

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ.

Νιόβη Χρυσομαλλίδου

Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
540 06 Θεσσαλονίκη, e-mail: niobe@civil.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζονται και αξιολογούνται, όλες οι προτάσεις που εφαρμόστηκαν σε κτίριο γραφείων του τριτογενή τομέα, με στόχο να καλυφθούν στο μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό οι απαιτήσεις σε ψύξη και φωτισμό των εσωτερικών χώρων. Πιο συγκεκριμένα, οι προτάσεις αφορούν, παρεμβάσεις στον εξωτερικό χώρο για την ενίσχυση του εξαμιστικού δροσισμού και συνεπώς τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών, ειδικά ανοίγματα αερισμού και φωτισμού των χώρων, ηλιοπροστατευτικές διατάξεις λεπτομερώς μελετημένες ανά προσανατολισμό, εσωτερικό αίθριο για την ενίσχυση του δροσισμού των χώρων και του φυσικού φωτισμού, καθώς και ράφια φωτισμού για την αποφυγή θάμβωσης στην επιφάνεια εργασίας. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται αναλυτικά στην εργασία, ενώ παράλληλα ακολουθεί και η τεκμηρίωση των διαφόρων επιλογών με αποτελέσματα από προσομοιωτικούς ελέγχους, απ' όπου καταδεικνύεται και η αποτελεσματικότητα των προτάσεων, καθώς περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό οι καταναλώσεις σε ενέργεια, με την προϋπόθεση βέβαια της θετικής συμβολής και των χρηστών του κτιρίου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανάγκες των κτιρίων για ψύξη των χώρων, αλλά και για φυσικό φωτισμό, επηρεάζονται δραστικά από τις κλιματικές συνθήκες, την μορφή, την κατασκευή και την κατηγορία στην οποία ανήκει το κτίριο, (κτίριο γραφείων, εμπορικό κέντρο, νοσοκομείο, κατοικία κ.ά.) το μέγεθος και το είδος του εξοπλισμού τους, τον κύριο προσανατολισμό τους σε συνδυασμό με την ποιότητα και το μέγεθος των ανοιγμάτων και βέβαια από το επίπεδο ποιότητας ζωής που αναζητούν και έχουν την οικονομική δυνατότητα να επιτύχουν, οι εκάστοτε χρήστες. Το τελευταίο, αρχίζει να αποκτά στις μέρες μας όλο και μεγαλύτερη σημασία, καθώς έρευνες έχουν αποδείξει, είτε την τεράστια και πολλές φορές επικίνδυνη επίδραση των διαφόρων οικοδομικών υλικών στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα, είτε την αυθαίρετη και ενεργειακά άστοχη επιλογή των “ειδικών” να διαμορφώνουν χώρους στους οποίους ο χρήστης – ένοικος, είναι μόνιμα αναγκασμένος να ζει σε ένα τεχνητό περιβάλλον, για να εξισορροπήσει την διαντίδραση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού κλίματος, με κύριο πάντα μέλημα να διασφαλίσει ένα άνετο θερμικά εσώκλιμα. Εκείνο βέβαια που τις περισσότερες φορές παραλείπεται, είναι η αντιμετώπιση όλων αυτών των ζητημάτων ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού και της κατασκευής των κτιρίων, επιλέγοντας πρώτον τα κατάλληλα υλικά με περιβαλλοντικά κριτήρια, ή με άλλα λόγια τις καθαρές τεχνολογίες δόμησης και βέβαια επιλέγοντας τις στρατηγικές εκείνες που θα διασφαλίσουν ένα άνετο εσώκλιμα με φυσικά μέσα. Οι παραπάνω επιλογές αποτελούν με βεβαιότητα και τις μοναδικές μεθόδους για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και ενεργειακών γενικότερα ζητημάτων.

Τυπικό παράδειγμα κατηγορίας κτιρίων, όπου επιστρατεύονται κατά κανόνα και σε μεγάλο

