

Δικέλυφες Οψεις και Δυνατότητα Εφαρμογής τους σε Υφιστάμενα Κτίρια.

Μελέτη Περίπτωσης: Κτίρια Οδού 26^{ης} Οκτωβρίου στη Θεσσαλονίκη

Αντιγόνη-Σπυριδούλα Φυτίκα

Αρχιτέκτων Μηχανικός, Μεταπτ. Φοιτητής
ΠΣΠ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

std081650@ac.eap.gr, fytique@yahoo.com

Κλειώ Αξαρή

Καθηγήτρια Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΑΠΘ,
Διευθύντρια Μεταπτυχιακού Προγράμματος
ΠΣΠ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

axarli@arch.auth.gr

Περίληψη – Στη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η λειτουργία και τυπολογία των δικέλυφων όψεων ως εργαλείο παθητικού σχεδιασμού για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Επιχειρείται λεπτομερής ανάλυση όλων των χαρακτηριστικών που απαρτίζουν το σύστημα λειτουργίας των δικέλυφων όψεων, συμπεριλαμβανομένης της γεωμετρίας, της τυπολογίας, του τρόπου κίνησης του αέρα, των υλικών κατασκευής και στήριξης καθώς και του τρόπου σκιασμού.

Στόχος της εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης δικέλυφης όψης για την τοποθέτηση σε υφιστάμενα κτίρια εντός της Θεσσαλονίκης για την εξοικονόμηση ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορεί να είναι εφικτή η ενεργειακή αναβάθμιση του παλαιωμένου και ενεργοβόρου κτιριακού αποθέματος των πόλεων, παράλληλα με την αισθητική και λειτουργική ανανέωσή του. Πραγματοποιείται παράλληλα έρευνα σχετικών μελετών για κλιματολογικές συνθήκες παρόμοιες με τα ελληνικά δεδομένα, προκειμένου να προκύψουν οι απαιτούμενες παράμετροι σχεδιασμού για την επίτευξη μέγιστης εξοικονόμησης ενέργειας.

Για την μελέτη περίπτωσης της εργασίας, επιλέχθηκαν δύο όμορα κτίρια με κατάλληλο προσανατολισμό αλλά διαφορετικές χρήσεις, προκειμένου να διερευνηθεί διεξοδικά η βέλτιστη λύση προσαρμογής δικέλυφης όψης προκειμένου να καλυφθούν διαφορετικές λειτουργικές ανάγκες με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας.

Λέξεις-Κλειδιά: Δικέλυφες όψεις, παθητικά συστήματα, βιοκλιματικός σχεδιασμός, υφιστάμενα κτίρια.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A. Αντικείμενο Εργασίας

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλει καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής του κτιρίου στην εξοικονόμηση ενέργειας. Καθώς όμως η ενσωμάτωση παθητικών συστημάτων είναι ορθότερο να προηγείται της κατασκευής των κτιρίων, είναι δύσκολη η προσθήκη τους σε ήδη υφιστάμενα κτίρια.

Ιδιαίτερα στις συνθήκες της ελληνικής επικράτειας, η πρακτική αυτή ουσιαστικά αποφεύγεται, καθώς τα υφιστάμενα κτίρια σε πολλές περιπτώσεις δεν έχουν χωροθετηθεί με κατάλληλο προσανατολισμό για εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και της δυνατότητας φυσικού αερισμού, οι πόλεις είναι ιδιαίτερα πυκνοδομημένες, οι κανόνες δόμησης δεν προβλέπουν την κατασκευή παθητικών συστημάτων, οι μελέτες περίπτωσης για τον υπολογισμό κόστους-ωφέλους για τα

ελληνικά κλιματικά δεδομένα είναι ελάχιστες. Έτσι, η κύρια τακτική που ακολουθείται είναι η πραγματοποίηση σημειακών παρεμβάσεων (τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων, αντικατάσταση παλαιών συστημάτων θέρμανσης πετρελαίου με νεότερα φυσικού αερίου ή αντλιών θερμότητας). Όλα τα παραπάνω προσδίδουν μεν στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη μείωση του κόστους, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα κόστους των διαφορετικών πηγών ενέργειας, όμως διατηρείται η εξάρτηση της επίτευξης θερμικής και οπτικής άνεσης εσωτερικά των κτιρίων με μηχανικούς τρόπους.

