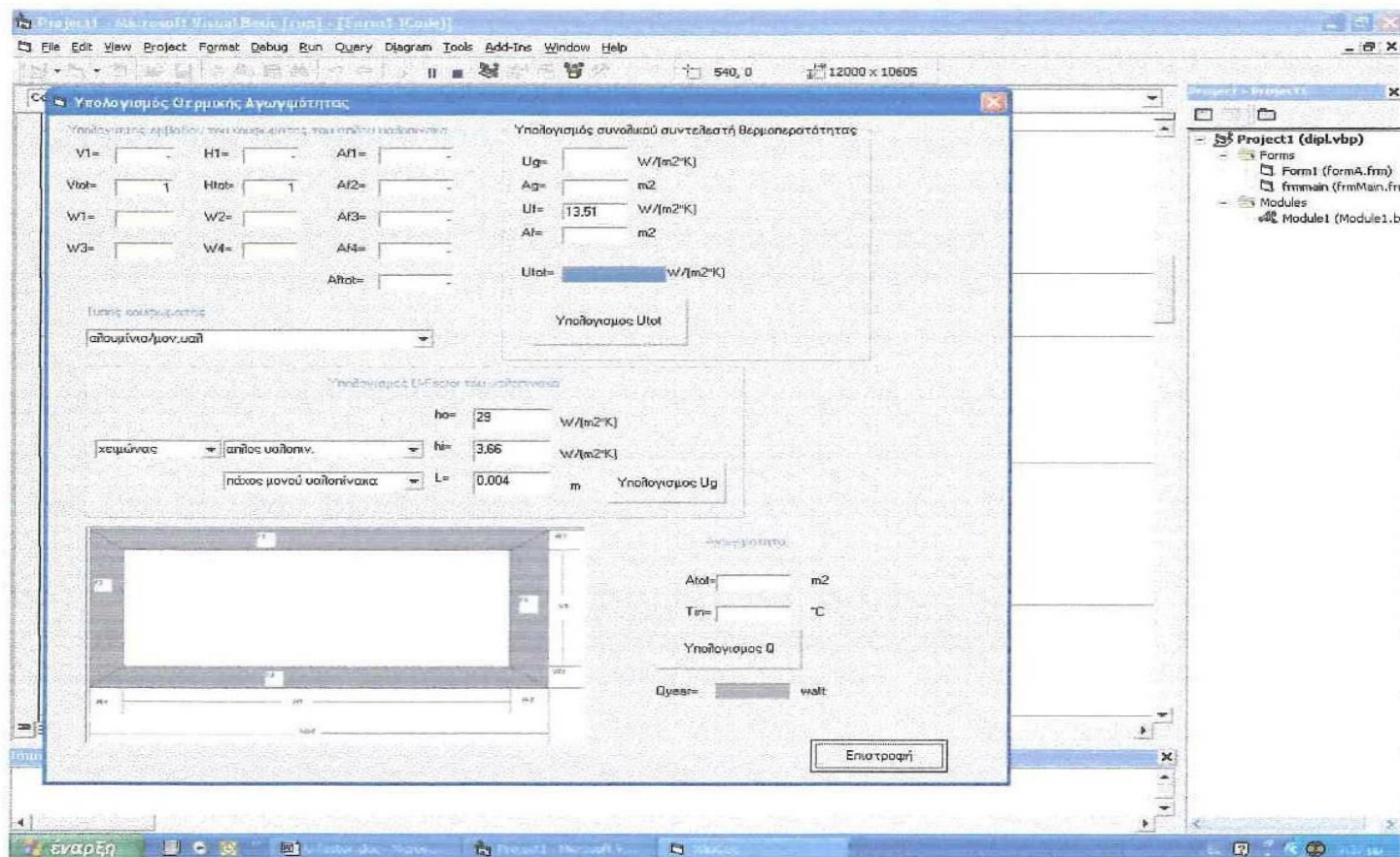
μεταφοράς θερμότητας h_i και για τον εξωτερικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας h_o ίση με $29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ καθώς τα h_i και h_o υπεισέρχονται στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κρυστάλλου U_g . Οι τιμές για τον εσωτερικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας h_i , είναι κάποιες τυποποιημένες αντιπροσωπευτικές τιμές, για ποικίλες θερμοκρασίες υαλοπίνακα και διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και την επιφάνεια του υαλοπίνακα.

Θερμική αγωγιμότητα είναι, η μεταφορά της θερμότητας από θερμές περιοχές σε ψυχρές. Η μεταφορά, είναι ένας ολόκληρος μηχανισμός και γίνεται από τις ατομικές δονήσεις. Στην πραγματικότητα, θερμική αγωγιμότητα είναι το άθροισμα των κβάντων ενέργειας της ταλάντωσης (δονητικά κύματα στη μοριακή δομή του υλικού) και των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Το κάθε ένα συμβάλλει στην ταχύτητα μεταφοράς της θερμότητας. Γενικά, τα κβάντα ενέργειας και τα ηλεκτρόνια επικρατούν σε κάθε υλικό.

Ελεύθερα ηλεκτρόνια, κατανέμονται στην θερμή περιοχή και συλλέγουν τη θερμότητα σε μορφή κινητικής ενέργειας. Έτσι, τα ηλεκτρόνια κινούνται σε ψυχρότερες περιοχές, όπου η κινητική τους ενέργεια μεταδίδεται στο περιβάλλον υλικό ή σε άλλα ηλεκτρόνια. Η μεταφορά της κινητικής ενέργειας (σε μορφή δονήσεων) αλλάζει κατεύθυνση είτε με τις συγκρούσεις που γίνονται με άλλα ηλεκτρόνια, είτε γενικότερα μέσω της μοριακής δομής.

Ο τύπος της αγωγιμότητας είναι $Q = A * U * \Delta T$ (W) όπου:

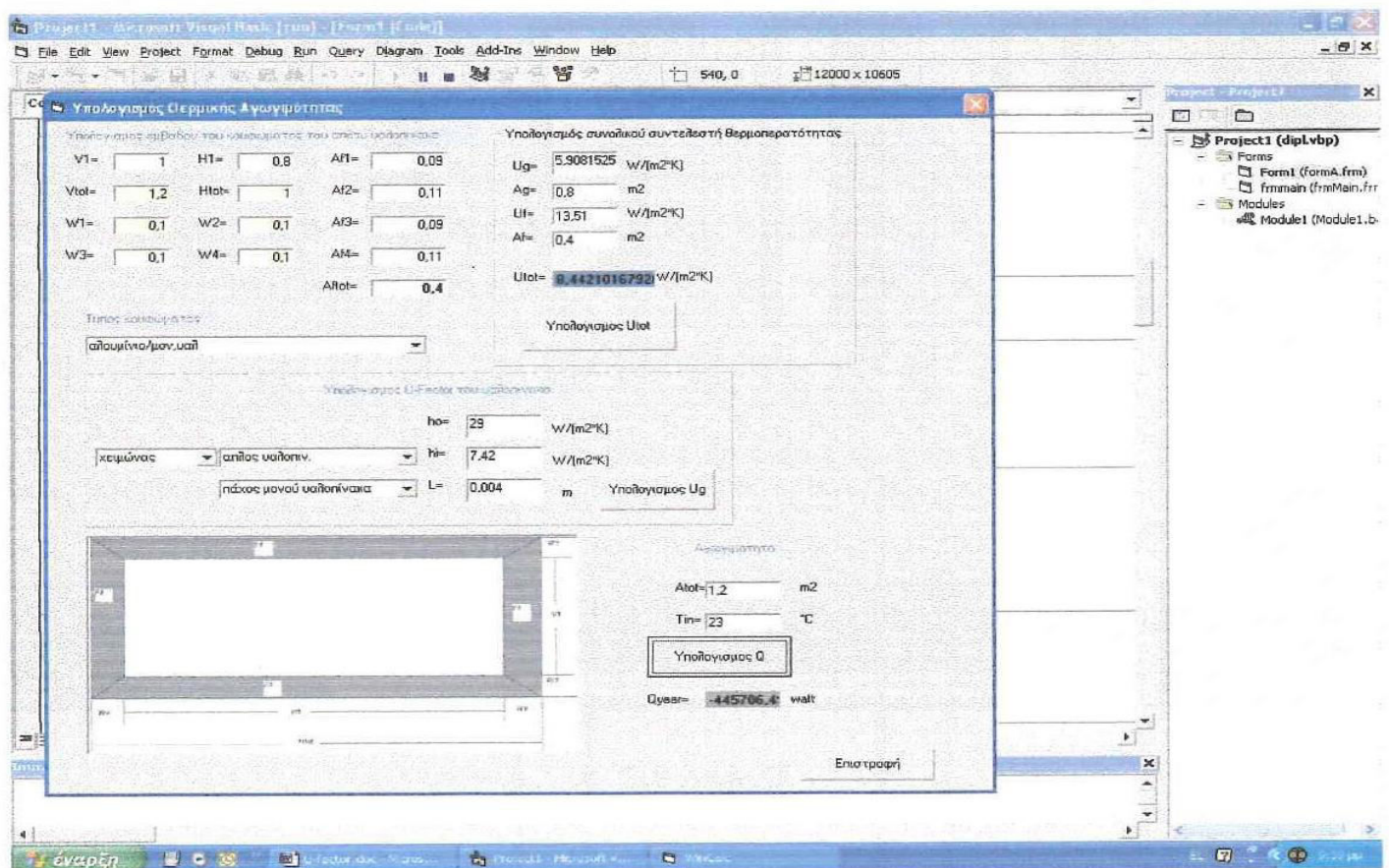
- A είναι το συνολικό εμβαδόν του υαλοπίνακα, δηλαδή το εμβαδόν του κουφώματος και του κρυστάλλου μαζί ($A_g + A_f$).
- U είναι ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας από τον τύπο
$$U_o = \frac{U_{cg} * A_{cg} + U_f * A_f}{A_{cg} + A_f}$$
- ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου και περιβάλλοντος.



Παραπάνω παρουσιάζεται η φόρμα σε γλώσσα προγραμματισμού visual basic, καθώς και όλες οι απαραίτητες παράμετροι-ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τον υπολογισμό της αγωγιμότητας.

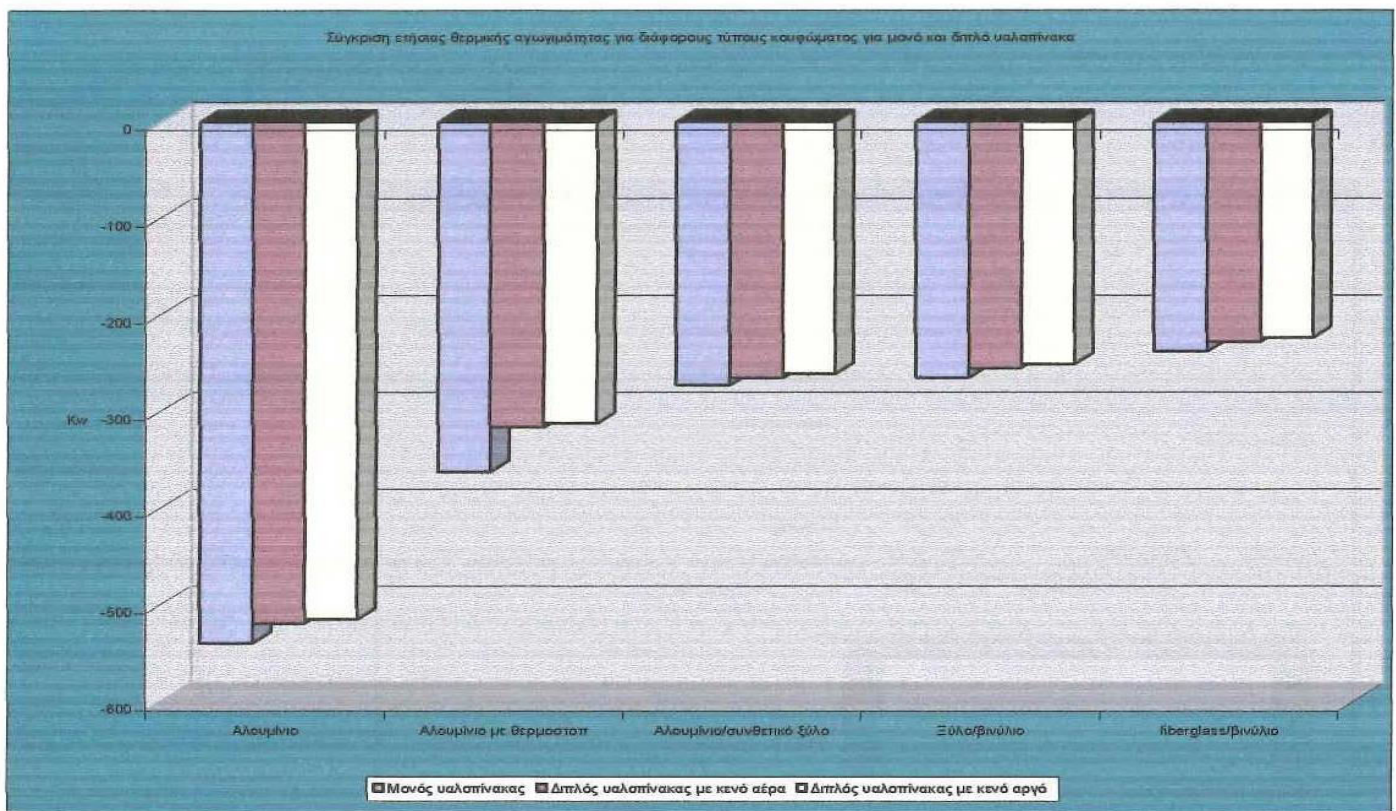
Αρχικά, πρέπει να γίνει ο υπολογισμός του εμβαδού του κουφώματος, όπως περιγράφηκε παραπάνω, όπου οι διαστάσεις του ανοίγματος μπορούν να καθορίζονται από τον εκάστοτε μελετητή. Στη συνέχεια, θα πρέπει να γίνει η επιλογή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_F (η συγκεκριμένη επιλογή γίνεται σύμφωνα με μια λίστα) καθώς επίσης και η επιλογή του εσωτερικού συντελεστή θερμότητας h_i , του οποίου οι τιμές διαφέρουν από τη χειμερινή στη θερινή περίοδο του έτους (πίνακας 1). Οι τιμές των προαναφερθέντων συντελεστών U_F και h_i θα πρέπει να σχετίζονται μεταξύ τους. Τέλος, ανάλογα με το αν γίνεται χρήση μονού ή διπλού υαλοπίνακα, είναι απαραίτητος ο καθορισμός του πάχους του. Με βάση όλα τα παραπάνω υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U (ή U_{tot} στο πρόγραμμα). Στη συνέχεια, για να υπολογιστεί η αγωγιμότητα πρέπει να δοθεί μια εσωτερική θερμοκρασία χώρου, η οποία καθορίζεται σύμφωνα με τις συνθήκες που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη. Όσον

αφορά στην εξωτερική θερμοκρασία T_{out} , που είναι καθορισμένη και γνωστή για όλες τις ώρες του έτους (βρίσκεται στο αρχείο Athens.dat το οποίο διαβάζεται από το πρόγραμμα). Εφόσον είναι γνωστές η εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία, μπορεί πλέον εύκολα να γίνει ο υπολογισμός της ΔT , δηλαδή της διαφοράς θερμοκρασίας $\Delta T = T_{out} - T_{in}$. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της αγωγιμότητας, ενός ανοίγματος με μονό υαλοπίνακα πάχους $0,004mm$ με διαστάσεις $1,2 * 1$, κουφώματος αλουμινίου, για χειμώνα και για θερμοκρασία χώρου ίση με $23^{\circ}C$. Η τιμή της αγωγιμότητας που προκύπτει από τους υπολογισμούς είναι $Q = -445706 \text{ watt}$ ή $Q = -445,706 \text{ Kw}$.



Η αρνητική τιμή της αγωγιμότητας, οφείλεται στην μεταφορά θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο, στον οποίο λαμβάνουν χώρα υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που υπάρχουν στον εξωτερικό χώρο(θερμοκρασία περιβάλλοντος). Στην πραγματικότητα είναι οι απώλειες θερμότητας που οφείλονται στο άνοιγμα.

Στο αμέσως επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζεται η ετήσια θερμική αγωγιμότητα για μονό και διπλό με κενό αέρα καθώς επίσης και για διπλό με κενό αργό υαλοπίνακα, διαστάσεων $1,3 \times 1 \text{ m}^2$, με θερμοκρασία εσωτερικού χώρου 23°C ανάλογα με τον τύπο του κουφώματος που θα χρησιμοποιηθεί. Όλα τα αποτελέσματα προέρχονται από το πρόγραμμα ανάλογα με τις επιλογές μας.



Σχήμα 2.2

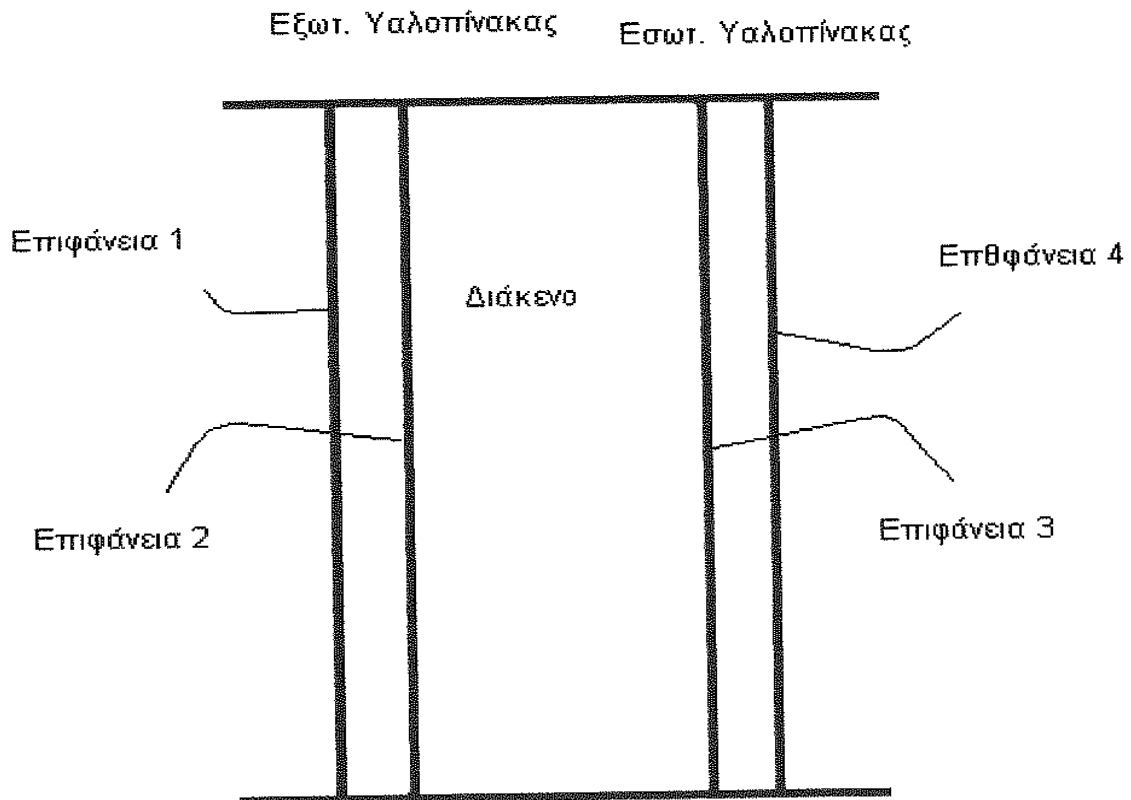
Το παραπάνω γράφημα λοιπόν, δίνει μια πλήρη εικόνα της διαφοράς των απωλειών θερμότητας, που προκύπτουν για τους παραπάνω τύπους υαλοπινάκων και κουφωμάτων. Επίσης, παρατηρείται μια μείωση περίπου της τάξης του 50% (ίσως και παραπάνω) στην αγωγιμότητα, που στη συγκεκριμένη περίπτωση μεταφράζεται ως απώλειες θερμότητας, ανάμεσα στον πρώτο τύπο κουφώματος (αλουμίνιο) και στον τελευταίο τύπο (fiberglass/βινύλιο). Δηλαδή, όσο καλύτερο είναι το κούφωμα ή συγκεκριμένα όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος, επιτυγχάνεται καλύτερη αεροστεγανότητα σε αυτό το στοιχείο του

υαλοπίνακα και μειώνονται αισθητά οι απώλειες προς το περιβάλλον. Σπουδαίο ρόλο παίζει επίσης ο τύπος του κρυστάλλου και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα για διπλό υαλοπίνακα και συγκεκριμένα για διπλό που ανάμεσα στα δύο κρύσταλλα υπάρχει το στοιχείο αργό.

2.6 Δυναμικός υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας

2.6.1 Αρχικές τιμές

Για να πραγματοποιηθεί ο δυναμικός υπολογισμός της θερμικής αγωγιμότητας ενός διπλού υαλοπίνακα, ο οποίος αποτελείται από τέσσερα κρύσταλλα, θα πρέπει πρώτα να γίνει ο προσδιορισμός των αρχικών τιμών των θερμοκρασιών και των τεσσάρων επιφανειών του διπλού υαλοπίνακα, των δύο κρυστάλλων (εσωτερικός και εξωτερικός) καθώς και της θερμοκρασία του διακένου. Με βάση το παρακάτω σχήμα εξάγονται οι σχέσεις :



Σχήμα 2.3

- $T_{s_1} = T_{amb}$
- $T_{s_2} = \frac{4 * T_{amb} + T_{room}}{5}$
- $T_{s_3} = \frac{T_{amb} + 4 * T_{room}}{5}$
- $T_{s_4} = T_{room} + 1$
- $T_1 = T_{amb} + 1$
- $T_2 = T_{room} - 1$
- $T_{gap} = \frac{T_{s_2} + T_{s_3}}{2}$
- $V_{wind} = 5m / s$

όπου T_{s_1} η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του πρώτου κρυστάλλου (επιφάνεια 1), T_{s_2} η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του πρώτου κρυστάλλου (επιφάνεια 2), T_{s_3} η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του δεύτερου κρυστάλλου (επιφάνεια 3), T_{s_4} η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του δεύτερου κρυστάλλου (επιφάνεια 4), T_1 η θερμοκρασία του εξωτερικού υαλοπίνακα, T_2 η θερμοκρασία του εσωτερικού υαλοπίνακα, T_{gap} η θερμοκρασία του διακένου, V_{wind} η ταχύτητα του αέρα και T_{amb} είναι η εξωτερική θερμοκρασία που υπάρχει στο αρχείο εισόδου.

2.6.2 Υπολογισμός των συντελεστών μετάδοσης θερμότητας των επιφανειών και του διακένου του υαλοπίνακα .

- **Εσωτερικός συντελεστής**

Ο εσωτερικός συντελεστής είναι συνάρτηση της διαφοράς θερμοκρασίας, της εσωτερικής επιφάνειας και της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου και η μονάδα μέτρησης του στο S.I είναι $W/m^2 \cdot ^\circ C$.Η σχέση που δίνει τον εσωτερικό συντελεστή είναι :

$$IFC = 1,77 * (|T_{s_2} - T_{room}|)^{0,25}$$

- **Εξωτερικός συντελεστής**

Ο εξωτερικός συντελεστής είναι συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου V_{wind} και δίνεται από τη σχέση :

$$EFC = 8,07 * V_{wind}^{0,605} , \text{αν } V_{wind} \geq 2m/s$$

$$EFC = 12,27 , \text{αν } V_{wind} < 2m/s$$

- **Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της εξωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα**

Η σχέση του εξωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας είναι:

$$Hout = Hout_c + Hout_r$$

όπου

$$Hout_c = 8,07 * V_{wind}^{0,605}$$

$$Hout_r = e_1 * \sigma * \frac{(T_{sky} + 273,15)^4 - (T_{s_1} + 273,15)^4}{\Delta T}$$

$$\Delta T = T_{sky} - T_{s_1}$$

όπου e_1 είναι η εκπεμπσιμότητα της εξωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα ,
 σ η σταθερά του 'Stefan-Boltzmann με τιμή 0.0000000567 και T_{sky} είναι η
φαινόμενη θερμοκρασία του ουρανού και ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία ο
ουρανός εκπέμπει ακτινοβολία σε πραγματικό ρυθμό, εκπεμφθείς από την
ατμόσφαιρα σε θερμοκρασία στο επίπεδο του εδάφους και δίνεται από τον τύπο:

$$T_{sky} = (T_{amb} + 273,15) * (0,004 * T_{dew} + 0,8)^{0,25} - 273,15$$

T_{dew} είναι η θερμοκρασία σχηματισμού υγρού βολβού και δίνεται στο
κλιματικό αρχείο.(Athens.dat.).

- **Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα**

Ο εσωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας προκύπτει ως εξής :

$$Hin = Hin_c + Hin_r,$$

όπου

$$Hin_c = 1,46 * \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{0,25}, \text{ L ύψος του υαλοπίνακα}$$

$$Hin_r = e_4 * \sigma * \frac{(273,15 + Ts_4)^4 - (273,15 + T_{room})^4}{\Delta T}$$

$$\Delta T = Ts_4 - T_{room}$$

όπου e_4 είναι η εκπεμπσιμότητα της εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα
και σ η σταθερά του 'Stefan-Boltzmann με τιμή 0.0000000567 .

- **Συντελεστής διακένου**

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας διαμέσου του διακένου αποτελείται
από δύο επιμέρους συντελεστές, το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας λόγω
αγωγιμότητας $Hgap_c$ και από το συντελεστή λόγω αντίστασης ακτινοβολίας $Hgap_r$,
προκύπτει από τον παρακάτω τύπο :

$$Hgap = Hgap_c + Hgap_r,$$

$$H_{gap_c} = \frac{k * Nu}{w_{gap}}$$

όπου k είναι η θερμική αγωγιμότητα του εκάστοτε αερίου στο διάκενο του υαλοπίνακα, w_{gap} είναι το πλάτος του διακένου και Nu είναι ο αριθμός Nusselt του διακένου και δίνεται από τη σχέση

$$Nu = \left[1 + (0,0303 * Ra^{0,402})^{11} \right]^{0,091}$$
, Ra είναι ο αριθμός του Rayleigh ο οποίος είναι προϊόν των αριθμών των Grashoff (Gr) και Prandtl (Pr) δηλαδή $Ra = Gr * Pr$. Ο αριθμός Grashoff (Gr) ορίζεται ως :

$$Gr = \frac{g * \beta * \rho^2 * w_{gap}^3 * \Delta\theta}{\mu^2}$$

όπου $g = 9,81 m/s^2$ είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, β είναι ο συντελεστής θερμικής διαστολής και είναι αντιστρόφως ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του διακένου δηλαδή $\beta = \frac{1}{T_{gap}}$, ρ η πυκνότητα του εκάστοτε αερίου, w_{gap} το πλάτος του διακένου, $\Delta\theta$ η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό κρύσταλλο του εξωτερικού υαλοπίνακα (επιφάνεια 2) και στο εξωτερικό κρύσταλλο του εσωτερικού υαλοπίνακα (επιφάνεια 3) δηλαδή $\Delta\theta = Ts_2 - Ts_3$ και τέλος μ το ιξώδες του αερίου. Τα δεδομένα για τα αέρια δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αέριο	k $W / m * K$	μ $kg / m * s$ $* 10^{-5}$	ρ kg / m^3	Pr
Αέρας	0.0241	1.73	1.29	0.720
Αργό	0.0162	2.11	1.780	0.68
Κρυπτό	0.0086	2.28	3.740	0.66
CO ₂	0.0146	1.39	1.980	0.79
SF ₆	0.013	1.41	6.600	0.69

Πίνακας 2.3

Ο συντελεστής λόγω αντίστασης ακτινοβολίας δίνεται από τον τύπο:

$$H_{gap,r} = \sigma * e_{eff} * \frac{(Ts_3 + 273,15)^4 - (Ts_2 + 273,15)^4}{\Delta T}$$

όπου e_{eff} είναι η επίδραση στην εκπεμπιμότητα του υαλοπίνακα λόγω χρήσης επιφανειών με κάποιο είδος επίστρωσης και η σχέση που την περιγράφει είναι η εξής :

$$e_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3} - 1}, e_2, e_3 \text{ οι εκπεμπιμότητες του εσωτερικού κρυστάλλου του}$$

εξωτερικού υαλοπίνακα και του εξωτερικού κρυστάλλου του εσωτερικού υαλοπίνακα αντίστοιχα .

Η τιμή της θερμικής αγωγιμότητας του υαλοπίνακα στο σύνολο του U_g η οποία ουσιαστικά είναι η θερμική αγωγιμότητα στο κέντρο του κρυστάλλου είναι :

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{H_{in}} + \frac{1}{H_{out}} + \frac{1}{H_{gap}} + \frac{L_1}{K_g} + \frac{L_2}{K_g}}, L_1 \text{ και } L_2 \text{ τα πάχη των υαλοπινάκων}$$

• **Θερμοκρασίες των επιφανειών του διπλού υαλοπίνακα**

Οι θερμοκρασίες που εμφανίζονται στις επιφάνειες των κρυστάλλων του διπλού υαλοπίνακα δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$Tg_1 = \frac{\frac{2 * k_g * T_1}{L_1} + T_{sky} * H_{out}}{\frac{2 * K_g}{L_1} + H_{out}}$$

$$Tg_2 = \frac{\frac{k_g * T_1}{L_1} + T_3 * H_{gap}}{\frac{K_g}{L_1} + H_{gap}}$$

$$Tg_3 = \frac{\frac{k_g * T_2}{L_2} + T_3 * H_{gap}}{\frac{K_g}{L_2} + H_{gap}}$$

$$Tg_4 = \frac{\frac{2 * k_g * T_2}{L_2} + T_{room} * H_{in}}{\frac{2 * K_g}{L_2} + H_{in}}$$

3. Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας

3.1 Η ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία, αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών με μήκη κύματος από 0,3 μm μέχρι 3μm και μπορεί περίπου να εξομοιωθεί με την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα σε θερμοκρασία 5762 βαθμών Kelvin.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη έξω από την ατμόσφαιρα, είναι σταθερή και ανεξάρτητη από τις εποχές του έτους, η λεγόμενη ηλιακή σταθερά είναι $G_{sc}=1353W/m^2$. Το μέγεθος όμως, η διάρκεια και οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης σε μια περιοχή, ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, την ώρα της ημέρας, την εποχή του έτους και το κλίμα της περιοχής.

Οι μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, άρχισαν στην Ελλάδα το 1955 από την Ε.Μ.Υ και το Αστεροσκοπείο Αθηνών, που μετράει την ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ανά ώρα στην Αθήνα και την ηλιοφάνεια σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας. Βάσει των μετρήσεων αυτών, το Αστεροσκοπείο δίνει σε ετήσια έκδοση τις ωριαίες, ημερήσιες και μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας για την περιοχή των Αθηνών.

3.2 Συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας-Ηλιακή γεωμετρία

3.2.1 Επίδραση της ατμόσφαιρας στην ηλιακή ακτινοβολία

Το θερμικό κέρδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα στο κτιριακό κέλυφος, έχει δύο παραμέτρους. Η πρώτη παράμετρος είναι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο άνοιγμα. Η ποσότητα της ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων, εξαρτάται από τη διαπερατότητα των υαλοπινάκων στην ηλιακή ακτινοβολία. Για την εύρεση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό ενός χώρου πολλαπλασιάζεται η

προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα. Η δεύτερη παράμετρος, είναι η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το κρύσταλλο καθώς και από τα υλικά του κουφώματος.

Κατά την διέλευση διαμέσου της ατμόσφαιράς, η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται, διασκορπίζεται και απορροφάται από την σκόνη, τα μόρια νερού, το όζον, τους υδρατμούς και τα σταγονίδια ύδατος (ομίχλη και σύννεφα). Η έκταση αυτής σε οποιαδήποτε στιγμή, εξαρτάται από την ατμοσφαιρική σύνθεση και το μήκος της ατμόσφαιρας που διανύουν οι ακτίνες του ήλιου.

Αυτό το μήκος, εκφράζεται από τον όρο της μάζας αέρα m , που είναι η αναλογία της μάζας της ατμόσφαιρας στην πραγματική τροχιά γης -ηλίου προς την μάζα που θα υπήρχε εάν ο ήλιος ήταν ακριβώς πάνω από το επίπεδο της θάλασσας ($m=1$). Για λόγους ευκολίας, η μάζα αέρα είναι ίση σε οποιαδήποτε στιγμή με το συνημίτονο του ηλιακού ύψους πολλαπλασιαζόμενο με τον λόγο της βαρομετρικής πίεσης σε σταθερή πίεση. Πέρα από την ατμόσφαιρα έχουμε $m=0$.

Το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το όζον, που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, ενώ μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι μικρού μήκους κύματος, διασκορπίζεται από τα μόρια αέρα, δημιουργώντας το μπλε χρώμα του ουρανού.

Κατά την μετάβαση μέσω της ατμόσφαιρας, η εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται λόγω της απορρόφησής της από ατμοσφαιρικά αέρια και μόρια. Η ισχύς αυτής της απορρόφησης, ποικίλλει ανάλογα με το μήκος κύματος και το επίγειο ηλιακό φάσμα δημιουργώντας ζώνες υψηλής απορρόφησης που είναι οι παρακάτω:

1. *Όζον*: υψηλή απορροφητικότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία και μικρή στο ορατό φάσμα της ακτινοβολίας.
2. *H₂O*: υψηλή απορροφητικότητα κοντά και πιο πέρα στο υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας
3. *CO₂*: υψηλή απορροφητικότητα κοντά και πιο πέρα στο υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας
4. *O₂, CH₄, N₂O, CFCs*: υψηλή απορροφητικότητα κυρίως στο υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας
5. *NO₂*: υψηλή απορροφητικότητα στο ορατό φάσμα

Η επίδραση των αερολυμάτων και άλλων μορίων στην γήινη ηλιακή ακτινοβολία είναι σημαντική.

Υαλοπίνακες που έχουν ισχυρή φασματική επιλεκτικότητα (ισχυρές αλλαγές στις οπτικές τους ιδιότητες στο ηλιακό φάσμα), αφήνουν να περάσει μεγαλύτερη ή μικρότερη ακτινοβολία σε διαφορετικά μέρη του φάσματος. Αυτή η επίδραση, μπορεί να προκαλέσει ουσιαστικές αλλαγές στον συντελεστή κέρδους, που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία του υαλοπίνακα όταν η μορφή του ηλιακού φάσματος μετατοπίζεται αρκετά. Έτσι, μπορεί στη συνέχεια να προκαλέσει λάθη στους υπολογισμούς του κέρδους από την ηλιακή ακτινοβολία, όταν η ακριβής ηλιακή ακτινοβολία αναφέρεται σε ένα φάσμα που διαφέρει από εκείνο που χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί ο συντελεστής ηλιακού κέρδους.

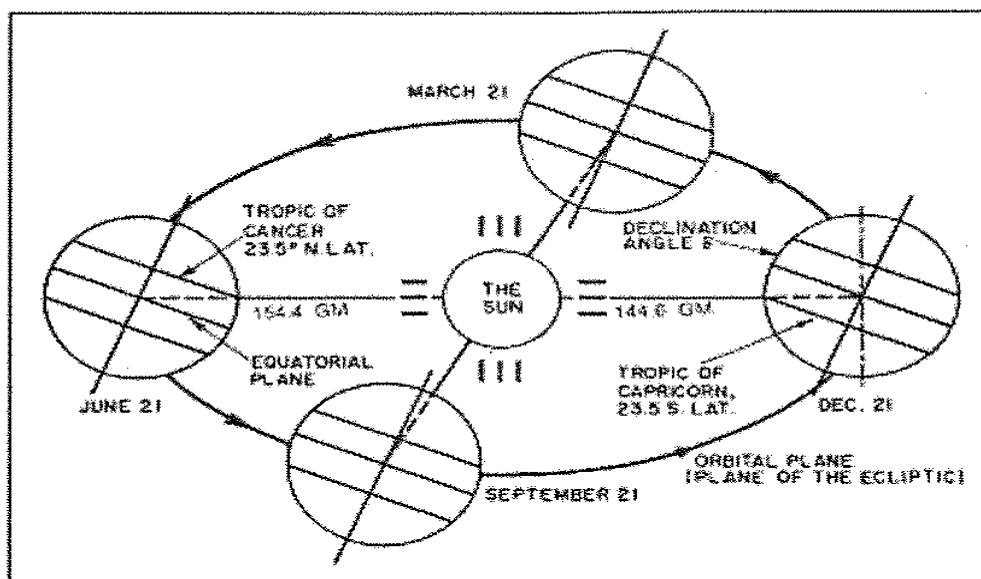
3.2.2 Ηλιακή γεωμετρία

Η ηλιακή απόκλιση δ , είναι η πρώτη συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας, που παίζει σημαντικό ρόλο στους υπολογισμούς της ηλιακής γεωμετρίας. Επειδή η επιφάνεια του ισημερινού της γης έχει μια κλίση διαγωνίως 23.45° στο τροχιακό επίπεδο, η ηλιακή απόκλιση δ (η γωνία μεταξύ της απόστασης γης-ηλίου και του ισημερινού) παίρνει διάφορες τιμές ανάλογα με την ημέρα του έτους και δίνεται από την εξίσωση:

$$\delta = 23,45 \sin[360^\circ (284 + N) / 365]$$

όπου N είναι η ημέρα του έτους με αρχή την 1^η Ιανουαρίου

Γενικά, η ηλιακή απόκλιση δ , δείχνει την γωνιώδη θέση του ηλίου κατά την ηλιακή μεσημβρία σε σχέση με τον ισημερινό. Η ηλιακή απόκλιση ορίζεται θετική για τον Βορρά και αρνητική για τον Νότο, αλλάζει καθημερινά και οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι $-23,5 \leq \delta \leq 23,5$. Η καθημερινή αλλαγή της ηλιακής απόκλισης δ , είναι ο κύριος λόγος της αλλαγής των εποχών καθώς και των ωρών ηλιοφάνειας και νύχτας.



Κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο ανάλογα με την εποχή(σχήμα 3.1)

Πριν αναφερθούν οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν σύγγραμμα, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όλοι οι υπολογισμοί αναφέρονται στην ηλιακή ώρα και όχι στη πραγματική ώρα που έχει ένας τόπος. Η ηλιακή ώρα εξάγεται από τον παρακάτω τύπο:

$$H = (12 - \acute{\omega}\rho\alpha) * 15^{\circ}$$

όπου $\acute{\omega}\rho\alpha$ είναι η ώρα της ημέρας. Η ηλιακή ώρα εκφράζεται σε μοίρες αφού κάθε ώρα της ημέρας είναι 15° ($360^{\circ}/24$ ώρες).

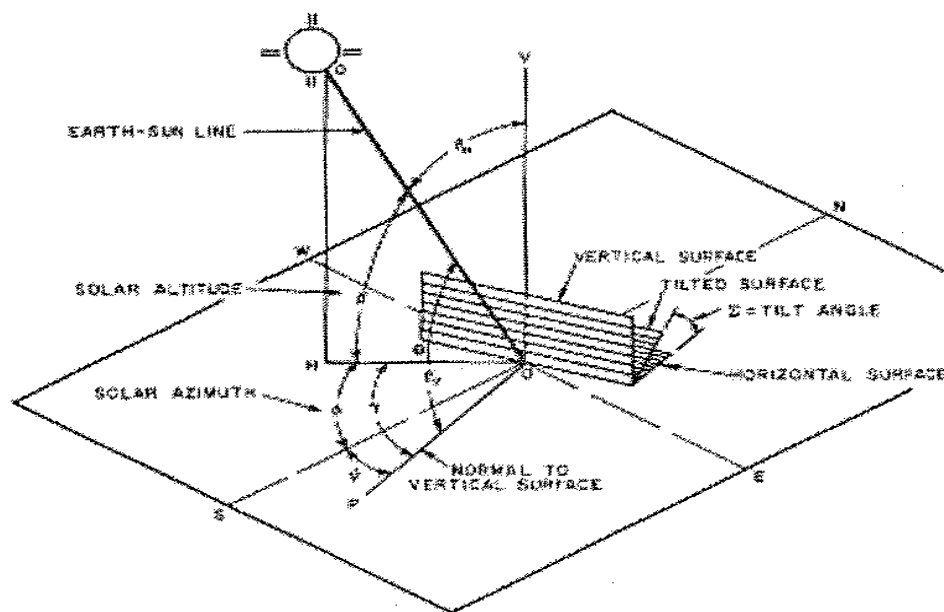
Η θέση του ήλιου στον ουρανό εκφράζεται από το ηλιακό ύψος β , επάνω στον οριζόντιο άξονα και από την γωνία αζιμουθίου του ηλίου ϕ , που είναι η γωνία η οποία σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού, που περνά από το επίπεδο αναφοράς και της προβολής σε οριζόντιο επίπεδο της ευθείας, που συνδέει τον ήλιο με το επίπεδο αναφοράς. Αυτές οι γωνίες διαδοχικά, εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος (Γ.Π) της περιοχής, την ηλιακή απόκλιση που είναι συνάρτηση της ημέρας και από την ηλιακή ώρα H εκφρασμένη σε μοίρες. Επομένως :

$$\text{Ηλιακό ύψος } \beta: \sin \beta = \cos(\Gamma.\Pi) * \cos \delta * \cos H + \sin(\Gamma.\Pi) * \sin \delta$$

$$\text{Ηλιακό αζιμούθιο } \phi: \sin \phi = \frac{\cos \delta * \sin H}{\cos \beta}$$

Το ηλιακό αζιμούθιο ϕ είναι θετικό για τις απογευματινές ώρες (μετά της 12) και θετικό για πρωινές ώρες (πριν της 12).

Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνονται οι γωνίες θέσης του ήλιου καθώς και η γωνία πρόσπτωσης για κάθετη και οριζόντια επιφάνεια. Η γραμμή OQ είναι η γραμμή ηλίου και επιπέδου, η γραμμή NOS είναι η γραμμή Βορρά-Νότου και η γραμμή EOW είναι η γραμμή Ανατολής-Δύσης. Η γραμμή OV είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο στο οποίο είναι τοποθετημένα, το ηλιακό αζιμούθιο ϕ (γωνία POS) και το αζιμούθιο της επιφάνειας ψ (γωνία POS). Η γωνία αζιμουθίου του επιπέδου, είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού που περνά από το επίπεδο αναφοράς και της προβολής σε οριζόντιο επίπεδο της καθέτου επί του επιπέδου και είναι μηδέν όταν η προβολή της καθέτου πάνω στο οριζόντιο επίπεδο συμπίπτει με τον νότο, αρνητική προς Ανατολή και θετική προς δύση. Δηλαδή $-180^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$



Σχήμα 3.2

Η γωνία HOP, είναι η ηλιακή απόκλιση ηλιακού αζιμουθίου και προσανατολισμού ανοίγματος γ και δίνεται από τον τύπο :

$$\gamma = \phi - \psi$$

Για επιφάνειες που είναι προσανατολισμένες Νοτιοανατολικά, $\gamma = \phi - \psi$ για τις πρωινές ώρες και $\gamma = \phi + \psi$ για τις απογευματινές. Για επιφάνειες προσανατολισμένες Νοτιοδυτικά, $\gamma = \phi + \psi$ και $\gamma = \phi - \psi$ για τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες αντίστοιχα. Τέλος, για επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό η γωνία αζιμουθίου του επιπέδου $\psi = 0$ άρα $\gamma = \phi$.