ποσοστό τα τεχνητά μέσα για να διασφαλιστούν ικανοποιητικές συνθήκες διαβίωσης, αποτελούν τα συνήθη κτίρια γραφείων του τριτογενή τομέα. Σ' αυτά τα κτίρια έχει διαπιστωθεί, ότι λόγοι λειτουργικοί επιβάλλουν την εγκατάσταση και την εντατική χρήση όλων των μηχανολογικών μέσων, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι αυξημένες απαιτήσεις τους σε θέρμανση, αλλά και σε δροσισμό και φωτισμό των χώρων. Τα τελευταία δύο σημεία αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα, καθόσον τόσο τα εσωτερικά φορτία από τον τεχνητό φωτισμό, τον αυξημένο συνήθως αριθμό χρηστών και τον κατά περίπτωση ειδικό εξοπλισμό τους, παρουσιάζονται αυξημένα, όσο και οι απαιτήσεις τους σε επάρκεια και ποιότητα φωτισμού είναι ιδιαίτερα υψηλές, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες εργασίας και γενικότερα οι συνθήκες διαβίωσης (οπτική, θερμική και ακουστική άνεση κ.ά). Η πλήρης ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων προδιαγράφει όπως είναι φυσικό και υψηλές καταναλώσεις σε ενέργεια που φθάνουν ή και ξεπερνούν το συνολικό ετήσιο ποσό των 187 KWh/m² /1/, ποσό το οποίο και είναι άμεσα συνδεδεμένο και με τις αντίστοιχες εκπομπές CO₂ στο περιβάλλον. Και αν ακόμη το πρόβλημα δεν μπορεί να γίνει κατανοητό σε όλη του την έκταση, αν το εξετάσει κανείς μεμονωμένα και κατά περίπτωση κτιρίου, τότε θα μπορούσε κανείς να επιχειρηματολογήσει αν εισήγαγε και την αριθμητική παράμετρο, δηλαδή τον αριθμό κτιρίων στην Ελλάδα ανά κατηγορία, ώστε να υπάρξει και η εικόνα του “πολλαπλασιαστικού” φαινομένου. Ενδεικτικά μόνο αναφέρεται ότι τα κτίρια του τριτογενή τομέα, φθάνουν τα 1.3εκ., γεγονός το οποίο καταδεικνύει το μέγεθος του προβλήματος, καθώς και την αναγκαιότητα άμεσης παρέμβασης και ενεργειακού χαρακτήρα εκσυγχρονισμού αυτής της κατηγορίας κτιρίων, με στόχο να αποτελέσουν επιδεικτικά μοντέλα πρότυπων εφαρμογών. Ένα παράδειγμα στην κατεύθυνση αυτή αποτελεί και το κτίριο γραφείων του δημοσίου που παρουσιάζεται στην εργασία, στο οποίο και εφαρμόστηκαν μετά από διερεύνηση, όλες εκείνες οι τεχνικές που θα μπορούσαν να το βοηθήσουν να λειτουργεί αποδοτικά σε φυσικό δροσισμό και φωτισμό με απλά μέσα. Το τελευταίο αποδεικνύεται με τα αποτελέσματα σειράς υπολογισμών τα οποία και παρουσιάζονται, συγκριτικά και με άλλες εναλλακτικές λύσεις που διερευνήθηκαν.

2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

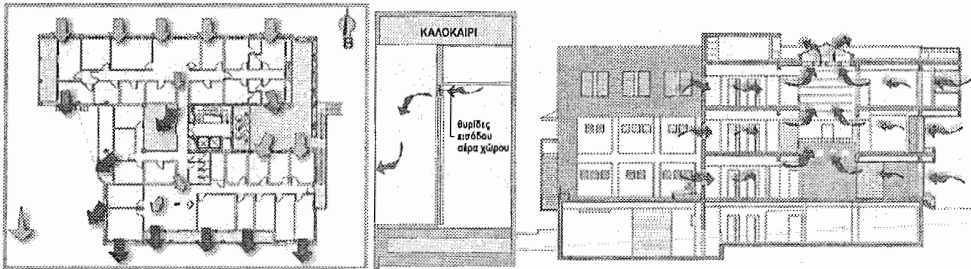
Τα μέτρα που προτείνονται τόσο για τον περιβάλλοντα χώρο, όσο και για το κέλυφος του κτιρίου, με στόχο την ελαχιστοποίηση του απαιτητού ψυκτικού φορτίου την θερινή περίοδο, περιλαμβάνουν τεχνικές που ενισχύουν τον φυσικό δροσισμό των χώρων μέσω εκτεταμένου αερισμού, την ορθολογική χρήση ηλιοπροστατευτικών διατάξεων ανάλογα με τον προσανατολισμό των όψεων, τη φύτευση του εξωτερικού χώρου και την δημιουργία υδάτινων επιφανειών για ηλιοπροστασία και εξατμιστικό δροσισμό.

