

Διερεύνηση των συνθηκών φωτισμού και της απαίτησης κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε χώρους γραφείων με συστήματα σκίασης ενσωματωμένα σε όψεις τους

Αξαρχή Κλειώ και Βαΐτση Χρυσούλα
ΑΠΘ, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η συσχέτιση της ενεργειακής συμπεριφοράς τυπικού χώρου γραφείου που ηλιοπροστατεύεται με περσίδες, με την θερμική και οπτική άνεση σ' αυτούς. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε παραμετρική ανάλυση με τα προγράμματα energy plus [1] και Relux [2], η οποία εξετάζει την ενεργειακή και οπτική συμπεριφορά ενός τυπικού χώρου γραφείου με ηλιοπροστασία σε σχέση με χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία. Στην παραμετρική ανάλυση εξετάζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Τέσσερις κλιματικές περιοχές. (Καστοριά, Θεσσαλονίκη, Αθήνα και Ηράκλειο) σε συμφωνία με τις κλιματικές ζώνες του ΚΕΝΑΚ [3].
- Τρεις προσανατολισμούς (ανατολικός, νότιος και δυτικός).
- Τρία διαφορετικά συστήματα σκίασης (μικρής, μέσης και μεγάλης ανακλαστικότητας)
- Εφτά διαφορετικές κλίσεις περσίδων (Σύνολο 264 μοντέλα).

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων γίνεται με τη βοήθεια:

- του μέσου παράγοντα φυσικού φωτός και
- της πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη και θέρμανση που καταναλώνεται στο χώρο αναφοράς σε αντιπαράθεση με τα υπόλοιπα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης.

Από την ανάλυση δίνονται πρακτικοί κανόνες για τη σχέση μεταξύ της κλίσης των περσίδων και της μεταβολής του παράγοντα φυσικού φωτός και της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται [4]. Οι πρακτικοί κανόνες είναι σε μορφή διαγραμμάτων, στα οποία απεικονίζεται ταυτόχρονα η μεταβολή των δύο μεγεθών μελέτης σε σχέση με την κλίση και τον τύπο των σκιάστρων, πάντα σε άμεση σύγκριση με το χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

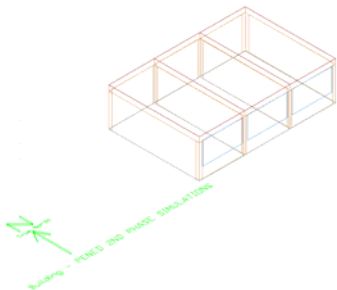
Η ταυτόχρονη ικανοποίηση της οπτικής και θερμικής άνεσης είναι απαιτήσεις κατά βάση αντικρουόμενες. Η αποκοπή της ηλιακής ακτινοβολίας με τη χρήση περσίδων μειώνει την ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα στους χώρους με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση των ηλιακών κερδών και της έντασης του φυσικού φωτός μέσα σ' αυτούς. Ενεργειακά η μείωση των ηλιακών κερδών ανακουφίζει θερμικά το χώρο που ηλιοπροστατεύεται με περσίδες τη θερινή περίοδο, αντίστοιχα όμως, αυξάνει την απαίτηση θέρμανσης το χειμώνα. Οπτικά η αποκοπή του φυσικού φωτός έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των επιπέδων της έντασης του φυσικού φωτός και μέσα στο χώρο. Η θεωρία αυτή επαληθεύεται στην εργασία και ποσοτικοποιείται για την περίπτωση του χώρου γραφείου που μελετήθηκε. Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφεται το μοντέλο της

παραμετρικής ανάλυσης, δίνονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και σχολιάζονται τα συμπεράσματα της μελέτης.

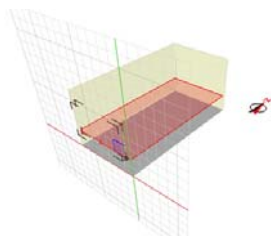
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

2.1 Κτίριο

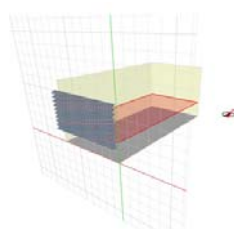
Το μοντέλο βάσης της παραμετρικής ανάλυσης είναι ένα μονώροφο κτίριο με τρεις θερμικές ζώνες στη σειρά (σχήμα 1) με εσωτερικές διαστάσεις 3.55 m x 7.05 m και ύψος 3.00 m για κάθε χώρο. Η θεώρηση του κτιρίου έγινε με σκοπό να αντιπροσωπεύει τυπική ελληνική κατασκευή γραφείων σε σειρά, ενώ η μελέτη της κατανάλωσης ενέργειας στην παραμετρική ανάλυση επικεντρώνεται στην κεντρική ζώνη από τις τρεις [4]. Αντίστοιχα στο πρόγραμμα Relux προσομοιώθηκε μόνο η κεντρική ζώνη που μελετήθηκε με το Energy plus (σχήμα 2).