Για τον προσδιορισμό της γωνίας πρόσπτωσης θ (γωνία VOQ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ της καθέτου στο επίπεδο αναφοράς και της ευθείας που συνδέει αυτό το επίπεδο και τον ήλιο, πρέπει απαραίτητα να είναι γνωστό το αζιμούθιο ηλίου-επιφάνειας γ , το ηλιακό ύψος β και την κλίση του επιπέδου Σ . Ο γενικός τύπος της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας θ δίνεται από την σχέση:

$$\cos \theta = \cos \beta * \cos \gamma * \sin \Sigma + \sin \beta * \cos \Sigma$$

Για κάθετες επιφάνειες έχουμε $\Sigma = 90^0$, άρα $\cos \Sigma = 0$ και $\sin \Sigma = 1$ και η γωνία πρόσπτωσης δίνεται από τον τύπο:

$$\cos \theta = \cos \beta * \cos \gamma$$

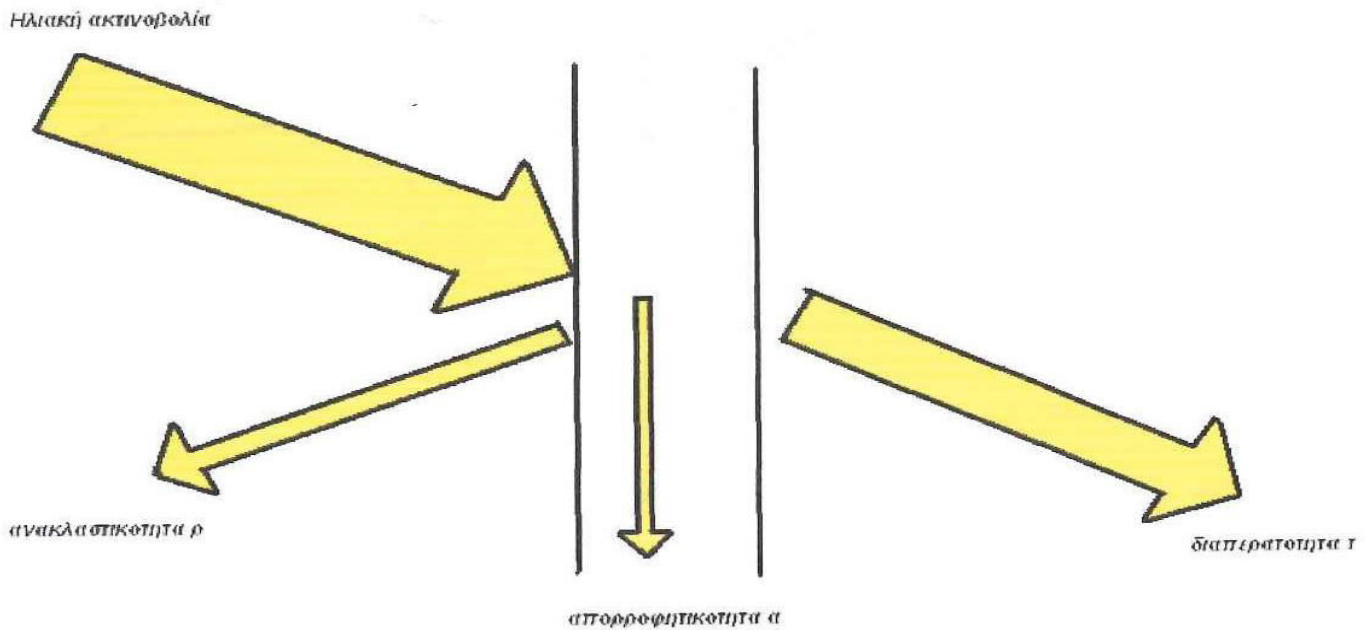
3.3 Οπτικές ιδιότητες

3.3.1 Γενικά

Όταν οποιοδήποτε υλικό εκτεθεί σε ηλιακό φως ή σε φως άλλης πηγής, ένα μέρος του φωτός ανακλάται, ένα μέρος του απορροφάται και τέλος ένα μέρος του μπορεί να περάσει μέσα από το υλικό, εφόσον αυτό είναι διαφανές. Άρα έχουμε:

- τ είναι το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που το υλικό αφήνει να περάσει ή συντελεστής διαπερατότητας.
- ρ το αντίστοιχο ποσοστό που ανακλάται ή συντελεστής ανακλαστικότητας.

- α το αντίστοιχο ποσοστό που απορροφάται ή συντελεστής απορροφητικότητας.



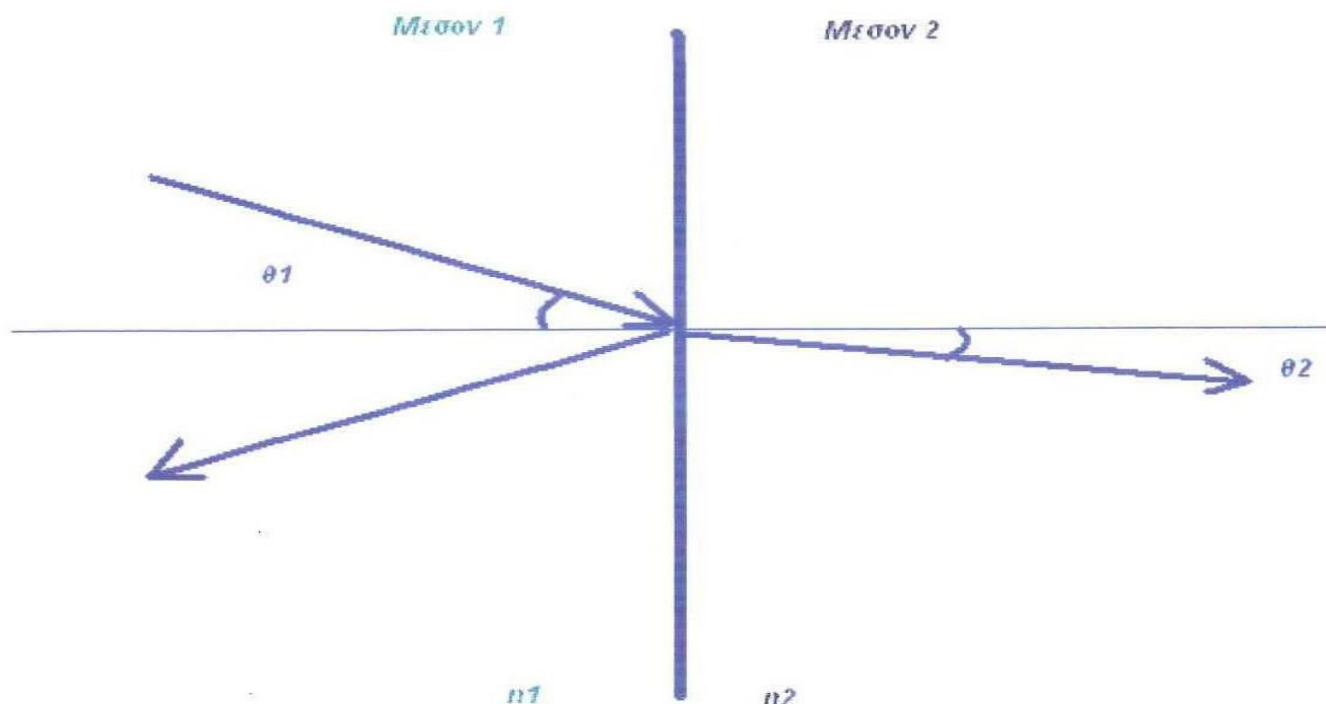
Σχήμα 3.3

Βάση των παραπάνω $\tau + \rho + \alpha = 1$

Η εξίσωση ισχύει για οποιοδήποτε μήκος κύματος, τα ποσοστά όμως τ, ρ, α διαφέρουν για κάθε μήκος κύματος και για κάθε υλικό. Και οι τρεις αυτές ιδιότητες εξαρτώνται από το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και επίσης ο συντελεστής διαπερατότητας τ καθώς επίσης και ο συντελεστής ανακλαστικότητας ρ εξαρτώνται από την γωνία πρόσπτωσης θ της ηλιακής ακτινοβολίας.

3.3.2 Ανακλαστικότητα

Η ανακλαστικότητα ενός διαφανούς υλικού, εξαρτάται από τον συντελεστή διάθλασης n και από την γωνία ως προς την κάθετο της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο παρακάτω σχήμα έστω ότι υπάρχουν δύο διαφανή μέσα με δείκτες διάθλασης n_1 και n_2 .



Σχήμα 3.4

Τότε για μια μη πολωμένη μονοχρωματική ακτινοβολία, που περνά από το ένα μέσο στο άλλο ισχύουν οι σχέσεις:

$$\rho_p = \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)}$$

$$\rho_h = \frac{\tan^2(\theta_2 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_2 + \theta_1)}$$

$$\rho = \frac{\rho_p + \rho_h}{2}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

όπου:

- ρ_p είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας της κάθετης συνιστώσας της αρχικής ακτινοβολίας ως προς το επίπεδο πρόσπτωσης.
- ρ_h είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας της παράλληλης συνιστώσας της ίδιας ακτινοβολίας ως προς το επίπεδο πρόσπτωσης.

- ρ είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας της αρχικής ακτινοβολίας, όταν αυτή προσπίπτει κάθετα πάνω στο επίπεδο που χωρίζει τα δύο μέσα με δείκτες διάθλασης n_1 και n_2 .

Για να γίνει ο υπολογισμός της γωνίας θ_2 , δηλαδή της γωνίας που θα έχει η ηλιακή ακτινοβολία όταν θα περάσει το κρύσταλλο του υαλοπίνακα θεωρήθηκε ότι το μέσον 1 είναι αέρας με $n_1 = 1$ και το μέσον 2 είναι το τζάμι με δείκτη διάθλασης $n_g = n_2 = 1,526$. Άρα η γωνία θ_2 θα είναι:

$$\theta_2 = \sin^{-1} \frac{\sin \theta_1}{n_g}$$

3.3.3 Διαπερατότητα

Εάν θεωρηθεί ότι δεν υπάρχουν άλλες απώλειες, αλλά μόνο αυτές που οφείλονται στην ανακλαστικότητα του κρυστάλλου, τότε μπορεί να γίνει ο υπολογισμός τον συντελεστή διαπερατότητας λόγω ανακλαστικότητας τ_ρ από τον τύπο:

$$\tau_\rho = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \rho_p}{1 + \rho_p} + \frac{1 - \rho_h}{1 + \rho_h} \right)$$

Εάν τώρα έχουμε N κρύσταλλα τοποθετημένα στη σειρά, τότε ο συντελεστής διαπερατότητας λόγω ανακλαστικότητας τ_ρ θα είναι:

$$\tau_{\rho N} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \rho_p}{1 + (2N - 1)\rho_p} + \frac{1 - \rho_h}{1 + (2N - 1)\rho_h} \right)$$

Ειδικά για διπλό υαλοπίνακα έχουμε:

$$\tau_{\rho 2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \rho_p}{1 + 3\rho_p} + \frac{1 - \rho_h}{1 + 3\rho_h} \right)$$

Για να υπολογιστεί η ολική διαπερατότητα, δεν αρκεί μόνο ο υπολογισμός της διαπερατότητας λόγω ανακλαστικότητας τ_p . Πρέπει να υπολογιστεί και ο συντελεστής διαπερατότητας λόγω απορροφητικότητας τ_α , που είναι ο συντελεστής διαπερατότητας όταν θεωρηθεί ότι υπάρχουν μόνο απώλειες λόγω απορροφητικότητας.

$$\tau_\alpha = e^{-\frac{KL}{\cos\theta_2}}$$

όπου:

- L είναι το πάχος του διαφανούς μέσου που για μονό υαλοπίνακα είναι 0,004m και για διπλό υαλοπίνακα είναι το άθροισμα του πρώτου και του δεύτερου κρυστάλλου και αν θεωρηθεί ότι το δεύτερο κρύσταλλο έχει πάχος 0,006m τότε το συνολικό πάχος του διπλού υαλοπίνακα είναι 0,01m.
- K σταθερά που εξαρτάται από το είδος του υλικού και την πυκνότητά του και η τιμή της είναι $18m^{-1}$.

Με βάση τα παραπάνω για τους συντελεστές διαπερατότητας, λόγω ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας μπορεί πλέον να υπολογιστεί προσεγγιστικά ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας τ από τον τύπο:

$$\tau = \tau_\alpha \tau_p$$

Στην περίπτωση των περισσοτέρων διαφανών καλυμμάτων, παρουσιάζεται αξιοσημείωτη μείωση στη διερχόμενη ακτινοβολία παρ' όλο που παρατηρείται καλύτερη θερμική μόνωση του υαλοπίνακα. Στην περίπτωση του διπλού υαλοπίνακα ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας είναι:

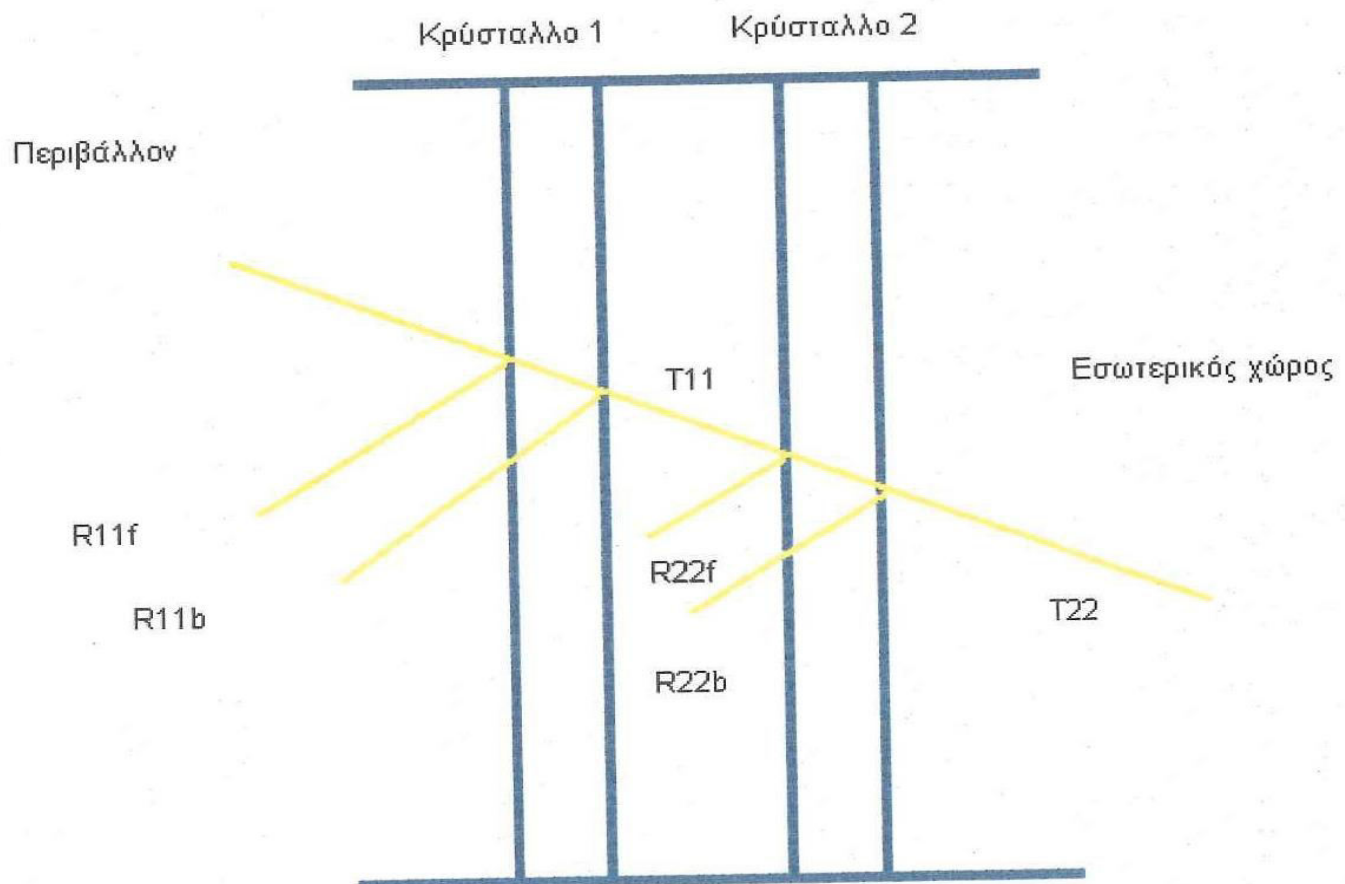
$$\tau_{\text{διπλος}} = \tau^* \tau_\alpha \tau_{p2}$$

όπου:

- τ είναι ο συντελεστής διαπερατότητας του πρώτου κρυστάλλου.
- τ_α είναι ο συντελεστής διαπερατότητας λόγω απορροφητικότητας του δεύτερου κρυστάλλου όπου $L = 0,006m$ και
- τ_{ρ_2} ο συντελεστής διαπερατότητας λόγω ανακλαστικότητας του δεύτερου κρυστάλλου.

3.3.4 Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα του διπλού υαλοπίνακα(με επίστρωση και χωρίς επίστρωση)

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσκρούει σε ένα άνοιγμα που αποτελείται από δύο υαλοπίνακες(δηλαδή από τέσσερα κρύσταλλα, δύο εξωτερικά και δύο εσωτερικά) με γωνία θ_1 , τότε η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται από το κρύσταλλο και διαπερνάει το κρύσταλλο, εισερχόμενη στον εσωτερικό χώρο όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.5

Για να υπολογιστούν η διαπερατότητα $T(\theta_1)_{12}$ και ανακλαστικότητα $R(\theta_1)_{12f}$ του διπλού υαλοπίνακα στο σύνολό του, όταν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στο άνοιγμα με γωνία θ_1 , ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία που είναι και αυτή που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα προσομοίωσης .

Πρώτον πρέπει να γίνει ο προσδιορισμός της ανακλαστικότητας και διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας για κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι διακρίνονται τα εξής μεγέθη:

- $T(0)_{11}$ που είναι η διαπερατότητα του πρώτου (εξωτερικού κρυστάλλου)
- $T(0)_{22}$ που είναι η διαπερατότητα του δεύτερου (εσωτερικού κρυστάλλου)
- $R(0)_{11f}, R(0)_{11b}$ που είναι η ανακλαστικότητα στο μπροστινό μέρος και στο πίσω μέρος αντίστοιχα του εξωτερικού κρυστάλλου.
- $R(0)_{22f}, R(0)_{22b}$ που είναι η ανακλαστικότητα στο μπροστινό μέρος και στο πίσω μέρος αντίστοιχα του εσωτερικού κρυστάλλου.

Τα κρύσταλλα που θα χρησιμοποιηθούν, είτε ως εσωτερικά είτε ως εξωτερικά ακόμη και ως συνδυασμοί, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα μαζί με τις τιμές διαπερατότητας και ανακλαστικότητας για κάθετη πρόσπτωση και της θερμικής αγωγιμότητας των κρυστάλλων.

Κρύσταλλο	$T(0) = T(0)_{11}, T(0)_{22}$	$R(0)_f = R(0)_{11f}, R(0)_{22f}$	$R(0)_b = R(0)_{11b}, R(0)_{22b}$	K
Απλό γυαλί	0,83	0.075	0.075	225
Με επίστρωση αργύρου 1	0.06	0.5	0.33	225
Με επίστρωση αργύρου 2	0.11	0.26	0.44	225
Με επίστρωση SnO_2	0.11	0.5	0.33	225
Solar control	0.316	0.172	0.226	150

Πίνακας 1

Για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας και διαπερατότητας για το σύνολο του υαλοπίνακα αξιοποιούνται τα χαρακτηριστικά μόνο της εξωτερικής επίστρωσης (δείκτης f) δεδομένου ότι εξετάζεται μόνο η ηλιακή πρόσδοδος.

Έτσι για το εξωτερικό και εσωτερικό κρύσταλλο, οι σχέσεις που δίνουν την ανακλαστικότητα τους για κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι οι εξής:

$$\rho_{(0)1} = \frac{\beta_1 - \sqrt{\beta_1^2 - 4 * (2 - R(0)_{11f}) * R(0)_{11f}}}{2 * (2 - R(0)_{11f})}$$

$$\rho_{(0)2} = \frac{\beta_2 - \sqrt{\beta_2^2 - 4 * (2 - R(0)_{22f}) * R(0)_{22f}}}{2 * (2 - R(0)_{22f})}$$

όπου τα β_1, β_2 είναι βοηθητικά μεγέθη με τιμή

$$\beta_1 = T(0)_{11}^2 - R(0)_{11f}^2 + 2 * R_{11f} + 1 \quad \text{και}$$

$$\beta_2 = T(0)_{22}^2 - R(0)_{22f}^2 + 2 * R_{22f} + 1$$

Ο δείκτης διάθλασης για κάθετη πρόσπτωση για τον πρώτο και δεύτερο υαλοπίνακα δίνεται από τον τύπο:

$$n_1 = \left(\frac{1 + \sqrt{\rho_{(0)1}}}{1 - \sqrt{\rho_{(0)1}}} \right) \quad \text{και}$$

$$n_2 = \left(\frac{1 + \sqrt{\rho_{(0)2}}}{1 - \sqrt{\rho_{(0)2}}} \right)$$

Επίσης

$$\alpha_{(0)1} = \frac{0,001}{L_1} * \ln \left(\frac{R_{11f} - \rho_{(0)1}}{\rho_{(0)1} * T(0)_{11}} \right)$$

$$\alpha_{(0)2} = \frac{0,001}{L_2} * \ln \left(\frac{R_{22f} - \rho_{(0)2}}{\rho_{(0)2} * T(0)_{22}} \right)$$

που είναι οι απορροφητικότητες για κάθετη πρόσπτωση, όπου L_1, L_2 το πάχος του εξωτερικού και εσωτερικού υαλοπίνακα αντίστοιχα.

Το επόμενο βήμα, είναι ο προσδιορισμός της διαπερατότητας και ανακλαστικότητας για γωνία πρόσπτωσης θ_1 της ηλιακής ακτινοβολίας. Χρειάζεται επίσης να υπολογιστεί και η γωνία θ_2 , δηλαδή η γωνία που θα έχει η ηλιακή ακτινοβολία όταν θα περάσει το κρύσταλλο.

$$\theta_2 = \sin^{-1} \frac{\sin \theta_1}{n_g}$$

Στην περίπτωση που υπάρχει κρύσταλλο χωρίς επίστρωση, πρώτα υπολογίζεται η ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα του κρυστάλλου στην πρώτη επιφάνεια και μετά η ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα όλου του κρυστάλλου (δηλαδή των δύο επιφανειών που το αποτελούν). Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των τύπων μόνο για τον εξωτερικό υαλοπίνακα, καθώς τα ίδια ακριβώς ισχύουν και για τον εσωτερικό υαλοπίνακα.

Η ανακλαστικότητα και η απορροφητικότητα στην πρώτη επιφάνειά του κρυστάλλου δίνονται από τις σχέσεις :

$$\rho(\theta_1)_1 = \frac{1}{2} * \left[\left(\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right)^2 + \left(\frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} \right)^2 \right]$$

$$\tau(\theta_1)_1 = 1 - \rho(\theta_1)_1$$

από τα οποία προκύπτουν η διαπερατότητα και η ανακλαστικότητα για όλο το κρύσταλλο και για γωνία πρόσπτωσης θ_1 (εσωτερικό ή εξωτερικό):

$$T(\theta_1)_{11} = \frac{\tau(\theta_1)_1^2 * e^{\frac{-a(\theta)_1 * L_1}{\cos \theta_2}}}{1 - \rho(\theta_1)_1^2 * e^{\frac{-2 * a(\theta)_1 * L_1}{\cos \theta_2}}}$$

$$R(\theta_1)_{11} = \rho(\theta_1)_1 * \left(1 + T(\theta_1)_1 * e^{\frac{-a(\theta)_1 * L_1}{\cos \theta_2}} \right)$$

Στην περίπτωση κρυστάλλου με επίστρωση, μια εμπειρική σχέση μεταβλητών χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν η ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα του κρυστάλλου με επίστρωση. Αν $T(0)_{11} > 0,645$ (δηλαδή η διαπερατότητα του κρυστάλλου με επίστρωση), χρησιμοποιείται η γωνιακή εξάρτηση του καθαρού γυαλιού (clear glass). Αν $T(0)_{11} < 0,645$ τότε, χρησιμοποιείται η γωνιακή εξάρτηση του μπρούντζινου γυαλιού (bronze glass). Έτσι έχουμε:

$$\tau(\theta_1)_{clr} = -0,0015 + 3,355 * \cos \theta_1 - 3,840 * \cos^2 \theta_1 + 1,46 * \cos^3 \theta_1 + 0,0288 * \cos^4 \theta_1$$

$$\rho(\theta_1)_{clr} = 0,999 - 0,563 * \cos \theta_1 + 2,043 * \cos^2 \theta_1 - 2,532 * \cos^3 \theta_1 + 1,054 * \cos^4 \theta_1 - \tau(\theta_1)_{clr}$$

Και

$$\tau(\theta_1)_{brz} = -0,002 + 2,813 * \cos \theta_1 - 2,341 * \cos^2 \theta_1 - 0,05725 * \cos^3 \theta_1 + 0,599 * \cos^4 \theta_1$$

$$\rho(\theta_1)_{brz} = 0,997 - 1,868 * \cos \theta_1 + 6,513 * \cos^2 \theta_1 - 7,862 * \cos^3 \theta_1 + 3,225 * \cos^4 \theta_1 - \tau(\theta_1)_{brz}$$

Όσον αφορά στον υπολογισμό της ανακλαστικότητας (της μπροστινής (f) και πίσω επιφάνειας (b)) και της διαπερατότητας του κρυστάλλου με επίστρωση, ανάλογα με την περίπτωση έχουμε:

Αν $T(0)_{11} > 0,645$ τότε

$$T(\theta_1)_{11} = T(0)_{11} * \tau(\theta_1)_{clr} \quad , \quad R(\theta_1)_{11f} = R(0)_{11f} * (1 - \rho(\theta_1)_{clr}) + \rho(\theta_1)_{clr}$$

$$\text{και} \quad R(\theta_1)_{22f} = R(0)_{22f} * (1 - \rho(\theta_1)_{clr}) + \rho(\theta_1)_{clr}$$

Αν $T(0)_{11} < 0,645$ τότε

$$T(\theta_1)_{11} = T(0)_{11} * \tau(\theta_1)_{brz} \quad , \quad R(\theta_1)_{11f} = R(0)_{11f} * (1 - \rho(\theta_1)_{brz}) + \rho(\theta_1)_{brz}$$

$$\text{και} \quad R(\theta_1)_{22f} = R(0)_{22f} * (1 - \rho(\theta_1)_{brz}) + \rho(\theta_1)_{brz}$$

Με βάση όλα τα παραπάνω, για τον υπολογισμό της διαπερατότητας και της ανακλαστικότητας για έναν διπλό υαλοπίνακα δίνονται οι εξής σχέσεις:

$$\text{για την διαπερατότητα έχουμε : } T(\theta_1)_{12} = \frac{T(\theta_1)_{11} * T(\theta_1)_{22}}{1 - R(\theta_1)_{22f} * R(\theta_1)_{22b}}$$

και για την ανακλαστικότητα έχουμε :

$$R(\theta_1)_{12f} = R(\theta_1)_{11f} + \frac{T(\theta_1)_{11}^2 * R(\theta_1)_{22f}}{1 - R(\theta_1)_{22f} * R(\theta_1)_{11b}} \quad \text{και} \quad R(\theta_1)_{21b} = R(\theta_1)_{22b} + \frac{T(\theta_1)_{22}^2 * R(\theta_1)_{11b}}{1 - R(\theta_1)_{22f} * R(\theta_1)_{11b}}$$

3.4 Σκιασμός

3.4.1 Γενικά

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για να μειωθεί το ηλιακό φορτίο σε έναν υαλοπίνακα, είναι η παρεμπόδιση της άμεσης ακτινοβολίας, έτσι ώστε να μην κατορθώσει να φτάσει στον υαλοπίνακα. Τα ανοίγματα, μπορούν να σκιαστούν πλήρως εξωτερικά, μειώνοντας το ηλιακό κέρδος θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 80%. Με ορισμένο τρόπο, ένα άνοιγμα μπορεί να σκιάζεται από τις προεξοχές στεγών, από κάθετο ή οριζόντιο πρόβολο ή από το συνδυασμό τους, από τέντα, από κινητές γρίλιες, διαμορφωμένα πετάσματα που έχουν μια ύφανση σχεδιασμένη για την παρεμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος, σκιασμός μπορεί να επιτευχθεί με την βλάστηση που υπάρχει στον εξωτερικό χώρο του κτιριακού κελύφους. Σε όλα τα συστήματα εξωτερικού σκιασμού, ο αέρας πρέπει να κινείται ελεύθερα για να μπορεί να γίνει η απομάκρυνση της θερμότητας που απορροφάται από τα σκιάστρα και από τα υλικά του υαλοπίνακα.

Ειδικότερα σε ότι αφορά στα ανοίγματα του κελύφους, οι βασικές απαιτήσεις που καλείται να ικανοποιήσει η ηλιοπροστασία είναι:

1. Ελεύθερη είσοδος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά την χειμερινή περίοδο του έτους, για μεγιστοποίηση του ηλιακού κέρδους.
2. Διακοπή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας τη θερινή περίοδο του έτους για την αποφυγή υπερθέρμανσης.
3. Ελεύθερη είσοδος της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο για βελτίωση του φυσικού φωτισμού.
4. Κατά το δυνατόν μικρή μείωση της οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον.
5. Ανεμπόδιστη ροή του αέρα για την πραγματοποίηση του φυσικού αερισμού, ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο.
6. Στατική επάρκεια-αντοχή σε ανεμοπιέσεις.
7. Εύκολη λειτουργία/συντήρηση.
8. Μορφολογικές απαιτήσεις, ανάλογα με τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος αριθμός παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τη σκίαση μιας κτιριακής επιφάνειας. Μια πρώτη διάκριση, μπορεί να γίνει ανάμεσα σε αυτές που αφορούν στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου. Οι παράμετροι λοιπόν που αφορούν στον περιβάλλοντα χώρο είναι:

1. Ο προσανατολισμός των οδών και η πυκνότητα δόμησης της περιοχής.
2. Η παρουσία μεγάλων εμποδίων (κτίρια, λόφοι, δέντρα) που παρεμβάλλονται μεταξύ ηλίου και κτιρίου.
3. Η ανακλαστικότητα των εδαφικών επικαλύψεων και γενικότερα των επιφανειακών υλικών.

Ο ρόλος των αρχικών παραμέτρων, είναι προφανής εφόσον επηρεάζουν την οπτική επαφή μεταξύ ηλίου και κτιρίου, ελέγχοντας έτσι τον ηλιασμό. Η τελευταία παράμετρος αφορά κυρίως στην ανακλώμενη ακτινοβολία. Για παράδειγμα το γρασίδι ανακλά το 20% της ακτινοβολίας και μάλιστα το ανακλώμενο ποσοστό διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις, σε αντίθεση με μια επιφάνεια νερού ή μια επίστρωση λευκού μαρμάρου σε κάποια πλατεία, που οδηγεί σε έντονες ανακλάσεις ακτινοβολίας.

Οι βασικότερες παράμετροι τις οποίες καλείται να ελέγχει ο μελετητής κατά την διαδικασία σχεδιασμού είναι οι εξής:

1. Προσανατολισμός όψης/ανοίγματος
2. Θέση της ηλιοπροστατευτικής διάταξης σε σχέση με τον υαλοπίνακα
3. Υλικό και οπτικά χαρακτηριστικά υαλοστασίου του ανοίγματος
4. Υλικό και μορφολογία της ηλιοπροστατευτικής διατάξεως
5. Υφιστάμενος σκιασμός από οπτικά εμπόδια
6. Γεωμετρία και κλίση υαλοστασίου
7. Απαιτήσεις φωτισμού-λειτουργία χώρου και κτιρίου.

3.4.2 Υλικά ηλιοπροστατευτικών διατάξεων

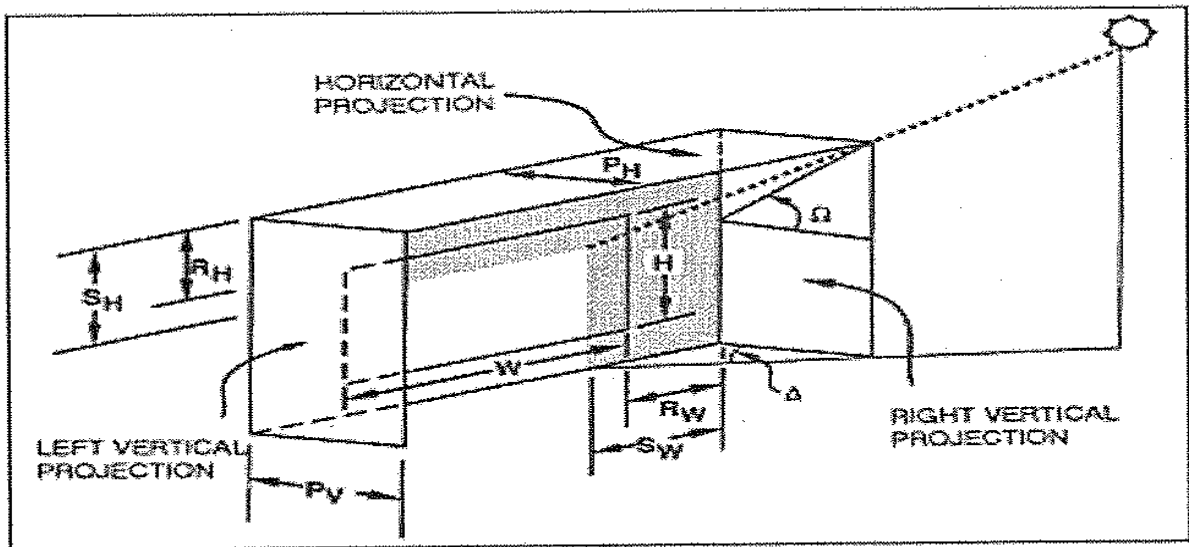
Τα οπτικά χαρακτηριστικά της ηλιοπροστατευτικής διάταξης (απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα, διαπερατότητα) επηρεάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα της. Για παράδειγμα σκουρόχρωμες μεταλλικές ή ξύλινες περσίδες όπως και μια βαριά σκουρόχρωμη κουρτίνα, λειτουργούν περισσότερο ως ηλιακός συλλέκτης παρά ως ηλιοπροστατευτική διάταξη, μια που απορροφούν την

ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέποντάς την άμεσα σε θερμότητα στην επιφάνεια του υλικού. Αντίθετα, εξωτερικές ανακλαστικές περσίδες ανακλούν την ακτινοβολία μην επιτρέποντας σημαντική υπερθέρμανση του υλικού. Διατηρώντας σχετικά χαμηλή θερμοκρασία μειώνεται και η θερμική ακτινοβολία του υλικού προς το εσωτερικό του χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν εξωτερικές σκουρόχρωμες σχάρες σκιασμού από κράμα σιδήρου σε ορισμένα κτίρια. Παρουσιάζουν μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και υπερθερμαίνονται σε όλο το διάστημα προσβολής τους από αυτή. Αν κάποιο άνοιγμα πίσω από την διάταξη χρησιμοποιείτε και για αερισμό, τότε ο αέρας που εισέρχεται στο κτίριο, διέρχεται πρώτα από τη σχάρα, θερμαίνεται και εισέρχεται θερμός στο κτίριο, επιβαρύνοντάς το θερμικά.

3.4.3 Γεωμετρία υαλοστασίου και σκιασμού

Από τις βασικές γνώσεις της φυσικής περί ακτινοβολίας, είναι γνωστό, ότι η ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας πέρα από τα υπόλοιπα εξαρτάται σημαντικά από τη γωνία με την οποία η ακτινοβολία προσπίπτει σε αυτή. Δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται διαρκώς στο διάστημα του έτους, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, μεταβάλλεται και η ηλιακή πρόσδοδος σε ένα άνοιγμα, ανάλογα με την κλίση που έχει ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Επειδή όμως η κλίση του ηλίου είναι σχετικά μεγάλη, ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία με μεγάλη απόκλιση από την κάθετο, εμφανίζοντας έτσι και το μικρότερο ηλιακό κέρδος σε σχέση με άλλες κλίσεις. Βέβαια στις περισσότερες περιπτώσεις, τα υαλοστάσια των ανοιγμάτων είναι κατά κανόνα κατακόρυφα, ωστόσο ιδιαίτερα σε σύγχρονες επαγγελματικές κατασκευές συναντώνται αρκετά συχνά και ανοίγματα διαφορετικών κλίσεων.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η γεωμετρία σκιασμού για ένα άνοιγμα που έχει δύο κάθετους προβόλους και έναν οριζόντιο.



Σχήμα 3.6

Από το παραπάνω σχήμα διακρίνονται τα εξής:

- Η γωνία Ω που είναι η οριζόντια γωνία σκίασης , ορισμένη ως η διαφορά μεταξύ των γωνιών ανάμεσα στο οριζόντιο επίπεδο και ένα κεκλιμένο επίπεδο σχετικά με τον οριζόντιο άξονα στο επίπεδο του υαλοπίνακα μέχρις ότου να περικλείει τον ήλιο.
- Η γωνία Δ που είναι η αντίστοιχη γωνία για κατακόρυφο επίπεδο.
- Τα P_V και P_H που είναι το μήκος του κάθετου και του οριζόντιου προβόλου αντίστοιχα .
- Τα W και H είναι το πλάτος και το ύψος του ανοίγματος .
- Τα R_W και R_H που είναι η απόσταση του υαλοπίνακα από τον κάθετο και τον οριζόντιο πρόβολο αντίστοιχα .
- Τα S_W και S_H που αντιστοιχούν στο πλάτος και το ύψος της σκιάς που δημιουργείται από τον οριζόντιο και τον κάθετο πρόβολο.

Για να υπολογιστεί το εμβαδόν του παραθύρου που σκιάζεται A_{SH} ,καθώς και το μη σκιαζόμενο εμβαδόν A_{SL} (δηλαδή το εμβαδόν που βλέπει ο ήλιος) πρέπει να γίνει χρήση των παρακάτω τύπων .

$$\Omega = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \beta \sin \Sigma - \cos \beta \cos \gamma \cos \Sigma}{\cos \theta} \right)$$

Στο παρόν σύγγραμμα οι υπολογισμοί θα γίνουν θεωρώντας κάθετο προσανατολισμό επιπέδου, δηλαδή $\Sigma = 90^\circ$. Άρα η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται ως εξής :

$$\Omega = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \beta}{\cos \theta} \right), \text{για } \theta < 90^\circ$$

$$\Delta = \tan^{-1} \left(\frac{\sin \gamma \sin \beta}{\cos \theta} \right), \text{για } \theta < 90^\circ$$

Όπου θ είναι η γωνία πρόσπτωσης, β είναι το ηλιακό ύψος και γ είναι η γωνία αζιμουθίου του επιπέδου.

$$\text{Μήκος σκιάς από κάθετο πρόβολο : } S_W = P_V \tan \Delta$$

$$\text{Μήκος σκιάς από οριζόντιο πρόβολο: } S_H = P_H \tan \Omega$$

Η ηλιαζόμενη A_{SL} και η σκιαζόμενη περιοχή A_{SH} του υαλοπίνακα διαφέρουν για κάθε ώρα της ημέρας και μπορούν να υπολογιστούν για κάθε στιγμή σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις :

$$A_{SL} = [W - (S_W - R_W)] [H - (S_H - R_H)]$$

$$A_{SH} = A - A_{SL}$$

$$\text{όπου } A = W * H$$

Οι σχέσεις για το Ω και το Δ ισχύουν όταν η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρότερη από 90° . Για περιπτώσεις που έχουμε $\theta \geq 90^\circ$ τότε το άνοιγμα βρίσκεται ολοκληρωτικά υπό σκιά και τότε $A_{SH} = A$ και $A_{SL} = 0$. Επίσης το ίδιο ισχύει και όταν η γωνία ηλιακού αζιμουθίου του επιπέδου γ είναι μεγαλύτερη από 90° και μικρότερη από 270° .

4. Εισαγωγή στο περιβάλλον προσομοίωσης

4.1 Ενεργειακές ροές

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει η ανάλυση των δεδομένων είναι η Visual Basic. Μέσα σε ένα κώδικα, που ολοκληρώθηκε με την βοήθεια του καθηγητή Δρ.Θ.Θεοδοσίου, εισάγονται όλα τα δεδομένα που έχουν αναλυθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων και βάση ενός αλγορίθμου το πρόγραμμα δίνει τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο εξόδου. Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι πάρα πολλά, γι' αυτό θα γίνει ανάλυση αυτών που πιστεύεται ότι αντιπροσωπεύουν καλύτερα το αντικείμενο της εργασίας. Αυτό που ως τελικό αποτέλεσμα μας δίνει το πρόγραμμα, είναι γενικά οι ενεργειακές ροές που παρατηρούνται σε ένα άνοιγμα, αποτελούμενο από δύο κρύσταλλα (διπλό υαλοπίνακα). Οι ενεργειακές ροές είναι δύο ειδών:

1. Ενεργειακή ροή από αγωγιμότητα
2. Ενεργειακή ροή από την ηλιακή πρόσοδο στο άνοιγμα

Ενεργειακή ροή από αγωγιμότητα είναι το ποσό της θερμότητας που λαμβάνεται ως θερμική απώλεια από το άνοιγμα και έχει συνήθως αρνητική τιμή κατά την χειμερινή περίοδο, αλλά υπάρχει περίπτωση να παίρνει και θετικές τιμές κατά την θερινή περίοδο και τότε υπολογίζεται σαν θερμικό κέρδος. Η σχέση που μας δίνει την αγωγιμότητα είναι η εξής:

$$Q_{cond} = (T_{amb} - T_{room}) * U_g * A_g + (T_{amb} - T_{room}) * U_f * A_f$$

Όπου T_{amb}, T_{room} η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (από κλιματικό αρχείο) και η εσωτερική θερμοκρασία αντίστοιχα, U_g, U_f οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κρυστάλλου και του πλαισίου και τέλος A_g, A_f το εμβαδόν του κρυστάλλου και του πλαισίου.

Η ενεργειακή ροή από την ηλιακή πρόσοδο, είναι ουσιαστικά το θερμικό κέρδος που έχει ένα άνοιγμα από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό και έχει πάντα θετική τιμή. Χωρίζεται σε δύο συνιστώσες, αυτήν του ηλιακού κέρδους από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και αυτήν από την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Για την ροή από άμεση ακτινοβολία έχουμε:

$$Q_{dir} = T(\theta_1)_{12} * A_{SL} * R_{dir}$$

όπου $T(\theta_1)_{12}$ είναι η διαπερατότητα του διπλού υαλοπίνακα, A_{SL} το μη σκιαζόμενο (%) τμήμα του ανοίγματος και R_{dir} η άμεση ηλιακή ακτινοβολία και λαμβάνεται από κλιματικό αρχείο εισόδου.

Για την ροή από διάχυτη ακτινοβολία έχουμε:

$$Q_{dif} = T(\theta_1 = 60^\circ) * A_{SL} * R_{dir} + T(\theta_1 = 60^\circ) * A_{SH} * R_{dif}$$

όπου $T(\theta_1 = 60^\circ)$ είναι η διαπερατότητα για την διάχυτη ακτινοβολία και θεωρείται ότι αυτή έχει γωνία πρόσπτωσης 60° , A_{SL}, A_{SH} το μη σκιαζόμενο (%) και σκιαζόμενο(%) τμήμα του κρυστάλλου αντίστοιχα, R_{dir} η άμεση ηλιακή ακτινοβολία και R_{dif} η διάχυτη ακτινοβολία.