Μέτρα όπως χρήση λαμπτήρων και εξοπλισμός υψηλής απόδοσης, αποτελούν αναμφισβήτητα τομείς μεγάλου ενδιαφέροντος από άποψη ενεργειακή, καθώς επιβαρύνουν τους χώρους με ανεπιθύμητα εσωτερικά φορτία την θερινή περίοδο, πλην όμως τα σημεία αυτά θα έπρεπε ίσως να αποτελέσουν αντικείμενο άλλης μελέτης. Σημειώνεται όμως, ότι οι τεχνικές φυσικού φωτισμού των χώρων που αναφέρονται στην εργασία, ελαχιστοποιούν την απαίτηση σε τεχνητό φωτισμό και συνεπώς μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και σε αυτόν τον τομέα.

Ένα από τα γνωστά και πιο αποτελεσματικά μέτρα που παίρνονται για τον φυσικό δροσισμό των χώρων, είναι τα μέτρα και οι ειδικές τεχνικές που ενισχύουν το αερισμό τους. Ο φυσικός αερισμός μέσω των ανοιγμάτων, σε γραφειακούς κατά κανόνα χώρους, τις περισσότερες φορές είναι ανεπαρκής, λόγω του γεγονότος ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης ανοιγμάτων και από τις δύο πλευρές (διαμπερής αερισμός). Έτσι στην περίπτωση του κτιρίου που παρουσιάζεται, προτείνονται βελτιωτικές παρεμβάσεις οι οποίες και διευκολύνουν τον απόρροο αερισμό των χώρων.

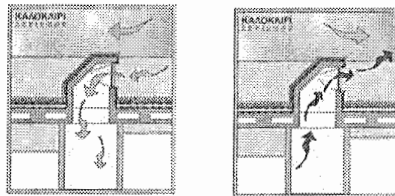
Ειδικότερα:

1. Στους μεμονωμένους γραφειακούς χώρους όπως φαίνεται στην κάτοψη (σχ. 1) και στην ενδεικτική τομή, προτείνονται θυρίδες στις απέναντι από τα εξωτερικά ανοίγματα τοιχοποιίες (σχ. 2), έτσι ώστε με τα ανοίγματα της επικάλυψης του εσωτερικού αιθρίου (σχ. 1 και 3) που προβλέπεται στον πυρήνα του κτιρίου, ή ακόμη και με τα συμβατικά ανοίγματα που υπάρχουν σε επιλεγμένες θέσεις, να προκληθεί εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα.
2. Στον δεύτερο όροφο, διαμορφώθηκαν ανοίγματα στην οροφή, καλά προστατευμένα από την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, είτε για να παγιδέψουν τον βόρειο άνεμο (σχ. 4α), είτε λόγω άνωσης να διευκολύνουν την ροή και να απάγουν τον θερμό αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου (σχ. 4β). Στις περιπτώσεις αυτές, βασικό ρόλο παίζει η διεύθυνση του ανέμου σε συνδυασμό με τον κατάλληλο προσανατολισμό των ανοιγμάτων, ανάλογα με την επιθυμητή λειτουργία τους, είτε ως απαγωγείς είτε ως παγίδες αέρα.



Σχήμα 1 & 2: Κάτοψη γραφειακών χώρων με ενδεικτική ροή του αέρα μέσω των ανοιγμάτων και τομή των απέναντι εσωτερικών τοιχοποιιών με πρόβλεψη θυρίδων για την διευκόλυνση του διαμετερού αερισμού των χώρων.

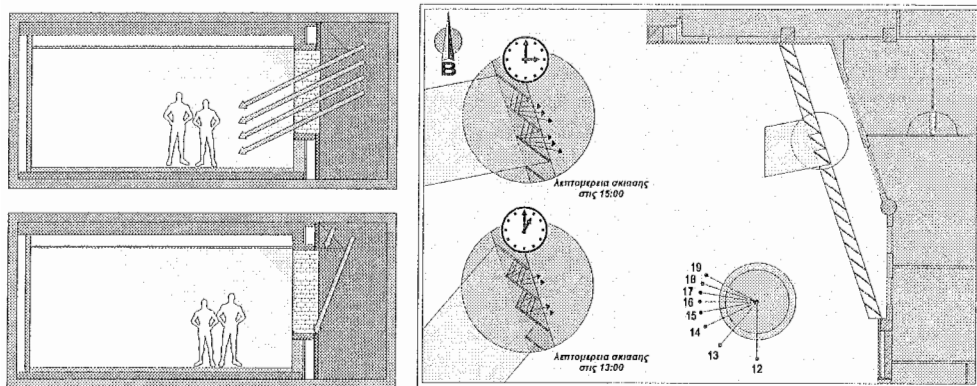
Σχήμα 3: Τομή κτιρίου και αερισμός των χώρων μέσω των ανοιγμάτων του εσωτερικού αιθρίου



Σχήμα 4 α και β: Λειτουργία ανοιγμάτων οροφής, είτε ως παγίδες ανέμου, είτε ως απαγωγείς θερμού αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου.