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το σύνολο των ελληνικών πόλεων διαθέτει σε μεγάλο ποσοστό παλαιό κτιριακό απόθεμα το οποίο είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρο, καθώς και του γεγονότος ότι οι ιδιοκτησίες ανά κτίριο είναι κατακερματισμένες με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η κατεδάφιση και ανέγερση εκ νέου κτιρίων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί η προσπάθεια για την ενσωμάτωση παθητικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης στα υφιστάμενα κελύφη.

B. Σκοπός Εργασίας

Η εξεύρεση λύσεων για την τροποποίηση του κελύφους των κτιρίων ούτως ώστε να εξοικονομείται ενέργεια με παράλληλη μείωση των μηχανικών μέσων, θεωρώ ότι είναι αντικείμενο που θα απασχολήσει τους μηχανικούς στο άμεσο μέλλον. Με βάση τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση ενσωμάτωσης παθητικών συστημάτων και ειδικότερα δικέλυφων όψεων στο κελύφος υφιστάμενων παλαιών κτιρίων στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Η πρόταση που προκύπτει βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα όπως τα στοιχεία δόμησης, τα υλικά κατασκευής, η χρήση, η λειτουργία, τα κλιματικά δεδομένα, το μικροκλίμα και τα προβλήματα του όμορου δομημένου χώρου, ούτως ώστε να προκύψουν προτάσεις που να μπορούν να υλοποιηθούν στο σύνολό τους ή έστω εν μέρει. Παράλληλα, με την τροποποίηση αυτή του κελύφους, είναι δυνατή και η αισθητική ανανέωση του κτιριακού αποθέματος η οποία είναι επίσης σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των προτεινόμενων επεμβάσεων.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εξεύρεση λύσεων σχεδιασμού, πραγματοποιήθηκε ιδιαίτερα εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα. Ειδικότερα, διερευνήθηκε αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας των δικέλφων όψεων ανάλογα με τη γεωμετρία, το μηχανισμό αερισμού και την κίνηση αέρα (Πίνακας 1).

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	ΚΙΝΗΣΗ ΑΕΡΑ
ΟΨΗ ΚΙΒΩΤΟΕΙΔΟΥΣ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ	ΦΥΣΙΚΟΣ	ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΕΡΑ
ΟΨΗ ΚΙΒΩΤΟΕΙΔΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥ	ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΑΕΡΑ
ΟΨΗ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ	ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ	ΖΩΝΗ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ
ΠΟΛΥΟΡΟΦΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΟΨΗ		ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση δικέλφων όψεων (Aksamija, 2013)

Η βιβλιογραφική έρευνα επικεντρώθηκε επίσης στα υλικά κατασκευής των δικέλφων όψεων με έμφαση στις νέες τεχνολογίες υλικών, στον τρόπο στήριξης, στα συστήματα σκιασμού, στον φυσικό φωτισμό, στην ηχομόνωση, στην πυροπροστασία και στον φυσικό αερισμό, προκειμένου να προκύψει μια πλήρης παράθεση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων (Πίνακας 2).

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ηχομόνωση	Σημαντική μείωση εξωτερικών θορύβων. Μείωση εσωτερικών θορύβων με κατάλληλο σχεδιασμό.	Πιθανότητα μετάδοσης θορύβου από διαφορετικούς χώρους του κτιρίου.
Πυροπροστασία	Η δικέλυφη όψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις ως έξοδος κινδύνου.	Για υαλοστάσια ασφαλείας δεν επιτρέπουν την ταχεία εκκένωση. Πιθανότητα ταχείας μετάδοσης καπνού και φωτιάς.
Θερμομόνωση	Μείωση θερμικών απωλειών το χειμώνα. Μείωση θερμικών προσόδων το καλοκαίρι. Χαμηλός συντελεστής θερμοπερατότητας.	Πιθανότητα υπερθέρμανσης κατά το καλοκαίρι.
Ενεργειακή απόδοση	Με παράλληλη χρήση κεντρικού συστήματος HVAC επιτυγχάνεται σημαντική μείωση χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας.	Πιθανότητα μεγαλύτερης χρήσης κλιματισμού σε ιδιαίτερα θερμά κλίματα.
Αερισμός	Δυνατότητα φυσικού αερισμού σε ψηλά κτίρια. Μείωση αναγκών αερισμού με μηχανικά μέσα.	
Νυχτερινός δροσισμός	Μείωση εσωτερικής θερμοκρασίας κτιρίου & μείωση θερμοκρασίας δομικών στοιχείων.	
Ταχύτητα εξωτερικού αέρα	Επίτευξη φυσικού αερισμού ακόμη και σε συνθήκες υψηλής ταχύτητας εξωτ. αέρα	Πιθανότητα πρόκλησης δυσφορίας στους χρήστες.
Πίεση αέρα	Αισθητά μειωμένη πίεση αέρα, που επιτρέπει το φυσικό αερισμό και σε ψηλά κτίρια.	
Σκιασμός	Πλήρης έλεγχος ηλιασμού. Αποφυγή θάμβωσης. Χαμηλότερο κόστος συντήρησής με την τοποθέτηση σκιάστρων ενδιάμεσα στις όψεις.	Πιθανή χρήση τεχνητού φωτισμού σε θερμές μέρες, παρά την ύπαρξη ηλιοφάνειας.