Ενώ η άμεση ακτινοβολία R_{dir} διαβάζεται από το κλιματικό αρχείο εισόδου, η διάχυτη ακτινοβολία R_{dif} πρέπει να υπολογιστεί. Εκτός από την άμεση ακτινοβολία R_{dir} στο κλιματικό αρχείο υπάρχει και η ακτινοβολία που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο R_{hor} . Έτσι για να υπολογιστεί η διάχυτη ακτινοβολία R_{dif} για μια ορισμένη ώρα της ημέρας ακολουθείτε η εξής διαδικασία:

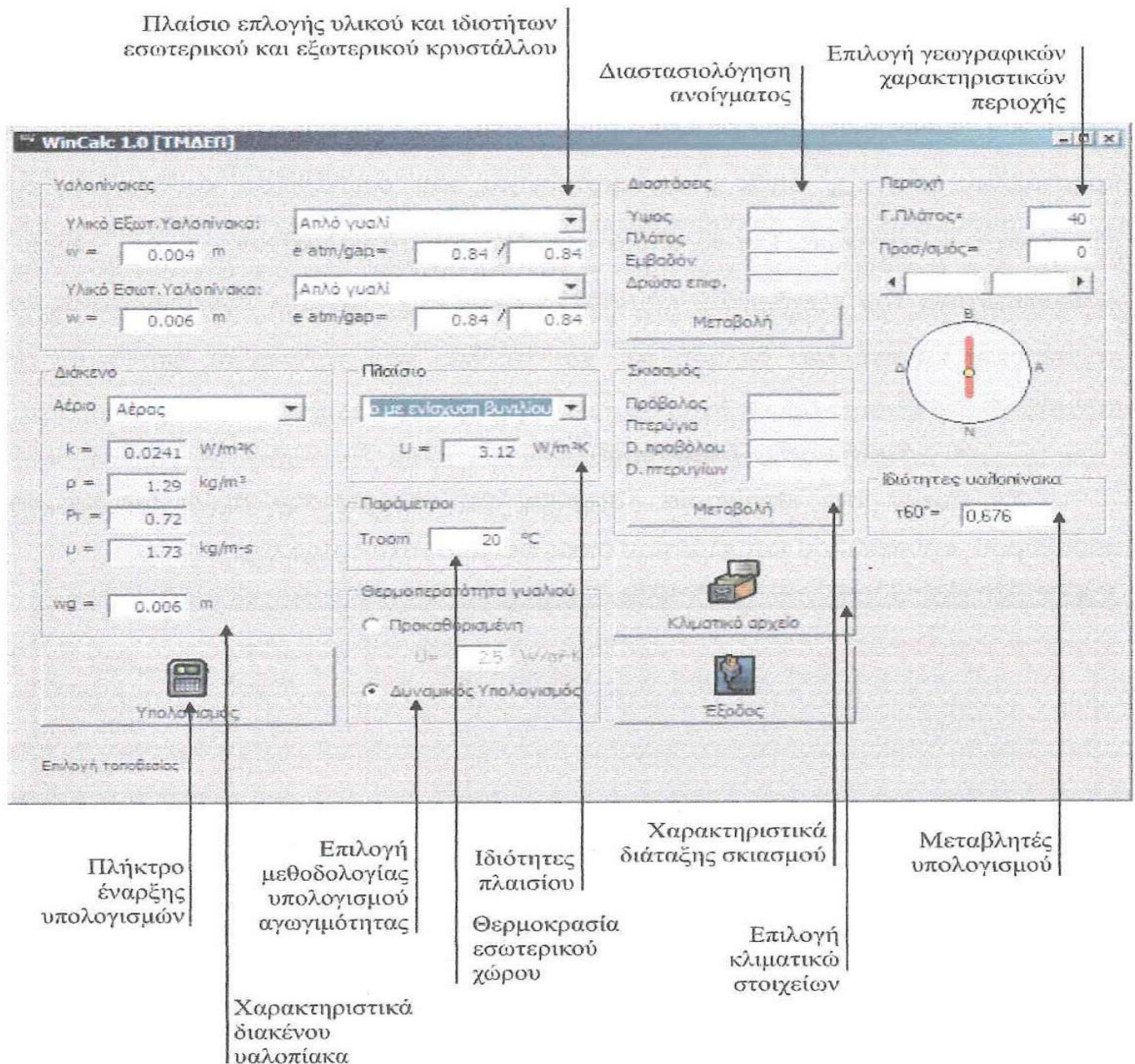
Αν $R_{hor} < R_{dir} * \sin \beta$ (β το ηλιακό ύψος) τότε η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο $R_{dir,hor}$ είναι ίση με R_{hor} . Αν $R_{hor} > R_{dir} * \sin \beta$ τότε $R_{dir,hor} = R_{dir} * \sin \beta$. Η διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο $R_{dif,hor}$ είναι $R_{dif,hor} = R_{hor} - R_{dir,hor}$. Έτσι καταλήγουμε στον υπολογισμό της διάχυτης ακτινοβολία R_{dif} που είναι $R_{dif} = 0,5 * R_{dif,hor}$

Άρα το συνολικό ηλιακό κέρδος που παρατηρείται σε ένα άνοιγμα θα είναι θα είναι το άθροισμα του ηλιακού κέρδους που θα έχουμε από την άμεση και διάχυτη ακτινοβολία, δηλαδή $Q_{sol} = Q_{dir} + Q_{dif}$ και με βάση όλα τα παραπάνω η συνολική ενεργειακή ροή λαμβάνοντας υπόψη και την αγωγιμότητα και το ηλιακό κέρδος θα είναι $Q_{total} = Q_{cond} + Q_{sol}$.

4.2 Εισαγωγή στο περιβάλλον προγραμματισμού (προσομοίωσης)

Το περιβάλλον προσομοίωσης, περιλαμβάνει όλα εκείνα τα συστατικά που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των ενεργειακών ροών καθώς και πολλών άλλων παραμέτρων που αφορούν σε ένα διπλό υαλοπίνακα και είναι απαραίτητες

στην παρακάτω ανάλυση. Το περιβάλλον προγραμματισμού μαζί με τα πεδία τα οποία το αποτελούν είναι το εξής:



Εικόνα 4.1

Το περιβάλλον προσομοίωσης, το οποίο έχει χωριστεί σε διάφορες κατηγορίες, που αφορούν τις ιδιότητες του υαλοπίνακα καθώς και εκείνες του σκιασμού. Οι κατηγορίες αυτές είναι :

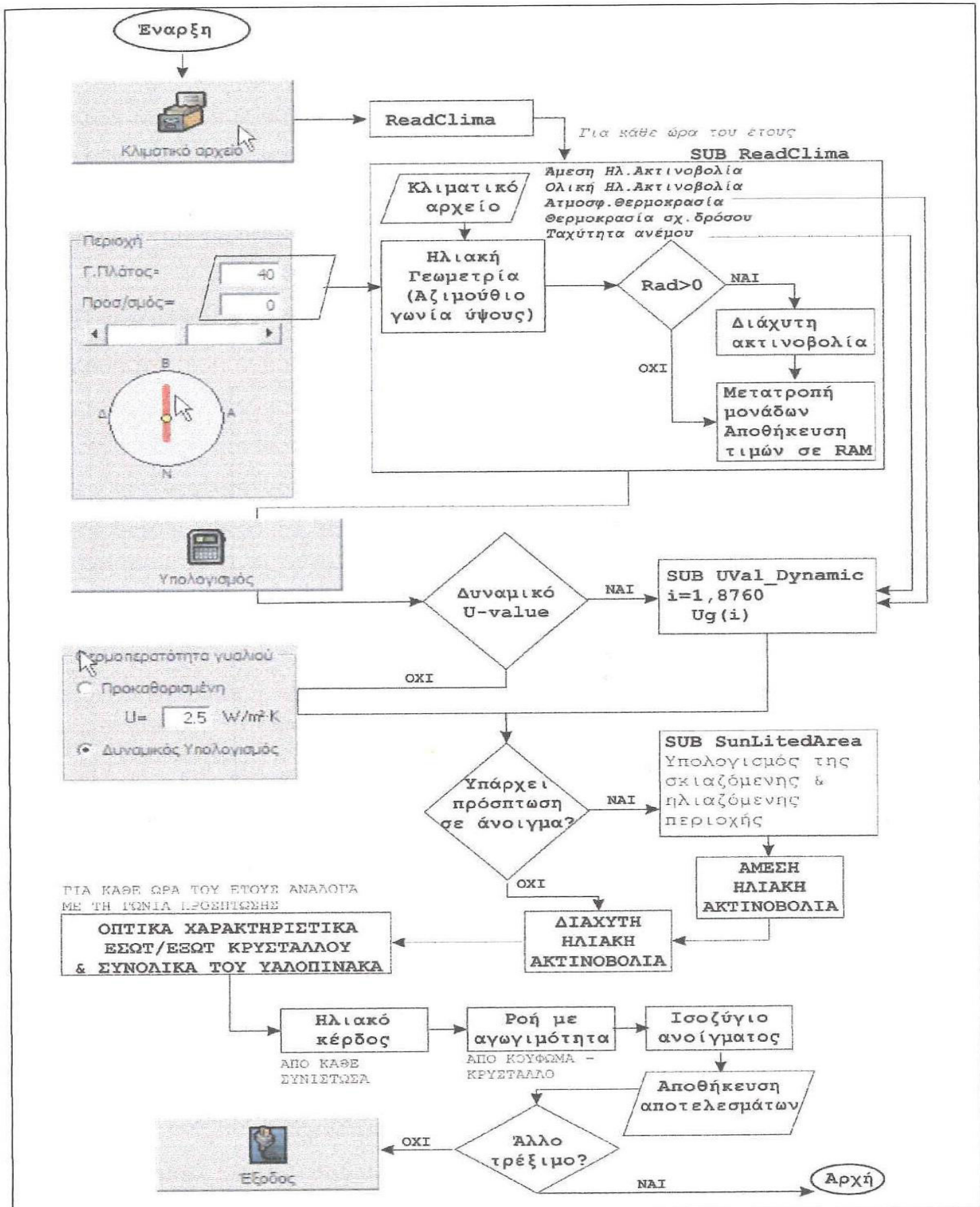
- **Υαλοπίνακες**

Η κατηγορία αυτή αφορά στο υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για τον εξωτερικό ή τον εσωτερικό υαλοπίνακα καθώς και το πάχος που ο χρήστης μπορεί να επιλέξει για τους δύο υαλοπίνακες. Για το υλικό των υαλοπινάκων υπάρχουν πέντε επιλογές

Σε αυτήν την ενότητα, μπορούν να ενταχθούν και η επιλογή της περιοχής που πρόκειται να εξεταστεί, όσον αφορά στον προσανατολισμό που θα έχει το παράθυρο και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

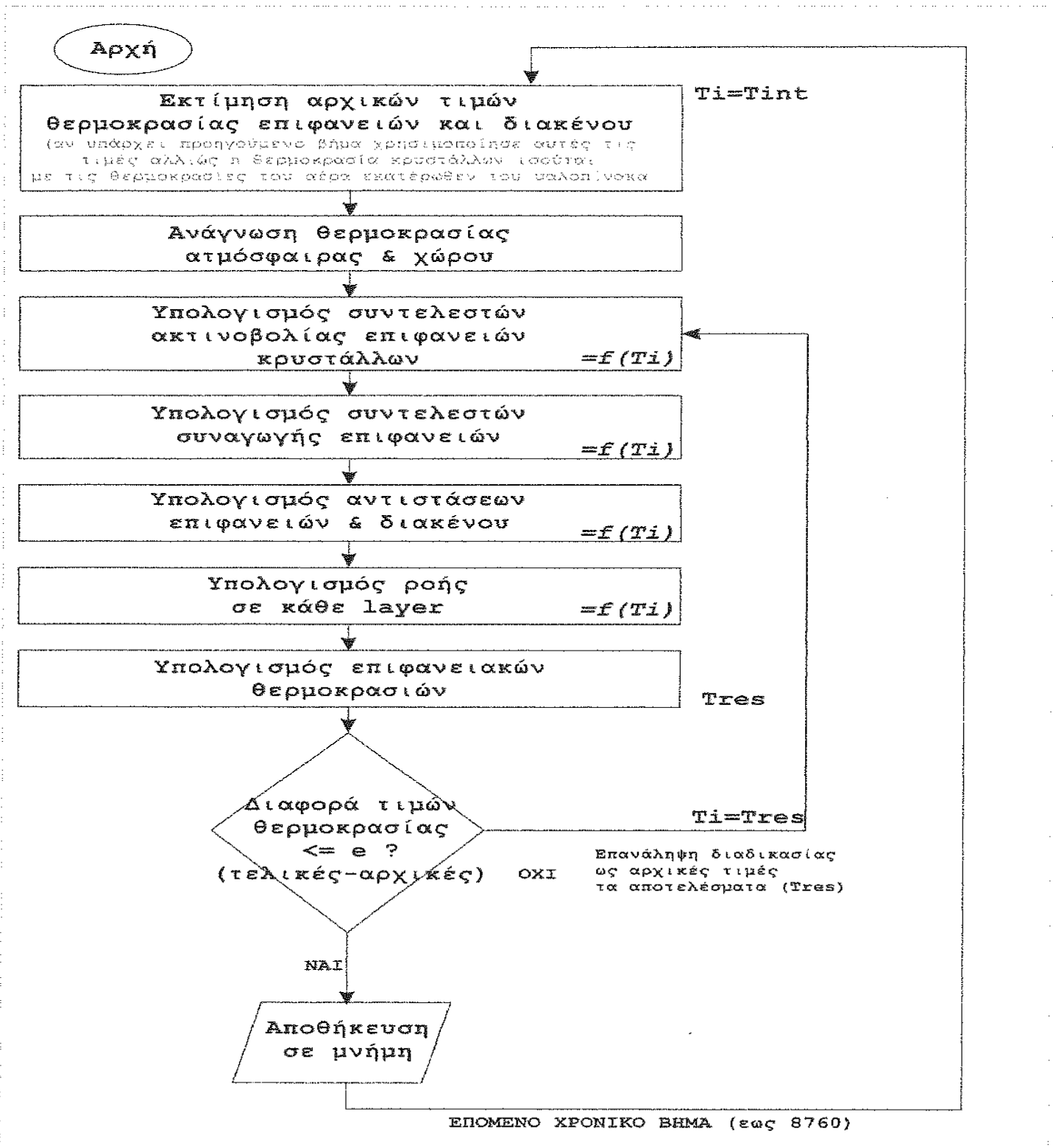
4.3 Διάγραμμα ροής αλγορίθμου και υπολογισμού θερμοπερατότητας

Παρακάτω, παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής όπου δείχνει τον αλγόριθμο με τον οποίο λειτουργεί το πρόγραμμα και η σειρά που ακολουθείται ως τον υπολογισμό και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή του κλιματικού αρχείου, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και ο προσανατολισμός του ανοίγματος. Το κλιματικό αρχείο, αφορά στην πόλη των Αθηνών και περιέχει κλιματικά δεδομένα για ένα ολόκληρο έτος, για κάθε μία ώρα του έτους, που σημαίνει πως οι υπολογισμοί θα γίνουν για 8760 ώρες. Τα κλιματικά δεδομένα, όπως παρουσιάζονται στο κλιματικό αρχείο των Αθηνών, είναι η άμεση ακτινοβολία, η ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, η εξωτερική θερμοκρασία, η θερμοκρασία σχηματισμού σημείου δρόσου και η ταχύτητα του ανέμου. Το γεωγραφικό πλάτος και ο προσανατολισμός του ανοίγματος αφορούν όλους εκείνους τους υπολογισμούς που πρέπει να γίνουν για να καθοριστεί η ηλιακή γεωμετρία όπως το αζιμούθιο και το ηλιακό ύψος. Στην συνέχεια γίνεται ο δυναμικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του παραθύρου και έπειτα το πρόγραμμα εξετάζει αν υπάρχει πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο παράθυρο και υπολογίζει το σκιαζόμενο και μη σκιαζόμενο τμήμα του ανοίγματος καθώς και την άμεση και διάχυτη ακτινοβολία. Τέλος, ο αλγόριθμος υπολογίζει τα οπτικά χαρακτηριστικά του διπλού υαλοπίνακα που είναι η διαπερατότητα και η ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στον υαλοπίνακα στο σύνολό του για να αθροιστεί το συνολικό ηλιακό κέρδος που υπάρχει και από την άμεση αλλά και την διάχυτη ακτινοβολία και μαζί με την αγωγιμότητα του παραθύρου να υπολογιστεί το ενεργειακό ισοζύγιο και να αποθηκευτούν όλα τα αποτελέσματα.



Σχήμα 4.1. Αλγόριθμος λειτουργίας προγράμματος

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας δίνεται το διάγραμμα ροής που δείχνει με ποια σειρά γίνονται οι υπολογισμοί.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα ροής υπολογισμού θερμοπερατότητας κρυστάλλου

Στην αρχή, δίνονται κάποιες αρχικές τιμές θερμοκρασιών για τις επιφάνειες του υαλοπίνακα και του διακένου και γίνεται ανάγνωση της εξωτερικής

θερμοκρασίας από το κλιματικό αρχείο και της εσωτερικής που έχει δοθεί από τον χρήστη. Υπάρχει μια επαναληπτική διαδικασία σύγκλισης, όπου σε κάθε βήμα υπολογίζεται η απόκλιση της αρχικής και της νέας τιμής της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του υαλοπίνακα (επιφάνεια 1 έως 4). Όταν η απόκλιση γίνει πολλή μικρή, υπολογίζονται οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία και συναγωγή, οι αντιστάσεις των επιφανειών και του διακένου, οι επιφανειακές θερμοκρασίες των κρυστάλλων του υαλοπίνακα και οι ροή σε κάθε μια από τις τέσσερις επιφάνειες.

4.4 Παράμετροι εισαγωγής από τον χρήστη και εξαγωγής από το πρόγραμμα

Για να γίνουν όλοι οι υπολογισμοί που χρειάζονται για να εξαχθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να γίνει καθορισμός κάποιων παραμέτρων από τον χρήστη όπου και αυτά θα είναι τα δεδομένα εσόδου. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει όλες αυτές τις παραμέτρους που χρειάζεται ο αλγόριθμος για να ξεκινήσει τους υπολογισμούς.

Σύμβολο	Ονομασία	Μονάδα μέτρησης
$e_{atm / gap}$ (Εξωτερικός υαλοπίνακας)	Εκπεμψιμότητα επιφάνειας 1 και 2 εξωτερικού κρυστάλλου	Καθαρός αριθμός
$e_{atm / gap}$ (Εσωτερικός υαλοπίνακας)	Εκπεμψιμότητα επιφάνειας 4 και 3 εξωτερικού κρυστάλλου	Καθαρός αριθμός
w	Πλάτος υαλοπίνακα (είτε εσωτερικού είτε εξωτερικού)	m
k	Θερμική αγωγιμότητα αερίου	$\frac{W}{m^2 * K}$
ρ	Πυκνότητα αερίου	$\frac{kg}{m^3}$
Pr	Αριθμός Prandtl αερίου διακένου	Καθαρός αριθμός
μ	Ιξώδες αερίου διακένου	$\frac{kg}{m * sec}$
U	Θερμοπερατότητα πλαισίου	$\frac{W}{m^2 * K}$
T_{room}	Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου	$^{\circ}C$
V_{tot}	Ύψος παραθύρου	m

H_{tot}	Πλάτος παραθύρου	m
w_1, w_2, w_3, w_4	Μήκος επιφάνειας πλαισίου σε κάθε μια από τις τέσσερις πλευρές του	m
V_1	Ύψος κρυστάλλου	m
H_1	Πλάτος κρυστάλλου	m
Ag	Εμβαδόν κρυστάλλου	m^2
Af	Εμβαδόν πλαισίου	m^2
A_{tot}	Συνολικό εμβαδόν παραθύρου	m^2
Ph	Μήκος οριζόντιου προβόλου	m
Pv	Μήκος κάθετων προβόλων	m
Rh	Απόσταση οριζόντιου προβόλου από το παράθυρο	m
Rw	Απόσταση κάθετων προβόλων από το παράθυρο	m
τ_{60°	Διαπερατότητα υαλοπίνακα στην διάχυτη ακτινοβολία	Καθαρός αριθμός
R_{dir}	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	$\frac{Wh}{m^2}$
R_{hor}	Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	$\frac{Wh}{m^2}$
T_{amb}	Ατμοσφαιρική θερμοκρασία	$^\circ C$
T_{dew}	Θερμοκρασία σχηματισμού δρόσου	$^\circ C$
V_{wind}	Ταχύτητα ανέμου	$\frac{m}{sec}$

Πίνακας 4.1

Τα αποτελέσματα που υπολογίζει και εξάγει ο αλγόριθμος βρίσκονται σε μορφή κειμένου .txt και το αρχείο που υπάρχουν είναι το res.txt. Το σύμβολο, η επεξήγηση και η μονάδα μέτρησης της κάθε παραμέτρου που εξάγει το πρόγραμμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύμβολο	Ονομασία	Μονάδα μέτρησης
Θ	Γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας	Μοίρες ($^{\circ}$)
ζ	Γωνία με την οποία η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στον χώρο	Μοίρες ($^{\circ}$)
Αζιμ	Αζιμούθιο ηλίου	Μοίρες ($^{\circ}$)
<i>Alt</i>	Ηλιακό ύψος	Μοίρες ($^{\circ}$)
<i>Af</i>	Απορροφητικότητα εξωτερικού υαλοπίνακα	Ποσοστό επί της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
<i>Ab</i>	Απορροφητικότητα εξωτερικού υαλοπίνακα	Ποσοστό επί της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
Διαπερ	Διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας	Ποσοστό επί της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
Ανακλ	Ανακλαστικότητα ηλιακής ακτινοβολίας	Ποσοστό επί της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
Υποσκια	Σκιαζόμενο τμήμα του παραθύρου αν χρησιμοποιείται κάποια διάταξη σκίασμού	Ποσοστό επί του συνολικού εμβαδόν του παραθύρου
Ηλιαζόμενο	Ηλιαζόμενο τμήμα του παραθύρου	Ποσοστό επί του συνολικού εμβαδόν του παραθύρου
Q_{dir}	Ηλιακό κέρδος από άμεση ακτινοβολία	<i>Wh</i>
Q_{dif}	Ηλιακό κέρδος από διάχυτη ακτινοβολία	<i>Wh</i>
Q_{sol}	Συνολικό ηλιακό κέρδος	<i>Wh</i>
Q_{isol}	Ιδεατή ηλιακή ακτινοβολία που θα περνούσε αν δεν υπήρχε κάποια διάταξη σκίασμού	<i>Wh</i>

Q_{frame}	Αγωγιμότητα πλαισίου (κουφώματος)	Wh
Q_{glass}	Αγωγιμότητα κρυστάλλου	Wh
Q_{cond}	Συνολική ροή με αγωγιμότητα (πλαίσιο και κρύσταλλο)	Wh
Q_{tot}	Συνολική ενεργειακή ροή παραθύρου (ηλιακό κέρδος και αγωγιμότητα)	Wh
Hin_c	Συνιστώσα του εσωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (λόγω συναγωγής)	$\frac{W}{m^2 * K}$
Hin_r	Συνιστώσα του εσωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (λόγω ακτινοβολίας)	$\frac{W}{m^2 * K}$
Hin	Εσωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ($Hin_c + Hin_r$)	$\frac{W}{m^2 * K}$
$Hout_c$	Συνιστώσα του εξωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (λόγω συναγωγής)	$\frac{W}{m^2 * K}$
$Hout_r$	Συνιστώσα του εξωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (λόγω ακτινοβολίας)	$\frac{W}{m^2 * K}$
$Hout$	Εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ($Hout_c + Hout_r$)	$\frac{W}{m^2 * K}$

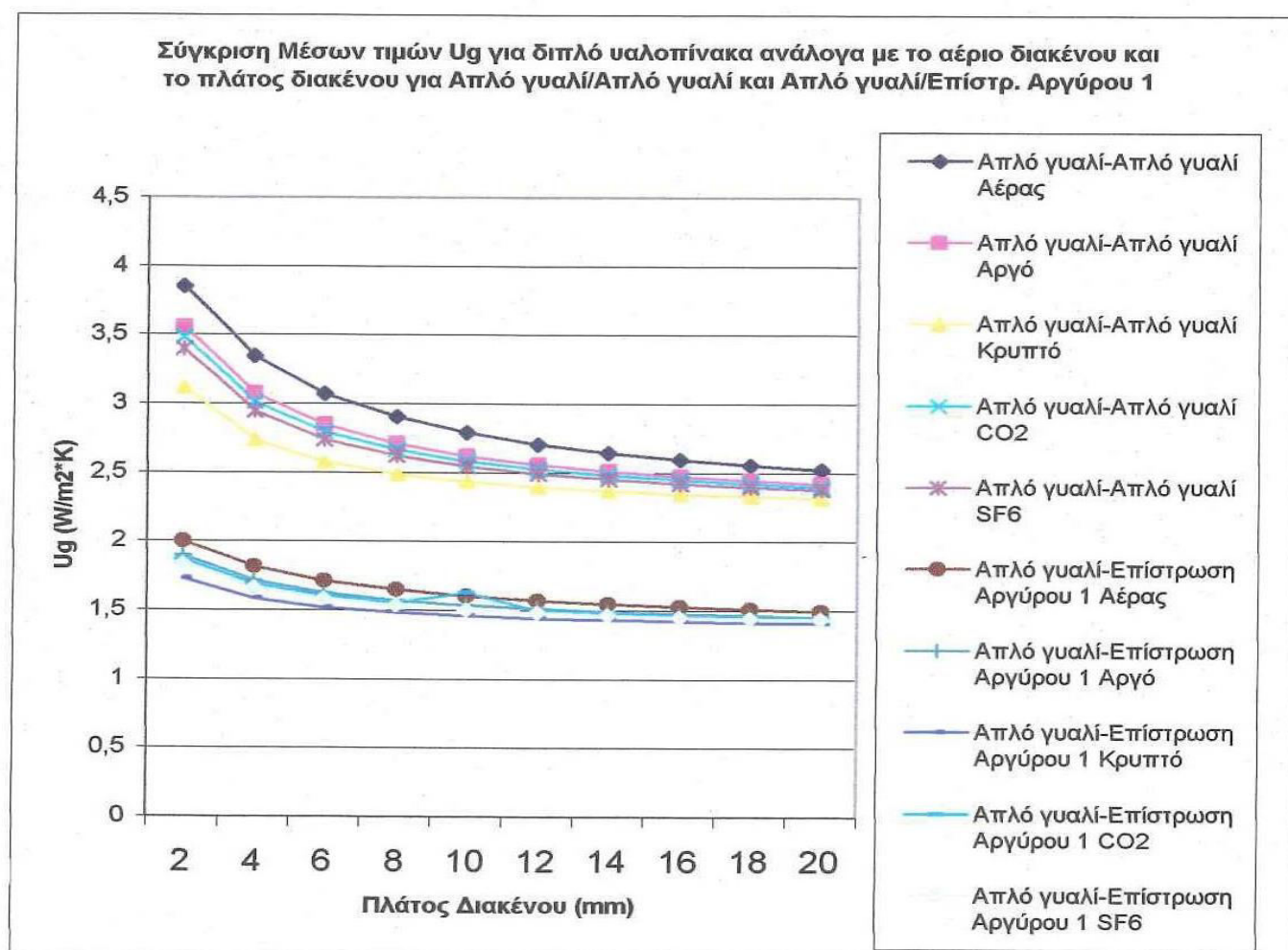
H_{gap_c}	Συνιστώσα του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του διακένου (λόγω συναγωγής)	$\frac{W}{m^2 * K}$
H_{gap_r}	Συνιστώσα του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του διακένου (λόγω ακτινοβολίας)	$\frac{W}{m^2 * K}$
H_{gap}	Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του διακένου	$\frac{W}{m^2 * K}$
T_{g_1}	Θερμοκρασία εξωτερικού υαλοπίνακα	$^{\circ}C$
T_{g_2}	Θερμοκρασία εσωτερικού υαλοπίνακα	$^{\circ}C$
T_{gap}	Θερμοκρασία διακένου	$^{\circ}C$
T_{amb}	Εξωτερική θερμοκρασία	$^{\circ}C$
T_{dew}	Θερμοκρασία σχηματισμού δρόσου	$^{\circ}C$
T_{sky}	Θερμοκρασία ουρανού	$^{\circ}C$
V_{wind}	Ταχύτητα ανέμου	$\frac{m}{sec}$
R_{dir}	Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	$\frac{Wh}{m^2}$
R_{dif}	Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία	$\frac{Wh}{m^2}$
R_{hor}	Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	$\frac{Wh}{m^2}$

Πίνακας 4.2

5. Ανάλυση και ερμηνεία αποτελεσμάτων που έχουν εξαχθεί από το πρόγραμμα προσομοίωσης

5.1 Θερμοπερατότητα κρυστάλλου

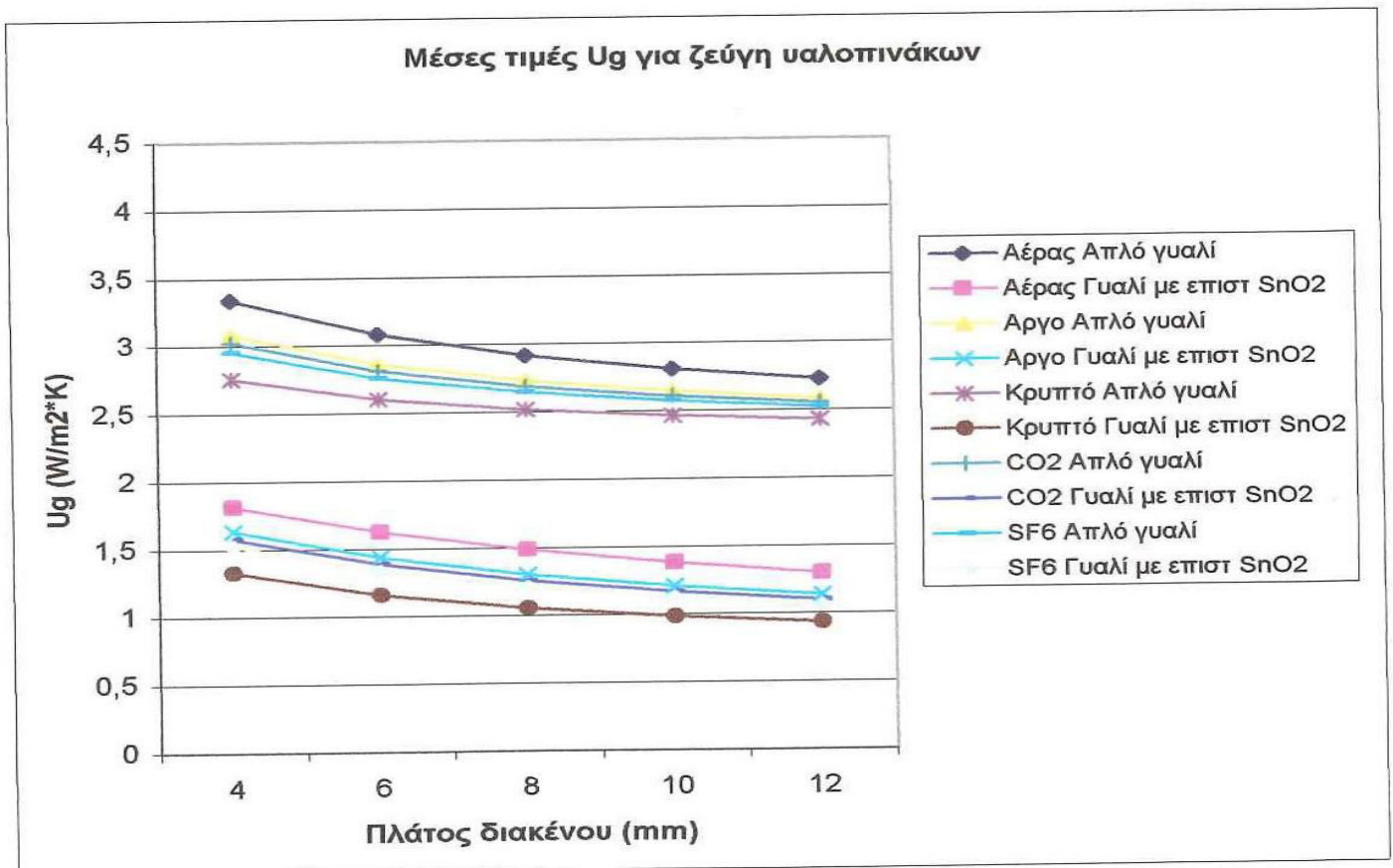
Το πρώτο μέρος της ανάλυσης των αποτελεσμάτων που εξαγει το πρόγραμμα, αφορά στα συστατικά που συνθέτουν την θερμική αγωγιμότητα του υαλοπίνακα. Ένα από αυτά, είναι και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κρυστάλλου U_g για διπλό υαλοπίνακα, για διαφορετικούς τύπους εσωτερικού και εξωτερικού υαλοπίνακα, για διάφορα αέρια διακένου και για διαφορετικό πλάτος διακένου κάθε φορά. Στο παρακάτω διάγραμμα, γίνεται σύγκριση των μέσων τιμών θερμοπερατότητας του κρυστάλλου, για την περίπτωση που έχουμε απλό γυαλί/απλό γυαλί και απλό γυαλί/επίστρωση αργύρου 1 για όλα τα αέρια που είναι διαθέσιμα και για πλάτος διακένου από 2mm έως 20mm. Για την περίπτωση που αναφέρθηκε και για όλες τις περιπτώσεις γενικά, η επιλογή π.χ απλό γυαλί/επίστρωση αργύρου 1 σημαίνει ότι το πρώτο κρύσταλλο αφορά τον εξωτερικό υαλοπίνακα και το δεύτερο τον εσωτερικό υαλοπίνακα.



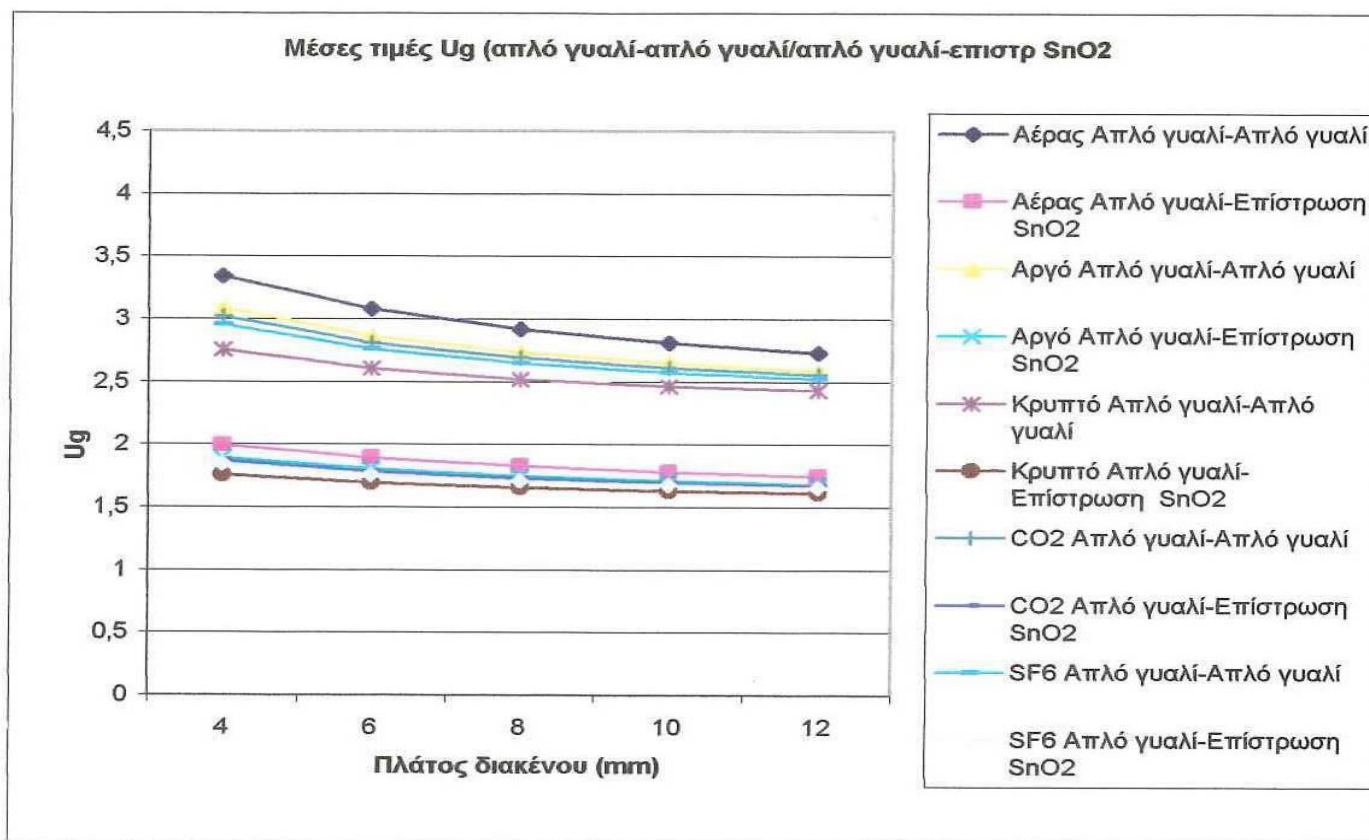
Σχήμα 5.1

Από το διάγραμμα παρατηρείται, ότι η μεγαλύτερη διαπερατότητα εμφανίζεται όταν έχουμε απλό γυαλί και στους δύο υαλοπίνακες και για αέριο αέρα για όλα τα πλάτη διακένου. Γενικά φαίνεται, ότι όσο και αν αυξήσουμε το πλάτος του διακένου, οι καμπύλες τείνουν να γίνουν ευθείες γραμμές και τότε η διαπερατότητα αποκτά μια σχεδόν σταθερή τιμή. Μια πιο γενική παρατήρηση, είναι πως το καλύτερο αέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι το κρυπτό, σε οποιονδήποτε συνδυασμό υαλοπινάκων, διότι δίνει αρκετά χαμηλές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας.

Στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση των συντελεστών θερμοπερατότητας όταν χρησιμοποιούνται ζεύγη υαλοπινάκων, δηλαδή στις περιπτώσεις όπου ο εσωτερικός και ο εξωτερικός υαλοπίνακας αποτελούνται από το ίδιο υλικό και όταν ο εξωτερικός υαλοπίνακας παραμένει σταθερός ενώ ο εσωτερικός αλλάζει. Γενικά όμως, συνηθίζεται ο εξωτερικός υαλοπίνακας να είναι απλό γυαλί και ο εσωτερικός να είναι κάποιος ανακλαστικός, για να μην έρχεται σε επαφή με τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως αέρας, νερό και χαμηλές θερμοκρασίες και έτσι να καταστρέφεται. Έτσι εξάγονται τα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 5.2

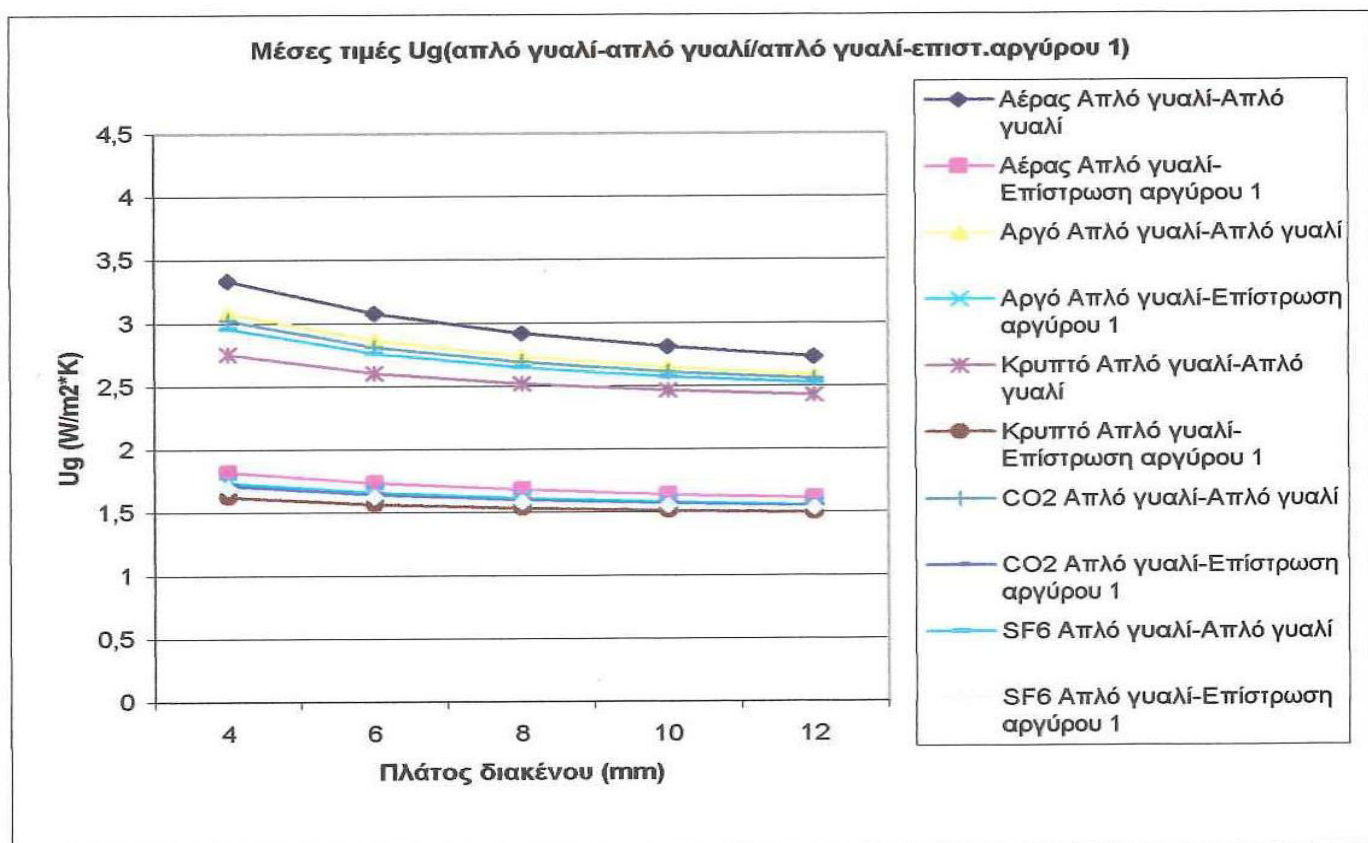


Σχήμα 5.3

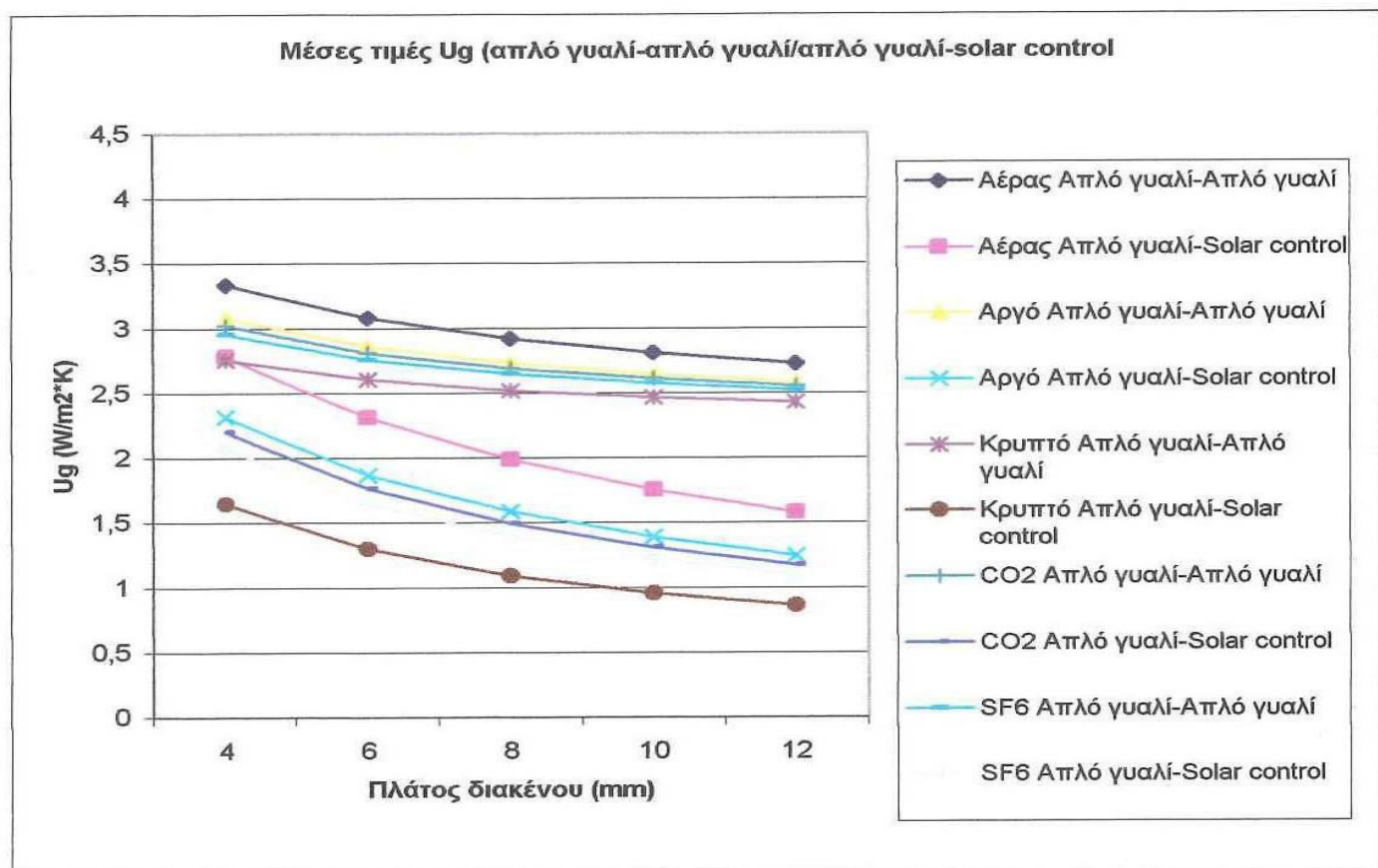
Το πρώτο διάγραμμα, αφορά στα ζεύγη υαλοπίνακα απλό γυαλί και επίστρωση SnO₂ και το δεύτερο για σταθερό τον εξωτερικό υαλοπίνακα και για διαφορετικό εσωτερικό. Η βασική παρατήρηση από τα δύο διαγράμματα, εκτός του ότι για το απλό γυαλί/απλό γυαλί οι τιμές είναι οι ίδιες, είναι ότι για ζεύγος υαλοπίνακα με επίστρωση SnO₂ έχουμε ποιο μεγάλο εύρος τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας απ' ότι αν χρησιμοποιηθεί σαν εξωτερικός υαλοπίνακας απλό γυαλί και σαν εσωτερικός αυτός με επίστρωση SnO₂. Δηλαδή, για την πρώτη περίπτωση έχουμε ένα εύρος από 0,95 W/m²*K μέχρι 1,8 W/m²*K και για την δεύτερη περίπτωση από 1,7 W/m²*K μέχρι 2 W/m²*K. Οι διαφορές στις τιμές της θερμοπερατότητας για την ίδια κατηγορία, οφείλονται στην αλλαγή του αερίου διακένου. Στο πρώτο διάγραμμα (επίστρωση SnO₂ και στους δύο υαλοπίνακες) η καλύτερη τιμή που συναντάτε είναι για αέριο κρυπτό και για όλα σχεδόν τα δοκιμασμένα πλάτη διακένου. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο διάγραμμα. Τέλος οι χαμηλότερες τιμές με βάση τα δύο διαγράμματα, εμφανίζονται για το ζεύγος

υαλοπίνακα με επίστρωση SnO₂ για όλα τα υπό εξέταση αέρια. Αυτό οφείλεται στο ότι ο υαλοπίνακας με επίστρωση SnO₂ είναι ανακλαστικός, με εκπεμψιμότητα στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το διάκενο $e_{gap} = 0,1$ και όταν χρησιμοποιείται και για τους δύο υαλοπίνακες μειώνεται περισσότερο το ποσό θερμότητας που χάνεται προς το περιβάλλον λόγω της χαμηλής εκπεμψιμότητας. Η εκπεμψιμότητα αναφέρεται στην παρεμπόδιση του ποσού θερμότητας που πρόκειται να χαθεί προς το περιβάλλον.