Σχήμα 1 Μοντέλο στο πρόγραμμα energy plus (νότιος προσανατολισμός ανοιγμάτων)



α)



β)

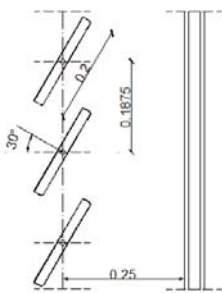
Σχήμα 2 Μοντέλο στο πρόγραμμα Relux α) χωρίς ηλιοπροστασία β) με περσίδες κλίσης 60°.

Το κέλυφος του κτιρίου είναι θερμομονωμένο με αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 0.05 m και κάθε θερμική ζώνη φωτίζεται από ένα πλευρικό άνοιγμα στη νότια πλευρά, διαστάσεων 2.20 m x 1.70 m, το οποίο καλύπτεται με δίδυμο καθαρό υαλοπίνακα (πάχος κάθε υαλοπίνακα 0.004 m και διάκενο 0.012 m) και για το μοντέλο βάσης δεν φέρει ηλιοπροστασία. Το κούφωμα του ανοίγματος θεωρήθηκε από αλουμίνιο με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f=2.67 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συστήματος κούφωμα-τζάμι είναι $U_w=2.77 \text{ W/m}^2\text{K}$. Στον πίνακα 1 δίνονται τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο. Επιπρόσθετα κατά την προσομοίωση του μοντέλου στο πρόγραμμα Relux θεωρήθηκαν οι ανακλαστικότητες για το δάπεδο τους περιμετρικούς τοίχους και την οροφή ως 45,2 %, 97,4 % και 45,2 % αντίστοιχα. Οι ανακλαστικότητες αυτές αντιπροσωπεύουν σκουρόχρωμες επιφάνειες (γκρι - τσιμέντο) για το δάπεδο και την οροφή και ανοιχτόχρωμη λεία επιφάνεια (λευκό χρώμα) για τους περιμετρικούς τοίχους.

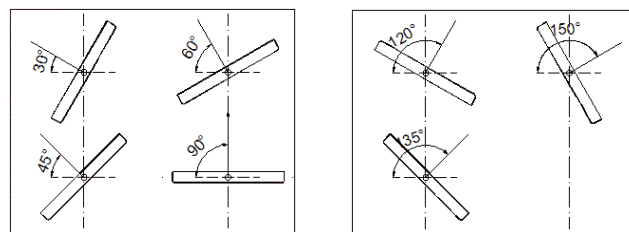
Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών υλικών μοντέλου			
	λ (W/m-K)	Πυκνότητα (Kgr/m ³)	Ειδική θερμοχωρητικότητα J/Kg-K
Σκυρόδεμα	2,03	2400	840
Φύλλο αλουμινίου	221	2740	896
Αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη	0.027	50	1590
Διάτρητοι Οπτόπλινθοι	0.52	1200	790
Επίχρισμα	0.70	1400	840
Ασφαλτικό φιλμ	0.19	1100	1260
Πλακάκια	1,05	2000	800
Επίστρωση δώματος	0.90	2000	1464

Πίνακας 1. Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά δομικών υλικών μοντέλου.

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς των περσίδων δημιουργήθηκαν επιπλέον μοντέλα, τα οποία έχουν όμοια γεωμετρία με το χώρο αναφοράς, αλλά φέρουν στην εξωτερική πλευρά των ανοιγμάτων σταθερές περσίδες με πλάτος 0.20 m, πάχος 0.027 m, μεταξύ τους απόσταση 0.1875 m και απόσταση από το υαλοστάσιο 0.25 m (σχήμα 3). Τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης διαφοροποιούνται ως προς την κλίση και την ανακλαστικότητα των περσίδων. Δημιουργήθηκαν επιπλέον 21 μοντέλα για κάθε τύπο κτιρίου, τα οποία αντιπροσωπεύουν περσίδες με κλίση 30°, 45°, 60°, 90° 120°, 150° και 135° (σχήμα 4) και με χαμηλή, μέση και υψηλή ανακλαστικότητα (0.2, 0.5 και 0.8 αντίστοιχα).



Σχήμα 3. Η γεωμετρία των περσίδων για γωνία κλίσης 30° στο σύστημα περσίδων-υαλοπίνακα



Σχήμα 4. Οι εξεταζόμενες γωνίες κλίσης περσίδων στην παραμετρική ανάλυση

Η θερμική συμπεριφορά του χώρου αναφοράς και των μοντέλων της παραμετρικής ανάλυσης διερευνήθηκε με τη βοήθεια του προσομοιωτικού προγράμματος energy plus ενώ ο παράγοντας φυσικού φωτός υπολογίστηκε με το πρόγραμμα Relux το οποίο χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Radianace ως μηχανή υπολογισμών. Συγκεκριμένα, εκτιμήθηκαν:

- η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση και ψύξη και
- ο μέσος παράγοντας φυσικού φωτός μαζί με την μέγιστη και ελάχιστη τιμή του για το χώρο.