3. Ανοίγματα στην επικάλυψη του αιθρίου τα οποία και θα έχουν την ίδια και ακόμη πιο αποτελεσματική λειτουργία όπως αυτά της οροφής που ήδη περιγράφηκαν
4. Για τον έλεγχο της υπερθέρμανσης των χώρων την περίοδο δροσισμού και την απομάκρυνση της ηλιακής ακτινοβολίας από το κέλυφος του κτιρίου, προβλέπονται εξωτερικές ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, οριζόντιες διάτρητες στην νότια πλευρά για να μην εγκλωβίζουν τον ζεστό αέρα στην κάτω πλευρά τους (σχ.5) και κατακόρυφες από εμφανές οπλισμένο σκυρόδεμα. στην δυτική. Η κλίση των κατακόρυφων διατάξεων, ώστε να υπάρχει πλήρης σκιασμός της όψης, μελετήθηκε λεπτομερώς (σχ. 6) παίρνοντας υπόψη τη γωνία αζιμουθίου του ήλιου μέχρι τις τρεις το μεσημέρι τον δυσμενέστερο θερινό μήνα, ώρα η οποία και συμπίπτει με το πέρασ απασχόλησης των υπαλλήλων.

Επιπλέον στην νότια πλευρά, ο πρόβολος των εξωστών αποδείχθηκε από την μελέτη ηλιασμού-σκιασμού του κτιρίου αποτελεσματικός για την σκίαση του συγκεκριμένου τμήματος της όψης την θερινή περίοδο. Με την επιλογή σωστών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων, ως προς τη θέση, τις διαστάσεις και την κλίση τους, καθώς μπλοκάρεται η ηλιακή ακτινοβολία σε απόσταση από τα ευπαθή διαφανή τμήματα του κελύφους, μειώνεται η θερμική ροή στους εσωτερικούς χώρους και αποφεύγεται σε μεγάλο βαθμό το ρίσκο της υπερθέρμανσής τους, ενώ παράλληλα δεν παρακωλύεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων και ο αερισμός τους.



Σχήμα 5: Λειτουργία των οριζόντιων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων στις νότιες όψεις, χειμώνα – καλοκαίρι

Σχήμα 6: Μελέτη κλίσης των κατακόρυφων ηλιοπροστατευτικών διατάξεων για σκίαση της δυτικής όψης του κτιρίου.

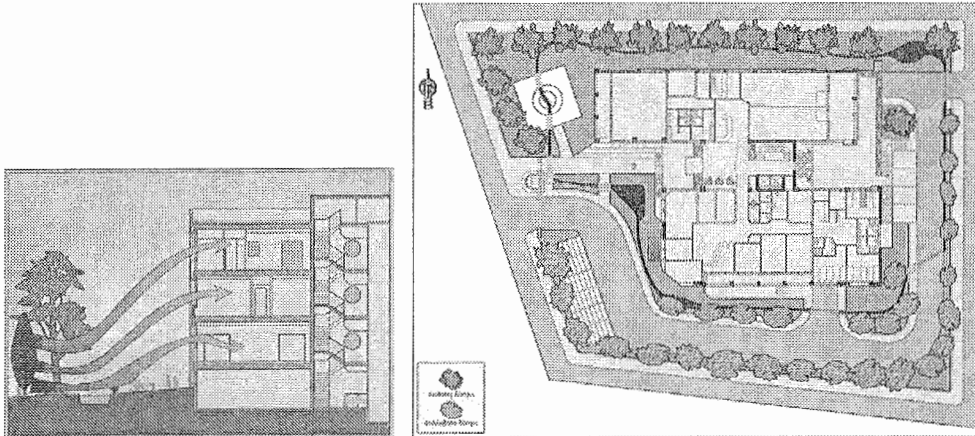
5. Ενισχυτικό μέτρο για την βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών στην άμεση περιοχή του κτιρίου και κατ' επέκταση των εσωκλιματικών συνθηκών, αποτελεί και η ορθολογική, με ενεργειακά κριτήρια οργάνωση του εξωτερικού υπαίθριου χώρου.