Παρακάτω, παρατίθενται ακόμα δύο διαγράμματα που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση των διπλών υαλοπινάκων απλό γυαλί/γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 και απλό γυαλί/solar control για όλα τα αέρια διακένου και για πλάτος διακένου από 4mm έως 12 mm. Το γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 και το solar control, είναι δύο διαφορετικά είδη ανακλαστικών γυαλιών. Και στις δύο περιπτώσεις η σύγκριση στο διάγραμμα γίνεται με βάση τον αρχικό υαλοπίνακα απλό γυαλί/απλό γυαλί.



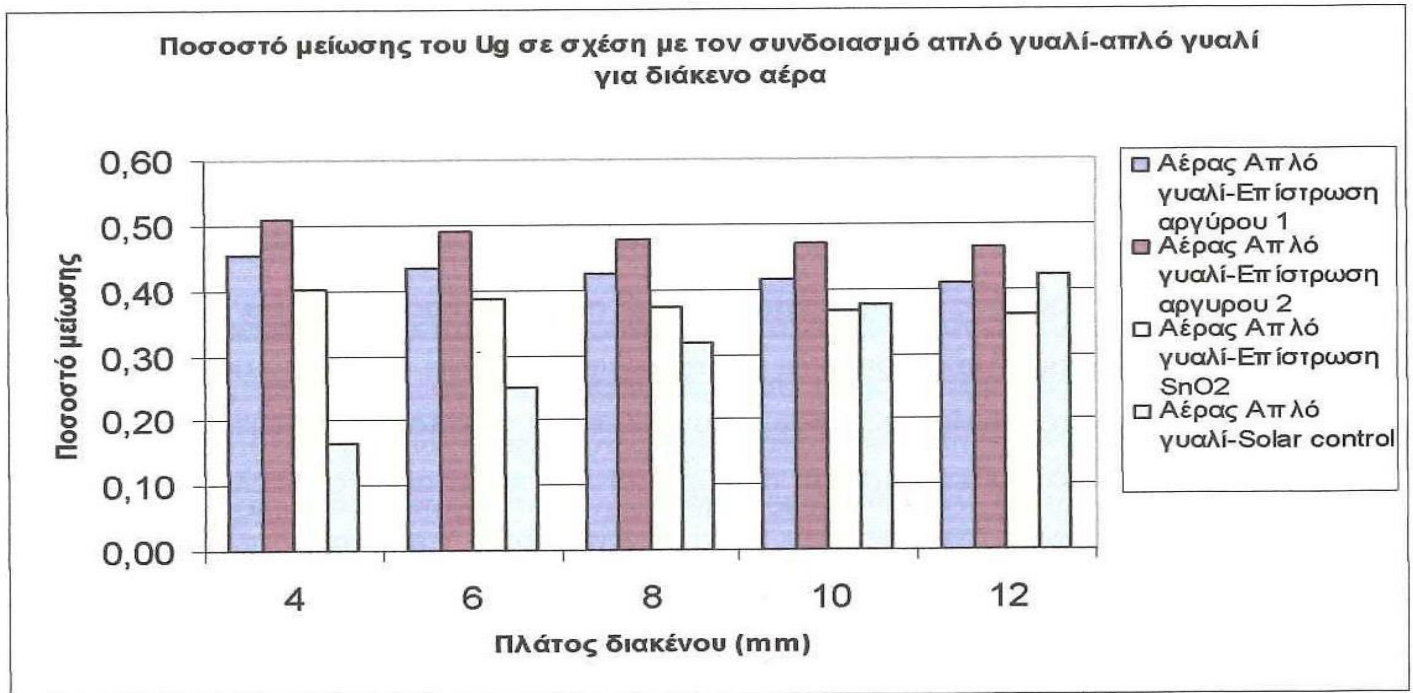
Σχήμα 5.4



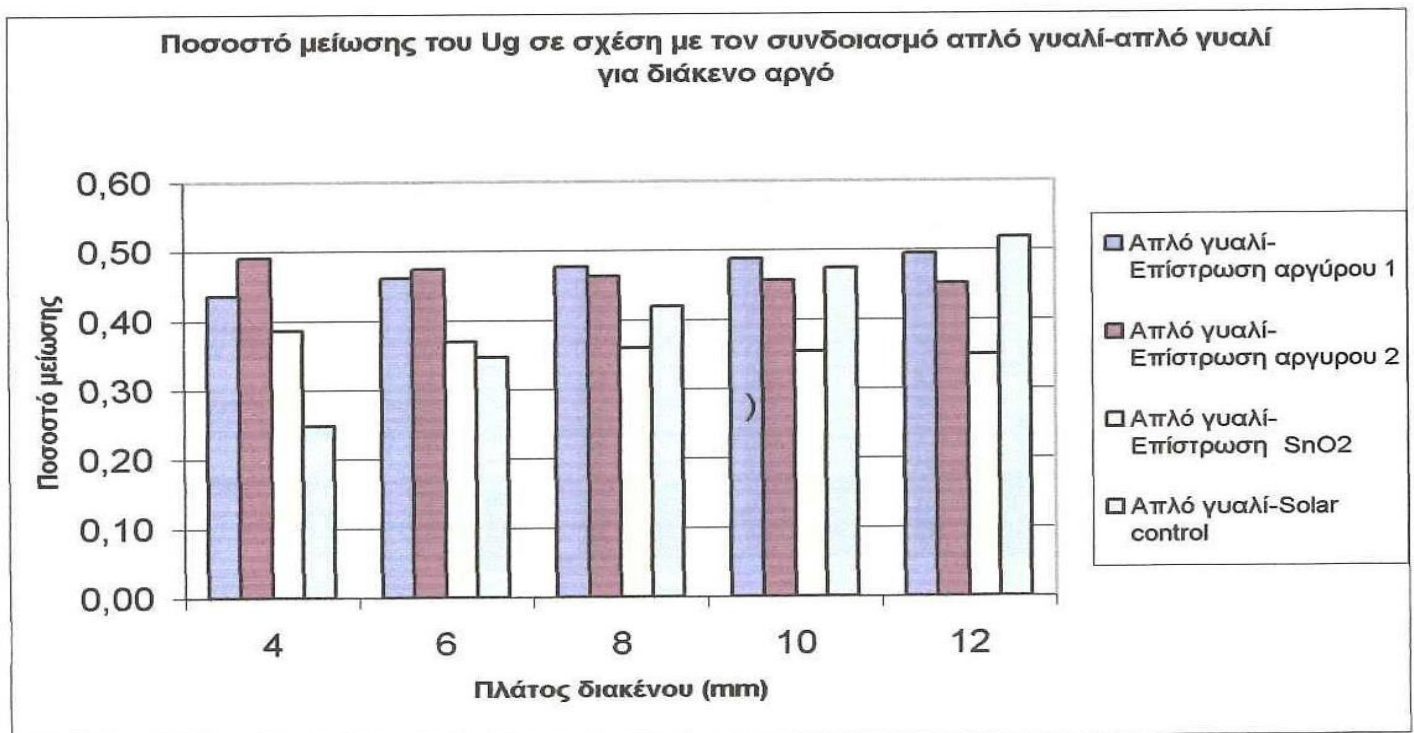
Σχήμα 5.5

Όπως και προηγουμένως, όταν χρησιμοποιηθεί σαν εσωτερικός υαλοπίνακας solar control έχουμε μεγάλο εύρος τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, όπως φαίνεται και από το δεύτερο διάγραμμα που οι γραμμές είναι καμπύλες, ενώ στο πρώτο για κάθε αέριο είναι σχεδόν γραμμική. Ξεκινώντας από το διάκενο αέρα μέχρι και για διάκενο κρυπτό και για όλα τα πλάτη διακένου στο γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 συναντώνται τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας από $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ έως $1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ενώ για solar control έχουμε τιμές από $0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ μέχρι $2,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Στην προκειμένη περίπτωση, παρατηρείται ότι είτε τοποθετείται διπλός υαλοπίνακας με απλό γυαλί/απλό γυαλί ή απλό γυαλί/γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 ή απλό γυαλί/solar control, οι καλύτερες τιμές για τον συντελεστή θερμοπερατότητας αφορούν στο αέριο κρυπτό για οποιοδήποτε πλάτος διακένου. Αυτό οφείλεται στο ότι το αέριο κρυπτό έχει την μικρότερη θερμική αγωγιμότητα k από όλα τα αέρια που εξετάζονται.

Γραφήματα με στήλες, δείχνουν το ποσοστό μείωσης του συντελεστή θερμοπερατότητας σε σχέση με τον διπλό υαλοπίνακα απλό γυαλί/απλό γυαλί για διάκενο αέρα και αργό.

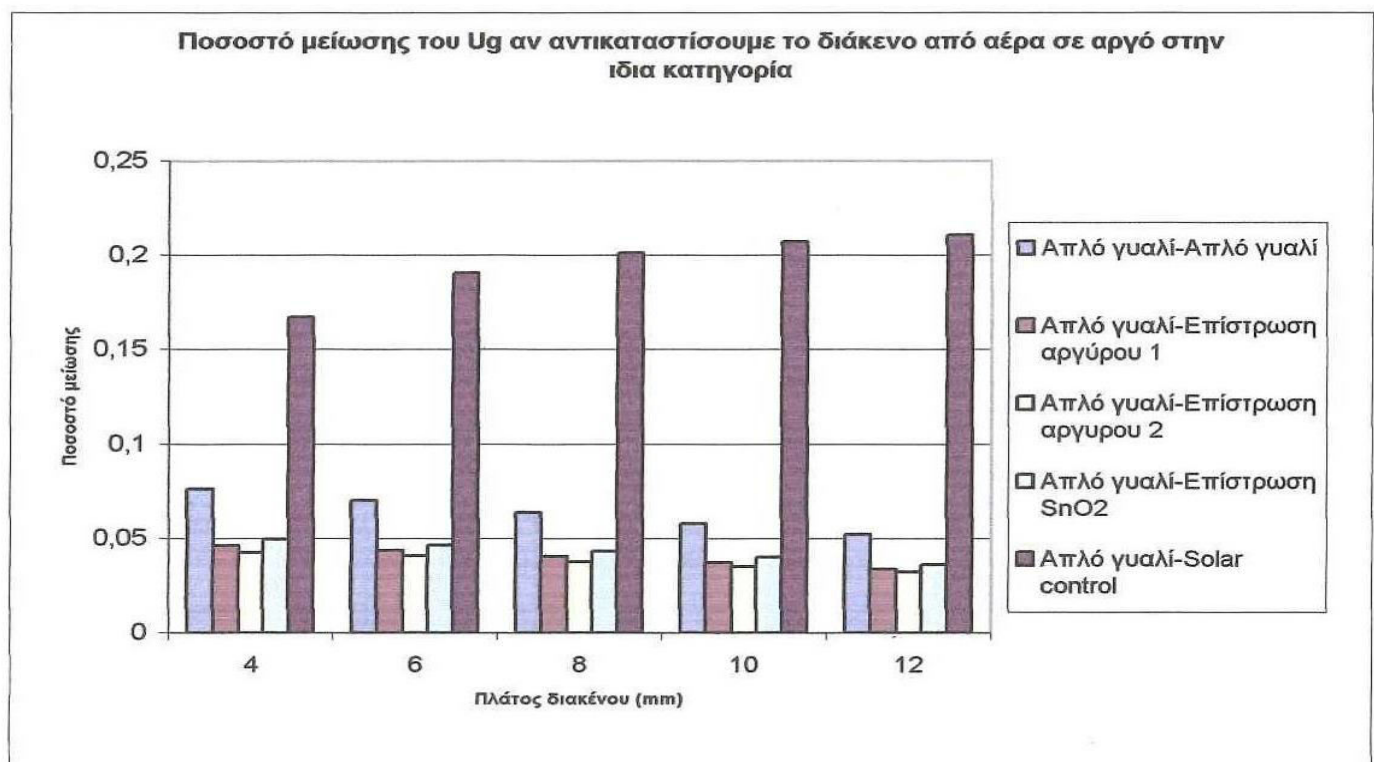


Σχήμα 5.6



Σχήμα 5.7

Από τα γραφήματα, παρατηρείται ότι ενώ με την αύξηση του πλάτους του διακένου το ποσοστό μείωσης του συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνεται (εκτός από την περίπτωση για το απλό γυαλί/επίστρωση αργύρου 1 για διάκενο αργό), μια μεγάλη αύξηση του ποσοστού μείωσης του συντελεστή θερμοπερατότητας του κρυστάλλου για τον διπλό υαλοπίνακα απλό γυαλί/solar control. Στο πρώτο γράφημα (διάκενο αέρας) η μεγαλύτερη μείωση συναντάτε όταν χρησιμοποιηθεί υαλοπίνακας με επίστρωση αργύρου 2 σαν εσωτερικός ενώ στο δεύτερο γράφημα (διάκενο αργό) από τα 8mm πλάτος διακένου και μετά εμφανίζονται υαλοπίνακες που έχουν μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του συντελεστή θερμοπερατότητας, όπως για εξωτερικό υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου 1 και solar control. Τέλος όσον αφορά τον συντελεστή διαπερατότητας του των κρυστάλλων για έναν διπλό υαλοπίνακα U_g παρατίθεται ένα τελευταίο γράφημα που δείχνει το ποσοστό μείωσης του U_g αν αντικατασταθεί το διάκενο από αέρα σε αργό στην ίδια κατηγορία υαλοπίνακα πάντα.



Σχήμα 5.8

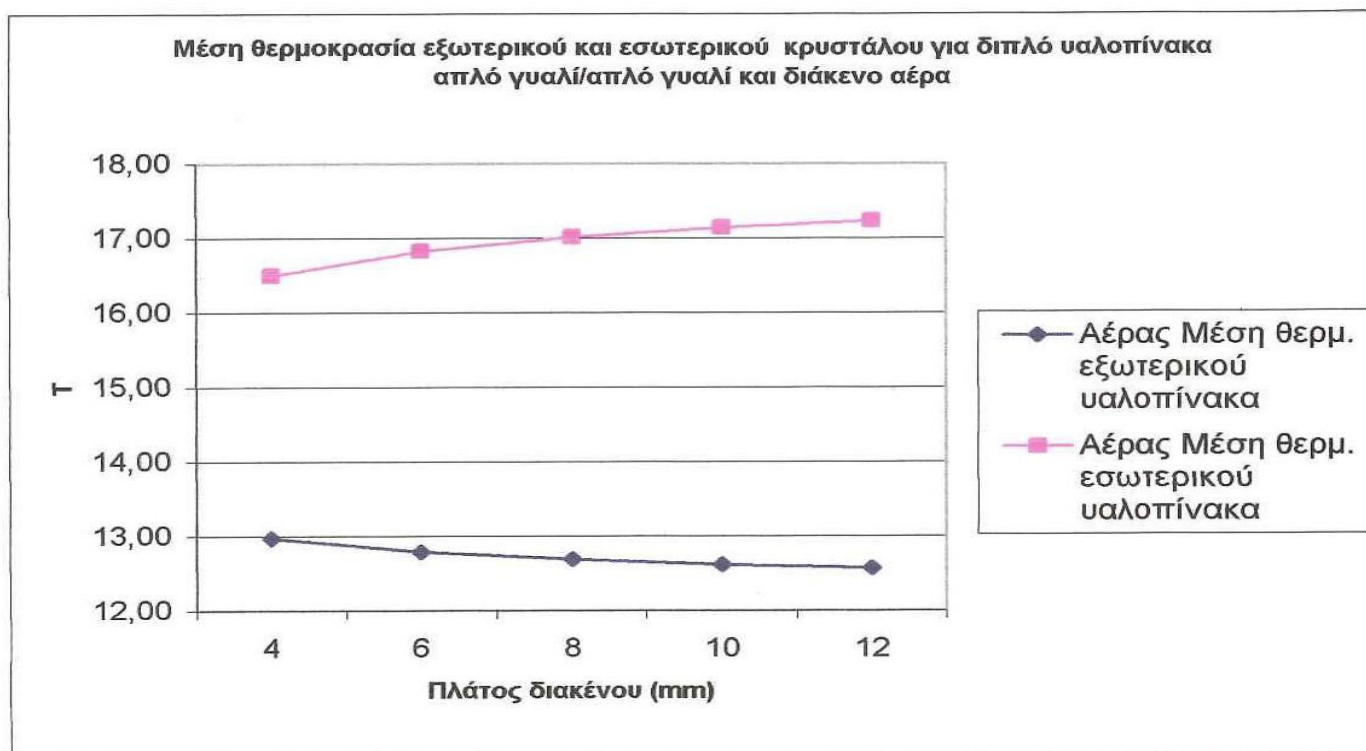
Γίνεται πλέον φανερό (διαβάζοντας το προηγούμενο γράφημα), ότι η μεγαλύτερη μείωση στον συντελεστή διαπερατότητας του κρυστάλλου θα σημειωθεί όταν τοποθετείται σαν εσωτερικός υαλοπίνακας ο solar control και αλλάζοντας το αέριο διακένου. Αν γίνει αντικατάσταση από αέρα σε αργό του διακένου και για

εσωτερικό υαλοπίνακα solar control το ποσοστό μείωσης του Ug φτάνει το 20% (για διάκενο 8mm) σε σχέση με οποιονδήποτε άλλον τύπο εσωτερικού υαλοπίνακα που το ποσοστό μείωσης είναι 4-6%.

5.2 Θερμοκρασίες εξωτερικού και εσωτερικού κρυστάλλου

Παράμετροι που παίζουν καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό της θερμικής αγωγιμότητας, είναι και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στον εξωτερικό και εσωτερικό κρύσταλλο, γιατί από αυτές εξαρτάται και η θερμοκρασιακή διαφορά που είναι απαραίτητη στον υπολογισμό των απωλειών ενός ανοίγματος .

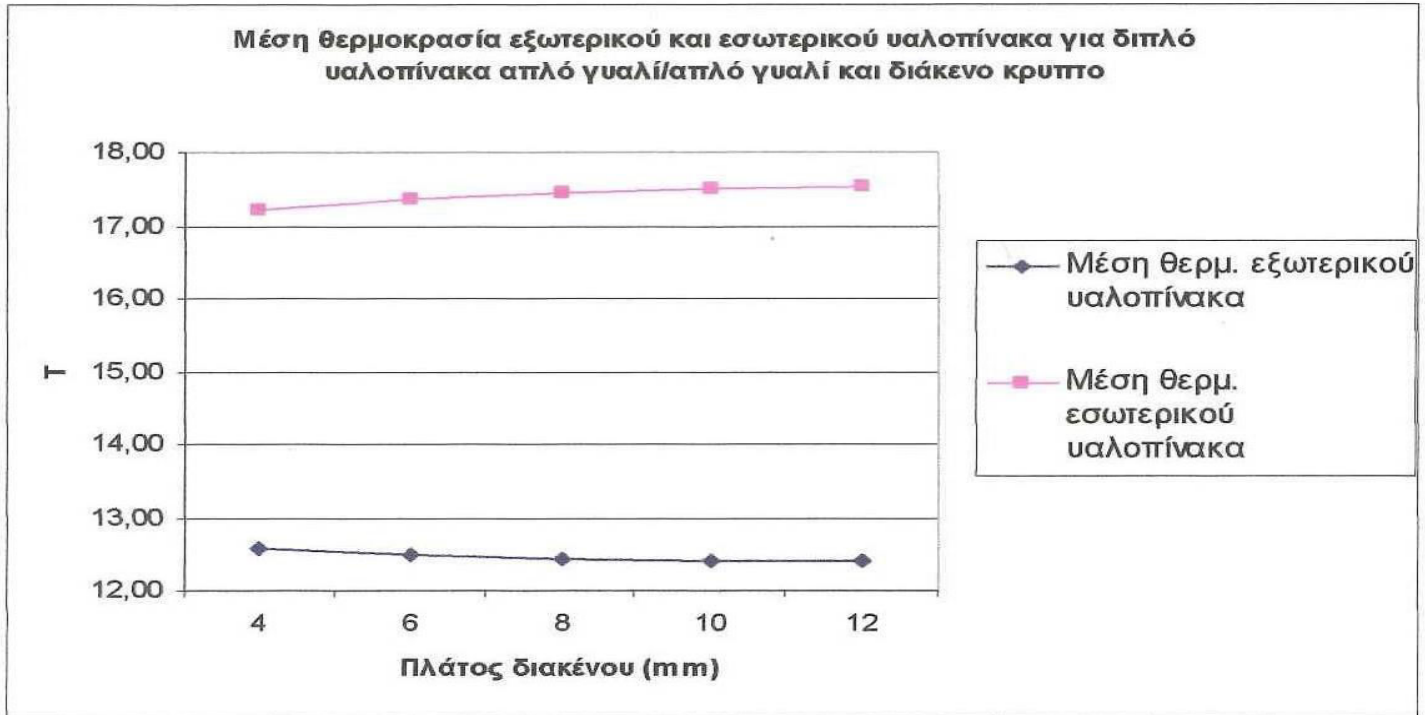
Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα των μέσων τιμών θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού υαλοπίνακα για διπλό υαλοπίνακα με απλό γυαλί/απλό γυαλί.



Σχήμα 5.9

Αυτό που καθαρά παρατηρείται από το διάγραμμα των μέσων θερμοκρασιών, είναι ότι όσο αυξηθεί το πλάτος του διακένου τόσο η θερμοκρασία του εσωτερικού υαλοπίνακα αυξάνεται ,ενώ από την άλλη η θερμοκρασία του εξωτερικού υαλοπίνακα μειώνεται. Οι υπολογισμοί έγιναν με θερμοκρασία χώρου $20^{\circ}C$. Επίσης

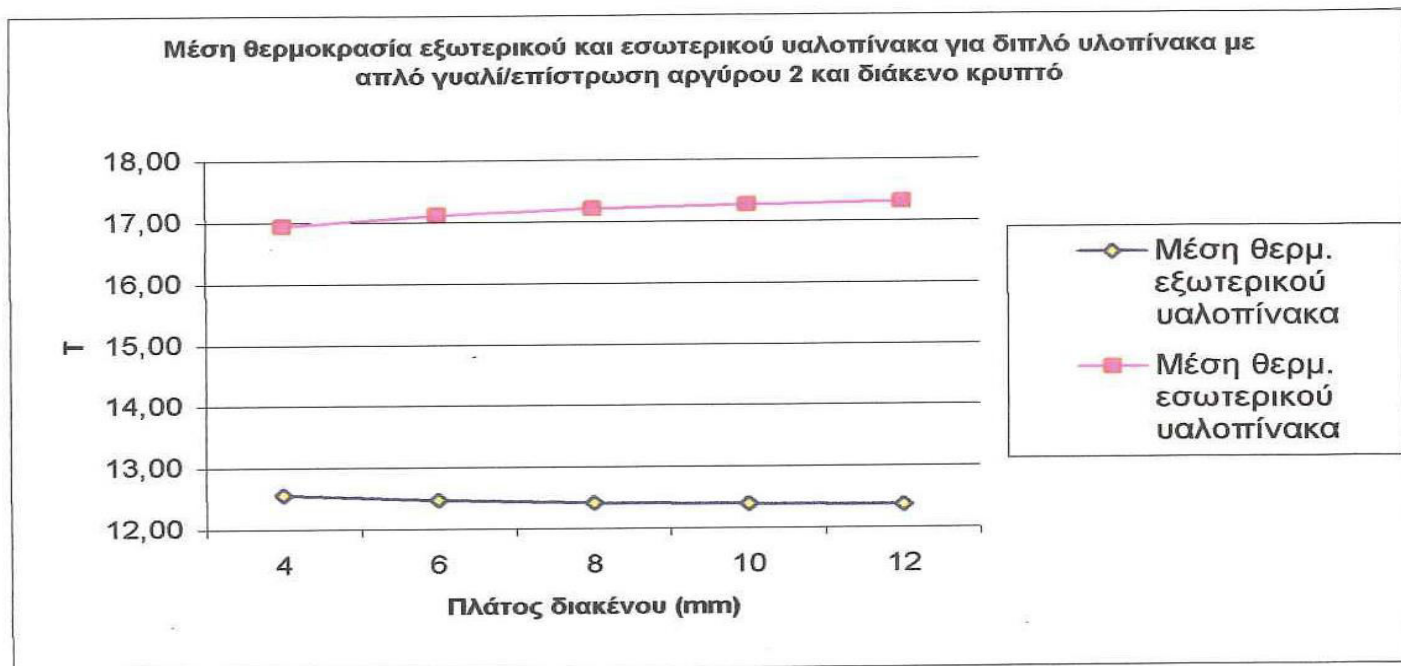
η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στον εσωτερικό και εξωτερικό υαλοπίνακα μεγαλώνει με την αύξηση του πλάτους του διακένου.



Σχήμα 5.10

Από τη σύγκριση των δύο παραπάνω διαγραμμάτων, προκύπτει ότι εκτός από αυτά που έχουν αναφερθεί για το διάκενο αέρα, όταν εφαρμόσουμε διάκενο κρυπτό στον ίδιο υαλοπίνακα η θερμοκρασία του εσωτερικού υαλοπίνακα παίρνει μεγαλύτερες τιμές απ' ότι όταν υπήρχε διάκενο αέρας.

Αν τώρα αντικατασταθεί ο εσωτερικός υαλοπίνακας από απλό γυαλί σε έναν ανακλαστικό όπως τον υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου 2 τότε προκύπτει το εξής διάγραμμα.

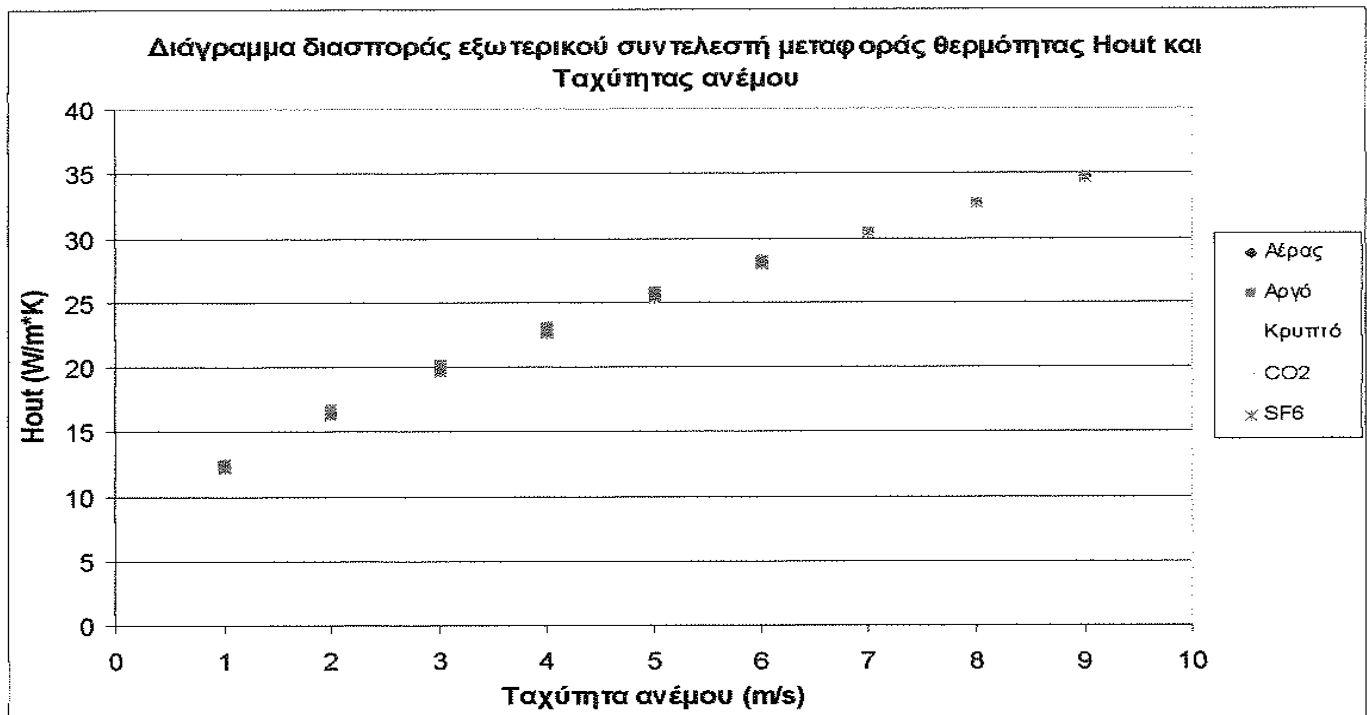


Σχήμα 5.11

Από το οποίο φαίνεται ότι με την αλλαγή αυτή του εσωτερικού υαλοπίνακα από κανονικό σε ανακλαστικό, έχουμε μια μικρή μείωση στην μέση θερμοκρασία του υαλοπίνακα αυτού.

5.3 Εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

Ο εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, αφορά το εξωτερικό κρύσταλλο του εξωτερικού υαλοπίνακα δηλαδή το κρύσταλλο εκείνο που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και τις συνθήκες που επικρατούν σε αυτό, και ιδιαίτερα με την ταχύτητα του αέρα. Δίνεται το διάγραμμα διασποράς που δείχνει τη σχέση που έχει ο εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας H_{out} με την ταχύτητα του ανέμου.



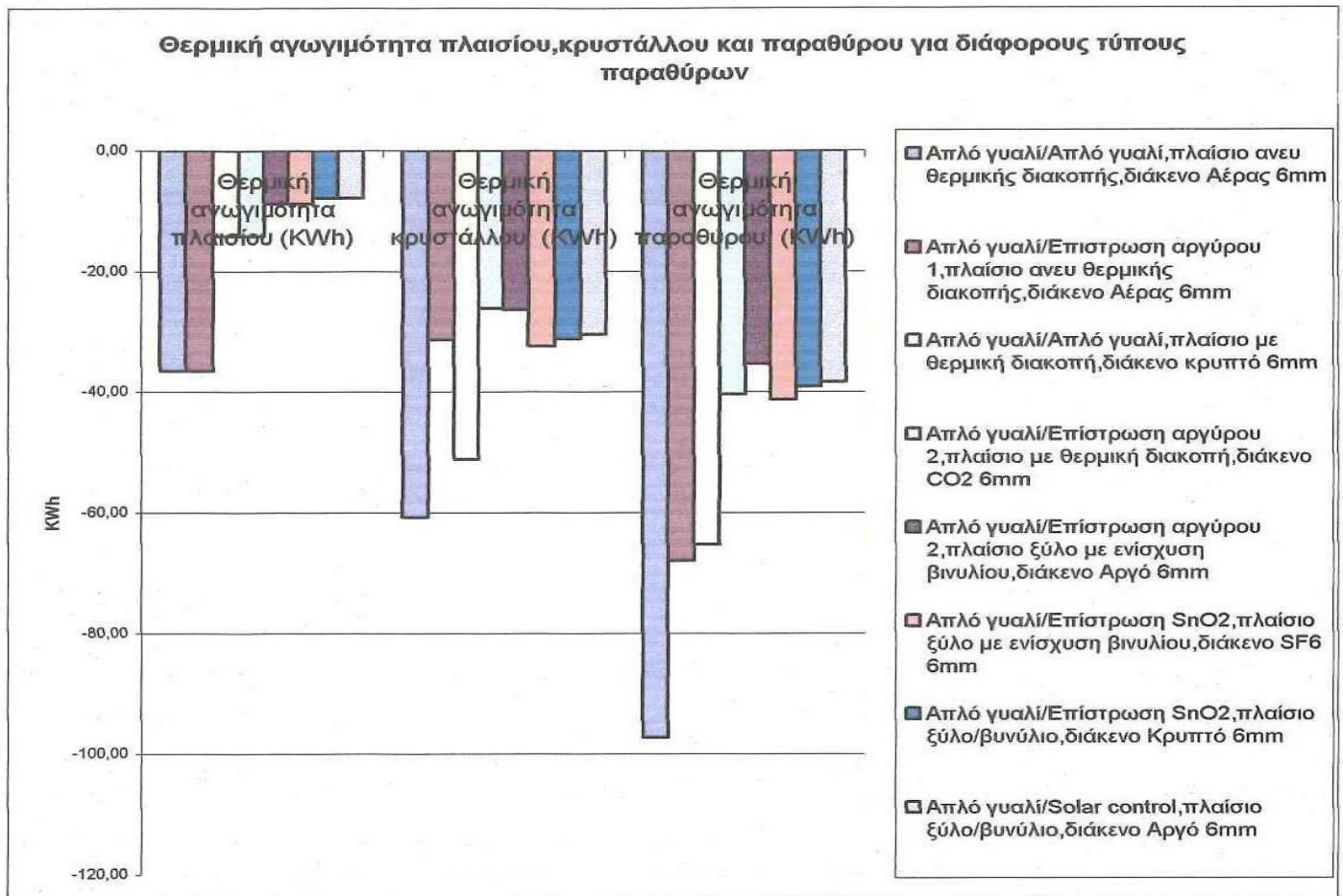
Σχήμα 5.12

Από το διάγραμμα διασποράς παρατηρείται, ότι η σχέση μεταξύ εξωτερικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας και ταχύτητας ανέμου είναι σχεδόν γραμμική. Ο υαλοπίνακας που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από απλό γυαλί/απλό γυαλί και για όλα τα διαθέσιμα αέρια που έχει το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα προέρχονται από χειμερινές μέρες όπου το φαινόμενο του ανέμου είναι εντονότερο.

5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων για την θερμική αγωγιμότητα κρυστάλλου και πλαισίου

Η θερμική αγωγιμότητα, δηλαδή οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον, για ένα παράθυρο στο σύνολό του αποτελεί άθροισμα της αγωγιμότητας που έχει το κρύσταλλο και το πλαίσιο μαζί. Η αγωγιμότητα του κρυστάλλου, εξαρτάται εκτός από τον τύπο του υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται και από το πλάτος του αερίου διακένου και το αέριο από το οποίο πληρείται. Ο παρακάτω πίνακας και το διάγραμμα δείχνει την θερμική αγωγιμότητα του κρυστάλλου, του πλαισίου και όλου του παραθύρου για διαφορετικούς τύπους υαλοπίνακα, διαφορετικά πλαίσια και διαφορετικά αέρια διακένου.

	Θερμική αγωγιμότητα πλαισίου (KWh)	Θερμική αγωγιμότητα κρυστάλλου (KWh)	Θερμική αγωγιμότητα παραθύρου (KWh)
Απλό γυαλί/Απλό γυαλί, πλαίσιο άνευ θερμικής διακοπής, διάκενο Αέρας 6mm	-36,54	-60,73	-97,27
Απλό γυαλί/Επίστρωση αργύρου 1, πλαίσιο άνευ θερμικής διακοπής, διάκενο Αέρας 6mm	-36,54	-31,38	-67,92
Απλό γυαλί/Απλό γυαλί, πλαίσιο με θερμική διακοπή, διάκενο Κρυπτό 6mm	-14,17	-51,12	-65,30
Απλό γυαλί/Επίστρωση αργύρου 2, πλαίσιο με θερμική διακοπή, διάκενο CO ₂ 6mm	-14,17	-26,17	-40,34
Απλό γυαλί/Επίστρωση αργύρου 2, πλαίσιο ξύλο με ενίσχυση βινυλίου, διάκενο Αργό 6mm	-8,84	-26,44	-35,28
Απλό γυαλί/Επίστρωση SnO ₂ , πλαίσιο ξύλο με ενίσχυση βινυλίου, διάκενο SF ₆ 6mm	-8,84	-32,44	-41,28
Απλό γυαλί/Επίστρωση SnO ₂ , πλαίσιο ξύλο/βινύλιο, διάκενο Κρυπτό 6mm	-7,88	-31,19	-39,07
Απλό γυαλί/Solar control, πλαίσιο ξύλο/βινύλιο, διάκενο Αργό 6mm	-7,88	-30,46	-38,35



Σχήμα 5.13

Παρατηρείται, ότι με την χρησιμοποίηση απλού γυαλιού και στους δύο υαλοπίνακες, πλαισίου άνευ θερμικής διακοπής και διάκενο αέρα προκύπτουν οι περισσότερες απώλειες που υπάρχουν με βάση πάντα το πρόγραμμα προσομοίωσης. Με την αντικατάσταση του εσωτερικού υαλοπίνακα από κάποιον ανακλαστικό, του πλαισίου και του αέριο διακένου, υπάρχει μείωση στην τιμή της θερμικής αγωγιμότητας όλου του παραθύρου. Οι συνδυασμοί που έχουν γίνει είναι εντελώς τυχαίοι καθώς υπάρχουν και πολλοί άλλοι που μπορούν να δώσουν τιμές στην θερμική αγωγιμότητα του παραθύρου ακόμα πιο μικρές από αυτές που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα. Γενικά με την εφαρμογή ενός ανακλαστικού υαλοπίνακα σαν εσωτερικό υπάρχει μείωση στην αγωγιμότητα του κρυστάλλου μέχρι και 50%. Σε ότι αφορά το πλαίσιο του παραθύρου, η χειρότερη επιλογή έχει τιμή 36,54Kwh ενώ η καλύτερη 7,88Kwh δηλαδή μια μείωση 78,5%.

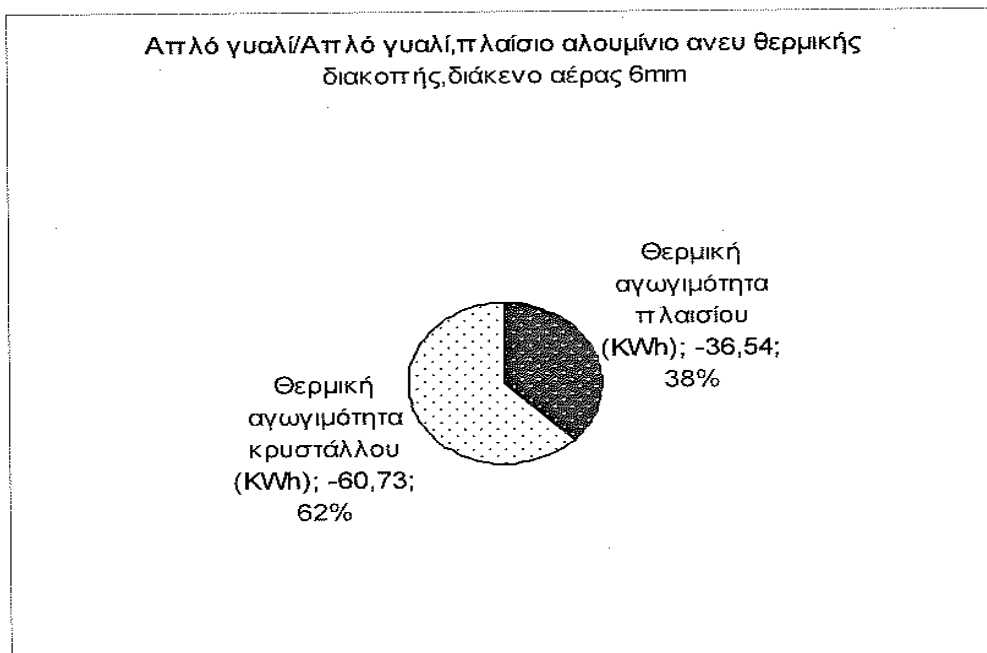
Στη συνέχεια εξετάζεται η περίπτωση του τι θα συμβεί στο ποσοστό συμμετοχής της αγωγιμότητας κρυστάλλου και πλαισίου στο σύνολο του παραθύρου, αν χρησιμοποιηθεί ένας καλός συνδυασμός για εσωτερικό και εξωτερικό υαλοπίνακα, το καλύτερο πλαίσιο, ένας κακός συνδυασμός για εσωτερικό και εξωτερικό

υαλοπίνακα και το χειρότερο πλαίσιο, δημιουργώντας τέσσερις συνδυασμούς και διατηρώντας σταθερό το αέριο και το πλάτος διακένου.