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικέλφων όψεων

Παράλληλα, επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν παραδείγματα κατασκευής ανά τον κόσμο, με κύρια κριτήρια επιλογής την ενσωμάτωσή τους σε υφιστάμενα κελύφη, τις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες, τις διαφορετικές χρήσεις των κτιρίων αλλά και την ύπαρξη δεδομένων για την αποτελεσματικότητά τους. Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα σε εργασίες και δημοσιεύσεις που αφορούν την προσθήκη δικέλφους όψης σε θερμό κλίμα. Από την έρευνα αυτή, προέκυψαν πολύτιμα συμπεράσματα για την επιλογή των προτεινόμενων σχεδιαστικών προσεγγίσεων της μελέτης περίπτωσης:

- Οι αποδοτικότερη γεωμετρία δικέλφους όψης είναι η πολυόροφη συνεχής όψη και η όψη διαδρόμου (Koinakis et al, 2007).
- Στην περίπτωση πολυόροφης συνεχούς όψης, το πλάτος διάκενου παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά στον αερισμό τους θερμούς μήνες όταν κυμαίνεται μεταξύ 0,90μ-1,00μ (Torres et al, 2007).
- Για την αποφυγή υπερθέρμανσης τους θερμούς μήνες με φυσικό αερισμό, το αποδοτικότερο σύστημα είναι η εξωτερική ανακυκλοφορία αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας και ο νυχτερινός αερισμός (Hong et al, 2013).
- Η υποβοήθηση του φυσικού αερισμού με μηχανικά μέσα συντελεί στην ταχύτερη μείωση της θερμοκρασίας του κλωβού τους θερμούς μήνες. Η εισαγωγή του αέρα του κλωβού τους χειμερινούς μήνες στο σύστημα HVAC παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση (Brunoro et al, 2011).
- Ο σκιασμός είναι απαραίτητος για την αποφυγή υπερθέρμανσης τους θερμούς μήνες. Αποδοτικότερος είναι ο σκιασμός με βενετικές περσίδες σε γωνία 45°, υψηλής ανακλαστικότητας, με τοποθέτηση εντός του διάκενου και σε μικρή απόσταση από την εξωτερική όψη (Parra et al, 2015).

Η επιλογή των κτιρίων μελέτης πραγματοποιήθηκε με γνώμονα το βέλτιστο προσανατολισμό για απρόσκοπτο ηλιασμό τους ψυχρούς μήνες, την παλαιότητα του κελύφους, τις διαφορετικές χρήσεις και την απουσία εξωτερικής θερμομόνωσης. Αναλυτικά, τα βασικά στοιχεία των κτιρίων μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3:

Κτίριο 26 ⁹⁵ Οκτωβρίου 12				
Ανέγερση	Όροφοι	Υψος	Χρήση	τ.μ.
1965	Υπόγειο, ισόγειο & 7 όροφοι	29,15μ	Κατάστημα, γραφεία και κατοικίες	1.229,74
Κτίριο 26 ⁹⁵ Οκτωβρίου 14				
Ανέγερση	Όροφοι	Υψος	Χρήση	τ.μ.
1976	Υπόγειο, ισόγειο & 7 όροφοι	30,90μ	Κατάστημα και γραφεία	1.656,97