2.2 Εσωτερικά κέρδη

Στην παραμετρική ανάλυση, για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων θέρμανσης και ψύξης, θεωρήθηκε λειτουργία γραφείου για τους χώρους από τις 8 το πρωί μέχρι τις 4 το μεσημέρι, με πενθήμερη λειτουργία και λαμβάνονται υπόψη τα εσωτερικά κέρδη:

- από την παρουσία ανθρώπων στο χώρο (επίπεδο δραστηριότητας 117 W/άτομο, μέγεθος ρουχισμού 1,0 clo για το χειμώνα και 0.5 clo για το καλοκαίρι και απόδοση 0.1 που σημαίνει πως το 90% της ενέργειας που παράγεται από το σώμα των ατόμων μετατρέπεται σε θερμότητα),
- από τον τεχνητό φωτισμό, τεχνητός φωτισμός με ισχύ 8,5 Watt/m², και
- από τον εξοπλισμό (λειτουργία 2 υπολογιστών και ενός εκτυπωτή σε κάθε θερμική ζώνη) κατανάλωση ισχύς 15 Watt/m². [5].

Επίσης ο αερισμός στην παραμετρική ανάλυση προσομοιώθηκε ξεχωριστά ως ακούσιος και εκούσιος. Ο εκούσιος αερισμός περιλαμβάνει σύμφωνα με το πρότυπο EN 15251 [6] τον απαραίτητο αερισμό του χώρου για λόγους υγιεινής και για χώρους γραφείων είναι 2,0 lt/s/m³, που για το χώρο μελέτης αντιστοιχεί σε 2,4 εναλλαγές αέρα ανά ώρα (ach). Η διάρκεια του εκούσιου αερισμού περιορίζεται στο 8ωρο εργασίας. Αντίστοιχα, ο ακούσιος αερισμός ελήφθη όλες τις υπόλοιπες ώρες που τα γραφεία θεωρήθηκαν κλειστά ως 0.5 (ach) και αντιστοιχεί στον αθέλητο αερισμό από τα κουφώματα και τις χαραμάδες στη θερμική ζώνη.

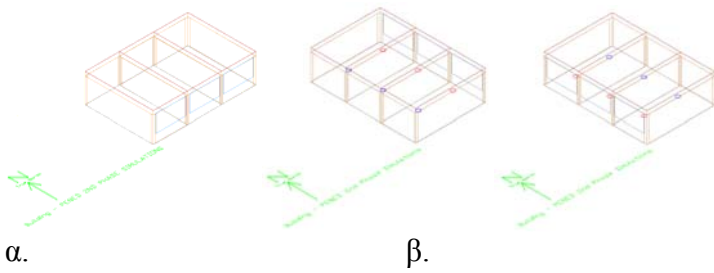
2.3 Θερμικά φορτία – κατανάλωση ενέργειας

Τα θερμικά φορτία υπολογίστηκαν για ελεύθερη θερμοκρατική και ψυκτική περίοδο όλο το χρόνο, για όλα τα κλιματικά αρχεία. Ο υπολογισμός των φορτίων έγινε με «θεωρητικό» H/M σύστημα ιδανικής απόδοσης (μηδενικές απώλειες και ενεργειακές απαιτήσεις λειτουργίας), όπως παρέχεται από την επιλογή «HVAC templates» στο πρόγραμμα energy plus (version 3.0). Θερμοστάτες για την ψυκτική και θερμοκρατική περίοδο, θεωρήθηκαν οι 26 °C και 21 °C [7] αντίστοιχα, ενώ η λειτουργία των θερμοστατών ακολουθεί την πενθήμερη και οχτάωρη λειτουργία του χώρου γραφείων.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, υπολογίστηκε στη διάρκεια του έτους με οδηγό τη μεθοδολογία υπολογισμού του EN 15603 [8]. Σημειώνεται, πως αρχικά για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας θεωρήθηκε ότι οι ανάγκες θέρμανσης καλύπτονται από συμβατικό καυστήρα πετρελαίου με απόδοση 0.85, ενώ για την ψύξη θεωρήθηκε, ότι χρησιμοποιούνται αυτόνομες ηλεκτρικές κλιματιστικές μονάδες (air conditioner) με απόδοση 2.7. Για τον υπολογισμό της πρωτογενούς ενέργειας, από τον πίνακα του παραρτήματος E του προτύπου, για τη χρήση πετρελαίου (θερμικά φορτία) χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής 1,35, ενώ για τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος (κάλυψη ψυκτικών φορτίων) ο συντελεστής 4,05.