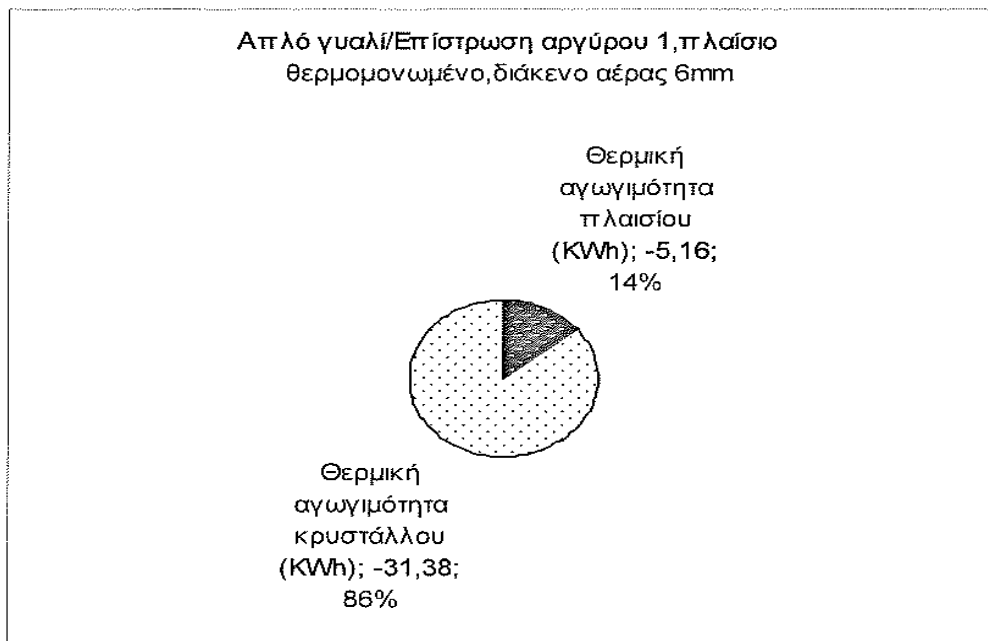
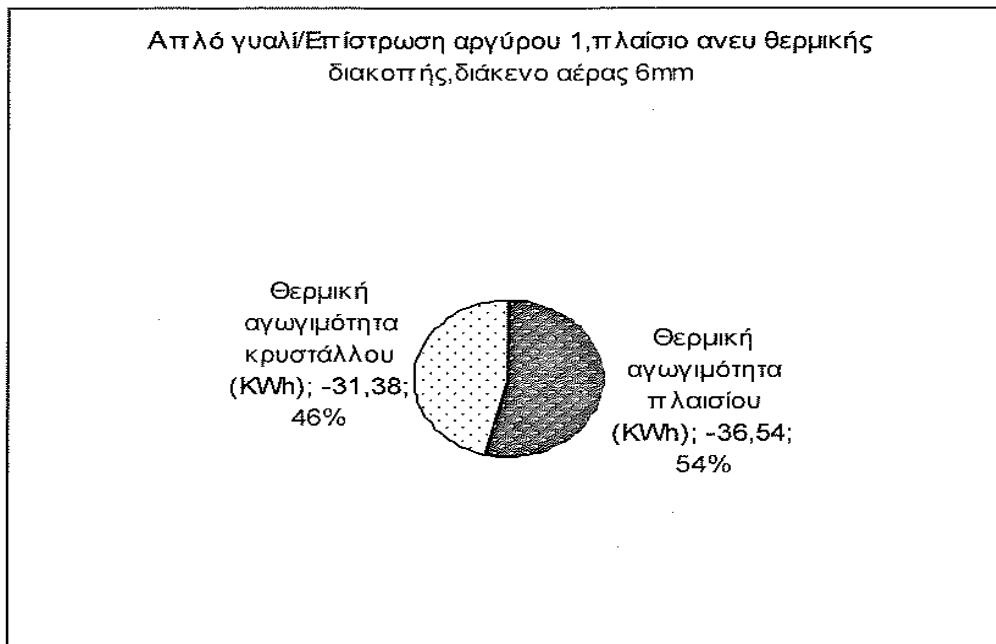
Οι τέσσερις συνδυασμοί είναι οι εξής:

- *Συνδυασμός 1:* Απλό γυαλί/Απλό γυαλί, πλαίσιο άνευ θερμικής διακοπής, διάκενο αέρας 6mm
- *Συνδυασμός 2:* Απλό γυαλί/Απλό γυαλί, πλαίσιο θερμομονωμένο, διάκενο αέρας 6mm
- *Συνδυασμός 3:* Απλό γυαλί/Επίστρωση αργύρου 1, πλαίσιο άνευ θερμικής διακοπής, διάκενο αέρας 6mm
- *Συνδυασμός 4:* Απλό γυαλί/Επίστρωση αργύρου 1, πλαίσιο θερμομονωμένο, διάκενο αέρας 6mm

Παρακάτω δίνονται οι πίτες με τα ποσοστά συμμετοχής κρυστάλλου και πλαισίου για τους τέσσερις παραπάνω συνδυασμούς.



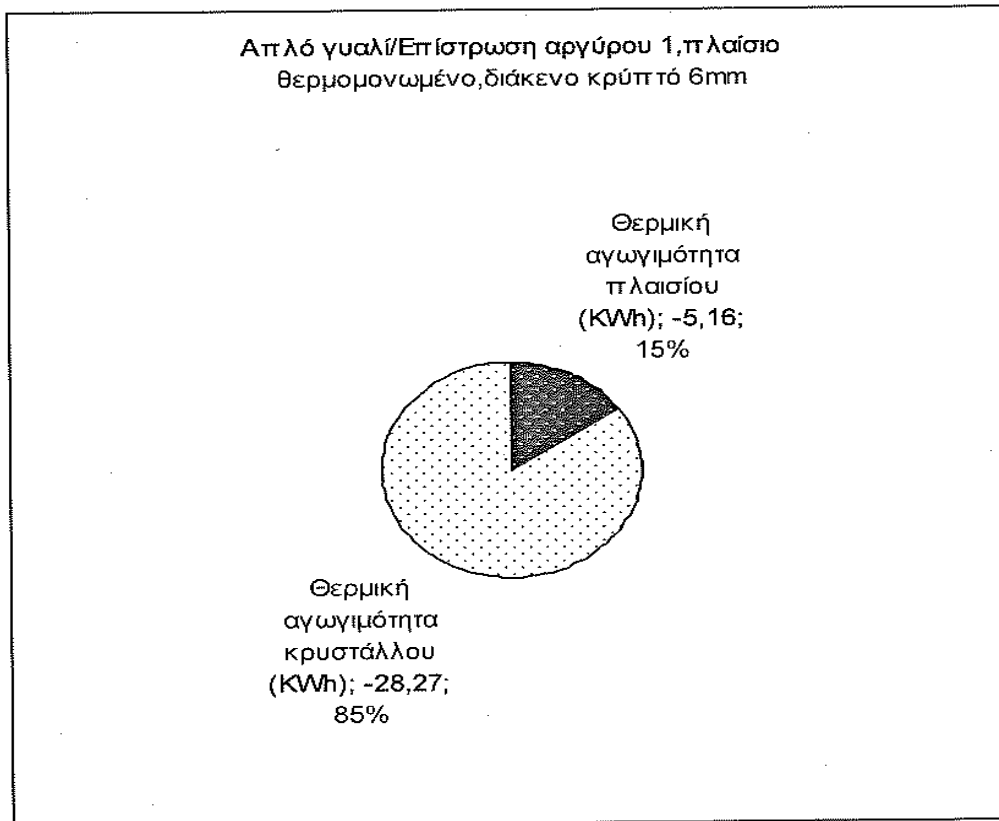
Σχήμα 5.14



Σχήματα 5.15,5.16

Από τα ποσοστά συμμετοχής κρυστάλλου και πλαισίου, φαίνεται ότι με τον συνδυασμό 1 έχουμε τις μεγαλύτερες απώλειες και με αντικατάσταση του πλαισίου το ποσοστό απωλειών για το πλαίσιο από το 38% των συνολικών απωλειών πέφτει στο 8% στον συνδυασμό 2. Με την αλλαγή τώρα του εσωτερικού κρυστάλλου στον συνδυασμό 3, με κρύσταλλο με επίστρωση και συγκρίνοντας τον με τον συνδυασμό 1 υπάρχει μείωση στο ποσοστό απωλειών από τον διπλό υαλοπίνακα από 62% των συνολικών απωλειών σε 46%. Σε ότι αφορά τον συνδυασμό 4 σε σύγκριση με τον συνδυασμό 3 παρατηρείται μεγάλη μείωση στο ποσοστό απωλειών από το πλαίσιο από 54% σε 14%.

Αν τώρα στον συνδυασμό 4 ,που είναι και ο καλύτερος από τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις, αντικατασταθεί το διάκενο αέρα από διάκενο κρυπτό προκύπτει η παρακάτω πίτα με την συμμετοχή πλαισίου και κρυστάλλου στο ποσοστό απωλειών.



Σχήμα 5.17

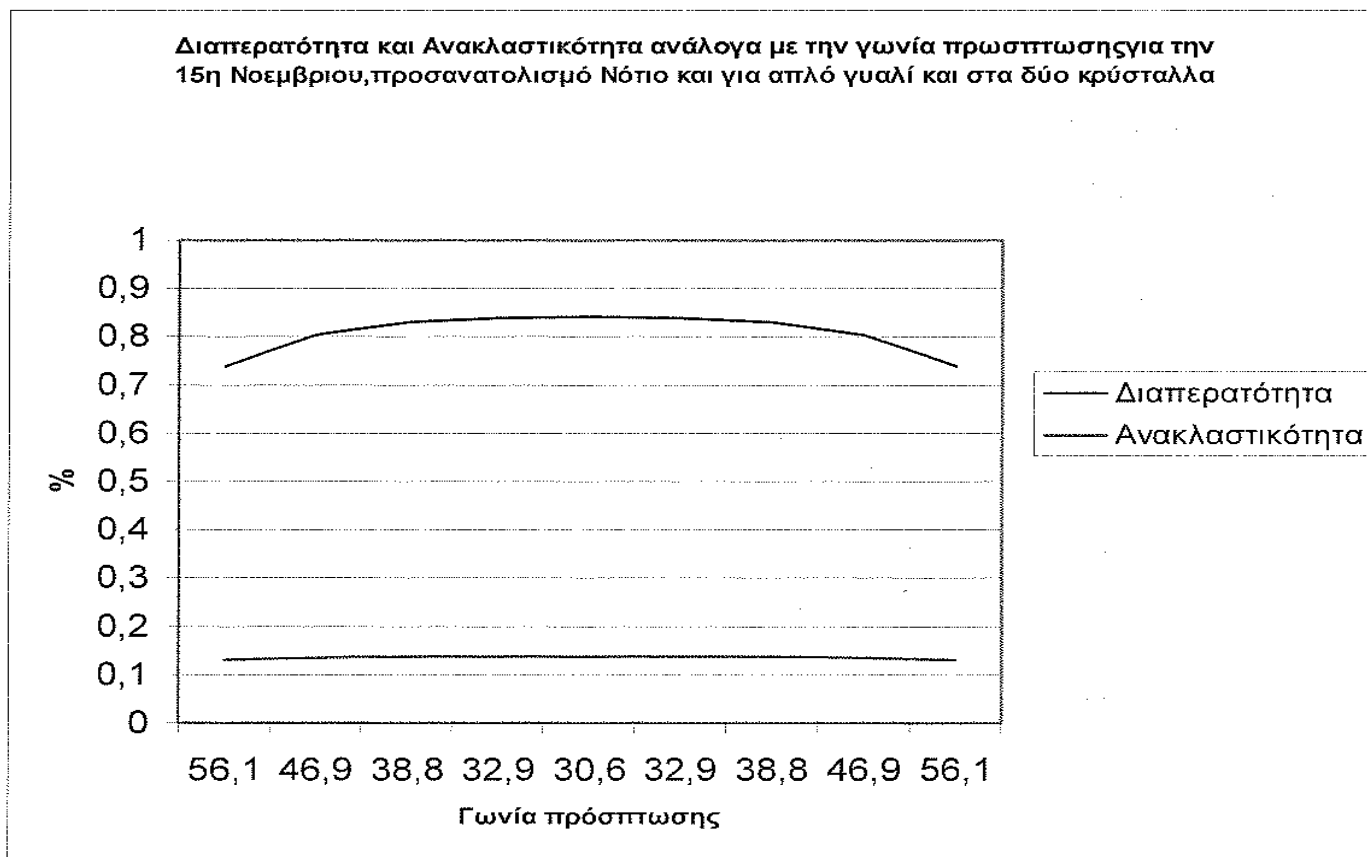
Φαίνεται ότι με την αντικατάσταση του διακένου αέρα με διάκενο κρυπτό η μείωση στο ποσοστό απωλειών του κρυστάλλου παρουσιάζει πολύ μικρή μείωση της τάξης του 1%. Άρα κρίνεται καλύτερη η αντικατάσταση ενός εσωτερικού υαλοπίνακα με κάποιον υαλοπίνακα με επίστρωση παρά η αντικατάσταση του αερίου διακένου.

6 Ανάλυση οπτικών ιδιοτήτων διπλού υαλοπίνακα

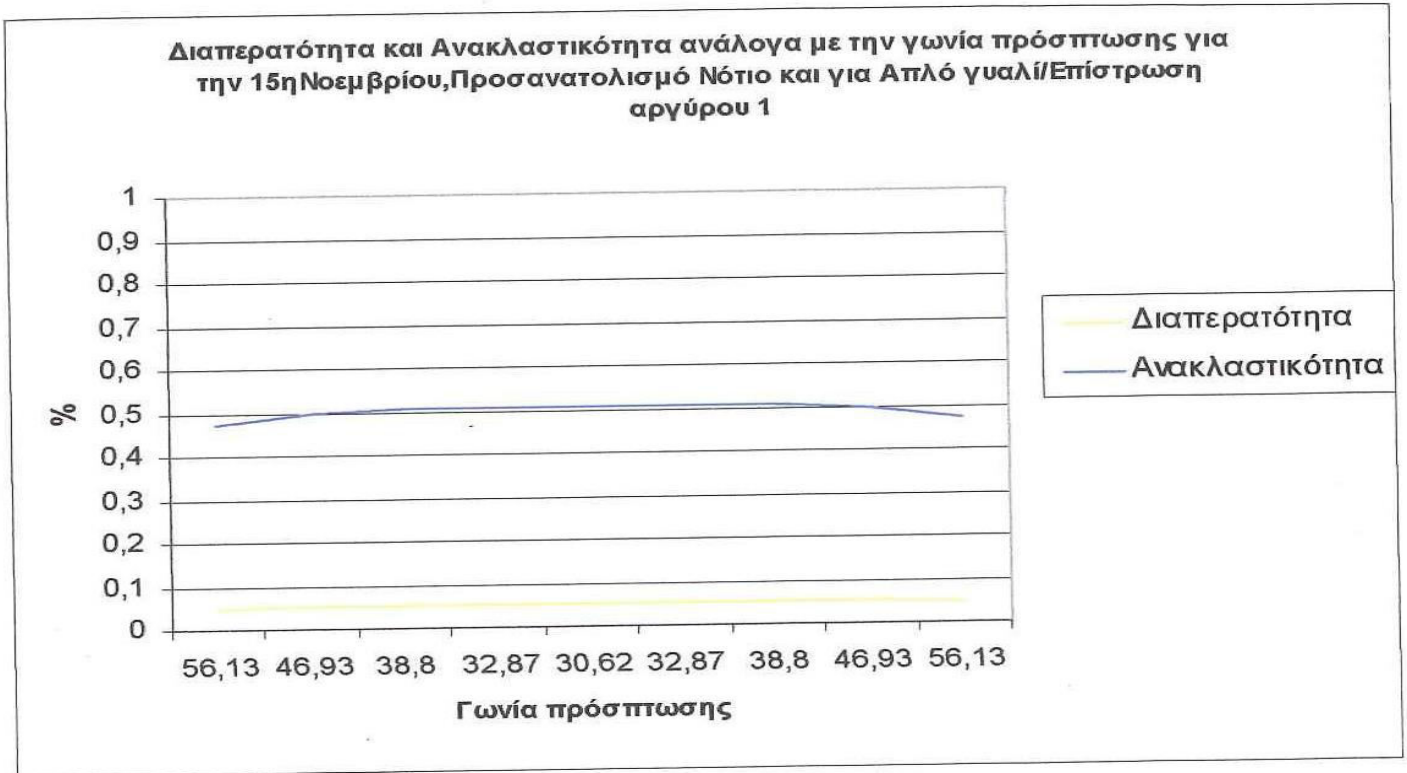
6.1 Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται ανάλυση των ιδιοτήτων ενός διπλού υαλοπίνακα σε ότι αφορά της συνιστώσες της ηλιακής γεωμετρίας. Πρώτα, θα αναφερθούν τα αποτελέσματα των οπτικών ιδιοτήτων ενός διπλού υαλοπίνακα, όπως η ανακλαστικότητα και η διαπερατότητα, που έχουν κάποια είδη υαλοπινάκων καθώς και την συμπεριφορά τους για κάποιες μέρες του έτους και για διαφορετικούς προσανατολισμούς ανοίγματος.

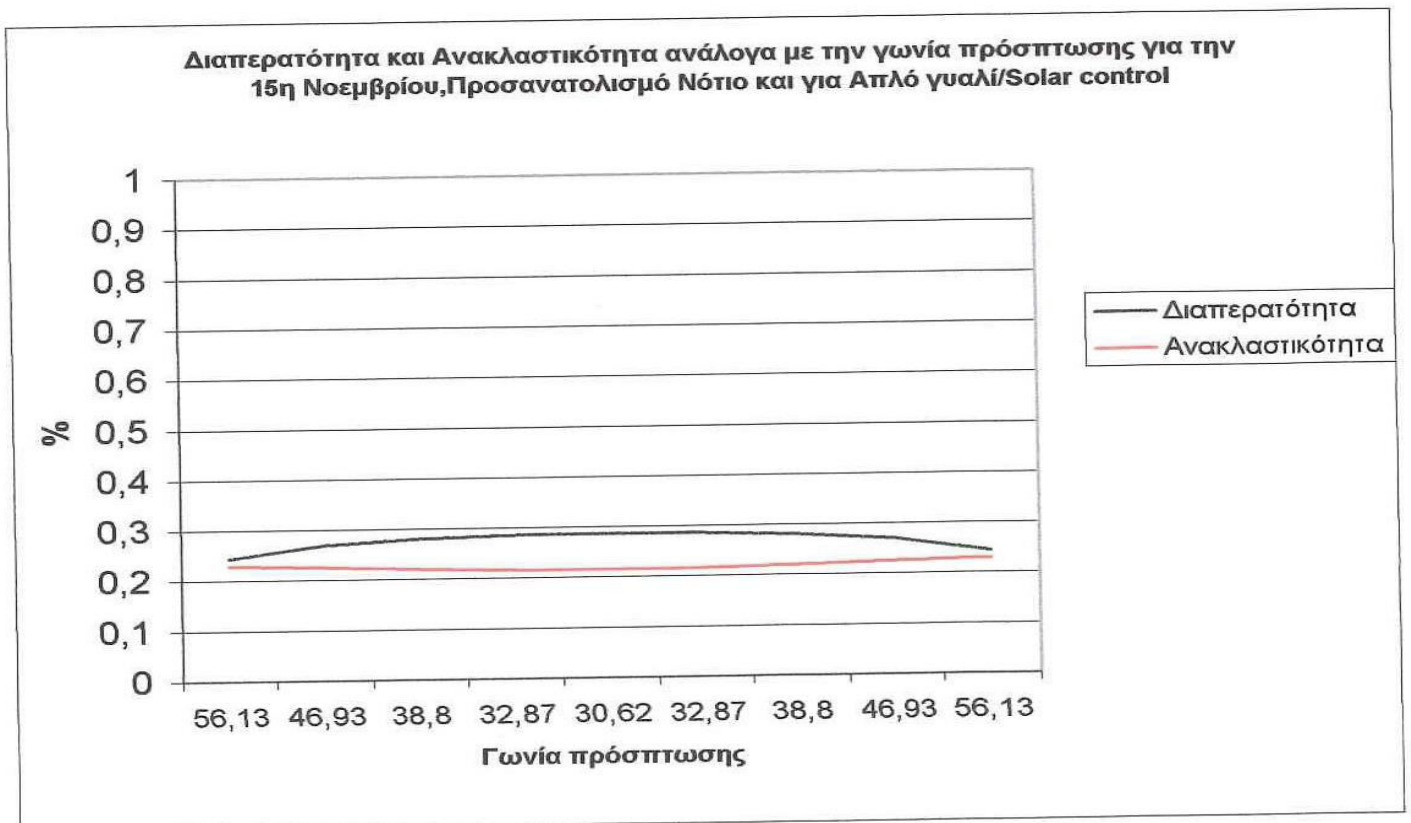
Εξετάζεται λοιπόν, η συμπεριφορά ενός διπλού υαλοπίνακα στην διαπερατότητα και ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας για την 15η Νοεμβρίου, για νότιο προσανατολισμό και για εξωτερικό υαλοπίνακα πάντα απλό γυαλί, ενώ για τον εσωτερικό υαλοπίνακα χρησιμοποιούνται τρεις επιλογές. Αυτές είναι το απλό γυαλί, γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 και solar control. Τα διαγράμματα διαπερατότητας και ανακλαστικότητας φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 6.1



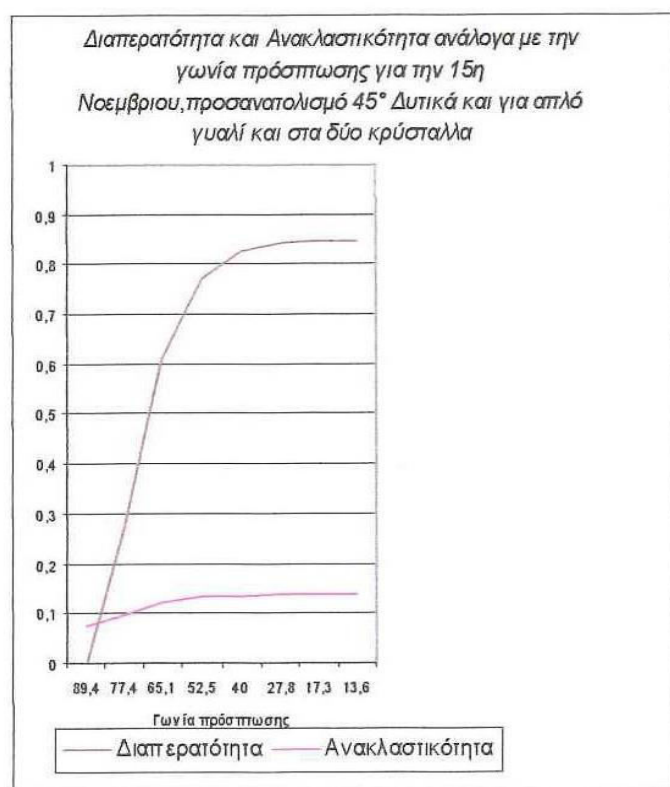
Σχήμα 6.2



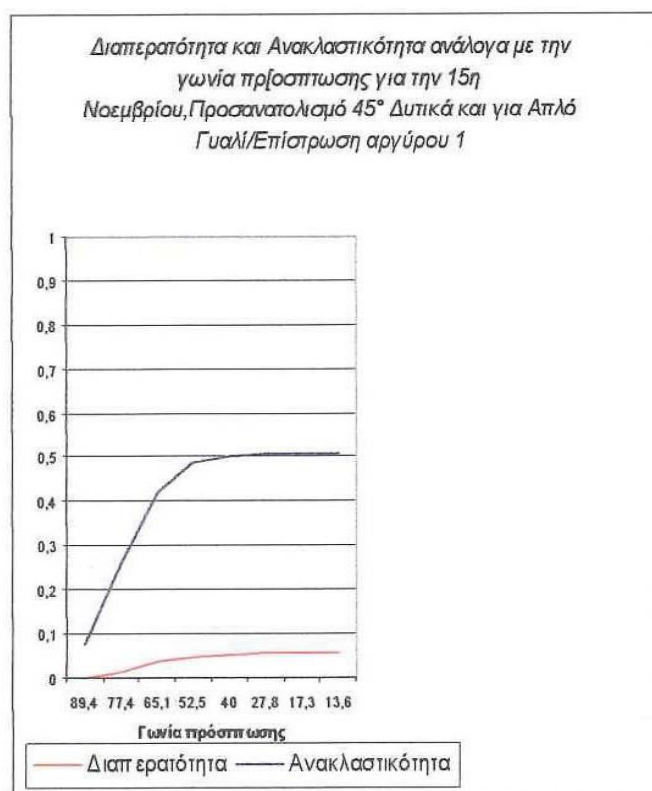
Σχήμα 6.3

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι, όταν χρησιμοποιείται απλό γυαλί σαν εσωτερικός υαλοπίνακας, η διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία -σαν ποσοστό- είναι μεγαλύτερο απ' ό τι αν τοποθετηθεί στην θέση του ένας ανακλαστικός υαλοπίνακας. Ειδικά στην περίπτωση του γυαλιού με επίστρωση αργύρου 1, η διαπερατότητα παίρνει πολύ χαμηλές τιμές σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις ενώ η ανακλαστικότητα φτάνει μέχρι και το 50%. Είναι αξιοσημείωτο ότι με το solar control παρατηρείται μια συμμετρία στην διαπερατότητα και ανακλαστικότητα.

Επίσης, παρακάτω δίνεται η διακύμανση της ανακλαστικότητας και διαπερατότητας για διπλό υαλοπίνακα απλό γυαλί/απλό γυαλί και απλό γυαλί/επίστρωση αργύρου 1 για προσανατολισμό 45° Δυτικά.



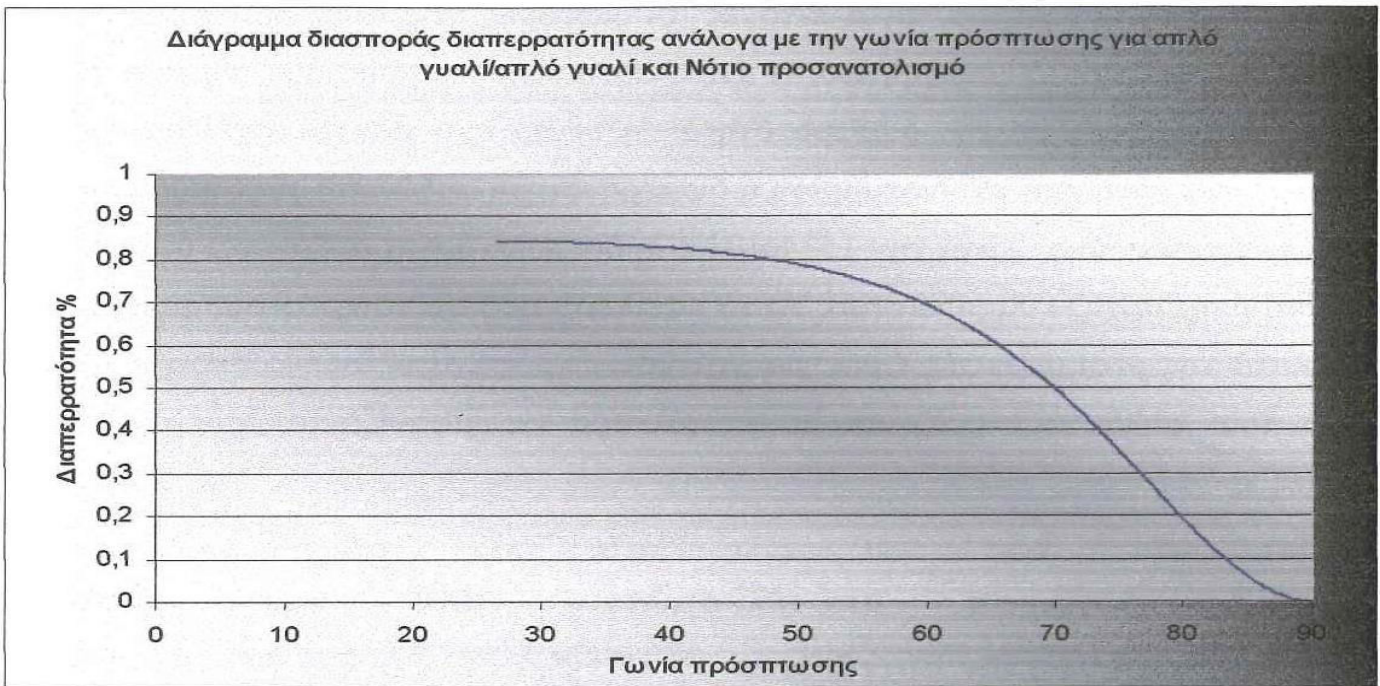
Σχήμα 6.4



Σχήμα 6.5

Όπως και πιο πάνω, έτσι και εδώ φαίνεται καθαρά η διαφορά που έχουν οι δύο εσωτερικοί υαλοπίνακες σε διαπερατότητα και ανακλαστικότητα. Το απλό γυαλί παρουσιάζει υψηλές τιμές διαπερατότητας ενώ το γυαλί με επίστρωση αργύρου 1 παρουσιάζει υψηλές τιμές ανακλαστικότητας.

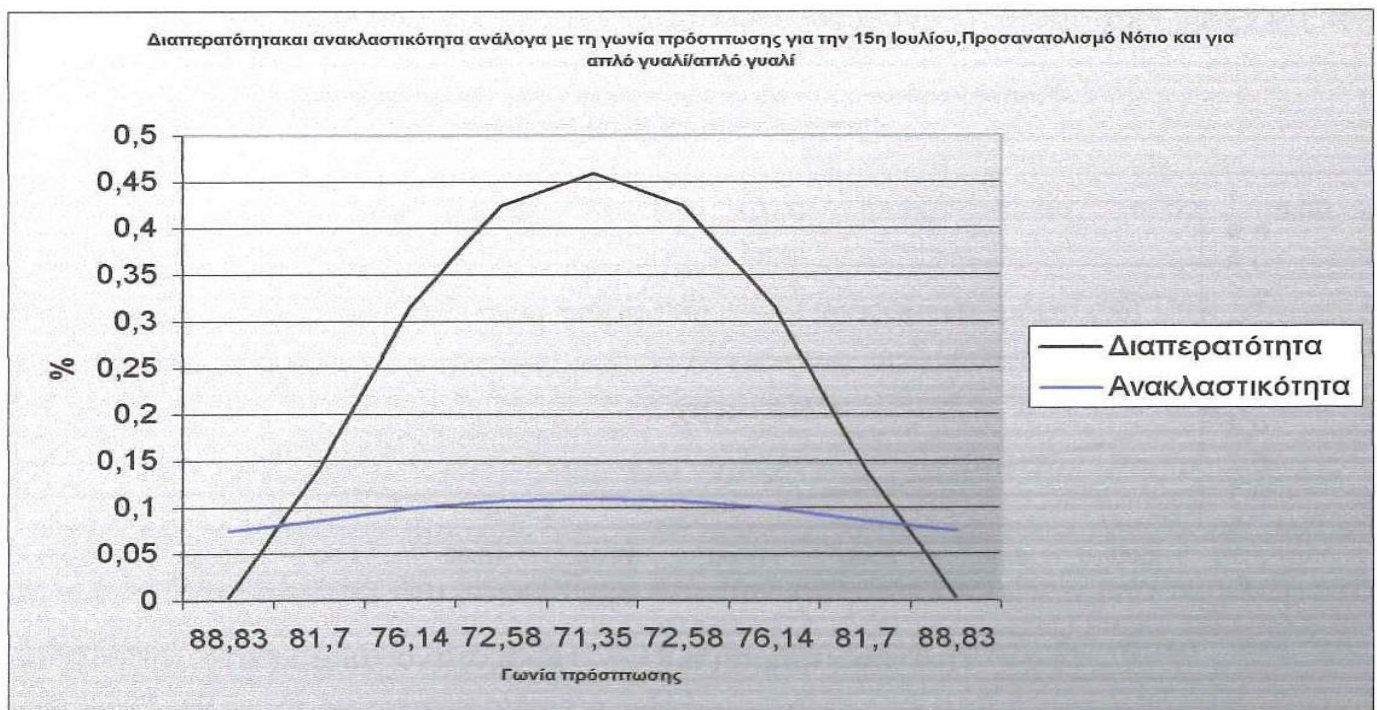
Όσο πιο μικρή είναι η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαπερατότητα σε αυτήν για έναν διπλό υαλοπίνακα. Το παρακάτω διάγραμμα διασποράς δείχνει πως κυμαίνεται η διαπερατότητα για έναν ολόκληρο χρόνο ως προς την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας



Σχήμα 6.6

Ιδιαίτερα για νότιο προσανατολισμό και κατά τις μεσημεριανές ώρες ,η διαπερατότητα λαμβάνει υψηλές τιμές κατά την χειμερινή περίοδο ,γιατί ο ήλιος βρίσκεται πιο χαμηλά στον ορίζοντα.

Κατά την διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας, η διαπερατότητα και η ανακλαστικότητα έχουν διαφορετική συμπεριφορά και αυτό φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα για την 15^η Ιουλίου.



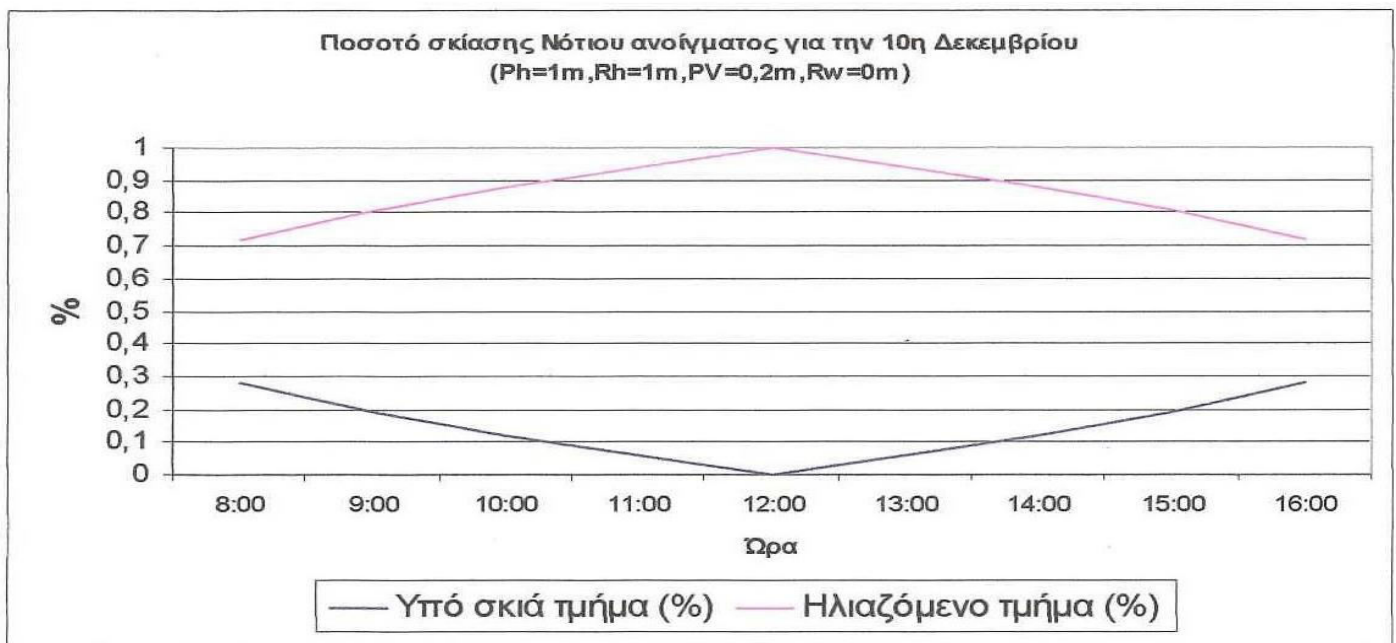
Σχήμα 6.7

Από το διάγραμμα, είναι έντονες οι διαφορές στις τιμές σε σχέση με αυτές που είχαμε για την 15^η Νοεμβρίου. Η ανακλαστικότητα παρουσιάζει περίπου τις ίδιες τιμές, σε αντίθεση με τη διαπερατότητα η οποία έχει μειωθεί σχεδόν στο μισό. Επίσης, ενώ κατά την 15^η Νοεμβρίου η διαπερατότητα αυξάνεται για μικρές τιμές της γωνίας πρόσπτωσης, κατά την 15^η Ιουλίου η διαπερατότητα αυξάνεται όταν η γωνία πρόσπτωσης αρχίζει να μειώνεται. Αυτό οφείλεται στο ότι τους καλοκαιρινούς μήνες και κατά της μεσημεριανές ώρες για ένα νότια προσανατολισμένο άνοιγμα ο ήλιος είναι πιο ψηλά στον ορίζοντα με αποτέλεσμα να εμφανίζονται και μεγαλύτερες γωνίες πρόσπτωσης.

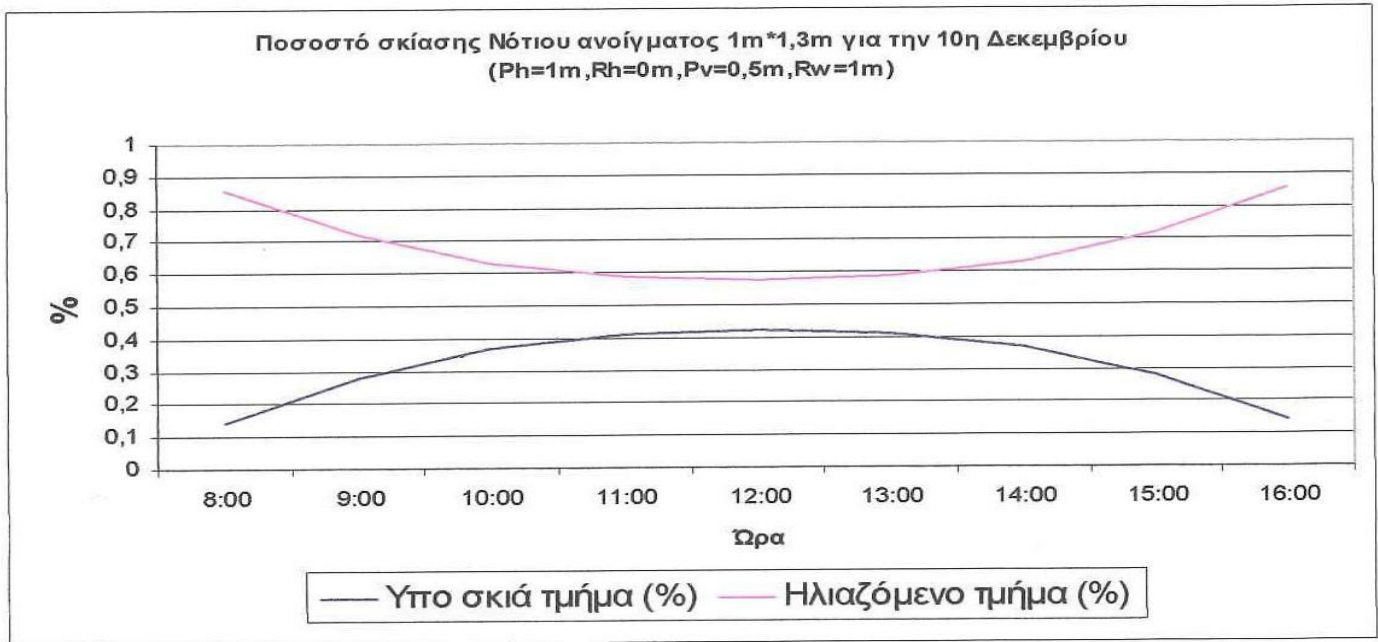
6.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων

Παρακάτω, θα μελετηθεί η συμπεριφορά ενός παραθύρου ως προς τον τρόπο που αυτό σκιάζεται. Ο σκιασμός ενός ανοίγματος εξαρτάται από την γεωμετρία των κάθετων σκιαδίων, οριζόντιων προβόλων καθώς και από τον προσανατολισμό του ανοίγματος.

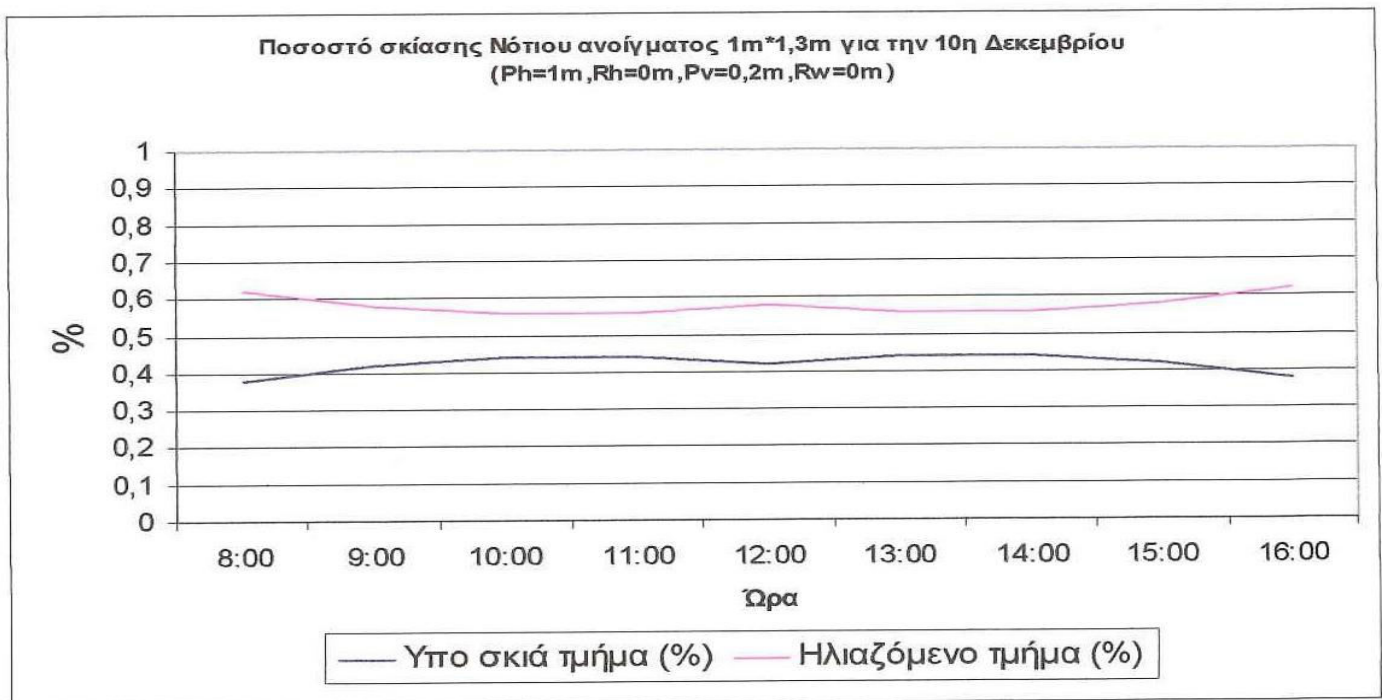
Δίνονται τρία διαγράμματα όπου φαίνεται το ποσοστό του σκιαζόμενου και ηλιαζόμενου τμήματος του παραθύρου για τις ώρες που υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, και για τρεις διαφορετικές διατάξεις σκιασμού για την 10^η Δεκεμβρίου.