Η ηλιοπροστασία των όψεων, ο ενισχυμένος αερισμός των χώρων, η αποφυγή ή η ελαχιστοποίηση των ανακλαστικών επιφανειών στην επιφάνεια του εξωτερικού χώρου σε συνδυασμό και με τον εξατμιστικό δροσισμό, που διασφαλίζουν η φύτευση με χαμηλό και ψηλό πράσινο, (εποχιακά φυτά, θάμνοι, δέντρα φυλλοβόλα στις νότιες όψεις και αιθαλή στην βορινή για πρόσθετη προστασία από τους χειμερινούς βόρειους ανέμους), καθώς και η πρόβλεψη υδάτινων επιφανειών από το ρυάκι που διατρέχει περιμετρικά το κτίριο και σχηματίζει σε προσδιορισμένα σημεία λίμνες, ενώ σε άλλα βυθίζεται κάτω από τη στάθμη του δρόμου για το πέρασμα των οχημάτων, χωρίς παράλληλα να διακοπή η ροή του, αναμένεται να οδηγήσουν σε σημαντικά οφέλη την θερινή περίοδο (σχ. 7 & 8). Είναι βέβαιο και αποδεδειγμένο, ότι η δημιουργία ενοϊκών εξωκλιματικών συνθηκών συμβάλει θετικά στις εσωκλιματικές συνθήκες, ενώ παράλληλα βελτιώνει το αίσθημα της ευεξίας και της οπτικής άνεσης.

Στην παραπάνω περίπτωση αναμένεται με την σκίαση που προσφέρει η φύτευση και τον εξατμιστικό δροσισμό από το πράσινο και την ύπαρξη ύδατος στην άμεση περιοχή του κτιρίου, να προκληθεί μείωση των εξωτερικών θερμοκρασιών με άμεση συνέπεια την εισροή φρέσκου δροσερού αέρα και στους εσωτερικούς χώρους την θερινή περίοδο.

Εκτός των παραπάνω μέτρων, η υπάρχουσα θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, καθώς και η δυνατότητα για ενισχυμένο νυχτερινό αερισμό των χώρων μέσω των ανοιγμάτων, πιστεύεται ότι οδηγούν αναμφίβολα στην θέση, ότι το κτίριο θα λειτουργεί σωστά και επιλεκτικά καθ' όλη την διάρκεια χρήσης του και ότι θα επηρεάσει ακόμη περισσότερο τα ήδη θετικά αποτελέσματα και συνθήκες που προέκυψαν από την αναλυτική ενεργ-

γιακή μελέτη τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στην συνέχεια.



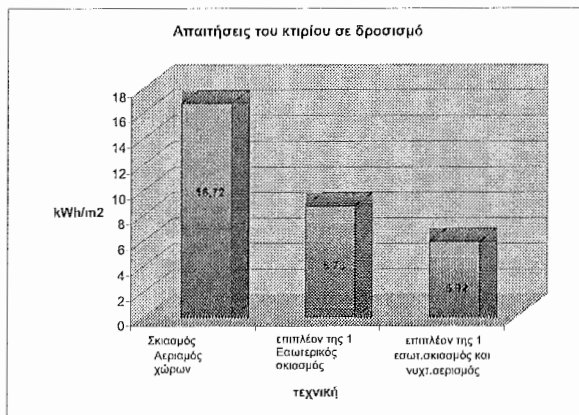
Σχήμα 7: Σχηματική λειτουργία του περιβάλλοντα χώρου την περίοδο δροσισμού με την φύτευση και την δημιουργία υδάτινων επιφανειών.

Σχήμα 8: Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου με την πρόβλεψη κατάλληλης φύτευσης και υδάτινων επιφανειών.

2.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Με βάση τις τεχνικές που προτείνονται για το συγκεκριμένο κτίριο με στόχο την μείωση του ψυκτικού του φορτίου, έγινε θερμική ανάλυση με το δυναμικό προσομοιωτικό πρόγραμμα Suncode και προσδιορίστηκε η επίδρασή τους στη συμπεριφορά του κτιρίου την θερινή περίοδο.

Στην στήλη 1 του σχήματος 9 παρουσιάζεται η απαίτηση του κτιρίου σε ψύξη, με εφαρμογή των τεχνικών που ήδη αναφέρθηκαν, ώστε να διασφαλίζονται άνετες συνθήκες την θερινή περίοδο. Το φορτίο δροσισμού που πραγματικά παρουσιάζεται περιορισμένο (16.72 KWh/m² ετ.), θα μπορούσε να συμπιεστεί περαιτέρω, στην περίπτωση που οι χρήστες έθεταν σε λειτουργία και τα εσωτερικά σκίαστρα των ανοιγμάτων (στήλη 2, 8.73 KWh/m²ετ.), ή ακόμη φρόντιζαν συστηματικά για έναν αποτελεσματικό νυχτερινό αερισμό των χώρων (στήλη 3, 5.92 KWh/m²ετ.).