2.4 Προσανατολισμοί

Προκειμένου να διερευνηθεί η συμπεριφορά των περσίδων ανάλογα με τον προσανατολισμό του ανοίγματος που σκιάζουν, για τον υπολογισμό των ενεργειακών φορτίων το μοντέλο βάσης περιστράφηκε προς την ανατολή και τη δύση (σχήμα 5). Τα νότια ανοίγματα του μοντέλου βάσης γίνονται αρχικά ανατολικά και στη συνέχεια δυτικά και εξετάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά του χώρου για λειτουργία με και χωρίς ηλιοπροστασία για όλα τα διαφορετικά σενάρια περσίδων που θεωρήθηκαν. Όσον αφορά στον παράγοντα φυσικού φωτός, σε συμφωνία με τον ορισμό του, αυτός δεν εξαρτάται από τον προσανατολισμό του ανοίγματος ή από την κλιματική περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Ο παράγοντας φυσικού φωτός εξαρτάται από την γεωμετρία του χώρου και τις ιδιότητες των επιφανειών και για το λόγο αυτό στο πρόγραμμα Relux προσομοιώθηκαν οι διάφοροι τύποι περσίδων μόνο για νότιο προσανατολισμό και για την κλιματική περιοχή της Αθήνας.



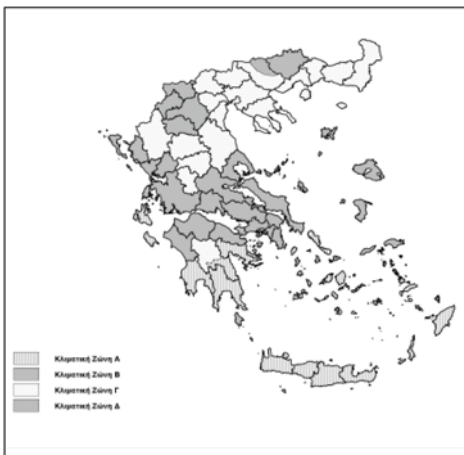
Σχήμα 5 Μοντέλα παραμετρικής ανάλυσης α. νότιου, β. ανατολικού και γ. δυτικού προσανατολισμού ανοιγμάτων

2.5 Κλιματικές περιοχές

Οι κλιματικές περιοχές επιλέχθηκαν για την παραμετρική ανάλυση, βάση του διαχωρισμού της Ελληνικής επικράτειας σε 4 κλιματικές ζώνες, κατά τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (KENAK) [3] (σχήμα 6). Από κάθε κλιματική ζώνη επιλέχθηκαν οι ακόλουθες πόλεις:

1. Καστοριά με γεωγραφικό πλάτος N 40° 27' και μήκος E 21° 16', (κλιματική ζώνη Δ)
2. Θεσσαλονίκη με γεωγραφικό πλάτος N 40° 31' και μήκος E 22° 58' (κλιματική ζώνη Γ)
3. Αθήνα με γεωγραφικό πλάτος N 37° 54' και μήκος E 23° 43' (κλιματική ζώνη Β) και
4. Ηράκλειο με γεωγραφικό πλάτος N 35° 19' και μήκος E 25° 10' (κλιματική ζώνη Α).

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση προέρχονται για μεν την Θεσσαλονίκη και την Αθήνα από αρχείο IWEC [9] ενώ για την Καστοριά και το Ηράκλειο από το πρόγραμμα METEONORM [10].



Σχήμα 6. Κλιματικές ζώνες (KENAK)

3. ΟΛΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ – ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

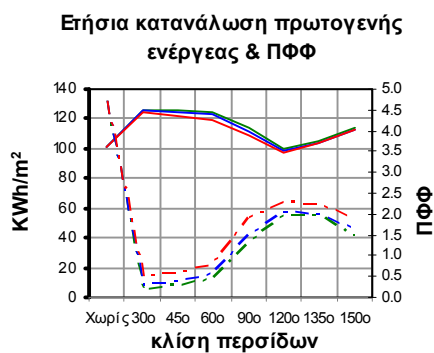
3.1 Εισαγωγή

Η συσχέτιση οπτικής και θερμικής άνεσης στην παρούσα παραμετρική ανάλυση γίνεται με τη βοήθεια διαγραμμάτων, στα οποία απεικονίζονται ταυτόχρονα η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και ο μέσος παράγοντας φυσικού φωτός συναρτήσει της κλίσης και της ανακλαστικότητας των περσίδων για κάθε κλιματική ζώνη. Οι καμπύλες μεταβολής του μέσου παράγοντα φυσικού φωτός είναι για όλα τα διαγράμματα οι ίδιες αφού ο παράγοντας είναι ανεξάρτητος από τον προσανατολισμό του ανοίγματος και το κλίμα της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο. Για χώρους γραφείων βασική απαίτηση για την επίτευξη οπτικής άνεσης είναι ο $\rho_{\text{φφ}}$ να έχει τιμή 2% [11]. Η

θερμική άνεση στην παραμετρική ανάλυση είναι αποδεκτή, εφόσον η απαίτηση σε πρωτογενής ενέργεια των χώρων με περσίδες είναι μικρότερη από το χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία.