Σχήμα 6.8



Σχήμα 6.9



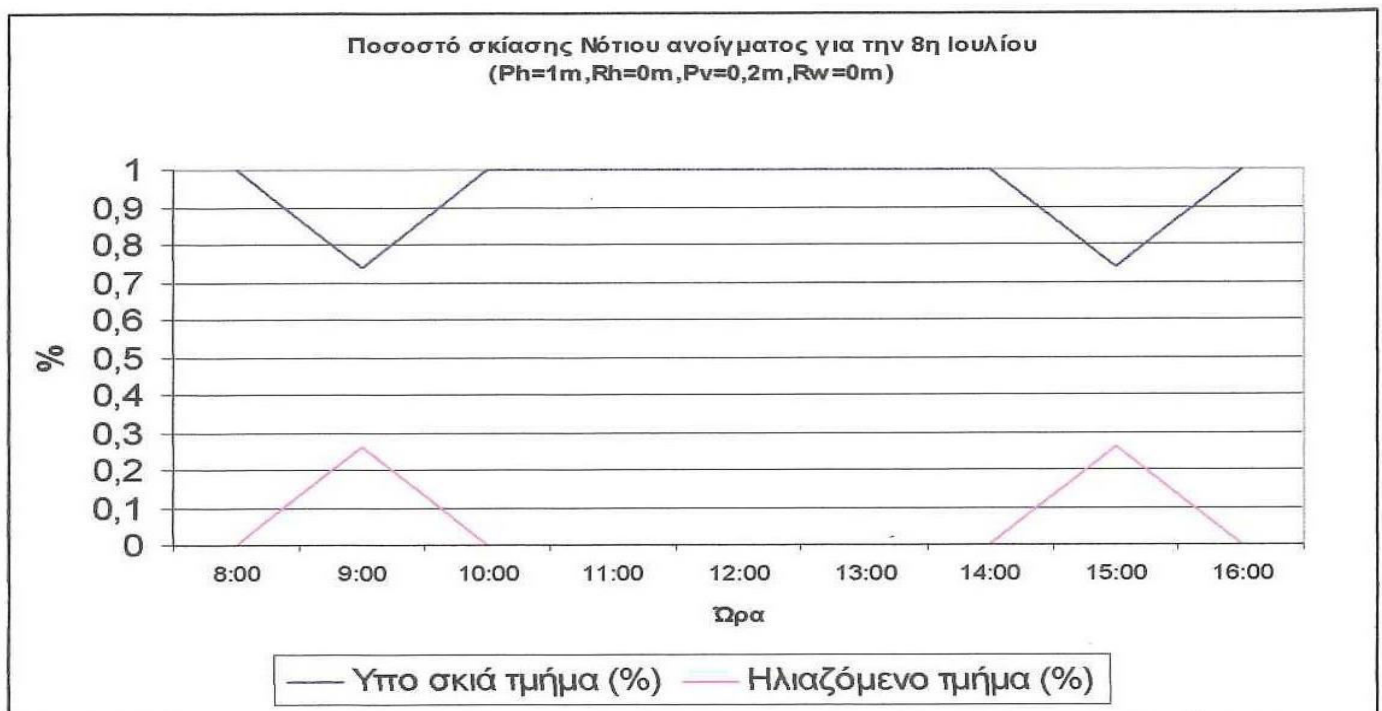
Σχήμα 6.10

Όπου Ph είναι το μήκος του οριζόντιου προβόλου, Pv το μήκος το κατακόρυφων σκιαδίων και Rh, Rw η απόσταση του οριζόντιου προβόλου από την πάνω οριζόντια πλευρά του παραθύρου και των κάθετων σκιαδίων από τα πλάγια του παραθύρου αντιστοίχως. Επειδή κατά την χειμερινή περίοδο αυτό που είναι επιθυμητό είναι να μεγιστοποιείται η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, γιατί αν μεγιστοποιήσουμε το ηλιακό κέρδος, από τα διαγράμματα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο

ποσοστό ηλιαζόμενου τμήματος του παραθύρου στην διάρκεια όλης της ημέρας ,συμβαίνει με την πρώτη ηλιοπροστατευτική διάταξη, όπου φτάνει και μέχρι τον πλήρη ηλιασμό στις 12 η ώρα το μεσημέρι ,όταν ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο.

Στην πρώτη ηλιοπροστατευτική διάταξη, το ποσοστό του ηλιαζόμενου τμήματος κατά τις πρωινές ώρες αυξάνεται, ενώ στην δεύτερη διάταξη σκιασμού το ποσοστό του ηλιαζόμενου τμήματος μειώνεται μέχρι τις 12 το μεσημέρι ,όπου παίρνει μια τιμή κοντά στο 60% της συνολικής επιφάνειας του παραθύρου. Όσον αφορά στην τρίτη διάταξη σκιασμού, παρουσιάζει περίπου τις ίδιες τιμές για το υπό σκιά και το ηλιαζόμενο τμήμα αντίστοιχα κατά την διάρκεια όλης της ημέρας.

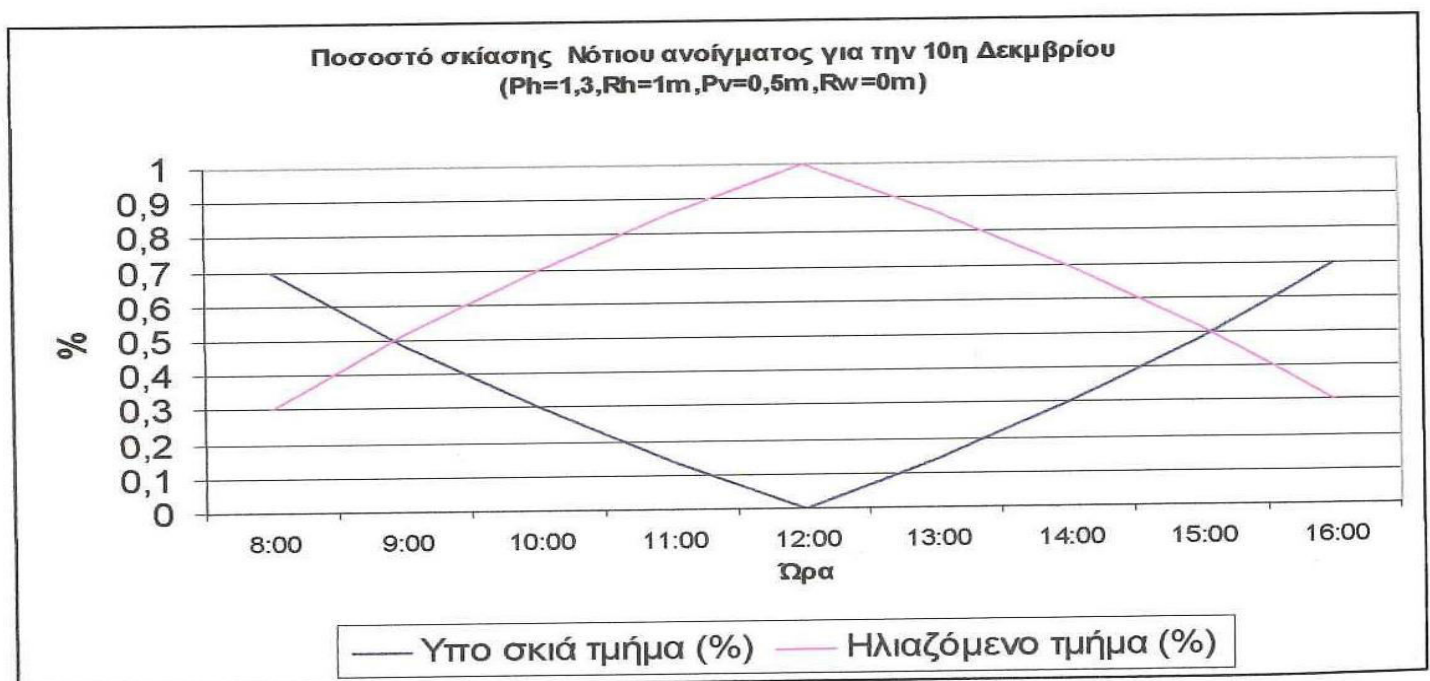
Από τη άλλη μεριά, τους καλοκαιρινούς μήνες πρέπει να υπάρχει τέτοια διάταξη σκιασμού, ώστε να σκιάζεται ένα παράθυρο ειδικά κατά τις μεσημεριανές ώρες, οπότε και παρατηρείται η μεγαλύτερη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας και να μην υπάρχει θερμική καταπόνηση του εσωτερικού χώρου λόγω αύξησης της θερμοκρασίας. Η ίδια διάταξη σκιασμού, όπως στην πρώτη περίπτωση που υπήρχε πιο πάνω, φαίνεται πως λειτουργεί κατά την καλοκαιρινή μέρα της 8^{ης} Ιουλίου στο παρακάτω διάγραμμα.



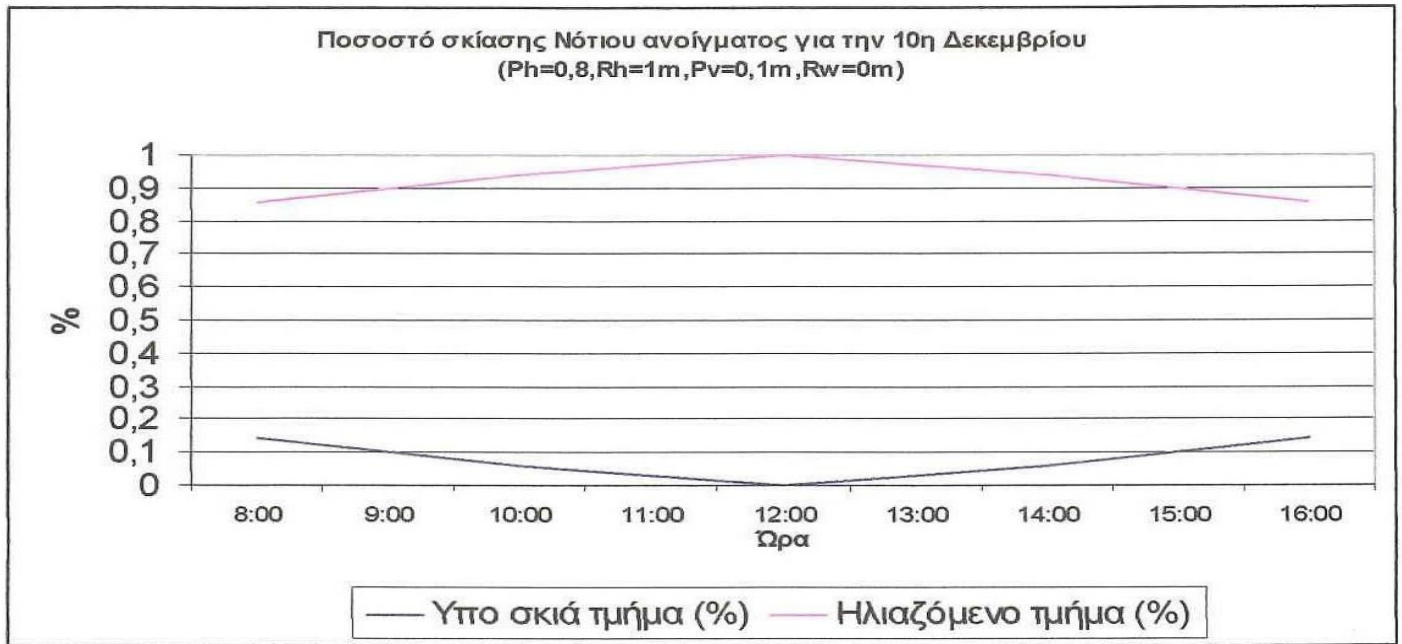
Σχήμα 6.11

Από τα διάγραμμα, φαίνεται ότι υπάρχει ικανοποιητική σκίαση ακόμα και κατά τις μεσημεριανές ώρες 14:00 με 16:00 και υπάρχει πλήρης σκίασμός από τις 11:00 μέχρι της 13:00. Δηλαδή αυτή η ηλιοπροστατευτική διάταξη με τα παραπάνω γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όχι μόνο επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την χειμερινή περίοδο, αλλά προσφέρει και ικανοποιητική σκίαση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ειδικά κατά την καλοκαιρινή περίοδο μια τέτοια διάταξη σκίασμού προσφέρει πλήρη σκίαση καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας για όλες σχεδόν της μέρες της περιόδου αυτής.

Με βάση πάντα την πρώτη διάταξη σκίασμού (πρώτο διάγραμμα), θα γίνει ανάλυση της αλλαγής που θα προκύψει αν διατηρηθούν οι αποστάσεις που απέχουν οι κάθετοι και οριζόντιοι πρόβολοι και αλλάξουν τα μήκη των προβόλων αυτών. Προκύπτουν δύο περιπτώσεις, όπου στην πρώτη αυξάνεται το μήκος των προβόλων και στην δεύτερη μειώνεται το μήκος των προβόλων. Τα αντίστοιχα διαγράμματα φαίνονται παρακάτω.



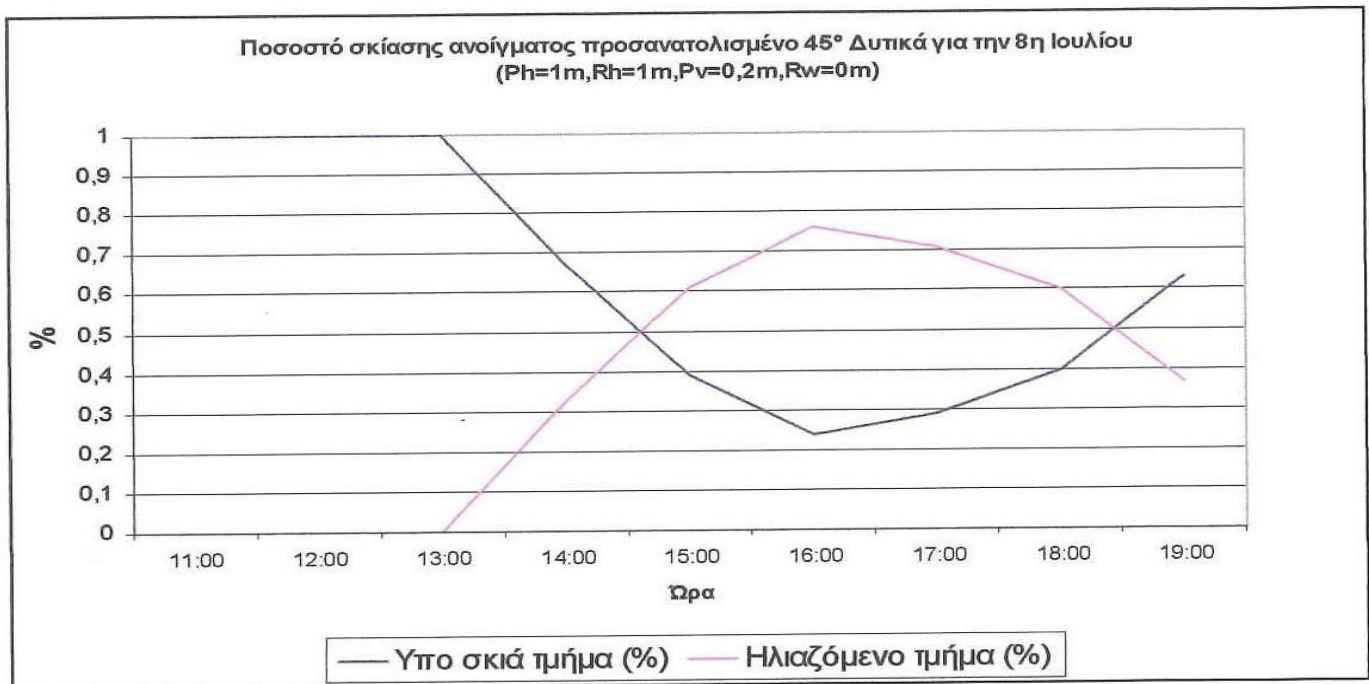
Σχήμα 6.12



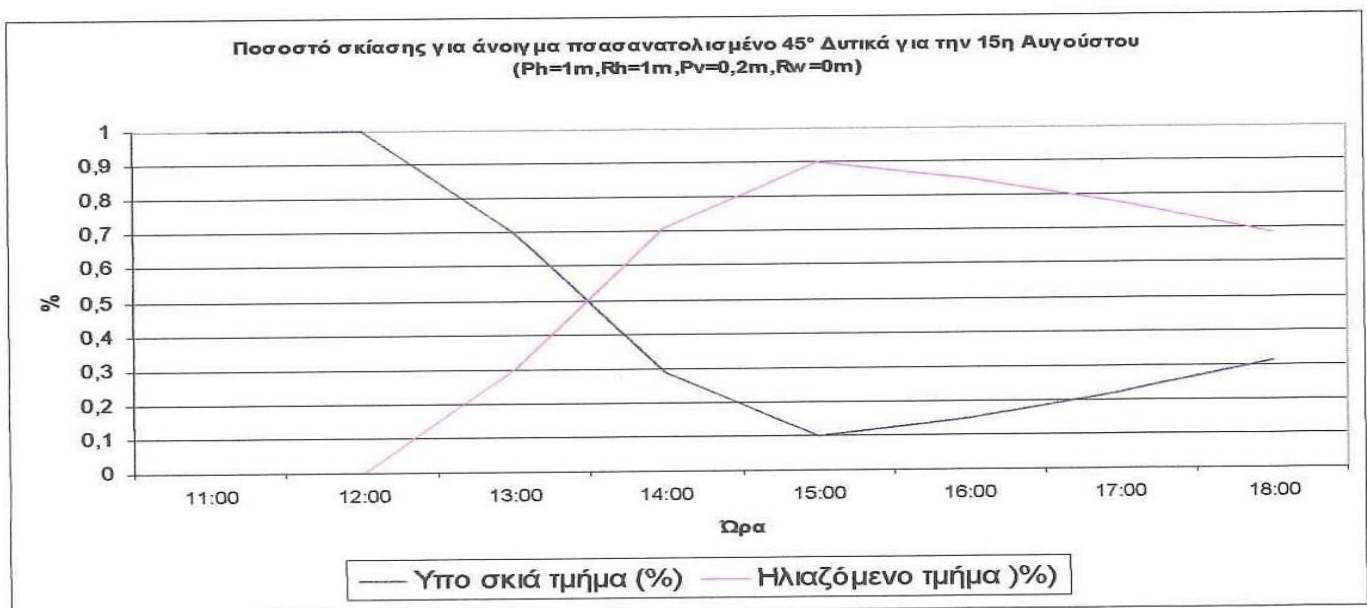
Σχήμα 6.13

Παρατηρείται ότι με την αύξηση του μήκους των προβόλων, το ποσοστό του ηλιαζόμενου τμήματος επί του παραθύρου μειώνεται και αντίστοιχα μεγαλώνει το ποσοστό του υπό σκιά τμήματος. Με την μείωση όμως του μήκους των προβόλων, προκύπτει ένα διάγραμμα που είναι σχεδόν ίδιο, αλλά παρουσιάζει καλύτερες τιμές για το ηλιαζόμενο τμήμα με αυτό που γίνεται η σύγκριση, δηλαδή με την αρχική περίπτωση του σκιασμού.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες πρέπει να ελαχιστοποιείται η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα άνοιγμα και ειδικά όταν αυτό είναι προσανατολισμένο δυτικά, γιατί κατά τις μεσημβρινές ώρες την μεγαλύτερη θερμική καταπόνηση τη δέχεται η δυτική όψη ενός κτιρίου. Δίνονται τα διαγράμματα παραθύρου που αποτελείται από οριζόντιο πρόβολο μήκους 1m και απόστασης 1m από το παράθυρο και κάθετων προβόλων 0,2m για την 8^η Ιουλίου και 15^η Αυγούστου.



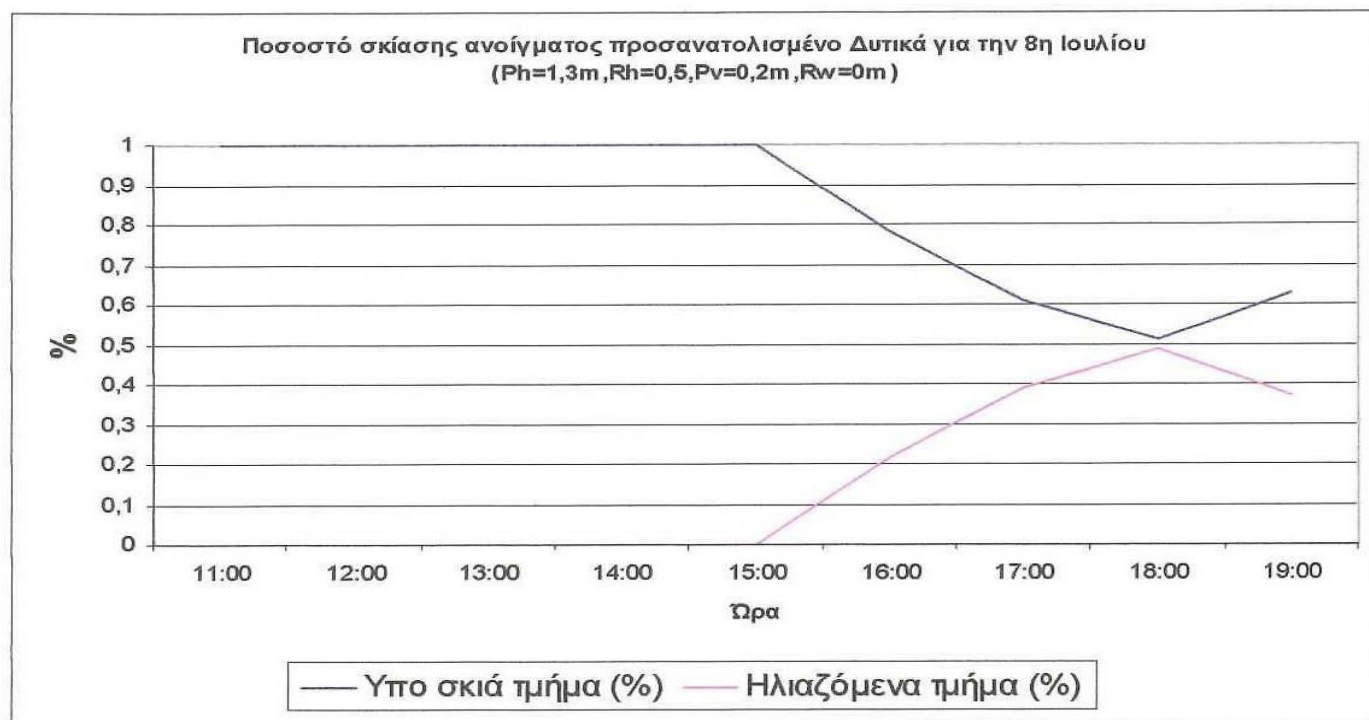
Σχήμα 6.14



Σχήμα 6.15

Από τα διαγράμματα παρατηρείται, ότι η παραπάνω διάταξη σκιασμού δεν έχει και πολύ καλή συμπεριφορά κατά τις μεσημεριανές ώρες γιατί δίνει μεγάλα ποσοστά για το ηλιαζόμενο τμήμα του παραθύρου τις μεσημεριανές ώρες : 70%, 90%, 80% για τις ώρες 14:00, 15:00, 16:00 αντίστοιχα για την 15^η Αυγούστου και 40%, 60%, 80% για τις ώρες 14:00, 15:00, 16:00 αντίστοιχα για την 8^η Ιουλίου, όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι και η πιο μεγάλη για μια καλοκαιρινή ημέρα τις συγκεκριμένες ώρες.

Με την χρησιμοποίηση τώρα οριζόντιου προβόλου 1,3m και σε απόσταση 0,5m από το παράθυρο και με σταθερούς τους κάθετους προβόλους, όπως προηγουμένως προκύπτει το εξής διάγραμμα για την 8^η Ιουλίου.



Σχήμα 6.16

Με την αύξηση του μήκους του οριζόντιου προβόλου και την μείωση της απόστασής του από το παράθυρο, παρατηρείται πολύ καλή συμπεριφορά σε ότι αφορά τον σκιασμό του παραθύρου τις μεσημεριανές ώρες της ημέρας.

7 Θερμική αγωγιμότητα και ηλιακό κέρδος

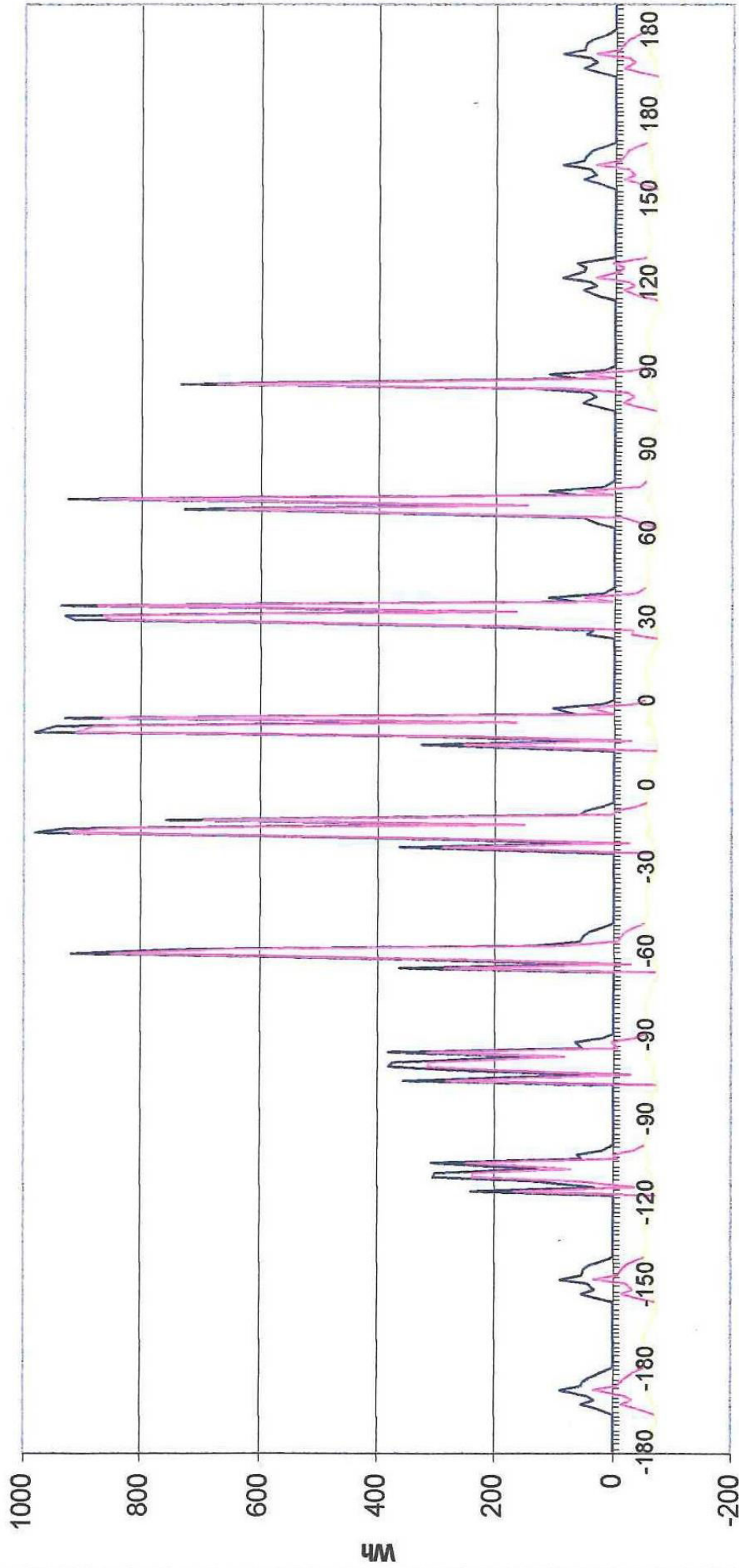
7.1 Άθροισμα ενεργειακών ροών σε έναν διπλό υαλοπίνακα

Το άθροισμα των ενεργειακών ροών σε έναν διπλό υαλοπίνακα, δίνει τη δυνατότητα να ελεγχθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, η συμπεριφορά ενός παραθύρου με ή χωρίς σκίαση κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο. Όπως έχει παρατηρηθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, το ενεργειακό άθροισμα σε έναν διπλό υαλοπίνακα αποτελείται από την αγωγιμότητα και από το ηλιακό του κέρδος, το οποίο βασίζεται στην ηλιακή γεωμετρία και τον προσανατολισμό του.

Παρακάτω, δίδονται δύο διαφορετικοί τύποι παραθύρων και εξετάζεται η συμπεριφορά τους σε αγωγιμότητα και ηλιακό κέρδος, για δύο τυχαίες μέρες του έτους (μια χειμερινή και μια θερινή). Η συμπεριφορά κάθε παραθύρου στην αγωγιμότητα και το ηλιακό κέρδος παρουσιάζεται σε διαγράμματα.

Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζεται ένας διπλός υαλοπίνακας με εξωτερικό και εσωτερικό κρύσταλλο απλό γυαλί, πλαίσιο αλουμίνιο με ενίσχυση βινυλίου, με διάκενο αέρα 4mm και εμβαδόν $1m * 1,3m$. Οι ενεργειακές ροές υπολογίζονται για την 20^η Δεκεμβρίου και την 8^η Αυγούστου, για όλους τους προσανατολισμούς. Τα αντιπροσωπευτικά διαγράμματα παρουσιάζονται στη συνέχεια :

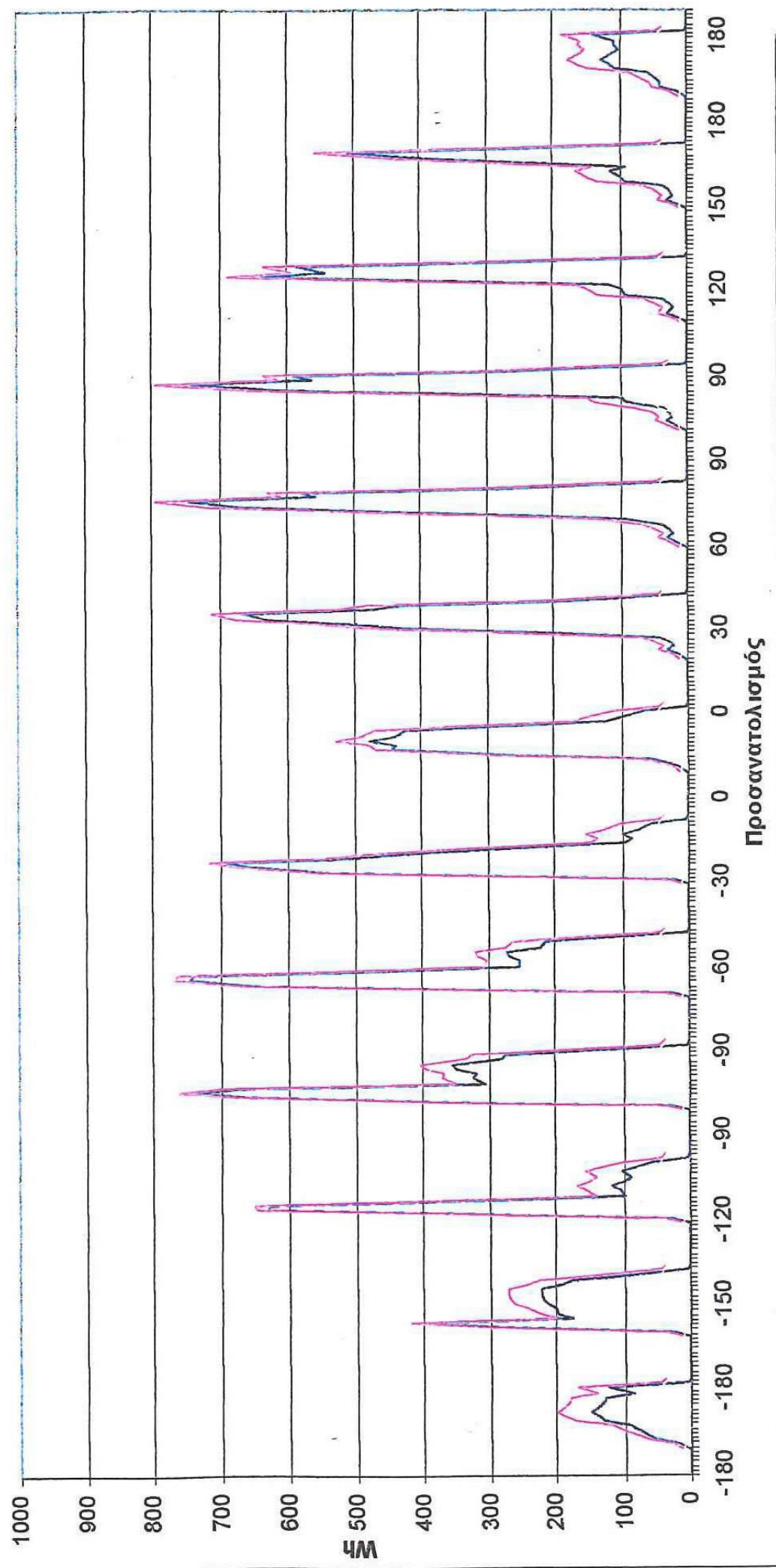
Ενεργειακές ροές για την 20 Δεκεμβρίου



Προσανατολισμός

— Ηλιακό κέρδος χωρίς σκίασμό (Wh) — Ηλιακό κέρδος χωρίς σκίασμό (Wh) Ροή από αγωγιμότητα (Wh)

Ενεργειακές ροές για την 8η Αυγούστου



— Ηλιακό κέρδος χωρίς σκίασμό (Wh) — Συνολική ροή (ηλιακό κέρδος χωρίς σκίασμό μείον την αγωγιμότητα) Ροή απ ό αγωγιμότητα (Wh)

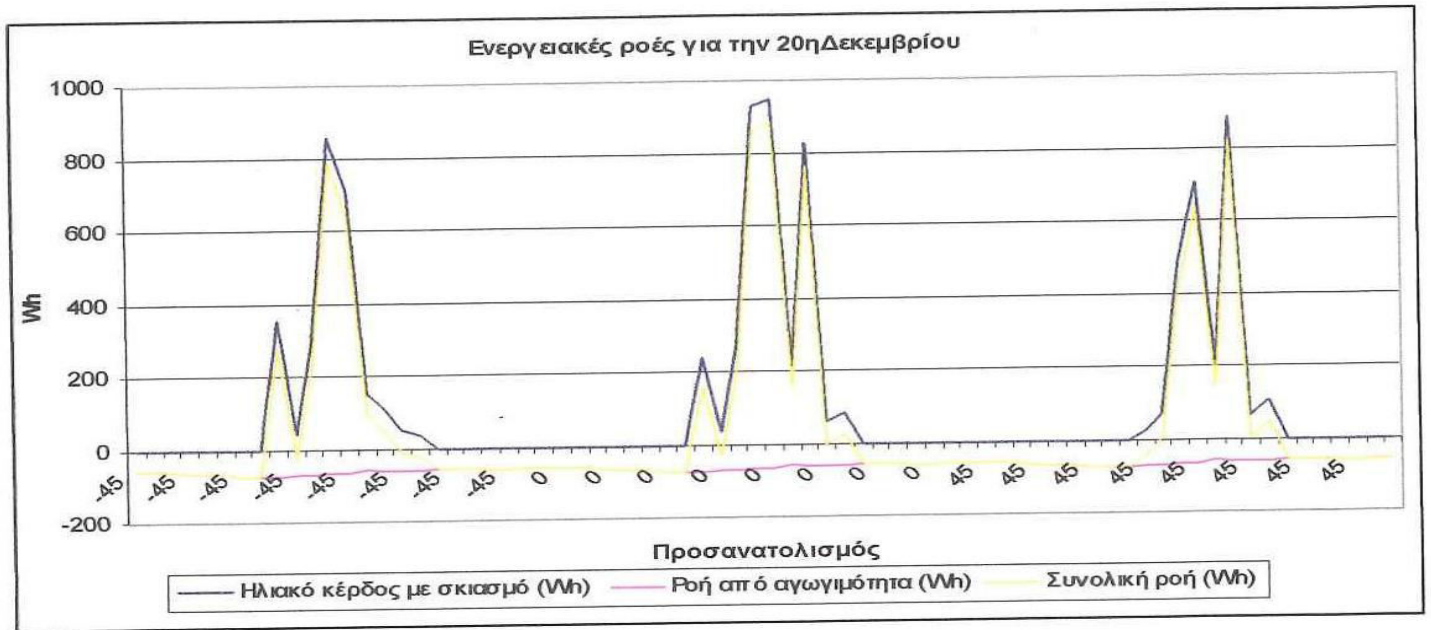
Από τα διαγράμματα, παρατηρείται ότι για την 20^η Δεκεμβρίου το ηλιακό κέρδος είναι αρκετά σημαντικό, χωρίς όμως να χρησιμοποιείται κάποια διάταξη σκιασμού και για προσανατολισμό $\pm 60^\circ$ από το νότο. Όσο όμως μεγαλύτερη είναι η απόκλιση από τον νότο, τόσο μικρότερο είναι το ηλιακό κέρδος το οποίο στο σύνολο του οφείλεται στην διάχυτη ακτινοβολία και όχι τόσο στην άμεση. Οι τιμές που προκύπτουν για την αγωγιμότητα είναι σταθερές κατά την διάρκεια της ημέρας, λόγω του ότι η αγωγιμότητα δεν εξαρτάται από τον προσανατολισμό του παραθύρου.

Γενικά κατά την χειμερινή περίοδο, η αγωγιμότητα παίρνει αρνητικές τιμές καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και για τις ώρες χωρίς ηλιοφάνεια, το άθροισμα της συνολικής ροής έχει αρνητική τιμή. Για την 8^η Αυγούστου (που είναι μέρα της καλοκαιρινής περιόδου) το ηλιακό κέρδος είναι επίσης σε αρκετά υψηλές τιμές, για όλους σχεδόν τους προσανατολισμούς, γεγονός ανεπιθύμητο διότι θα προκύψει θερμική επιβάρυνση του εσωτερικού χώρου με αύξηση της θερμοκρασίας του. Επίσης η αγωγιμότητα κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι θετική, δηλαδή η ροή θερμότητας είναι από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο.

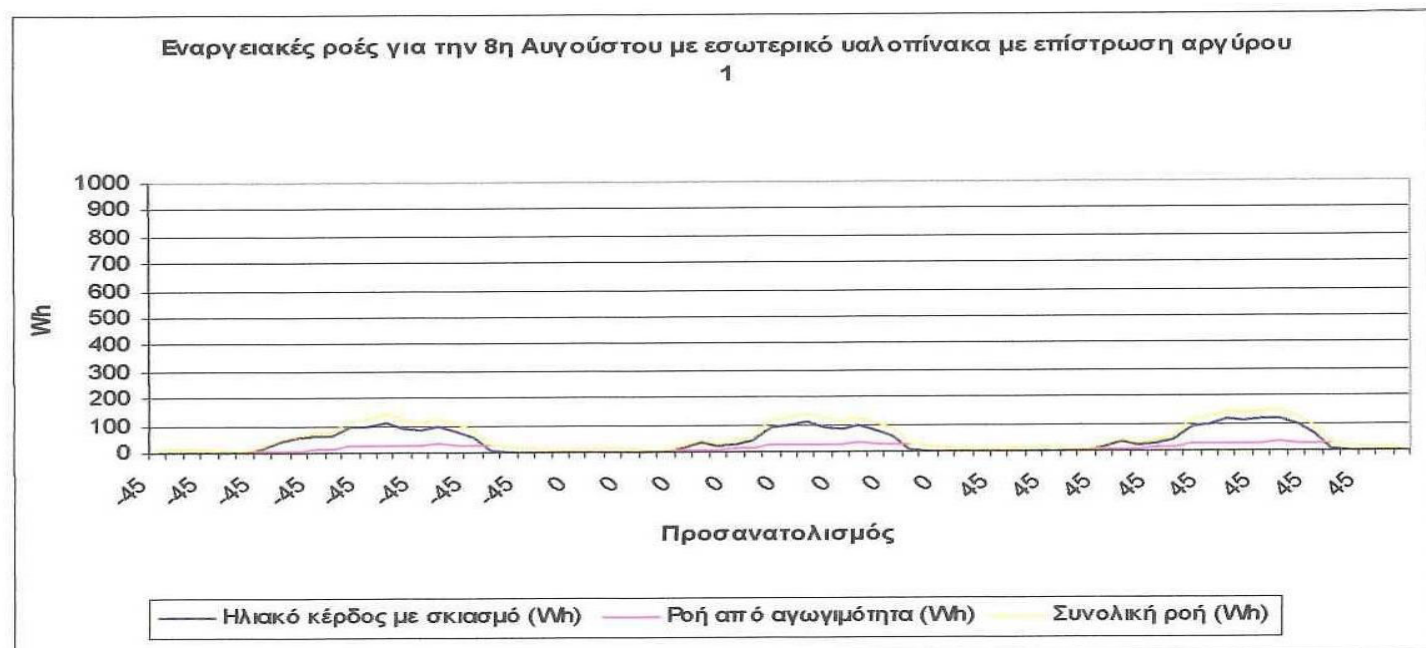
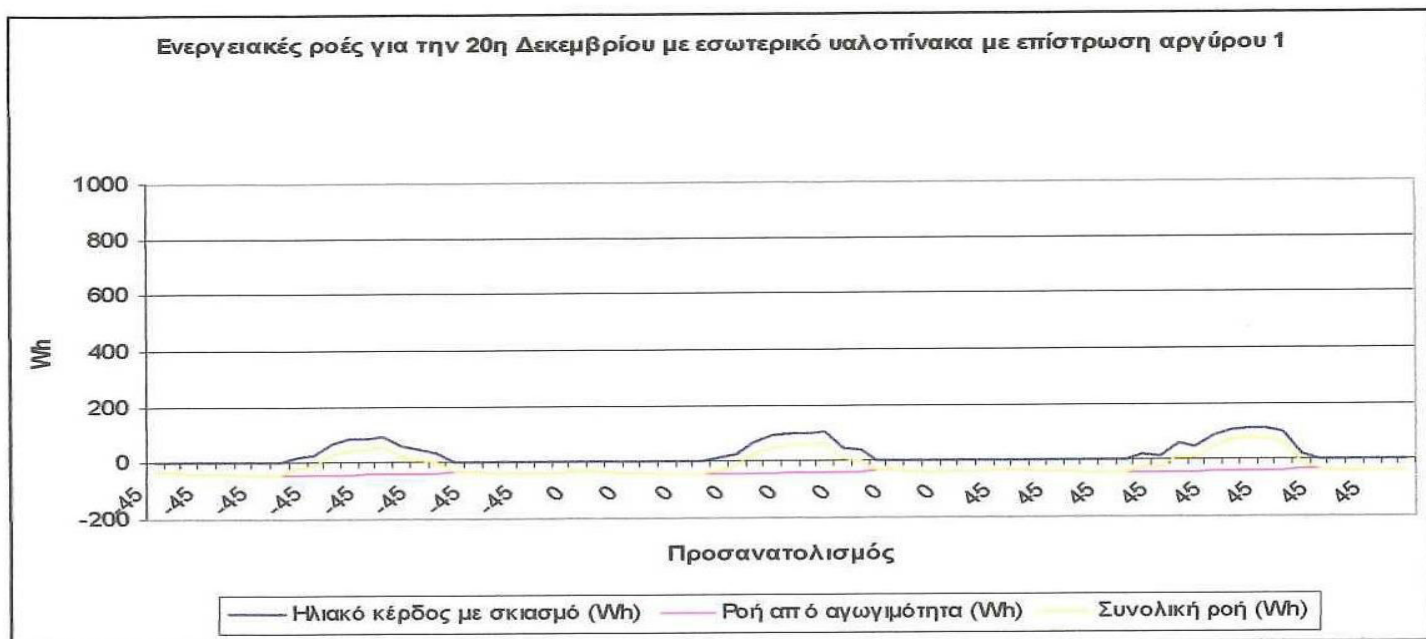
7.2 Αντικατάσταση εσωτερικού υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου και τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικής διάταξης

Έπειτα, γίνεται ανάλυση του τι θα συμβεί στην ροή από αγωγιμότητα και στο ηλιακό κέρδος, αν αντικατασταθεί ο εσωτερικός υαλοπίνακας από απλό γυαλί με υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου 1 για την 20^η Δεκεμβρίου και 8^η Αυγούστου και επιπλέον αν τοποθετηθεί ηλιοπροστατευτική διάταξη με μήκος οριζόντιου προβόλου 1m που απέχει 1m από την οριζόντια πλευρά του παραθύρου και κάθετων προβόλων 0,2m.

Για την περίπτωση του απλού υαλοπίνακα με την διάταξη σκιασμού προκύπτουν τα εξής διαγράμματα.



Για την περίπτωση της αντικατάστασης του εσωτερικού υαλοπίνακα με την διάταξη σκιασμού προκύπτουν τα εξής διαγράμματα.