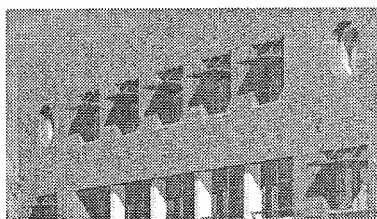
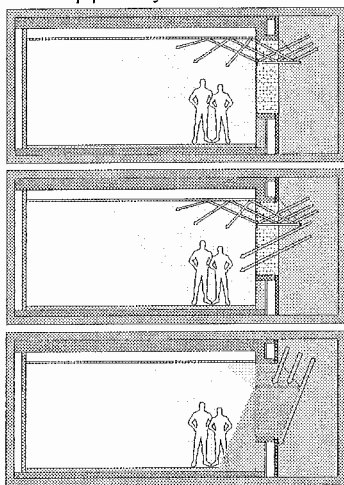
Σχήμα 9: Αποτελέσματα από την διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου τη θερινή περίοδο

Το τελευταίο αποτελεί πιστεύεται αναγκαίο χειρισμό με ενήμερους ενοίκους, αν πράγματι

στόχος είναι να παραδοθεί σε λειτουργία ένα κτίριο τις πρωινές ώρες δροσερό και αποφορτισμένο από την θερμότητα που συσσωρεύεται στη μάζα των δομικών του στοιχείων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σε κάθε περίπτωση όμως ο χειρισμός αυτός θεωρείται αβέβαιος και συνεπώς επιβάλλεται να παρθούν όλα εκείνα τα μέτρα που θα διασφαλίσουν με φυσικό τρόπο και καλά μελετημένες απλές τεχνικές, άνετη διαβίωση στους εσωτερικούς χώρους ακόμη και την θερινή περίοδο.

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.

Ο φωτισμός ιδιαίτερα σε χώρους γραφείων παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς οι ανάγκες (και σε ποιότητα και σε ποσότητα) είναι εξαιρετικά υψηλές. Επίσης, όσο αυξάνει ο φυσικός φωτισμός, μειώνονται αντίστοιχα οι ανάγκες σε τεχνητό και συνεπώς μειώνονται οι καταναλώσεις σε πολυδάπανη ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον και αυτό αποδεικνύεται σημαντικό, η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, μειώνει όπως ήδη αναφέρθηκε τα νυκτικά φορτία, καθώς μειώνονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, που πράγματι αποτελούν για την θερινή περίοδο σημαντική πηγή ανεπιθύμητης πρόσθετης θερμικής ενέργειας. Για το συγκεκριμένο κτίριο τα ανοίγματα που προβλέπονται στις όψεις του, διασφαλίζουν σε μεγάλο ποσοστό τον φυσικό φωτισμό των χώρων, όπως προέκυψε από ειδική μελέτη, ενώ επιπλέον τα "ράφια φωτισμού" μεταξύ παραθύρου και φεγγίτη, σε συνδυασμό με τη χρήση εσωτερικών περσιδωτών προπετασμάτων (σχ. 10), αποτρέπουν την δημιουργία θάμβωσης στην επιφάνεια εργασίας.



Για την αποτελεσματικότητα του μέτρου, η επάνω επιφάνειά τους μπορεί για παράδειγμα να βαφεί με αλουμινόχρωμα ή ακόμη να επενδυθεί με φύλλο αλουμινίου, ώστε να αυξηθεί η ανακλαστικότητα και συνεπώς η μετάδοση των ηλιακών ακτίνων στην οροφή, η οποία για τον ίδιο ακριβώς λόγο οφείλει να έχει και αυτή υψηλό βαθμό ανάκλασης.