Στις επόμενες τέσσερις ενότητες δίνονται τα αποτελέσματα για κάθε κλιματική ζώνη σε μορφή διαγραμμάτων. Σε κάθε διάγραμμα απεικονίζεται σε σχέση με την κλίση των περσίδων (οριζόντιος άξονας) η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (κάθετος άξονας αριστερά) και ο παράγοντας φυσικού φωτός (κάθετος άξονας δεξιά). Τα διαγράμματα είναι ξεχωριστά για κάθε κλιματική ζώνη και προσανατολισμό, ενώ στο ίδιο διάγραμμα, για την αντίστοιχη περίπτωση, δίνονται τα αποτελέσματα για τις τρεις ανακλαστικότητες και τις εφτά διαφορετικές κλίσεις των περσίδων που μελετήθηκαν

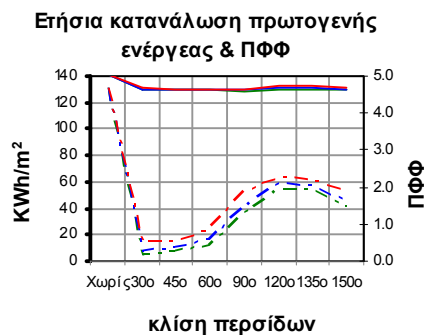
3.2 Καστοριά



Διαπερατότητες περσίδων:

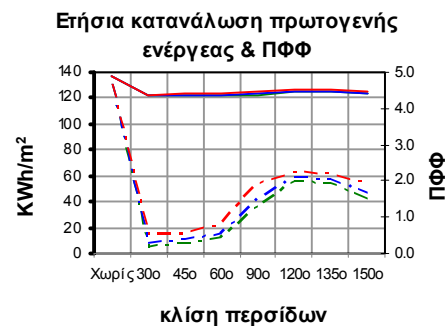
— Χαμηλή — Μέση — Υψηλή

Σχήμα 7. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για νότιο προσανατολισμό (Καστοριά).



α

β

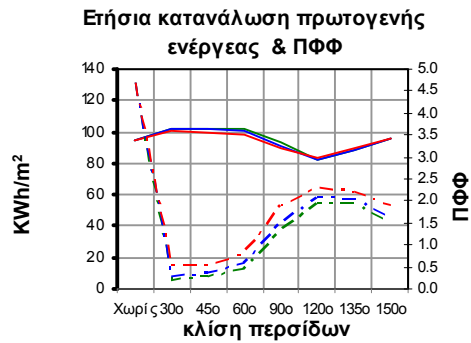


Διαπερατότητες περσίδων:

— Χαμηλή — Μέση — Υψηλή

Σχήμα 8. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για α) ανατολικό και β) δυτικό προσανατολισμό (Καστοριά).

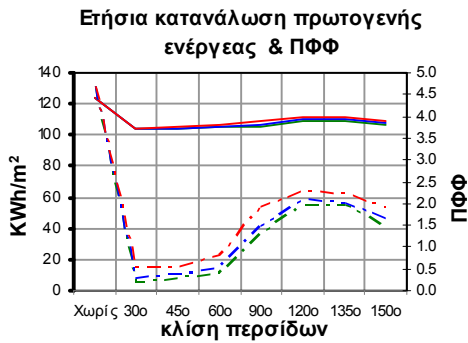
3.3 Θεσσαλονίκη



Διαπερατότητες περσιδών:

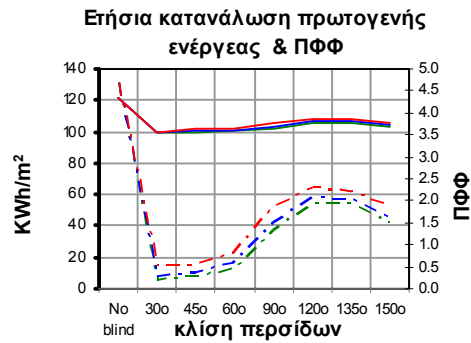
Χαμηλή (πράσινη γραμμή) Μέση (μπλε γραμμή) Υψηλή (κόκκινη γραμμή)

Σχήμα 9. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για νότιο προσανατολισμό (Θεσσαλονίκη).