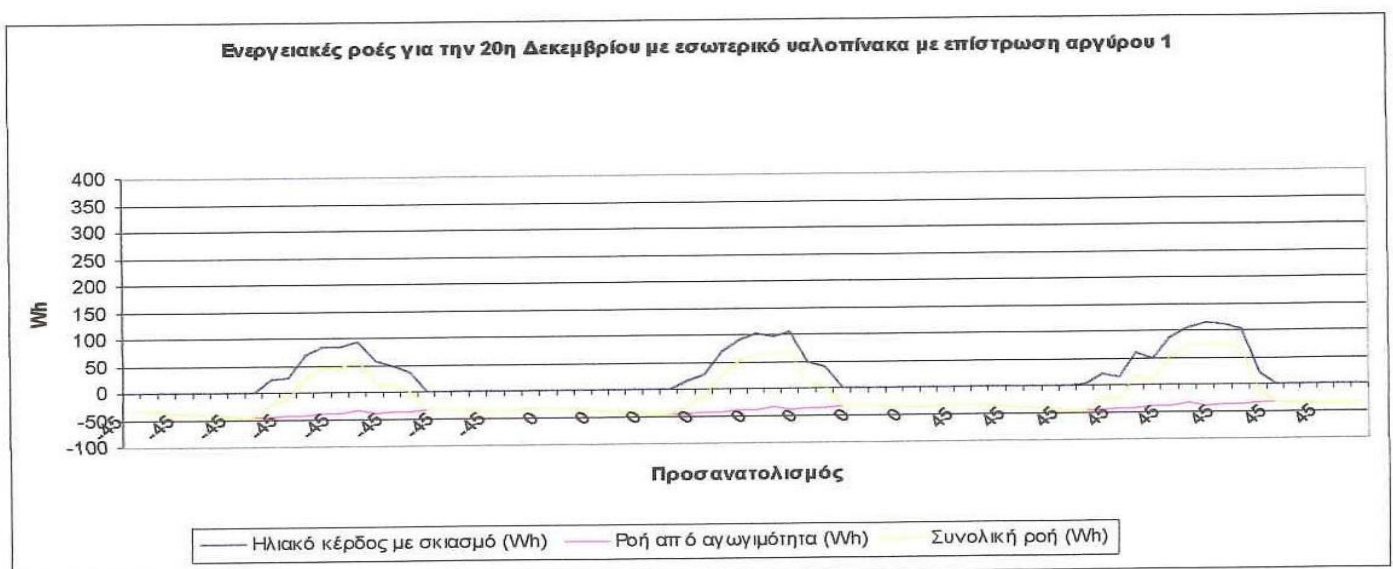
Από τα παραπάνω τέσσερα διαγράμματα, είναι φανερό η διαφορά όχι τόσο στην αγωγιμότητα, όσο στο ηλιακό κέρδος που υπήρχε πριν την αλλαγή του εσωτερικού υαλοπίνακα. Η χρησιμοποίηση εσωτερικού υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου, έχει σαν αποτέλεσμα την ανάκλαση του μεγαλύτερου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας. Ειδικά για την περίπτωση της 20^{ης} Δεκεμβρίου έχουμε πολύ μεγάλη

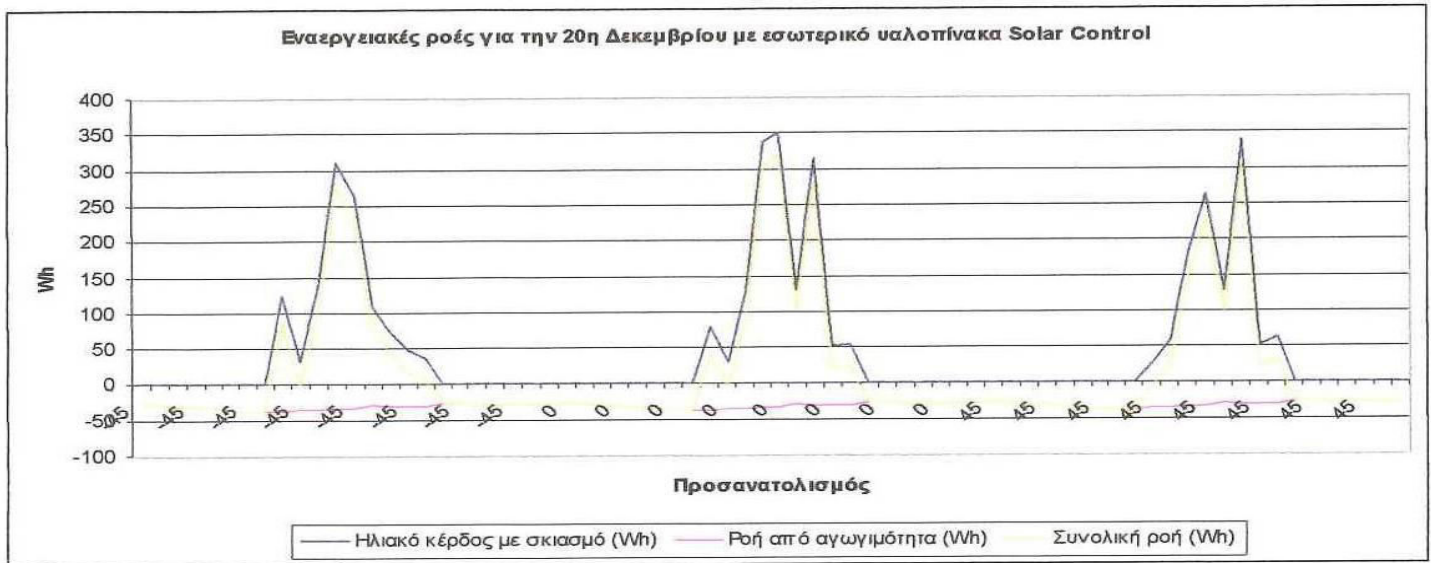
μείωση στο θερμικό κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία και για τους τρεις προσανατολισμούς, που εξετάζεται αυτή η αλλαγή. Από την άλλη μεριά, η τοποθέτηση διαφορετικού εσωτερικού υαλοπίνακα και διάταξης σκιασμού κατά την 8^η Αυγούστου, λειτουργεί θετικά σε σχέση με την μείωση των θερμικών κερδών της αγωγιμότητας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, η θερμική επιβάρυνση του εσωτερικού χώρου μειώνεται σε μεγάλο βαθμό.

7.3 Αντικατάσταση εσωτερικού υαλοπίνακα με υαλοπίνακα solar control

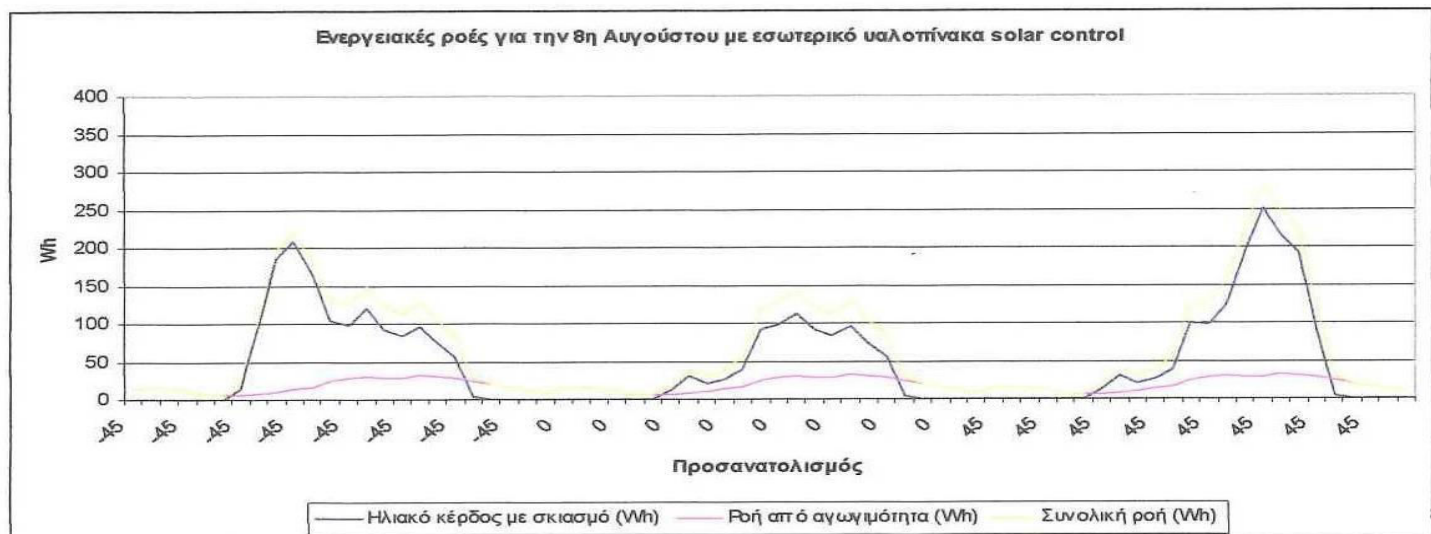
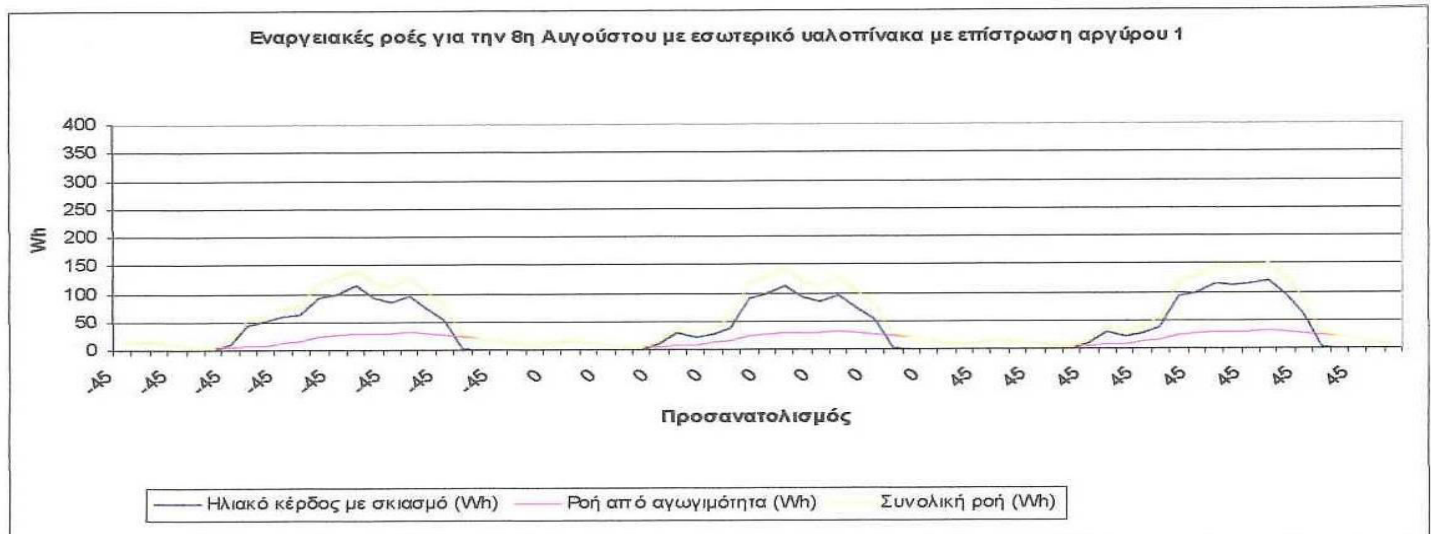
Μια πολύ καλή επιλογή ώστε να αυξηθεί το ηλιακό κέρδος τον χειμώνα, να παραμείνει το ηλιακό κέρδος σε χαμηλά επίπεδα το καλοκαίρι και ταυτόχρονα να διατηρηθεί η αγωγιμότητα σε σχετικά χαμηλές τιμές, είναι η τοποθέτηση ως εσωτερικού υαλοπίνακα του solar control. Η σύγκριση γίνεται ως προς την περίπτωση του εσωτερικού υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου και όλα τα άλλα τα συστατικά που συνθέτουν το παράθυρο παραμένουν τα ίδια. Δηλαδή το πλαίσιο είναι αλουμίνιο με ενίσχυση βινυλίου, το διάκενο είναι αέρας 4mm και το εμβαδόν του παραθύρου $1m * 1,3m$. Από τα αποτελέσματα εξόδου του προγράμματος και την επεξεργασία τους προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα.

Για την 20^η Δεκεμβρίου:





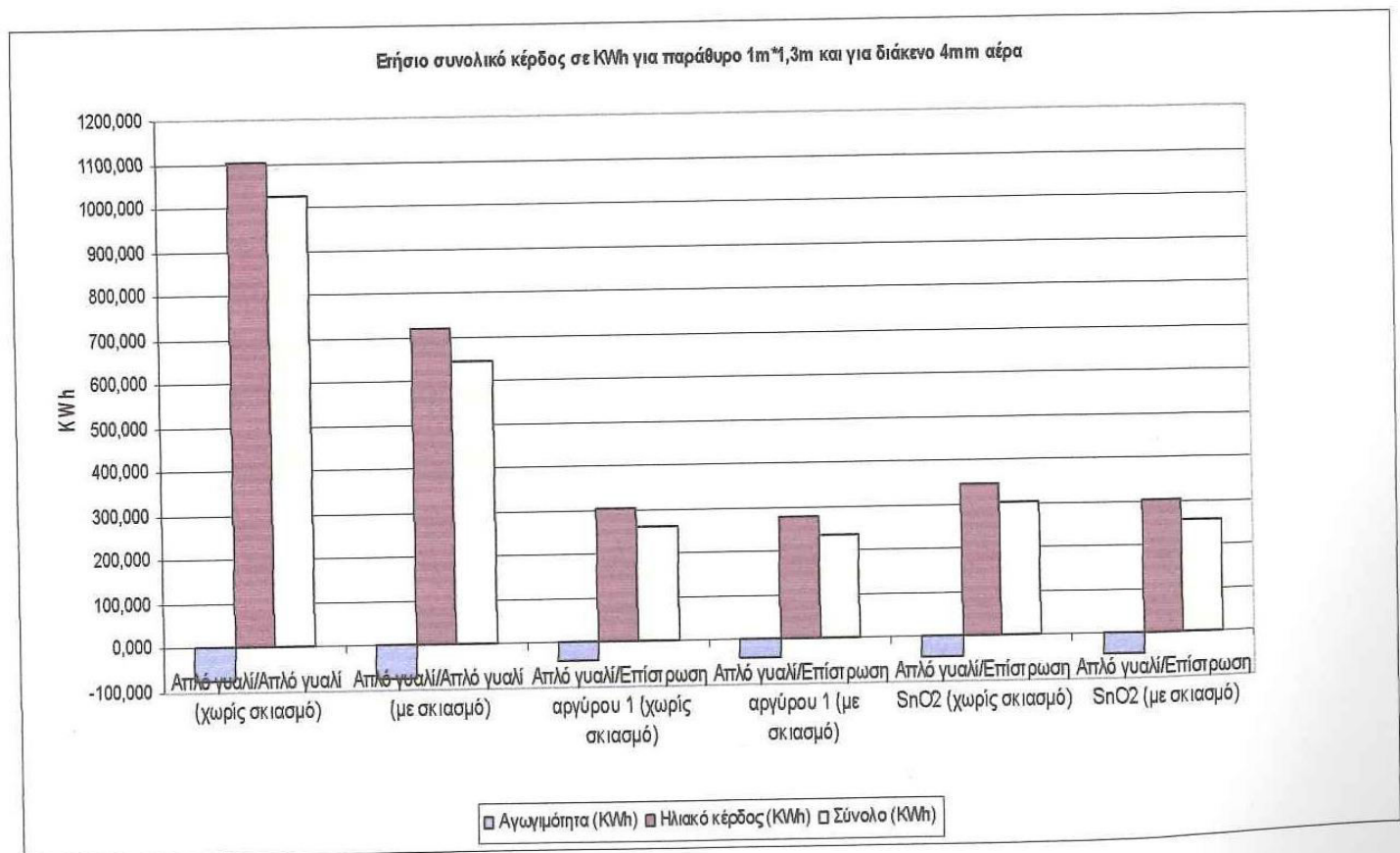
Για την 8^η Αυγούστου:



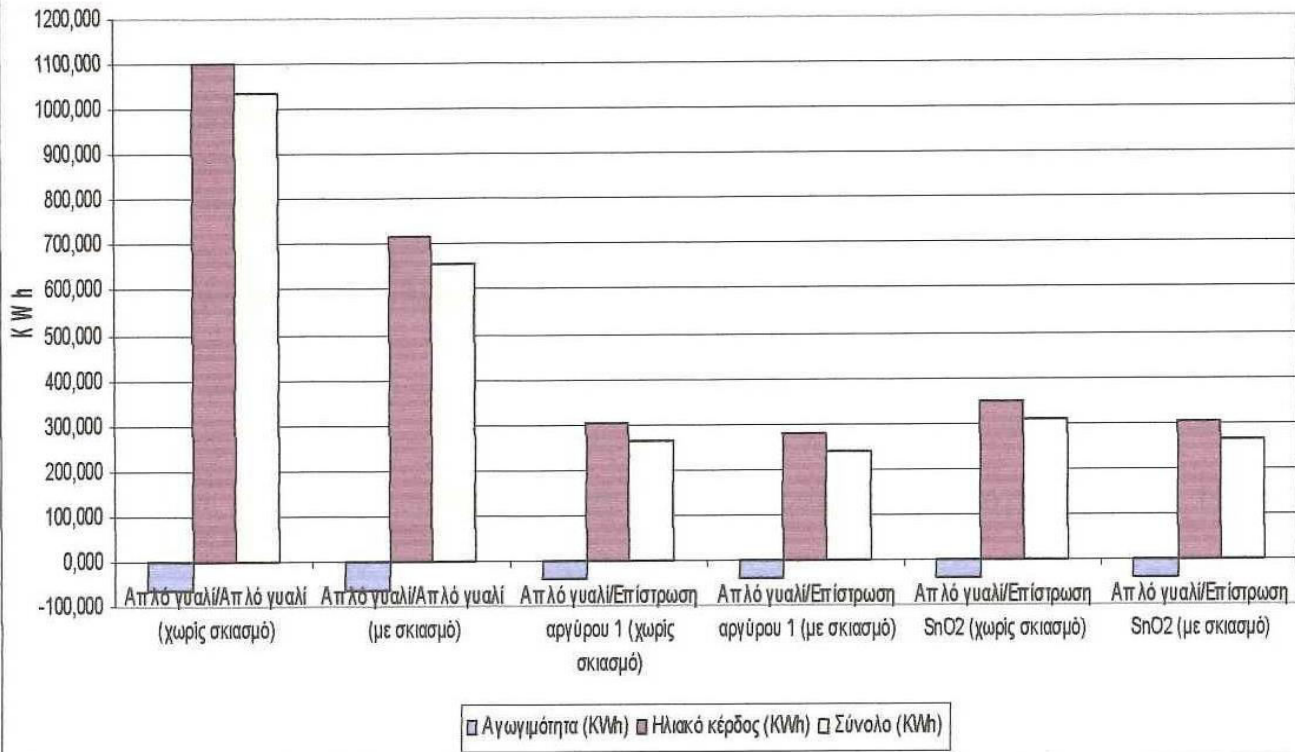
Παρατηρείται ότι με την αλλαγή του εσωτερικού υαλοπίνακα, από υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου 1 σε υαλοπίνακα solar control υπάρχει αύξηση του ηλιακού κέρδους την 20^η Δεκεμβρίου, με μέγιστες τιμές από 100Wh σε 350 Wh ενώ παράλληλα το ηλιακό κέρδος την 8^η Αυγούστου αν και αυξανόμενο, παραμένει σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την πρώτη περίπτωση για όλους τους υπό εξέταση προσανατολισμούς.

7.4 Επίδραση της αλλαγής του αερίου διακένου στις ενεργειακές ροές ενός παραθύρου

Η αλλαγή στο αέριο διάκενο δεν έχει καθόλου επίδραση στην ροή του ηλιακού κέρδους και επιδρά μόνο σε ότι αφορά την ροή από αγωγιμότητα. Αυτό εξάλλου δείχνουν και τα παρακάτω διαγράμματα, όπου δίνονται διάφοροι συνδυασμοί υαλοπινάκων αλλάζοντας μόνο το αέριο διακένου (το πλάτος διακένου παραμένει σταθερό και ίσο με 4mm) από αέρα σε κρυπτό.



Ετήσιο συνολικό κέρδος για παράθυρο 1m*1,3m και διάκενο 4mm κρυπτό



Δηλαδή με τη χρήση αερίου με καλύτερες ιδιότητες, πετυχαίνεται μείωση των απωλειών από αγωγιμότητα το χειμώνα και μείωση των κερδών από αγωγιμότητα το καλοκαίρι. Σε αυτήν την περίπτωση με το κρυπτό, προκύπτει η παραπάνω μείωση λόγω της καλύτερης θερμικής αγωγιμότητας και πυκνότητας που έχει από τον αέρα. Για περαιτέρω μείωση της αγωγιμότητας, γίνεται αύξηση του πλάτους του διακένου διότι έτσι μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κρυστάλλου για οποιοδήποτε αέριο, που συνεπάγεται μείωση της αγωγιμότητας του κρυστάλλου. Η αύξηση αυτή, δεν επηρεάζει το κέρδος που υπάρχει από την ηλιακή ακτινοβολία.

8 Συμπεράσματα-Οικονομική ανάλυση-Περαιτέρω προτάσεις

8.1 Συμπεράσματα

Μετά το πέρας της παρούσης διπλωματικής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε βασισμένη σε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης (σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic) και με κύριο γνώμονα τα αποτελέσματα και τα αντίστοιχα διαγράμματα, προέκυψαν ορισμένα γενικά συμπεράσματα καθώς επίσης και η δυνατότητα διατύπωσης προτάσεων για περαιτέρω έρευνα.

Όσον αφορά λοιπόν στο πρώτο μέρος, μελετάτε διεξοδικά η θερμική ροή από αγωγιμότητα του παραθύρου, η οποία εξαρτάται από:

- Τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, η οποία ορίζεται από τον εκάστοτε χρήστη.
- Την εξωτερική θερμοκρασία, η οποία υπάρχει στο κλιματικό αρχείο.
- Από τον τύπο του υαλοπίνακα:
 1. Εσωτερικός
 2. Εξωτερικός
- Ανάλογα με το εάν ο υαλοπίνακας είναι με επίστρωση ή χωρίς.
- Από το αέριο του διακένου.
- Από το πλάτος του διακένου.
- Από την ταχύτητα του ανέμου, η οποία υπάρχει στο κλιματικό αρχείο.
- Από τις επιφανειακές θερμοκρασίες του υαλοπίνακα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ηλιακό κέρδος ενός παραθύρου:

- Γεωμετρία των ηλιοπροστατευτικών διατάξεων.
- Ηλιακή γεωμετρία.
- Άμεση και διάχυτη ακτινοβολία.
- Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα.
- Προσανατολισμός.
- Τύπος υαλοπίνακα.

Τα παράθυρα που έχουν ως εσωτερικό υαλοπίνακα κρύσταλλο με κάποια επίστρωση, παρουσιάζουν από την μία πλευρά μειωμένες απώλειες θερμότητας λόγω αγωγιμότητας την χειμερινή περίοδο και από την άλλη, μειωμένα θερμικά κέρδη τη θερινή περίοδο. Από τα προαναφερθέντα, προκύπτει ότι οποιαδήποτε περίπτωση κρυστάλλου με υλικό επίστρωσης κι αν επιλεγεί, τα αποτελέσματα για τη ροή από αγωγιμότητα κρίνονται θετικά. Χαρακτηριστικά, εσωτερικός υαλοπίνακας με επίστρωση αργύρου 2, αποτελεί την βέλτιστη επιλογή. Σημαντική μείωση στον συντελεστή θερμοπερατότητας του κρυστάλλου, που οδηγεί σε μείωση των θερμικών απωλειών ενός παραθύρου, παρατηρείται με την αύξηση του πλάτους του διακένου σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση κάποιου ειδικού αερίου, εξαιρουμένου του αέρα. Το αέριο που προτιμάτε συνήθως είναι το κρυστό. Επομένως, ένας αρκετά ικανοποιητικός συνδυασμός είναι αυτός που έχει εσωτερικό υαλοπίνακα με επίστρωση αργύρου 1, αέριο διακένου κρυστό και πλάτος διακένου 4-10mm. Εκτός από το κρύσταλλο, στο σύνολο ενός παραθύρου περιλαμβάνεται και το κούφωμα, το οποίο όσο μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας έχει, τόσο μεγαλύτερη μείωση επέρχεται στις απώλειες λόγω αγωγιμότητας, με καλύτερη επιλογή το θερμομονωμένο πλαίσιο (fiberglass).

Για την περίπτωση του ηλιακού κέρδους, η γεωμετρία των ηλιοπροστατευτικών διατάξεων καθώς και η ηλιακή γεωμετρία (αζιμούθιο ηλίου, ηλιακό ύψος) παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση ή την μείωση του ηλιακού κέρδους, εξαρτώμενες βέβαια από μία σειρά άλλων παραμέτρων, όπως ο τύπος του υαλοπίνακα και ο προσανατολισμός του παραθύρου στο σύνολό του. Για εσωτερικό υαλοπίνακα με κάποια επίστρωση, παρατηρείται γενικά μείωση της διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και αύξηση της ανακλαστικότητας, με αποτέλεσμα μειωμένα κέρδη την χειμερινή περίοδο. Έτσι μια καλή επιλογή για αύξηση των ηλιακών κερδών είναι η χρησιμοποίηση του solar control σαν εσωτερικό υαλοπίνακα. Όσον αφορά στην άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία, απαιτείται παρεμπόδιση της πρώτης με χρήση κατάλληλων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων κατά την περίοδο του θέρους, για την αποφυγή υπερθέρμανσης του κτιριακού κελύφους η οποία θα δημιουργήσει αίσθημα δυσφορίας στον εσωτερικό χώρο. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο τόσο η άμεση όσο και η διάχυτη ακτινοβολία είναι επιθυμητές εξαιτίας του φυσικού φωτισμού και της θερμότητας που παρέχουν.

Οι θερμικές απώλειες και τα ηλιακά κέρδη, έχουν άμεση σχέση με την επιλογή διατάξεων σκίασης. Στο παρόν σύγγραμμα έχουν αναφερθεί διάφοροι τύποι ηλιοπροστατευτικών διατάξεων αλλά ιδιαίτερη ανάλυση έχει γίνει σε οριζόντιους και κάθετους προβόλους, οι οποίοι διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις τους (μήκος, πλάτος, απόσταση από το άνοιγμα) και άρα υπάρχει διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, για οριζόντιους προβόλους ενδείκνυται μήκος από 0,8 έως 1m και απόσταση από το παράθυρο περίπου 1m. Στην περίπτωση των κάθετων προβόλων, τα μήκη κυμαίνονται από 0,2 έως 0,4m ενώ καλό είναι να μην υπάρχει απόσταση μεταξύ του ανοίγματος και των προβόλων. Οι δεδομένες διαστάσεις χρησιμοποιούνται για νότιο προσανατολισμό με κλίση 45° . Όλα τα παραπάνω, οδηγούν σε επιθυμητή ηλιοφάνεια το χειμώνα και σε αποδοτική σκίαση το καλοκαίρι ιδιαίτερα για δυτικά προσανατολισμένες επιφάνειες.

8.2 Οικονομική μελέτη

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, υπογραμμίστηκε αρκετές φορές πως για να γίνει η τελική επιλογή, η οποία επιθυμείται να είναι και η βέλτιστη, είναι απαραίτητος ο έλεγχος ορισμένων παραμέτρων όπως ο προσανατολισμός του υαλοπίνακα, τα διάφορα υλικά επίστρωσης, το κρύσταλλο, το κούφωμα, το αέριο του διάκενου και όλες οι παράμετροι που αφορούν στο σκιασμό. Σε συνάρτηση με τις παραπάνω παραμέτρους, εξετάζονται η ανακλαστικότητα και η διαπερατότητα του υαλοπίνακα από τις οποίες θα εξαχθούν και τα τελικά αποτελέσματα.

Εκτός τα προαναφερθέντα, για να μπορεί να γίνει αποδεκτή η επιλογή ενός υαλοπίνακα θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και το κόστος του. Ενδεικτικά λοιπόν, παρατίθενται οι τιμές ενός μονού, ενός διπλού και ενός μονού ανακλαστικού υαλοπίνακα 4mm περίπου, οι οποίες είναι 10, 30 και 20 $\frac{\text{ευρω}}{\text{m}^2}$ αντίστοιχα. Οπότε, συνδυάζοντας τις κατάλληλες ιδιότητες ενός υαλοπίνακα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, πετυχαίνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα.

8.3 Περαιτέρω προτάσεις για ανάλυση

Τα αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί από το πρόγραμμα προσομοίωσης καθώς επίσης και τα διαγράμματα που έχουν γίνει βάση αυτών, είναι σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE. Παρόλα αυτά κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια αναφορά σε ορισμένες παραμέτρους-παράγοντες, οι οποίες πιθανόν να επηρέαζαν τα τελικά αποτελέσματα και που αυτές μπορούν να γίνουν αντικείμενο για περαιτέρω ανάλυση.

Αυτές είναι :

1. Ο παράγοντας άνθρωπος. Η χρήση (άνοιγμα – κλείσιμο) των παραθύρων από τους ενοίκους του κτιρίου, θα οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα όσον αφορά τις ενεργειακές ροές του περιβάλλοντος με τον εσωτερικό χώρο.
2. Ο χρόνος ζωής των παραθύρων. Με την πάροδο του χρόνου, στα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα παράθυρο επέρχεται η αναμενόμενη φθορά. λόγω της συχνής χρήσης και της αλληλεπίδρασης του ανοίγματος με τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.
3. Απώλειες ακτινοβολίας από το κρύσταλλο.
4. Παρόλο που έγινε εκτενής ανάλυση στις οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα(διαπερατότητα, ανακλαστικότητα) δε λήφθηκε υπόψη ο ρόλος της απορροφητικότητας. Η απορροφητικότητα, αυξάνει τη θερμοκρασία στις επιφάνειες του υαλοπίνακα επιφέροντας αλλαγές στο ενεργειακό ισοζύγιο του παραθύρου.
5. Ανάκλαση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο χώρο από τη θερμική μάζα του κτιρίου(τοίχοι, δάπεδο),αντικείμενα κλπ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

```
Option Explicit
```

```
Dim af1 As Double, af2 As Double, af3 As Double
Dim WF(1 To 4) As Double, V1 As Double, H1 As Double
```

```
Dim Hin As Double, Hinc As Double, Hinc As Double
Dim Hout As Double, Houtc As Double, Houtc As Double
Dim Hgap As Double, Hgapc As Double, Hgapc As Double
Dim Tamb As Double, TGap As Double, TgapOld As Double
```

```
Dim Ts(1 To 4) As Double 'Επιφανειακές θερμοκρασίες κρυστάλλων
Dim T(1 To 2) As Double 'Θερμοκρασίες κρυστάλλου (στον πυρήνα)
Dim Tsold(1 To 4) As Double
Dim told(1 To 4) As Double
Dim W(1 To 2) As Double 'Πάχος εξωτερικού και εσωτερικού κρυστάλλου
Dim L As Double 'Υψος υαλοπίνακα
```

```
Private Sub cmbFrame_Click()
    FrameSelected = cmbFrame.ListIndex + 1
    Uf = FrameMat(FrameSelected).Uval
    Text9.Text = Uf
End Sub
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmbGlass_Click(Index As Integer)
    'Απομνημόνευσε ποιο κρύσταλλο έχει επιλεγεί
    ExGlasID = cmbGlass(1).ListIndex + 1
    InGlasID = cmbGlass(2).ListIndex + 1
    Select Case Index
        Case 1
            txte(1).Text = Glass(ExGlasID).e1
            txte(2).Text = Glass(ExGlasID).e2
        Case 2
            txte(3).Text = Glass(InGlasID).e1
            txte(4).Text = Glass(InGlasID).e2
    End Select
    e(1) = CDBl(txte(1).Text)
    e(2) = CDBl(txte(2).Text)
    e(3) = CDBl(txte(3).Text)
    e(4) = CDBl(txte(4).Text)
    If ExGlasID <> 1 Then ExGlazIsCoated = True Else ExGlazIsCoated = False
    If InGlasID <> 1 Then InGlazIsCoated = True Else InGlazIsCoated = False
End Sub
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdExit_Click()
    End
End Sub
```

```
Private Sub CmdExit_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Labell1.Caption = "Εξοδος από το πρόγραμμα"
End Sub
```

```
Private Sub CmdFileOpen_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Labell1.Caption = "Επιλογή κλιματικού αρχείου"
End Sub
```

```
Private Sub CmdCalculate_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Labell1.Caption = "Εκτέλεση υπολογισμών"
End Sub
```

```
Private Sub Combol_Click()
    GasSelected = Combol.ListIndex + 1
    Text2.Text = GAS(GasSelected).K
    Text4.Text = GAS(GasSelected).DENS
    Text5.Text = GAS(GasSelected).PR
    Text3.Text = GAS(GasSelected).M
End Sub
```

```
Private Sub Combol_LostFocus()
    GasSelected = Combol.ListIndex + 1
End Sub
```

```

Private Sub Command1_Click()
    frmAreas.Show 1
End Sub

Private Sub CalcType_Click(Index As Integer)
    If Index = 0 Then
        StatheroU = True
        Form1.Label19(0).Enabled = True
        Form1.Label19(1).Enabled = True
        Form1.Text12.Enabled = True
    Else
        StatheroU = False
        Form1.Label19(0).Enabled = False
        Form1.Label19(1).Enabled = False
        Form1.Text12.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub CmdFileOpen_Click()
    On Error GoTo errh
    With CD
        .CancelError = True
        .DefaultExt = ".dat"
        .DialogTitle = "Επιλογή κλιματικού αρχείου"
        .Filter = "TRY File (*.dat)|*.dat"
        .InitDir = App.Path
        .ShowOpen
        Climafile = .FileName
    End With
    ResFile = Left(Climafile, Len(Climafile) - 3) & ".txt"
    On Error GoTo 0

    Exit Sub
errh:
    If Err.Number = 32755 Then
        Exit Sub
    Else
        Resume Next
    End If
End Sub

Private Sub CmmndCalculate_Click()
    Dim SumU As Double, Umax As Double, aveU As Double, i As Integer
    'Έλεγχος αν έχουν επιλεγεί όλες οι τιμές
    If Ag * Af * Atot = 0 Then
        MsgBox "Δεν έχουν οριστεί οι διαστάσεις του ανοίγματος", vbCritical, "Σφάλμα"
        Exit Sub
    End If

    NewAlgorithm

    SumU = 0
    Umax = 0
    Umin = 50
    For i = 1 To 8760
        SumU = SumU + Ug(i)
        If Umax < Ug(i) Then Umax = Ug(i)
        If Umin > Ug(i) Then Umin = Ug(i)
    Next i
    aveU = Round(SumU / 8760, 3)
    Label20.Caption = "Μέση τιμή U=" & aveU & vbCr & "Μέγιστη τιμή U=" &
Round(Umax, 2) & vbCr & "Ελάχιστη τιμή U=" & Round(Umin, 2)

End Sub

Private Sub Command4_Click()
    frmShade.Show 1
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    frmShade.Show 1
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Command1.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
    Dim i As Integer
    Dim NewDropDownWidth As Long

    Me.Caption = "Χαρακτηριστικά υαλοπίνακα"

    For i = 1 To 5
        Combol.AddItem GAS(i).Name
        cmbGlass(1).AddItem Glass(i).Name
        cmbGlass(2).AddItem Glass(i).Name
        cmbFrame.AddItem FrameMat(i).Name
    Next i
    NewDropDownWidth = 185
    Call SendMessage(cmbFrame.hwnd, CB_SETDROPPEDWIDTH, NewDropDownWidth, ByVal 0)
    Combol.ListIndex = 0
    cmbGlass(1).ListIndex = 0
    cmbGlass(2).ListIndex = 0
    cmbFrame.ListIndex = 2
    txtw(1).Text = 0.004
    txtw(2).Text = 0.006
    Text6.Text = 0.006
End Sub

Private Sub Frame1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων ανοίγματος"
End Sub

Private Sub Frame2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Χαρακτηριστικά διακένου"
End Sub

Private Sub Frame4_Click()
    If Frame6.Visible = True Then Frame6.Visible = False Else Frame6.Visible = True
    Frame7.Visible = False
End Sub

Private Sub txtDim_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub Frame4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Διαστάσεις ανοίγματος"
End Sub

Private Sub Frame6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Επιλογή τοποθεσίας"
End Sub

Private Sub Frame7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Υλικό πλαισίου κουφώματος"
End Sub

Private Sub Frame8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Label11.Caption = "Χαρακτηριστικά διατάξεων σκιασμού"
End Sub

Private Sub HScroll11_Change()
    Dim cx As Double, cy As Double, R As Double, f As Double
    cx = cr.Left + cr.Width / 2
    cy = cr.Top + cr.Height / 2
    R = 550
    f = HScroll11.Value + 90
    ln.X1 = cx
    ln.Y1 = cy
    ln.X2 = cx + R * COSD(f)
    ln.Y2 = cy + R * sinD(f)

    R = 0.5 * R
    ln2.X1 = cx - R * COSD(f + 90)
    ln2.Y1 = cy - R * sinD(f + 90)

```

```
ln2.X2 = cx + R * COSD(f + 90)
ln2.Y2 = cy + R * sinD(f + 90)

R = 2 * R
ln3.X1 = cx + 0.98 * R * COSD(f)
ln3.Y1 = cy + 0.98 * R * sinD(f)
ln3.X2 = cx + 1.02 * R * COSD(f)
ln3.Y2 = cy + 1.02 * R * sinD(f)
txtOrient.Text = HScroll11.Value

End Sub

Private Sub Text10_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub Text6_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub Text9_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub txte_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub txtLat_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub txtOrient_Change()
    HScroll11.Value = CDBl(txtOrient.Text)
End Sub

Private Sub txtOrient_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub

Private Sub txtw_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    CheckInput KeyAscii
End Sub
```


FormAreas.frm

```

Sub CheckInput(KeyAscii As Integer)
' Με αυτήν την ρουτίνα δεν επιτρέπω να πληκτρολογηθεί οτιδήποτε άλλο παρά
' μόνο νουμερα και το κόμμα μέσα στα κουτιά εισόδου.Με αυτόν τον τρόπο
' αποφευγώ να κολίσει το πρόγραμμα
If KeyAscii = 13 Then SendKeys "{TAB}" 'Όταν πατάω ENTER,με πάει στο επόμενο
κουτί
KeyAscii = Valitext(KeyAscii, "0123456789,." & DelimStr)
If KeyAscii = 44 Or KeyAscii = 46 Then KeyAscii = DelimAdc
End Sub

Private Sub Command1_Click()
CalcDims
Me.Hide

With Form1
.Label4(0).Caption = WIN.GlasHeight
.Label4(1).Caption = WIN.GlasWidth
.Label4(2).Caption = WIN.GlasArea
.Label4(3).Caption = Format(WIN.GlasArea / WIN.TotArea, "##.000")
End With
End Sub

Sub CalcDims()
Dim i As Integer
Dim W(1 To 4) As Double
Dim H1 As Double, V1 As Double

Htot = Replace(tt(1).Text, ".", DelimStr)
Vtot = Replace(tt(2).Text, ".", DelimStr)
W(1) = Replace(tt(5).Text, ".", DelimStr)
W(2) = Replace(tt(6).Text, ".", DelimStr)
W(3) = Replace(tt(7).Text, ".", DelimStr)

W(4) = Val(tt(8).Text)
V1 = Vtot - W(1) - W(3) 'Πλάτος υαλοπίνακα
H1 = Htot - W(2) - W(4) 'Υψος υαλοπίνακα

Ag = H1 * V1 'Εμβαδον υαλοπινάκων
Atot = Vtot * Htot 'Ολικό εμβαδόν ανοίγματος
Af = Atot - Ag 'Εμβαδόν πλαισίου

tt(3).Text = H1 'Format(H1, "#0.000")
tt(4).Text = V1 'Format(V1, "#0.000")
tt(0).Text = Ag 'Format(Ag, "#0.000")
tt(9).Text = Af 'Format(Af, "#0.000")
tt(10).Text = Atot 'Format(Atot, "#0.000")

WIN.TotHeight = Vtot
WIN.TotWidth = Htot
WIN.GlasArea = Ag
WIN.FrameArea = Af
WIN.TotArea = Atot
WIN.GlasHeight = V1
WIN.GlasWidth = H1

End Sub

Private Sub tt_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
CheckInput KeyAscii
CalcDims
End Sub

```

```
Private Sub Command1_Click()  
    Shade.PH = CDb1(Text1(0).Text) 'PH  
    Shade.PV = CDb1(Text1(1).Text) 'PV  
    Shade.Rw = CDb1(Text1(3).Text) 'RW  
    Shade.Rh = CDb1(Text1(2).Text) 'RH  
    Form1.Label4(11).Caption = Shade.PH  
    Form1.Label4(10).Caption = Shade.PV  
    Form1.Label4(9).Caption = Shade.Rw  
    Form1.Label4(8).Caption = Shade.Rh  
    Me.Hide  
End Sub  
  
Private Sub Command1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As  
Single)  
    Dim i As Integer  
    For i = 0 To 3  
        Text1(i).Text = Replace(Text1(i), ".", DelimStr)  
    Next i  
End Sub  
  
Private Sub Command2_Click()  
    For i = 0 To 3  
        Text1(i).Text = "0"  
    Next i  
End Sub  
  
Private Sub Form_Load()  
    Label2.Caption = Format(Vtot, "#0.000")  
    Label3.Caption = Format(Htot, "#0.000")  
End Sub  
  
Private Sub Text1_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)  
    CheckInput KeyAscii  
End Sub
```