Σχήμα 10: Ράφια φωτισμού για την αποφυγή θάμβωσης στους εσωτερικούς χώρους - Ενδεικτική τομή - λειτουργία χειμώνα - καλοκαίρι (κλειστά ή ανεβασμένα τα εσωτερικά προπετάσματα) Μακέτα όψης σε ηλεκτρονική μορφή

Τα δύο μέτρα που ενισχύουν τις ανάγκες του κτιρίου όχι μόνο σε φυσικό δροσισμό, αλλά και σε φυσικό φωτισμό, είναι οι φεγγίτες στην οροφή του ορόφου (σχ. 4), όπως επίσης και το εσωτερικό αίθριο στον πυρήνα του κτιρίου (σχ. 1 & 3)

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

Προκειμένου να διερευνηθεί η επάρκεια σε φυσικό φωτισμό των χώρων του κτιρίου, πραγματοποιήθηκε ειδική μελέτη με στόχο την εξασφάλιση συνθηκών οπτικής άνεσης, σε συνδυασμό με τη μείωση των απαιτήσεων σε τεχνητό φως. Κριτήρια της μελέτης ήταν, αφενός η παροχή της αναγκαίας ποσότητας (στάθμης) φωτισμού για την κάλυψη των λειτουργικών απαιτήσεων, καθώς και η ομαλή κατανομή του φωτισμού στους χώρους εργασίας, για την αποφυ-

γή φαινομένων θάμβωσης.

Το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της μελέτης, είναι το λογισμικό "ADELINE", το οποίο παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για τη συμπεριφορά και την απόδοση των συστημάτων φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους.

Η μελέτη επικεντρώθηκε κυρίως στους εργασιακούς χώρους του κτιρίου, για τους οποίους και έγινε έλεγχος της στάθμης, αλλά και της κατανομής του φωτισμού σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο. Οι χώροι επιλέχθηκαν με κριτήρια τον προσανατολισμό τους, καθώς και την τυπολογία ανοίγματος /σκιάστρου.

Για τον έλεγχο της επάρκειας της στάθμης φωτισμού των χώρων στο επίπεδο εργασίας (0,80μ από το δάπεδο), πραγματοποιήθηκε συγκριτικός έλεγχος με τις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές, όπως καθορίζονται από τα Διεθνή Standards, για χώρους γραφείων (300 lux, κατά ISO 8995 και Οδηγίες CIE).

Από το σύνολο των μεγεθών τα οποία αφορούν τους υπολογισμούς του φυσικού φωτισμού, εξετάστηκαν παραμετρικά, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ο τύπος των σκιάστρων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, καθώς και οι συντελεστές ανακλαστικότητας των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, ώστε να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων αυτών και να διασφαλιστούν ικανοποιητικές συνθήκες φυσικού φωτισμού.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται συγκεντρωτικά¹ στον πίνακα που ακολουθεί (για την δυσμενέστερη ώρα του έτους και μήνα, 15:30 Δεκεμβρίου).

Α/Α	ΣΤΑΘΜΗ	Προσανατολισμός ανοίγματος *	Ελάχιστη στάθμη Φωτισμού (lux)
Χώρος Α	2 ^{ος} όροφος	Βόρειος	80 < 300
Χώρος Β	1 ^{ος} όροφος	Δυτικός	190 < 300
Χώρος Γ	1 ^{ος} όροφος	Νότιος	510 > 300
Χώρος Δ	2 ^{ος} όροφος	Νότιος	510 > 300

Πίνακας 1: Έλεγχος στάθμης φωτισμού τεσσάρων γραφειακών χώρων σε Lux * Στους υπολογισμούς ελήφθη υπόψη ο ακριβής προσανατολισμός τους

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω συνοπτικό, αλλά κυρίως από τη μελέτη των αναλυτικών αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από υπολογισμούς σε επίπεδο έτους και τυπικού εργασιακού ωραρίου 8:30 - 15:30, ορισμένοι γραφειακοί χώροι δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις τους σε φωτισμό μόνο με φυσικό φως, ενώ άλλοι παρουσιάζουν επάρκεια κατά 100%.

3.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για τον υπολογισμό της μείωσης των ωρών λειτουργίας της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού στους εργασιακούς χώρους του κτιρίου και κατ' επέκταση της αντίστοιχης εξοικονόμησης ενέργειας, ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία:

- Υπολογίστηκε για κάθε χώρο, η ανά ώρα η παρεχόμενη στάθμη φωτισμού από τα προτεινόμενα ανοίγματα, σε όλη τη διάρκεια των ωρών εργασίας. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν κατ' αρχάς για τους δυσμενέστερους μήνες του έτους και στις περιπτώσεις που φάνηκε να παρουσιάζεται ανεπάρκεια κάλυψης των αναγκών, αυτοί επεκτάθηκαν και για τους υπόλοιπους μήνες ανάλογα με τον επιλεγμένο χώρο.
- Υπολογίσθηκαν οι ώρες κατά τη διάρκεια των οποίων απαιτείται να λειτουργεί το τεχνητό σύστημα φωτισμού, λόγω μη επάρκειας της στάθμης και το αντίστοιχο ποσοστό μείωσης

¹ Στην περιορισμένη έκταση της εργασίας, δεν είναι δυνατό να παρουσιαστούν τα αναλυτικά αποτελέσματα της μελέτης. Σημειώνεται ότι η διερεύνηση της στάθμης φυσικού φωτισμού, έγινε για όλους τους μήνες και ώρες της ημέρας, όπου και στηρίζονται τα σχετικά συμπεράσματα.