α

β

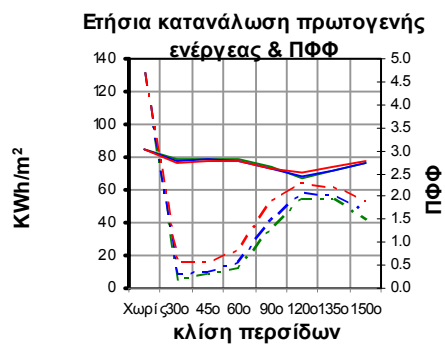


Διαπερατότητες περσιδών:

Χαμηλή (πράσινη γραμμή) Μέση (μπλε γραμμή) Υψηλή (κόκκινη γραμμή)

Σχήμα 10. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για α) ανατολικό και β) δυτικό προσανατολισμό (Θεσσαλονίκη).

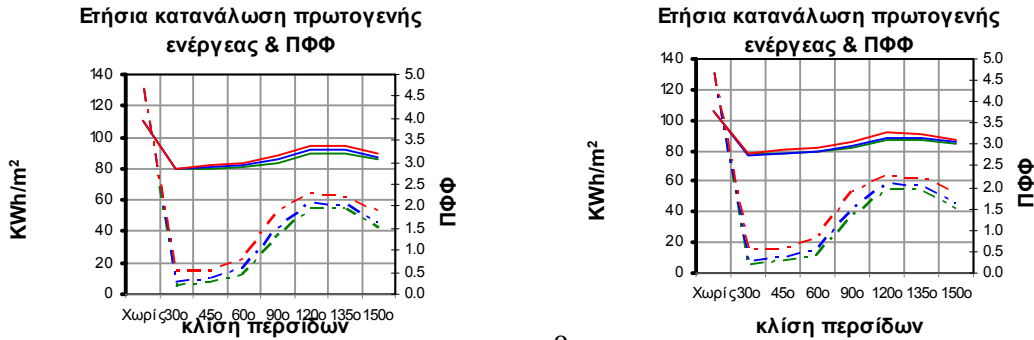
3.4 Αθήνα



Διαπερατότητες περσιδών:

Χαμηλή (πράσινη γραμμή) Μέση (μπλε γραμμή) Υψηλή (κόκκινη γραμμή)

Σχήμα 11. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για νότιο προσανατολισμό (Αθήνα).



α

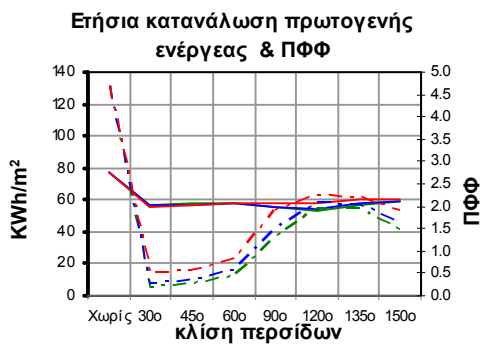
β

Διαπερατότητες περιόδων:

— Χαμηλή — Μέση — Υψηλή

Σχήμα 12. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για α) ανατολικό και β) δυτικό προσανατολισμό (Αθήνα).

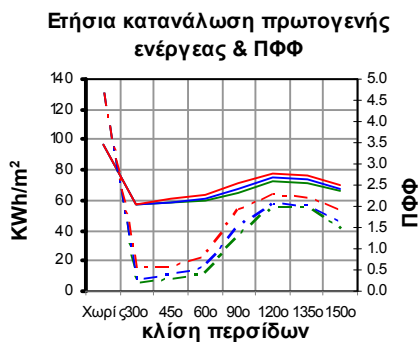
3.5 Ηράκλειο



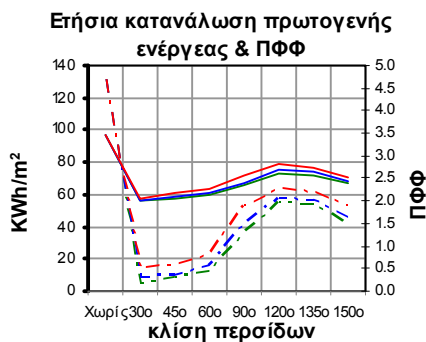
Διαπερατότητες περιόδων:

— Χαμηλή — Μέση — Υψηλή

Σχήμα 13. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για νότιο προσανατολισμό (Ηράκλειο).