Algorithm.bas

```

Option Explicit
Public iDay As Integer      'Ημέρα του έτους (1-365)
Public iHour As Integer, dHour As Integer

Sub NewAlgorithm()
    Dim Theta1(1 To 8760) As Double, Z(1 To 8760) As Double, Th As Double
    Dim p01 As Double, p02 As Double 'reflectivity at Front, Back surface
    Dim b1 As Double, b2 As Double 'Βοηθητικό μέγεθος
    Dim n1 As Double, n2 As Double 'Index of refraction
    Dim ab1 As Double, ab2 As Double 'Απορροφητικότητα κρυστάλλου
    Dim Tref As Double, Rref As Double 'Βοηθητικό μέγεθος για υπολογισμό
    διαπερατότητας σε κρύσταλλα με επίστρωση
    Dim i As Integer
    Dim T11 As Double, T22 As Double, R11f As Double, R11b As Double, R22f As Double,
    R22b As Double
    Dim ri As Double, ti As Double
    Dim T12 As Double, R12f As Double, R21b As Double, A1f As Double, A2b As Double
    Dim As1(1 To 8760) As Double, Ash(1 To 8760) As Double
    R11f = Glass(ExGlasID).Rf
    R22f = Glass(InGlasID).Rf
    R11b = Glass(ExGlasID).Rb
    R22b = Glass(InGlasID).Rb
    T11 = Glass(ExGlasID).T0
    T22 = Glass(InGlasID).T0

    ReadInputs 'Ανάγνωση δεδομένων
    UVal_Dynamic 'Υπολογισμός του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας για όλο το έτος

    iHour = 0
    Form1.Label1.Caption = "Υπολογισμός ενεργειακών ροών"
    Form1.PB1.Max = 365
    DoEvents

    'Προκαταρκτικοί υπολογισμοί διαπερατότητας και ανακλαστικότητας του διπλού
    υαλοπρίνακα
    '(Υπολογίζονται οι παραπάνω τιμές για κάθετη πρόσπτωση, μια που δεν χρειάζεται να
    μπουνε στον επαναληπτικό αλγόριθμο)
    'Υπολογισμός για μεμονωμένο γυαλί/ καθαρό γυαλί
    'Για τον υπολογισμό των ρ, τ αξιοποιούνται τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής
    επίστρωσης (δείκτης f) δεδομένου ότι εξετάζεται μόνο η ηλιακή πρόσδοος
    T11 = Glass(ExGlasID).T0
    R11f = Glass(ExGlasID).Rf
    R11b = Glass(ExGlasID).Rb
    T22 = Glass(InGlasID).T0
    R22f = Glass(InGlasID).Rf
    R22b = Glass(InGlasID).Rb
    b1 = T11 ^ 2 - R11f ^ 2 + 2 * R11f + 1
    b2 = T22 ^ 2 - R22f ^ 2 + 2 * R22f + 1
    p01 = (b1 - Sqr(b1 ^ 2 - 4 * R11f * (2 - R11f))) / (4 - 2 * R11f)
    p02 = (b2 - Sqr(b2 ^ 2 - 4 * R22f * (2 - R22f))) / (4 - 2 * R22f)
    n1 = (1 + Sqr(p01)) / (1 - Sqr(p01)) 'Index of refraction
    n2 = (1 + Sqr(p02)) / (1 - Sqr(p02)) 'Index of refraction
    ab1 = -(0.001 / WIN.L1) * Log((R11f - p01) / (p01 * T11)) 'absorbance
    ab2 = -(0.001 / WIN.L2) * Log((R22f - p02) / (p02 * T22)) 'absorbance
    'Τέλος προκαταρκτικών υπολογισμών

    For iDay = 1 To 365 'Για κάθε μέρα του έτους

        With Form1
            .PB1.Value = iDay
            .Label1.Caption = "Υπολογισμός ενεργειακών ροών [ " & Round(100 * (iDay /
            365), 0) & "% ]"
        End With
        DoEvents

        For dHour = 1 To 24 'Για κάθε ώρα του 24ώρου
            iHour = iHour + 1

            'Υπολογισμός γωνίας πρόσπτωσης στο άνοιγμα (Theta1)
            Theta1(iHour) = ACosD(COSD(Clima(iHour).Altitude) *
            COSD(Abs(Clima(iHour).Azimuth - WinOr))) 'Γωνία πρόσπτωσης

            If Clima(iHour).Altitude <= 0 Then 'Εάν δεν υπάρχει ακτινοβολία, δεν χρειάζεται να
            υπολογιστούν τα οπτικά μεγέθη του παραθύρου
                Clima(iHour).Altitude = 0
                Clima(iHour).Azimuth = 0
            End If
        Next dHour
    Next iDay
End Sub

```

Algorithm.bas

```

Thetal(iHour) = 0
Z(iHour) = 0
T12 = 0
ABSORT(1, iHour) = 0
ABSORT(2, iHour) = 0
TRANS(iHour) = 0
REFLECT(iHour) = 0

Else
  If Thetal(iHour) >= 90 Then
    Thetal(iHour) = 0

    GoTo cont
  End If
  Th = Thetal(iHour) * p / 180 'Μετατροπή σε rad για συμβατότητα με τους
επόμενους τύπους
  'Υπολογισμός διαπερατότητας διπλού υαλοπίνακα

  'Εξωτερικό κρύσταλλο - άνευ επίστρωσης
  Z(iHour) = ASin(Sin(Th) / n1)
  ri = 0.5 * (((Sin(Th - Z(iHour)) / Sin(Th + Z(iHour))) ^ 2) +
(Tan(Th - Z(iHour)) / Tan(Th + Z(iHour))) ^ 2)
  ti = 1 - ri
  T11 = (ti ^ 2) * (Exp(-ab1 * WIN.L1 / Cos(Z(iHour)))) / (1 - ri ^
2 * Exp(-2 * ab1 * WIN.L1 / Cos(Z(iHour))))
  R11 = ri * (1 + T11 * (Exp(-ab1 * WIN.L1 / Cos(Z(iHour))))
  Select Case ExGlasIsCoated
    Case True
      If Glass(ExGlasID).T0 > 0.645 Then
        Tref = -0.0015 + 3.355 * Cos(Th) - 3.84 * Cos(Th) ^ 2
+ 1.46 * Cos(Th) ^ 3 + 0.0288 * Cos(Th) ^ 4
        Rref = 0.999 - 0.563 * Cos(Th) + 2.043 * Cos(Th) ^ 2 -
2.532 * Cos(Th) ^ 3 + 1.054 * Cos(Th) ^ 4 - Tref
      Else
        Tref = -0.002 + 2.813 * Cos(Th) - 2.341 * Cos(Th) ^ 2
- 0.05725 * Cos(Th) ^ 3 + 0.599 * Cos(Th) ^ 4
        Rref = 0.997 - 1.868 * Cos(Th) + 6.513 * Cos(Th) ^ 2 -
7.862 * Cos(Th) ^ 3 + 3.225 * Cos(Th) ^ 4 - Tref
      End If
      T11 = Glass(ExGlasID).T0 * Tref
      R11f = Glass(ExGlasID).Rf * (1 - Rref) + Rref
      R11b = Glass(ExGlasID).Rb * (1 - Rref) + Rref
    Case False
      T11 = T11
      R11f = Glass(ExGlasID).Rf
      R11b = Glass(ExGlasID).Rb
  End Select

  'Εσωτερικό κρύσταλλο
  Z(iHour) = ASin(Sin(Th) / n2)
  ri = 0.5 * (((Sin(Th - Z(iHour)) / Sin(Th + Z(iHour))) ^ 2) +
(Tan(Th - Z(iHour)) / Tan(Th + Z(iHour))) ^ 2)
  ti = 1 - ri
  T22 = (ti ^ 2) * (Exp(-ab2 * WIN.L2 / Cos(Z(iHour)))) / (1 - ri ^
2 * Exp(-2 * ab2 * WIN.L2 / Cos(Z(iHour))))
  R22 = ri * (1 + T22 * (Exp(-ab2 * WIN.L2 / Cos(Z(iHour))))

  Select Case InGlasIsCoated
    Case True
      If Glass(InGlasID).T0 > 0.645 Then
        Tref = -0.0015 + 3.355 * Cos(Th) - 3.84 * Cos(Th) ^ 2
+ 1.46 * Cos(Th) ^ 3 + 0.0288 * Cos(Th) ^ 4
        Rref = 0.999 - 0.563 * Cos(Th) + 2.043 * Cos(Th) ^ 2 -
2.532 * Cos(Th) ^ 3 + 1.054 * Cos(Th) ^ 4 - Tref
      Else
        Tref = -0.002 + 2.813 * Cos(Th) - 2.341 * Cos(Th) ^ 2
- 0.05725 * Cos(Th) ^ 3 + 0.599 * Cos(Th) ^ 4
        Rref = 0.997 - 1.868 * Cos(Th) + 6.513 * Cos(Th) ^ 2 -
7.862 * Cos(Th) ^ 3 + 3.225 * Cos(Th) ^ 4 - Tref
      End If
      T22 = Glass(InGlasID).T0 * Tref
      R22f = Glass(InGlasID).Rf * (1 - Rref) + Rref
      R22b = Glass(InGlasID).Rb * (1 - Rref) + Rref
    Case False
      T22 = T22
      R22f = Glass(InGlasID).Rf
      R22b = Glass(InGlasID).Rb
  End Select

```

Algorithm.bas

```

'Εύνολο υαλοπίνακα
T12 = T11 * T22 / (1 - R22f * R11b)
R12f = R11f + T11 ^ 2 * R22f / (1 - R22f * R11b)
R21b = R22b + T22 ^ 2 * R11b / (1 - R11b * R22f)

'Τιμές για εκτίπωση (δεν χρησιμοποιούνται σε υπολογισμούς
ABSORT(1, iHour) = Round((1 - T11 - R11f) + (T11 * R22f * (1 - T11
- R11b)) / (1 - R22f * R11b), 3)
ABSORT(2, iHour) = Round(T11 * (1 - T22 - R22f) / (1 - R22f *
R11b), 3)

TRANS(iHour) = Round(T12, 3)
REFLECT(iHour) = Round(R12f, 3)

End If

cont:
'Τέλος υπολογισμού διαπερατότητας διπλού υαλοπίνακα

'Υπολογισμός σκιαζόμενου τμήματος
If Clima(iHour).Altitude > 0 Then
    Asl(iHour) = SunLitedArea(Thetal(iHour), Clima(iHour).Altitude,
Clima(iHour).Azimuth - WinOr)
    Ash(iHour) = WIN.GlasArea - Asl(iHour)
Else
    Asl(iHour) = 0 'WIN.GlasArea
    Ash(iHour) = 0
End If

'Υπολογισμός ροών ενέργειας
'Ροή με ακτινοβολία
Qdir(iHour) = T12 * Asl(iHour) * Clima(iHour).Rdir
Qdif(iHour) = Trans60 * Asl(iHour) * Clima(iHour).Rdif + Trans60 *
Ash(iHour) * Clima(iHour).Rdif
'Ιδεατή ηλιακή ακτινοβολία αν δεν υπήρχαν τα σκιάδια
iQsol(iHour) = T12 * WIN.GlasArea * Clima(iHour).Rdir + Trans60 *
WIN.GlasArea * Clima(iHour).Rdif
'Ροή με αγωγημότητα
Qcon_f(iHour) = (Clima(iHour).Tamb - Troom) * Uf * WIN.FrameArea
Qcon_g(iHour) = (Clima(iHour).Tamb - Troom) * Ug(iHour) * WIN.GlasArea
'Ολική ροή
Qtot(iHour) = Qcon_f(iHour) + Qcon_g(iHour) + Qdir(iHour) + Qdif(iHour)

Next dHour
Next iDay
Form1.PB1.Value = 0

8
'Εκτυπώσεις

Open App.Path & "\res.txt" For Output As #1
Print #1, "ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ "
Print #1, " Π.Παπαδόπουλος - Δ.Μουρατίδου"
Print #1, " ***** WinCalc 1.0 *****"
Print #1, Format(Now(), "long date") & " "; Format(Now(), "long time")
Print #1, "* Διαστάσεις Ανοίγματος" & WIN.TotHeight & "x" & WIN.TotWidth & "=" &
WIN.TotArea & "m²"
Print #1, "* Διαστάσεις υαλοστασίου" & WIN.GlasHeight & "x" & WIN.GlasWidth & "="
& WIN.GlasArea & "m²"
Print #1, "* Εσωτερικός υαλοπίνακας" & Glass(InGlasID).Name
Print #1, "* Εξωτερικός υαλοπίνακας" & Glass(ExGlasID).Name
Print #1, "* Υλικό πλαισίου" & FrameMat(FrameSelected).Name
Print #1, "* Αέριο διακένου" & GAS(GasSelected).Name
Print #1, "* Μήκος προβόλου" & Shade.PH
Print #1, "*Μήκος πλευρικού σκιάδιου" & Shade.PV
Print #1, "* Κλιματικό αρχείο" & Climafile
Print #1, ""

Dim iDate As String

Print #1, " α/α", _
    "Ημερομηνία/ώρα", " ", _
    "Θ", _
    "ζ", _
    "Αζιμ", _
    "Alt", _
    "Af", _

```

Algorithm.bas

```

"Ab", _
"Διαπερ.", _
"Ανακλ.", _
"Υποεκιά.", _
"Ηλιαζόμενο.", _
"Qdir", "Qdif", "Qsol", "iQsol", _
"Qframe", "QGlass", "Qcond", _
"QTot", "Hinc", "Hinr", "Hin", "Houtc", "Houtr", "Hout", "Hgap",
"Hgapr", "Hgap",
" Tg1", "Tg2", "Tgap", _
" Tamb", "Tdew", "Tsky", "Vwind", "Rdir", "Rdif", "Rhor"
Print #1, "α/α", _
" _",
" [°]", "[°]", "[°]", "[°]", _
" [%]", "[%]", "[%]", "[%]", "[%]", "[%]", "[%]", _
" [Wh]", "[Wh]", "[Wh]", "[Wh]", "[Wh]", "[Wh]", "[Wh]", _
" [W/m²K]", "[W/m²K]", "[W/m²K]", "[W/m²K]", "[W/m²K]", "[W/m²K]", _
" [W/m²K]", "[W/m²K]", "[W/m²K]", _
" [°C]", "[°C]", "[°C]", "[°C]", _
" [°C]", "[°C]", "[°C]", "[m/s]", "[Wh/m²]", "[Wh/m²]", "[Wh/m²]"

For i = 1 To 8760
iDate = Format(DateAdd("h", i, "1/1/2000"), "dd/mm/yy Hh:Nn")
Print #1, i, iDate, _
Round(Thetal(i), 3), _
Round(Z(i) * 180 / p, 3), _
Round(Clima(i).Azimuth, 3), _
Round(Clima(i).Altitude, 3), _
ABSORT(1, i), _
ABSORT(2, i), _
TRANS(i), _
REFLECT(i), _
Round(Ash(i) / WIN.GlasArea, 2), _
Round(Asl(i) / WIN.GlasArea, 2), _
Round(Qdir(i), 3), _
Round(Qdif(i), 3), _
Round(Qdir(i) + Qdif(i), 3), _
Round(iQsol(i), 3), _
Round(Qcon_f(i), 3), _
Round(Qcon_g(i), 3), _
Round(Qcon_f(i) + Qcon_g(i), 3), _
Round(Qtot(i), 3), _
Round(Hinc(i), 3), Round(Hinr(i), 3), Round(Hin(i), 3), _
Round(Houtc(i), 3), Round(Houtr(i), 3), Round(Hout(i), 3), _
Round(Hgapc(i), 3), Round(Hgapr(i), 3), Round(Hgap(i), 3), _
Round(T(i, 1), 3), Round(T(i, 2), 3), Round(TGap(i), 3), _
Clima(i).Tamb, Clima(i).Tdew, Round(Clima(i).Tsky, 3), Clima(i).Vwind,
Round(Clima(i).Rdir, 3), Round(Clima(i).Rdif, 3), Round(Clima(i).Rhor,
3)

Next i
Close #1
Form1.Label1.Caption = " ,δϊέϊϊ"

End Sub

Sub ReadInputs()
With Form1
LATITUDE = CDb1(.txtLat.Text) 'Γεωγραφικό πλάτος περιοχής
Troom = CDb1(.Text8.Text)
WinOr = CDb1(.txtOrient.Text)
WIN.UvalStatic = Replace(.Text12.Text, ".", DelimStr)
WIN.GapWidth = CDb1(Replace(.Text6.Text, ".", ","))
WIN.L1 = CDb1(Replace(.txtw(1).Text, ".", DelimStr))
WIN.L2 = CDb1(Replace(.txtw(2).Text, ".", DelimStr))
Trans60 = Replace(.Text1.Text, ".", DelimStr)
e(1) = CDb1(.txte(1).Text)
e(2) = CDb1(.txte(2).Text)
e(3) = CDb1(.txte(3).Text)
e(4) = CDb1(.txte(4).Text)
Glass(ExGlasID).W = WIN.L1
Glass(InGlasID).W = WIN.L2

```

Algorithm.bas

```
End With
End Sub
```

```
Public Sub ReadClima()
    Dim ff As Integer, i As Integer, DirHor As Double, DifHor As Double
    ff = FreeFile

    LATITUDE = Val(Form1.txtLat.Text)
    Open Climafile For Input As #ff
        Form1.PB1.Max = 8760
        Form1.PB1.Value = 0
        Form1.Label1.Caption = "Ανάγνωση κλιματικού αρχείου"
        DoEvents
        For i = 1 To 8760 'Για κάθε ώρα του έτους
            Input #ff, Clima(i).Rdir, Clima(i).Rhor, Clima(i).Tamb, Clima(i).Tdew,
Clima(i).Vwind
            Clima(i).Tsky = (Clima(i).Tamb + 273.15) * (0.004 * Clima(i).Tdew +
0.8) ^ 0.25 - 273.15
            iDay = Int((i - 1) / 24) + 1 'Εύρεση της ημέρας του έτους από την ώρα
του έτους
            iHour = i - (iDay - 1) * 24 'Εύρεση της ώρας της ημέρας από την ώρα του
έτους
            'Συμπλήρωσε τα κλιματικά με την ηλιακή ώρα, την ιουλιανή ώρα και ημέρα
            Clima(i).YearDay = iDay
            Clima(i).DayHour = iHour
            Clima(i).YearHour = i
            'Συμπλήρωσε τα κλιματικά με την ηλιακή γεωμετρία
            Clima(i).Altitude = Altitude(iDay, iHour)
            Clima(i).Azimuth = MyAzimuth(iDay, iHour)
            'Συμπλήρωσε τα κλιματικά με την διάχυτη ακτινοβολία σε κατακόρυφο
κρύσταλλο
            If Clima(i).Rhor < Clima(i).Rdir * Sin(Clima(i).Altitude * p / 180)
Then DirHor = Clima(i).Rhor Else DirHor = Clima(i).Rdir * Sin(Clima(i).Altitude * p /
180)
            DifHor = Clima(i).Rhor - DirHor
            Clima(i).Rdif = 0.5 * DifHor
            'Μετατροπή από kJ/m² σε Wh/m²
            Clima(i).Rdif = Clima(i).Rdif / 3.6
            Clima(i).Rdir = Clima(i).Rdir / 3.6
            Clima(i).Rhor = Clima(i).Rhor / 3.6
            Form1.PB1.Value = i
        Next i
        Form1.PB1.Value = 0
        Form1.Label1.Caption = "Η ανάγνωση του κλιματικού αρχείου ολοκληρώθηκε"
    Close #ff
End Sub
```

Calculations.bas

```

Option Explicit
Function IFC(Troom, Ts2) As Double
    IFC = 1.77 * (Abs(Ts2 - Troom)) ^ 0.25
End Function
Function EFC(V)
    Select Case V
        Case Is >= 2
            EFC = 8.07 * V ^ 0.605
        Case Is < 2
            EFC = 12.27
    End Select
End Function

Public Sub UVal_Dynamic()
    Dim i As Integer, L As Double, j As Integer
    Dim Tsold(1 To 4) As Double
    Dim told(1 To 2) As Double
    Dim DT As Double
    Dim UgTemp As Double
    Dim Kf As Double, Kb As Double
    Dim tst(5) As Double
    Dim Stp As Integer 'Μειρήτης βήματος επανάληψης
    Dim De As Double 'Διαφορά στην τιμή μεταξύ 2 διαδοχικών επαναλήψεων
    Dim e_eff As Double
    'Εάν έχει επιλεγεί σταθερό Uval, μην εκτελείς τους υπολογισμούς
    If StatheroU = True Then
        For i = 1 To 8760
            Ug(i) = Cdbl(Replace(Form1.Text12.Text, ".", DelimStr))
        Next i
        Exit Sub
    End If
    'Ανοιγμα αρχείου για αποθήκευση των U"

    L = WIN.GlasHeight
    Wgap = WIN.GapWidth
    Kf = Glass(ExGlasID).Kg
    Kb = Glass(InGlasID).Kg

    'Υπολογισμοί
    'Αρχικές τιμές
    Ts(0, 4) = Troom + 1
    Ts(0, 1) = Clima(1).Tamb
    Ts(0, 2) = (4 * Clima(1).Tamb + Troom) / 5
    Ts(0, 3) = (Clima(1).Tamb + 4 * Troom) / 5
    T(0, 1) = Clima(1).Tamb + 1
    T(0, 2) = Troom - 1
    TGap(0) = (Ts(0, 2) + Ts(0, 3)) / 2
    Clima(1).Vwind = 5

    Form1.Label1.Caption = "Υπολογισμός Uvalue"
    Form1.PB1.Max = 8761
    DoEvents

    For i = 1 To 8760
        De = 100
        Stp = 0
        Do
            Stp = Stp + 1 'Βήμα σύγκλισης
            'Εσωτερική επιφάνεια υαλοπίννα (surface:4)
            DT = Abs(Ts(i - 1, 4) - Troom)
            Hinc(i) = 1.46 * (DT / L) ^ 0.25
            Hincr(i) = e(4) * s * Abs((273.15 + Ts(i - 1, 4)) ^ 4 - (273.15 + Troom) ^ 4) / DT
            Hin(i) = Hinc(i) + Hincr(i) 'Συντελεστής θερμικής Μετάβασης

            'Exterior surface (Surface:1)
            DT = (Clima(i).Tsky - Ts(i - 1, 1))
            Houtc(i) = 8.07 * Clima(i).Vwind ^ 0.605
            Houtr(i) = e(1) * s * ((Clima(i).Tsky + 273.15) ^ 4 - (Ts(i - 1, 1) + 273.15) ^ 4) / DT
            Hout(i) = Houtc(i) + Houtr(i)

            'Air Gap
            DT = Abs(Ts(i - 1, 2) - Ts(i - 1, 3))
            Ra = GAS(GasSelected).PR * 9.8 * (1 / Abs(TGap(i - 1))) * (GAS(GasSelected).DENS ^ 2) * (Wgap ^ 3) * DT / GAS(GasSelected).M ^ 2
        Loop
    Next i
End Sub

```


Calculations.bas

```

Nu = (1 + (0.0303 * Ra ^ 0.402) ^ 11) ^ 0.091
Hgapc(i) = GAS(GasSelected).K * Nu / Wgap
'Αντίσταση ακτινοβολίας
DT = Ts(i - 1, 3) - Ts(i - 1, 2)
e_eff = 1 / (1 / e(2) + 1 / e(3) - 1)
Hgapr(i) = s * e_eff * ((Ts(i - 1, 3) + 273.15) ^ 4 - (Ts(i - 1, 2) +
273.15) ^ 4) / DT
Hgap(i) = Hgapc(i) + Hgapr(i)

'Υπολογισμός προσωρινής τιμής συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοστασίου
UgTemp = 1 / (1 / Hin(i) + 1 / Hout(i) + 1 / Hgap(i) + WIN.L1 / Kf +
WIN.L2 / Kb)
'Υπολογισμός επιφανειακών θερμοκρασιών υαλοστασίου
Ts(i, 1) = (2 * Kf * T(i - 1, 1) / WIN.L1 + Clima(i).Tamb * Hout(i)) / (2
* Kf / WIN.L1 + Hout(i))
Ts(i, 2) = (T(i - 1, 1) * Kf / WIN.L1 + Ts(i - 1, 3) * Hgap(i)) / (Kf /
WIN.L1 + Hgap(i))
Ts(i, 3) = (T(i - 1, 2) * Kb / WIN.L2 + Ts(i - 1, 2) * Hgap(i)) / (Kb /
WIN.L2 + Hgap(i))
Ts(i, 4) = (2 * Kb * T(i - 1, 2) / WIN.L2 + Troom * Hin(i)) / (2 * Kb /
WIN.L2 + Hin(i))
'Θερμοκρασίες στο κέντρο του κρυστάλλου (γραμμική μεταβολή λόγω ομογενούς
υλικού
T(i, 1) = (Ts(i, 1) + Ts(i, 2)) / 2 ' Εξωτερικό κρύσταλλο
T(i, 2) = (Ts(i, 3) + Ts(i, 4)) / 2 ' Εσωτερικό κρύσταλλο
'Θερμοκρασία διακένου
TGap(i) = (Ts(i, 2) + Ts(i, 3)) / 2
'Υπολογισμός απόκλισης στη διαδικασία σύγκλισης

De = Abs(Ts(i, 1) - Tsold(1)) 'Στην επιφάνεια 1

For j = 2 To 4 'στις λοιπές επιφάνειες
If De < Abs(Ts(i, j) - Tsold(j)) Then De = Abs(Ts(i, j) - Tsold(j))
Next j

For j = 1 To 4
Tsold(j) = Ts(i, j)
Next j
told(1) = T(i, 1)
told(2) = T(i, 2)

Loop Until De <= 0.5
Ug(i) = UgTemp
Uw(i) = (Ug(i) * Ag + Uf * Af) / Atot

Form1.PB1.Value = i
Form1.Label1.Caption = "Υπολογισμός Uvalue [ " & Round(100 * i / 8760, 0) & "% ]"

DoEvents

Next i

Form1.PB1.Value = 0
Form1.Label1.Caption = "."

End Sub

```

Definitions.bas

```

'Mεταβλητές αλγόριθμων
Public CalcUType As Integer 'Τύπος υπολογισμού U: 0:Προκαθορισμένο, 1:ASHRAE, 2:
Δυναμικός υπολογισμός
Public Climafile As String 'Κλιματικό αρχείο
Public ResFile As String 'Αρχείο ωριαίων αποτελεσμάτων
Public WinOr As Double
Public Trans60 As Double 'Διαπερατότητα σε διάχυτη
Type WinType 'Τύπος παραθύρου
    GlasArea As Double
    GlasHeight As Double
    GlasWidth As Double
    FrameArea As Double
    Orientation As Double
    TotArea As Double
    TotHeight As Double
    TotWidth As Double
    Kglass As Double
    L1 As Double 'Πάχος 1ου υαλοπίνακα
    L2 As Double 'Πάχος 2ου υαλοπίνακα
    UvalStatic As Double
    GapWidth As Double 'Διάσταση διακένου
End Type
Type GlasType 'Τυπος υαλοστασίου
    Name As String
    e1 As Double
    e2 As Double
    T0 As Double 'Διαπερατότητα κρυστάλλου σε κάθετη ακτινοβολία
    Rf As Double 'Ανακλαστικότητα κρυστάλλου σε κάθετη ακτινοβολία (Front: exterior
side)
    Rb As Double 'Ανακλαστικότητα κρυστάλλου σε κάθετη ακτινοβολία (Back: interior
side)
    W As Double 'Πάχος Υαλοπίνακα
    Kg As Double 'Θερμική αγωγιμότητα
End Type
Type FrameType
    Name As String
    Uval As Double
End Type
Public FrameMat(1 To 5) As FrameType
Public WIN As WinType
Public Glass(1 To 5) As GlasType
Type ShadeType
    PH As Double
    PV As Double
    Rh As Double
    Rw As Double
End Type
Public Shade As ShadeType 'Πίνακας με χαρακτηριστικά της διάταξης σκίασμού
Type ClimaType
    Rdir As Double
    Rhor As Double
    Rdif As Double
    Tamb As Double
    Tdew As Double
    Vwind As Double
    Tsky As Double
    Altitude As Double
    Azimuth As Double
    DayHour As Integer
    YearHour As Integer
    YearDay As Integer
End Type
Type GasType
    Name As String
    K As Double
    DENS As Double
    PR As Double
    M As Double
End Type
Public GAS(1 To 5) As GasType
Public GasSelected As Byte 'Δείκτης που δείχνει πιο αέριο διακένου έχει επιλεγεί
(τιμές απο 1 έως 5)
Public FrameSelected As Byte
Public ExGlasID As Byte
Public InGlasID As Byte
'Διαπερατότητες και ανακλαστικότητες για τον υπολογισμό του διπλού υαλοπίνακα
Public R11 As Double

```

Definitions.bas

```

Public R22 As Double
Public R12 As Double
Public R21 As Double
Public T11 As Double
Public T22 As Double

Public e(1 To 4) As Double 'Emissivity of surfaces 1 to 4 (outer to inner)

Public Troom As Double
Public Clima(1 To 8760) As ClimaType 'Πίνακας με ωριαία κλιματικά στοιχεία

Public Ugd(1 To 8760) As Double 'Πίνακας με ωριαίες τιμές συντελεστή
θερμοπερατότητας ανοίγματος
Public Const p = 3.14159265358979 'π
Public Const s = 0.0000000567 'Stefan-Boltzmann constant
'Στοιχεία περιοχής
Public LATITUDE As Double
'Διαστάσεις Ανοίγματος
Public Vtot As Double, Htot As Double
Public Wgap As Double 'Πάχος διακένου
Public Af As Double, Ag As Double, Atot As Double 'Εμβαδά
'Χαρακτηρηστικά ανοίγματος
Public Ug(1 To 8760) As Double 'Θερμική αγωγιμότητα κρυστάλλου
Public Uf As Double 'Θερμική αγωγιμότητα πλαισίου
Public Uw(1 To 8760) As Double 'Θερμικής αγωγιμότητα παραθύρου (πλαίσιο+κρύσταλλο)
'Θερμοκρασίες τζαμιών και διακένου
Public Hinc(1 To 8760) As Double, Hincr(1 To 8760) As Double, Hinc(1 To 8760) As Double
Public Houtc(1 To 8760) As Double, Houtr(1 To 8760) As Double, Hout(1 To 8760) As
Double
Public Ra As Double, Nu As Double, Hgapc(1 To 8760) As Double
Public Hgapr(1 To 8760) As Double, Hgap(1 To 8760) As Double
Public T(8760, 1 To 2) As Double 'Θερμοκρασία υαλοπινάκων την ώρα i
Public Ts(8760, 1 To 4) As Double 'Επιφανειακές θερμοκρασίες υαλοπινάκων την ώρα i
Public TGap(8760) As Double 'Θερμοκρασία διακένου την ώρα i
'Ροές απο το άνοιγμα
Public Qdir(1 To 8760) As Double 'Ηλιακό κέρδος απο άμεση ακτινοβολία
Public Qdif(1 To 8760) As Double 'Ηλιακό κέρδος απο διάχυτη ακτινοβολία
Public Qcon_g(1 To 8760) As Double 'Θερμικό κέρδος απο αγωγιμότητα (κρύσταλλο)
Public Qcon_f(1 To 8760) As Double 'Θερμικό κέρδος απο αγωγιμότητα (πλαίσιο)
Public Qtot(1 To 8760) As Double 'Όλο κέρδος ανοίγματος
Public iQsol(1 To 8760) As Double 'Ακτινοβολία που θα περνούσε εάν δεν υπήρχαν σκιάδια
Public ShFr(1 To 8760) As Double 'Ποσοστό σκίασης ανοίγματος
Public StatheroU As Boolean
Public ExGlazIsCoated As Boolean
Public InGlazIsCoated As Boolean
Public TRANS(1 To 8760) As Double, ABSORT(1 To 2, 1 To 8760) As Double, REFLECT(1 To
8760) As Double

```

Functions.bas

```

Sub CheckInput(KeyAscii As Integer)
  If KeyAscii = 13 Then SendKeys "{TAB}" 'Όταν πατάω ENTER, με πάει στο επόμενο
  κουτάκι
  KeyAscii = Valitext(KeyAscii, "0123456789,." & DelimStr)
  If KeyAscii = 44 Or KeyAscii = 46 Then KeyAscii = DelimAdc
End Sub
Function COSD(X) 'Δέχεται input σε μοίρες
  COSD = Cos(X * p / 180)
End Function
Function sinD(X)
  sinD = Sin(X * p / 180)
End Function
Public Function TAND(X As Double) 'Για να δίνω τη γωνία σε μοίρες χωρίς να τη
μετατρέπω κάθε φορά
  TAND = Tan(X * p / 180)
End Function
Public Function ATAND(X As Double)
  ATAND = Atn(X) * 180 / p
End Function
Function ACos(X)
  ACos = (Atn(-X / Sqr(-X * X + 1)) + 2 * Atn(1)) * 180 / p
End Function
'Βοηθητικές τριγωνομετρικές συναρτήσεις
Function ACosD(X) 'σε rad
  If X >= 1 Then
    ACosD = 0: Exit Function
  Else
    ACosD = Atn(-X / Sqr(-X * X + 1)) + 2 * Atn(1)
  End If
  ACosD = ACosD * 180 / p
End Function
Public Function ASinD(X) 'το αποτέλεσμα σε μοίρες
  Select Case X
    Case Is <= -1
      ASinD = -p / 2
    Case Is >= 1
      ASinD = p / 2
    Case Else
      ASinD = Atn(X / Sqr(-X * X + 1))
  End Select
  ASinD = ASinD * 180 / p
End Function
Public Function ASin(X) 'το αποτέλεσμα σε μοίρες
  Select Case X
    Case Is <= -1
      ASin = -p / 2
    Case Is >= 1
      ASin = p / 2
    Case Else
      ASin = Atn(X / Sqr(-X * X + 1))
  End Select
End Function

```

Module1.bas

```

Public DelimStr As String, DelimAdc As Integer      'Διαχωριστικό δεκαδικών

Const LOCALE_SDECIMAL          As Long = &HE      'decimal separator
Const LOCALE_STHOUSAND        As Long = &HF      'thousand separator
Const LOCALE_SGROUPING        As Long = &H10     'digit grouping
Const LOCALE_IDIGITS          As Long = &H11     'number of fractional digits
Const LOCALE_ILZERO           As Long = &H12     'leading zeros for decimal
Const LOCALE_INEGNUMBER       As Long = &H1010   'negative number mode
Const LOCALE_SNATIVEDIGITS    As Long = &H13     'native ASCII 0-9
Const LOCALE_SPOSITIVESIGN    As Long = &H50     'positive sign
Const LOCALE_SNEGATIVESIGN    As Long = &H51     'negative sign
Private Declare Function GetThreadLocale Lib "kernel32" () As Long
Private Declare Function GetSystemDefaultLCID Lib "kernel32" () As Long
Private Declare Function GetLocaleInfo Lib "kernel32" Alias "GetLocaleInfoA" (ByVal
Locale As Long, ByVal LCType As Long, ByVal lpLCData As String, ByVal cchData As Long)
As Long

Public Declare Function SendMessage Lib "user32" Alias "SendMessageA" (ByVal hwnd As
Long, ByVal wParam As Long, ByVal lParam As Long, lParam As Any) As Long
Public Const CB_GETLBTEXTLEN = &H149
Public Const CB_SHOWDROPDOWN = &H14F
Public Const CB_GETDROPPEDWIDTH = &H15F
Public Const CB_SETDROPPEDWIDTH = &H160

Public Function GetUserLocaleInfo(ByVal dwLocaleID As Long, ByVal dwLCType As Long) As
String
    Dim sReturn As String
    Dim R As Long
    R = GetLocaleInfo(dwLocaleID, dwLCType, sReturn, Len(sReturn))
    If R Then
        sReturn = Space$(R)
        R = GetLocaleInfo(dwLocaleID, dwLCType, sReturn, Len(sReturn))
        If R Then
            GetUserLocaleInfo = Left$(sReturn, R - 1)
        End If
    End If
End Function

Public Function GetDecimalSeperator() As String
    Dim LCID As Long
    LCID = GetSystemDefaultLCID()
    GetDecimalSeperator = GetUserLocaleInfo(LCID, LOCALE_SDECIMAL)
End Function

Public Function Valitext(KeyIn As Integer, ValidateString As String)
    Dim ValidateList As String
    Dim KeyOut As Integer
    ValidateList = UCase(ValidateString) & Chr(8)
    If InStr(1, ValidateList, UCase(Chr(KeyIn)), 1) > 0 Then
        KeyOut = KeyIn
    Else
        KeyOut = 0
    End If
    Valitext = KeyOut
End Function

Sub main()
    DelimStr = GetDecimalSeperator
    DelimAdc = Asc(GetDecimalSeperator)

    Climafile = App.Path & "\athens.dat"

    GAS(1).Name = "Αέρας"
    GAS(1).K = 0.0241
    GAS(1).DENS = 1.29
    GAS(1).PR = 0.72
    GAS(1).M = 1.73
    GAS(2).Name = "Argon"
    GAS(2).K = 0.0162
    GAS(2).DENS = 1.78
    GAS(2).PR = 0.68
    GAS(2).M = 2.11
    GAS(3).Name = "Krypton"
    GAS(3).K = 0.0086
    GAS(3).DENS = 3.74
    GAS(3).PR = 0.66

```

```

GAS(3).M = 2.28
GAS(4).Name = "CO2"
GAS(4).K = 0.0146
GAS(4).DENS = 1.98
GAS(4).PR = 0.79
GAS(4).M = 1.39
GAS(5).Name = "SF6"
GAS(5).K = 0.013
GAS(5).DENS = 6.6
GAS(5).PR = 0.69
GAS(5).M = 1.41

'Κρύσταλλα
Glass(1).Name = "Απλό γυαλί"
Glass(1).e1 = 0.84
Glass(1).e2 = 0.84
Glass(1).Rf = 0.075
Glass(1).Rb = 0.075
Glass(1).T0 = 0.83
Glass(1).Kg = 225
Glass(2).Name = "Με επίστρωση αργύρου 1)"
Glass(2).e1 = 0.84
Glass(2).e2 = 0.1
Glass(2).T0 = 0.06
Glass(2).Rf = 0.5
Glass(2).Rb = 0.33
Glass(2).Kg = 225
Glass(3).Name = "Με επίστρωση αργύρου 2)"
Glass(3).e1 = 0.84
Glass(3).e2 = 0.04
Glass(3).T0 = 0.11
Glass(3).Rf = 0.26
Glass(3).Rb = 0.44
Glass(3).Kg = 225
Glass(4).Name = "Με επίστρωση SnO2)"
Glass(4).e1 = 0.84
Glass(4).e2 = 0.16
Glass(4).T0 = 0.11
Glass(4).Rf = 0.5
Glass(4).Rb = 0.33
Glass(4).Kg = 225
Glass(5).Name = "Solar Control"
Glass(5).e1 = 0.84
Glass(5).e2 = 0.1
Glass(5).Rf = 0.172
Glass(5).Rb = 0.226
Glass(5).T0 = 0.316
Glass(5).Kg = 150
'Πλαίσιο 'Πηγή: ASHRAE Table1 page 30.6
FrameMat(1).Name = "Αλουμίνιο ανευ θερμικής διακοπής"
FrameMat(1).Uval = 12.89
FrameMat(2).Name = "Αλουμίνιο με θερμική διακοπή"
FrameMat(2).Uval = 5
FrameMat(3).Name = "Αλουμίνιο/ξύλο με ενίσχυση βυνιλίου"
FrameMat(3).Uval = 3.12
FrameMat(4).Name = "Ξύλο/Βυνίλιο"
FrameMat(4).Uval = 2.78
FrameMat(5).Name = "Θερμομονωμένο-fiberglass"
FrameMat(5).Uval = 1.82

ReadClima

Form1.Show
Form1.Command1.SetFocus
Form1.Caption = "WinCalc 1.0 [ΤΜΑΕΗ]"
With frmAreas
    .tt(1).Text = 1#
    .tt(2).Text = 1.3
    .tt(5).Text = 0.05
    .tt(6).Text = 0.05
    .tt(7).Text = 0.05
    .tt(8).Text = 0.05
End With
End Sub

```

```

Function Calcdeclination(jday)
    Calcdeclination = 23.45 * sinD(280.1 + 0.9863 * jday)
End Function

Function SunLitedArea(Thet1 As Double, Bita As Double, Gama As Double)
'Υπολογισμός σκιασμένου τμήματος ενός ανοίγματος
    Dim PH As Double, PV As Double, Rw As Double, Rh As Double
    Dim OMEGA As Double, D As Double

    PH = Shade.PH
    PV = Shade.PV
    Rw = Shade.Rw
    Rh = Shade.Rh

    If Thet1 = 0 Then
        OMEGA = 0
        D = 0
    Else
        OMEGA = ATAND(sinD(Bita) / COSD(Thet1))
        D = Abs(ATAND((sinD(Gama) * COSD(Bita)) / COSD(Thet1)))
    End If

    'Μήκος σκιάς από οριζόντιο πρόβολο
    Sh = PH * TAND(OMEGA)

    'Μήκος σκιάς από κάθετο πρόβολο
    Sw = PV * TAND(D)
    'If Ω <= 0 Then Sw = 0

    'Εμβαδο που ο ήλιος βλέπει το ηαλοστάσιου
    f = WIN.GlasHeight
    W = WIN.GlasWidth

    If Thet1 = 0 Then
        Asl = 0
    ElseIf Sw >= Rw + f And Sh >= Rh + H Then
        Asl = 0
    ElseIf Sw <= Rw And Sh > Rh Then
        Asl = W * (f - (Sh - Rh))
    ElseIf Sw <= Rw And Sh <= Rh Then
        Asl = W * f
    ElseIf Sw > Rw And Sh <= Rh Then
        Asl = (W - (Sw - Rw)) * f
    ElseIf Sw > Rw And Sh > Rh Then
        Asl = (W - (Sw - Rw)) * (f - (Sh - Rh))
    End If

    'Εμβαδο που το υαλοστάσιο σκιάζεται
    Ash = W * f - Asl

    If Asl <= 0 Then Ash = W * f: Asl = 0
    If Asl >= W * f Then Asl = W * f
    If Ash <= 0 Then Ash = 0
    If Bita <= 0 Then Asl = 0
    SunLitedArea = Asl
End Function

Function MyAzimuth(HMERA, ORA)
    Dim DEC As Double 'Declination
    DEC = 23.45 * sinD(360 * ((284 + HMERA) / 365))
    'Hour Angle
    H = Abs(12 - ORA) * 15
    'Altitude (β)
    β = ASinD(COSD(LATITUDE) * COSD(DEC) * COSD(H) + sinD(LATITUDE) * sinD(DEC))

    If β <= 0 Then
        β = 0
        Azimuth = 0
        Exit Function
    End If
    'Solar Azimuth
    φ = ASinD(COSD(DEC) * sinD(H) / COSD(β))

    If iHour < 12 Then φ = -φ

```

SolarCalculations.bas

```
hourcrit = ACosD(sinD(DEC) * COSD(LATITUDE) / (COSD(DEC) * sinD(LATITUDE)))  
If Abs(H) <= hourcrit Then  
    φ1 = φ  
Else  
    φ1 = (180 - Abs(φ)) * φ / Abs(φ)  
End If  
If β <= 0 Then φ1 = 0  
  
MyAzimuth = φ1  
End Function  
  
Function Altitude(sday, shour)  
    slat = LATITUDE * p / 180  
    DEC = 23.45 * p * Sin(2 * p * (sday + 284) / 365) / 180  
    hourcrit = ACosD(Sin(DEC) * Cos(slat) / (Cos(DEC) * Sin(slat)))  
    hourangle = (12 - shour) * p / 12  
    SCosZen = Sin(DEC) * Sin(slat) + Cos(DEC) * Cos(slat) * Cos(hourangle)  
    Altitude = ASinD(SCosZen)  
End Function
```


Βιβλιογραφία

Βιβλία

1. ΕΡΩΤΟΚΡΙΤΟΣ Π.ΤΣΙΓΚΑΣ: **Ενεργειακός σχεδιασμός –Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες**, εκδόσεις Μαλλιάρης-παιδεία (για την Ευρωπαϊκή Ένωση),Θεσσαλονίκη 1992.
2. ΑΝΔΡΕΑΣ.Ε.ΜΟΣΧΑΤΟΣ. Δρ. Μηχανολόγος –Ηλεκτρολόγος:**Ηλιακή Ενέργεια, Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας**, Έκδοση του τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδος, 1992.
3. ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΜΑΛΑΣΠΙΝΑΣ:**Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην κατασκευή των κτιρίων**, εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα 1998.
4. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ:**Ευπαθή σημεία, εξωτερικοί τοίχοι και ανοίγματα**, Εκδόσεις Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα 1982.
5. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ:**Ευπαθή σημεία ,παράθυρα και εξωτερικές πόρτες**, Εκδόσεις Μόσχος Γκιούρδας, Αθήνα 1983.
6. Ε.ΡΕΤΡΟΥΤΣΟΣ:**Πλήρες εγχειρίδιο της Visual Basic 6**, Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα 1999.
7. **ASHRAE Fundamentals Handbook**, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 1999
8. **Window 4.0 Documentation of Calculation Procedures**, energy & environmental division ,Lawrence Berkeley Laboratory, July 1993
9. **ASHRAE Fundamentals Handbook** ,Fenestration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2001
10. **ASHRAE Fundamentals Handbook** ,Solar energy use, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2002
11. **Microsoft Visual BASIC** by The Mandelbrot Set International, Ltd.,Copyright© 1998

Internet

mspress.microsoft.com

www.themandelbrotset.com/html/downloads.html

Πανεπιστημιακό Υλικό

1. Θ.Θεοδοσίου, «Σημειώσεις στο μάθημα: **Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι**», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, 2004-11-23
2. Θ.Θεοδοσίου, «Σημειώσεις στο μάθημα: **Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων ΙΙ**», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, 2004-11-23
3. Θ.Θεοδοσίου, «Σημειώσεις στο μάθημα: **«Υλικά κατασκευής και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας»**», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, 2004-11-23.