Πίνακας 3. Στοιχεία κτιρίων μελέτης

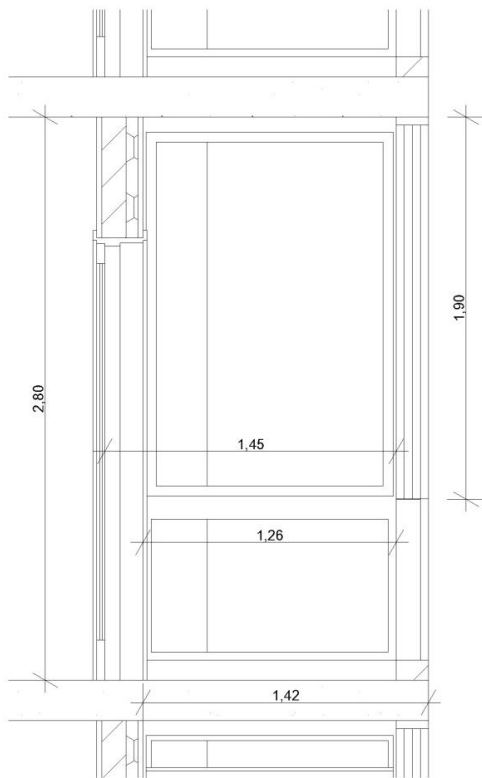
Τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη για την πρόταση, βασίστηκαν στη δυνατότητα πραγματοποίησης των επεμβάσεων, στον εντοπισμό και λύση των προβλημάτων του υφιστάμενου κελύφους, στη μελέτη κλιματολογικών συνθηκών, στη διαφορετική χρήση των κτιρίων, στο ιδιοκτησιακό καθεστώς, στην ελαχιστοποίηση όχλησης των χρηστών και στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

A. Κτίριο 26^{ης} Οκτωβρίου 12

Αρχικά προτείνεται η ενεργειακή αναβάθμιση του υφιστάμενου κελύφους με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης και αντικατάσταση κουφωμάτων, ούτως ώστε να πληρεί τα κριτήρια του κανονισμού θερμομόνωσης.

Η μορφή της νέας δικέλυφης όψης επιλέγεται να είναι τύπου διαδρόμου, πλάτους 1,42μ, στο όριο του υφιστάμενου εξώστη, πλάτος το οποίο σκιάζει ικανοποιητικά το εσωτερικό κέλυφος. Κατ'αυτόν τον τρόπο, περιορίζεται η μετάδοση του ήχου μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων, περιορίζεται σημαντικά ο κίνδυνος εξάπλωσης πυρκαγιάς και ανεξαρτητοποιείται η λειτουργία αερισμού ανά επίπεδο. Το υφιστάμενο κιγκλίδωμα αντικαθίσταται με σταθερό πλαίσιο αλουμινίου και υαλοστάσιο ασφαλείας, άνωθεν του οποίου τοποθετούνται απλά συρόμενα υαλοστάσια. Με τον τρόπο αυτό, η εξωτερική όψη είναι στο μεγαλύτερο μέρος της ανοιγόμενη, επιτρέποντας ελεύθερο αερισμό και δροσισμό κατά τους θερμούς μήνες (Σχέδιο 1).



Σχέδιο 1. Λεπτομέρεια και διαστάσεις δικέλυφης όψης

Κατά τους ψυχρούς μήνες στη διάρκεια της ημέρας, το διάκενο παραμένει προσβάσιμο ως ηλιακός χώρος, τα ανοίγματα της εξωτερικής όψης κλειστά και μέρος των ανοιγμάτων της εσωτερικής όψης ανοικτά, ούτως ώστε να εισέρχεται ο θερμός αέρας εντός του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα εσωτερικά κουφώματα παραμένουν κλειστά για αποφυγή θερμικών απωλειών.

Κατά τους θερμούς μήνες, τα ανοίγματα της εξωτερικής όψης παραμένουν ανοικτά για αποφυγή υπερθέρμανσης, ενώ κατά τους ενδιάμεσους μήνες είναι δυνατό το άνοιγμα ή κλείσιμο των εξωτερικών ανοιγμάτων, αναλόγως των καιρικών συνθηκών (Εικόνες 1, 2 και 3).



Εικόνα 1. Αποψη δικέλυφης όψης κατά τους ψυχρούς μήνες



Εικόνα 2. Αποψη δικέλυφης όψης κατά τους ενδιάμεσους μήνες



Εικόνα 3. Αποψη δικέλυφης όψης κατά τους θερμούς μήνες

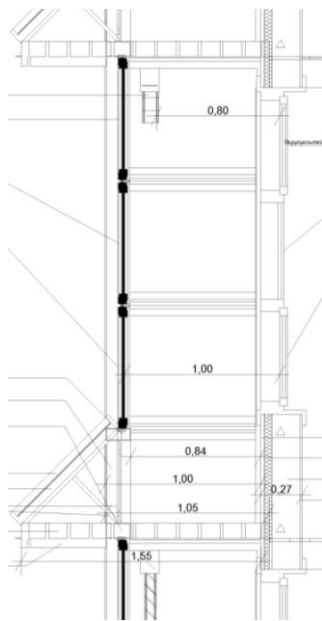
Το κόστος όλων των επεμβάσεων (πλην των διάφορων αισθητήρων και μηχανισμών) ανέρχεται σε € 134.918,01 που αντιστοιχεί σε € 9.637 ανά κατοικία ή σε € 129,99 ανά τ.μ. κάτοψης.