των ωρών λειτουργίας του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Από τους υπολογισμούς της παρεχόμενης στάθμης φωτισμού προκύπτει ότι:

Στο προτεινόμενο κτίριο οι απαιτήσεις λειτουργίας των νότιων χώρων με φυσικό φως, καλύπτονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε ποσοστό 100 %.

Στους δυτικούς χώρους με την προϋπόθεση ότι χωρίζονται σε δύο ζώνες (εξωτερική προς το άνοιγμα και εσωτερική) η κάλυψη των απαιτήσεων λειτουργίας με φυσικό φως προκύπτει μόνο στην εξωτερική ζώνη και μάλιστα σε ποσοστό 100 % καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η εσωτερική ζώνη παρουσίασε πρόβλημα. Άρα η εξοικονόμηση θα μπορούσε να εκτιμηθεί κατ' ελάχιστο σε ποσοστό της τάξης του 50%.

Τέλος, η εξοικονόμηση που μπορεί να προκύψει στους βορινούς χώρους είναι μικρότερη από 40%, μια και ακόμα με τον διαχωρισμό των χώρων σε δύο ζώνες, η εξωτερική παρουσιάζει επάρκεια φωτισμού μόνο κατά την περίοδο Μαρτίου–Οκτωβρίου (9 από τους 12 μήνες), ενώ η εσωτερική παρουσιάζει μόνιμο πρόβλημα λόγω προσανατολισμού.

Συνεπώς, η μείωση των ωρών λειτουργίας του συστήματος τεχνητού φωτισμού από τη συμβολή των τεχνικών για την ενίσχυση του φυσικού φωτισμού, κυμαίνεται μεταξύ 37.5% έως 100% κατά τη διάρκεια του έτους, ανάλογα με τον βασικό προσανατολισμό των χώρων. Απαραίτητη γι' αυτό προϋπόθεση, αποτελεί ο διαχωρισμός των χώρων σε δύο ζώνες τεχνητού φωτισμού, με την υπόδειξη ρύθμισης και ενεργοποίησής του με τη βοήθεια αυτοματισμού.

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την διερεύνηση της αποδοτικότητας των τεχνικών που μπορεί να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο γραφείων με στόχο την διασφάλιση της οπτικής και θερμικής άνεσης την θερινή περίοδο και την επίτευξη εξοικονομήσεων σε ενέργεια, αναδεικνύεται σαφώς η σκοπιμότητά τους.

Ειδικότερα, όσον αφορά στα συστήματα παθητικού δροσισμού των χώρων, ο διαμπερής αερισμός τους, η ενδεδειγμένη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων ανάλογα με τον προσανατολισμό τους, σε συνδυασμό και με την σωστή οργάνωση των ελεύθερων χώρων, ώστε να δημιουργηθούν ευνοϊκές εξωκλιματικές συνθήκες, αποτελούν αναμφισβήτητα μερικές από τις στρατηγικές που κάθε μελέτη οφείλει να τις παίρνει σοβαρά υπόψη, αν πράγματι υπάρχει ο στόχος για περιστολή των καταναλώσεων και δημιουργία χώρων που θα λειτουργούν περισσότερο με φυσικό τρόπο παρά με τεχνητά μέσα.

Σε σχέση με τον φυσικό φωτισμό, είναι προφανές ότι θα πρέπει να επιδιώκεται ο νότιος προσανατολισμός των χώρων για την κάλυψη, μετά από μελέτη του μεγέθους και είδους των ανοιγμάτων, του συνόλου των απαιτήσεων σε φυσικό φωτισμό, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς καθόσον δεν μπορεί να αποφευχθούν στην πράξη, θα πρέπει να προβλέπεται η δημιουργία ζωνών τεχνητού φωτισμού αυτόματα ρυθμιζόμενων, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.

ΑΝΑΦΟΡΑ

1. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Κ.Α.Π.Ε. “Ενέργεια 2001” Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιστικό Τομέα – Σχέδιο Δράσης. 1995