α



β

Διαπερατότητες περσίδων:

— Χαμηλή — Μέση — Υψηλή

Σχήμα 14. Ετήσια πρωτογενής ενέργεια και μέσος παράγοντας φυσικού φωτός (διακεκομμένη γραμμή) για το χώρο αναφοράς και τα μοντέλα της παραμετρικής ανάλυσης, για α) ανατολικό και β) δυτικό προσανατολισμό (Ηράκλειο).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και ο μέσος παράγοντας φυσικού φωτός εξετάστηκαν στην παρούσα παραμετρική ανάλυση ως συνάρτηση της κλιματικής περιοχής, του προσανατολισμού, της κλίσης και της ανακλαστικότητας περσίδων σε 264 διαφορετικά μοντέλα, σε σχέση με χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, ακολουθώντας τη θεωρία, δίνουν αύξηση της πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και μείωση της ενέργειας για ψύξη σε σχέση με το μοντέλο αναφοράς, σε όλες τις περιπτώσεις, με ποσοτικές διαφοροποιήσεις αντίστοιχες με τις μεταβλητές παραμέτρους της ανάλυσης (κλίμα, προσανατολισμός, κλίση και ανακλαστικότητα περσίδων). Ο μέσος πφφ από την άλλη ανεξάρτητα από την κλιματική περιοχή και τον προσανατολισμό του ανοίγματος, μεταβάλλεται μόνο ανάλογα με την κλίση και την ανακλαστικότητα των περσίδων.

Η θερμική συμπεριφορά του μοντέλου κυριαρχείται από την απαίτηση για μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τα μοντέλα της ανάλυσης σε σχέση με το χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία και ικανοποιείται ανάλογα με τις συνθήκες των μεταβλητών της παραμετρικής ανάλυσης. Έτσι, ενώ για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό του ανοίγματος η ετήσια κατανάλωση ενέργειας μειώνεται σε σχέση με το χώρο αναφοράς για όλες τις περιπτώσεις των περσίδων και στις τέσσερις κλιματικές ζώνες, για νότιο προσανατολισμό του ανοίγματος στις κλιματικές ζώνες Α και Β, όπου κυριαρχεί η ανάγκη ψύξης έναντι αυτής της θέρμανσης, επιτυγχάνεται μεν μείωση για όλες τις περιπτώσεις των περσίδων, όμως στην κλιματική ζώνη Γ αυτό συμβαίνει μόνο για περσίδες με κλίση 90° , 120° και 135° , ενώ στην κλιματική ζώνη Δ μόνο για περσίδες με κλίση 120° (για τους τρεις τύπους ανακλαστικότητας). Στον πίνακα δίνονται για νότιο προσανατολισμό συγκεντρωτικά η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη η συνολική ετήσια κατανάλωση, καθώς και τα ποσοστά της ενέργειας θέρμανσης και ψύξης σε σχέση με την ετήσια.

Κλιματική ζώνη	Πρωτογενής ενέργεια θέρμανσης	Πρωτογενής ενέργεια ψύξης	Ετήσια κατανάλωση πρωτογ. εν.	Ποσοστό ενέργειας θέρμανσης	Ποσοστό ενέργειας ψύξης
Καστοριά	68.89	32.85	101.74	67.7%	32.3%
Θεσσαλονίκη	36.76	58.04	94.8	38.8%	61.2%
Αθήνα	14.07	71.11	85.18	16.5%	83.5%
Ηράκλειο	3.22	74.44	77.66	4.1%	95.9%

Πίνακας 2. Πρωτογενής ενέργεια στις τέσσερις κλιματικές περιοχές για το χώρο αναφοράς χωρίς ηλιοπροστασία σε νότιο προσανατολισμό

Την μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση ενέργειας την έχουμε στην κλιματική ζώνη Δ ενώ την μικρότερη στην κλιματική ζώνη Α. Είναι εμφανές από τον πίνακα 2 και σε σχέση με τα αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης ότι καθώς αυξάνονται οι απαιτήσεις σε θέρμανση μειώνεται το εύρος εφαρμογής των περσίδων που μελετήθηκαν. Δηλαδή, ενώ για το Ηράκλειο και την Αθήνα, όπου οι ανάγκες για ψύξη του χώρου χωρίς ηλιοπροστασία είναι πάνω από 83% της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, κάθε τύπος περσίδων που μελετήθηκε οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το μοντέλο αναφοράς, ενώ στην κλιματική ζώνη Δ η απαίτηση

για 67,7% της ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, καθιστά την εφαρμογή περσίδων, που πρακτικά αποκόπτουν τα ηλιακά κέρδη και τις θερμικές προσόδους από τον ήλιο, λύση ασύμβατη παρά μόνο για «ανάποδη» κλίση των περσίδων 120°. Για την κλιματική ζώνη Γ όπου η θέρμανση με την ψύξη είναι σε ποσοστό 40% με 60% αντίστοιχα της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας τόσο για περσίδες 90°, όσο και για 120° και 135°. Η οπτική συμπεριφορά του μοντέλου, είναι όπως είδαμε ανεξάρτητη από τον προσανατολισμό του ανοίγματος και το κλίμα της περιοχής. Στην παραμετρική ανάλυση, για κλίση των περσίδων ίση με 30° ο μέσος παράγοντας φυσικού φωτός έχει ελάχιστη τιμή, αυξάνεται μέχρι τη γωνία των 120° και στη συνέχεια μειώνεται ξανά. Η ανακλαστικότητα της επιφάνειας των περσίδων επιδρά «παράλληλα» σε σχέση με την κλίση των περσίδων, δηλαδή περσίδες με ίδια κλίση έχουν για χαμηλή ανακλαστικότητα χαμηλότερη τιμή του μέσου πφφ από ότι αυτές με μέση ανακλαστικότητα. Από την άλλη, περσίδες υψηλής ανακλαστικότητας, με την ίδια κλίση, έχουν την υψηλότερη τιμή μέσου πφφ από τους τρεις τύπους ανακλαστικότητας. Επίσης, με βάση την απαίτηση για κάλυψη πφφ 2% για χώρους γραφείων, προκύπτει από την παραμετρική ανάλυση ότι αυτό επιτυγχάνεται μόνο για περσίδες με κλίση 120°, για τους τρεις τύπους ανακλαστικότητας.

Στην προσπάθεια σύζευξης της οπτικής με την θερμική άνεση μόνο η θεώρηση περσίδων με χαμηλή, μέση ή υψηλή ανακλαστικότητα με κλίση 120° για οποιονδήποτε προσανατολισμό του ανοίγματος και σε όλες τις κλιματικές περιοχές της ανάλυσης, δίνει αποδεκτά αποτελέσματα βάση των απαιτήσεων που τέθηκαν (μείωση της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας και μέσο πφφ της τάξης του 2%).

5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παραμετρικής ανάλυσης επικεντρώνονται στη μεταβολή του πφφ και της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Θεμελιώδης παραδοχή στην ανάλυση είναι η *σταθερότητα* της κλίσης των περσίδων στη διάρκεια του έτους. Έτσι, ενώ το καλοκαίρι περσίδες με κλίση 30° μειώνουν στο μέγιστο την ανάγκη ψύξης σε σχέση με το χώρο αναφοράς, από τη μεριά της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας η κλίση αυτή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Μάλιστα η ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε κάθε περίπτωση που μελετήθηκε επηρεάζεται σε μικρό βαθμό από την κλίση και την ανακλαστικότητα των περσίδων. Αθροιστικά η αύξηση των αναγκών θέρμανσης με την αντίστοιχη μείωση των αναγκών ψύξης, για σταθερή κλίση των περσίδων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους οδηγεί την ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε μια σχετική «αναισθησία» στην κλίση των περσίδων.

Για μελέτη των περσίδων με μεταβλητή κλίση στη διάρκεια του έτους, τα αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης θα διαφοροποιούνται σημαντικά και με θετικό αποτέλεσμα, καθώς μέριμνα κατά την μεταβολή της κλίσης θα είναι συνεχώς η εξοικονόμηση ενέργειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία είναι μέρος του ερευνητικού προγράμματος «Βελτιστοποίηση ηλιοπροστατευτικών διατάξεων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης στα κτίρια», που πραγματοποιείται στο πλαίσιο ΠΕΝΕΔ 2003 του Ε.Π. «Ανταγωνιστικότητα» που συγχρηματοδοτείται από εθνικά και κοινοτικά κονδύλια (Υπουργείο Ανάπτυξης - ΓΓΕΤ και Ευρωπαϊκή Ένωση) και την εταιρία Alumil-Μυλωνάς Βιομηχανία Αλουμινίου ΑΕ.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lawrence Berkeley National Laboratory (2007). “Energy Plus Engineers Manual”, Documentation

version 2.0. April 2007, US Department of Energy.

2. Relux light simulation tools. Relux Vision 1.1 Manual Relux Informatik AG, www.relux.ch
3. Νόμος 3661 / 2008, Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων – KENAK
4. Βαΐτση Χρυσούλα 2008, Τεχνική έκθεση Ε. «Ενεργειακή και οπτική συμπεριφορά συστημάτων ηλιοπροστασίας με περσίδες σε κτίρια», ΠΕΝΕΔ «Βελτιστοποίηση ηλιοπροστατευτικών διατάξεων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης στα κτίρια».
5. ASHRAE, Fundamentals 2005
6. DIN EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. English version of DIN EN 15251:2007-08
7. ΤΕΕ, (2010). Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
8. EN15603, 2005 Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions
9. Κλιματικά αρχεία IWEC Θεσσαλονίκης και Αθήνας από την επίσημη ιστοσελίδα του energy plus: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=GRC/cname=Greece
10. Meteororm version 5.1, Nov. 2004. Meteotest url: www.meteororm.com. Authors: Jan Remund and Stefan Kunz.
11. <http://home.wlv.ac.uk/~in6840/Daylightfactor.htm> : Typical recommended minimum daylight factors for rooms with side lighting only