B. Κτίριο 26^{ης} Οκτωβρίου 14

Όπως και στο προηγούμενο κτίριο, πραγματοποιούνται παρόμοιες επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του υφιστάμενου κελύφους.

Η μορφή της νέας δικέλυφης όψης επιλέγεται να είναι πολυόροφη συνεχής όψη πλάτους 1,00μ. Στη βάση της, τοποθετείται κεκλιμένο επίπεδο που προεξέχει από την εξωτερική όψη, ούτως ώστε να πραγματοποιείται μερικός σκιασμός της εξωτερικής όψης και ιδιαίτερα ικανοποιητικός σκιασμός της εσωτερικής. Στο νέο αυτό κεκλιμένο επίπεδο, τοποθετούνται φωτοβολταϊκά πάνελ για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Εσωτερικά στο διάκενο, τοποθετούνται βενετικές περσίδες για σκιασμό, ενώ στο δάπεδο κάθε επιπέδου τοποθετείται διάτρητη σχάρα, προκειμένου το διάκενο να είναι προσβάσιμο για λόγους συντήρησης (Σχέδιο 2).

Κατά τους ψυχρούς μήνες στη διάρκεια της ημέρας, τα ανοίγματα της εξωτερικής όψης παραμένουν κλειστά και μέρος των ανοιγμάτων της εσωτερικής όψης ανοικτά, ούτως ώστε να εισέρχεται ο θερμός αέρας εντός του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα εσωτερικά κουφώματα παραμένουν κλειστά για αποφυγή θερμικών απωλειών.

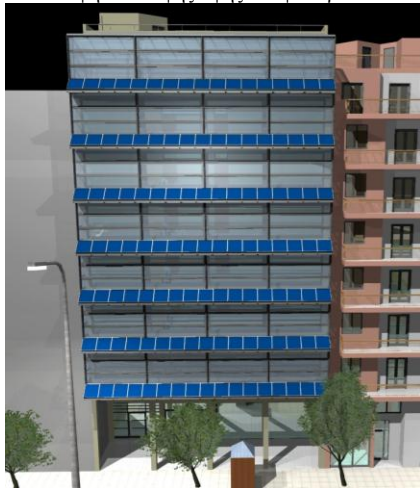


Σχέδιο 2. Λεπτομέρεια και διαστάσεις δικέλυφης όψης

Κατά τους θερμούς μήνες στη διάρκεια της ημέρας, η βάση και η κορυφή της δικέλυφης όψης καθώς και το κάτω μέρος κάθε επιπέδου (κάτω από τα φωτοβολταϊκά πάνελ) παραμένουν ανοικτά, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση στο διάκενο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας ανοίγει επιπλέον μέρος των ανοιγμάτων της εσωτερικής όψης, ούτως ώστε να πραγματοποιείται νυχτερινός φυσικός δροσισμός. (Εικόνες 4 και 5).



Εικόνα 4. Αποψη δικέλυφης όψης και φωτοβολταϊκών πάνελ



Εικόνα 5. Αποψη δικέλυφης όψης

Το κόστος όλων των επεμβάσεων (πλην των διάφορων αισθητήρων, μηχανισμών και φωτοβολταϊκών) ανέρχεται σε € 149.454,97 που αντιστοιχεί σε € 5.236,83 ανά γραφείο ή σε € 209,69 ανά τ.μ. κάτοησης.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ο ακριβής υπολογισμός απόδοσης των προτεινόμενων επεμβάσεων δεν είναι εφικτός. Για τον υπολογισμό αυτό, θα πρέπει να μελετηθεί λεπτομερώς η κίνηση του αέρα στο διάκενο, σε συνδυασμό με την κίνηση του αέρα εξωτερικά και εσωτερικά του κτιρίου. Για τους υπολογισμούς των μεγεθών αυτών, υπάρχουν σήμερα πολυάριθμα υπολογιστικά προγράμματα διότι απαιτούνται λεπτομερείς μαθηματικοί υπολογισμοί με βάση κανόνες της φυσικής, που βασίζονται στον υπολογισμό της ρευστο-δυναμικής (computational fluid dynamics), προκειμένου να συνυπολογιστούν μεγέθη όπως θερμοκρασία αέρα, ροή αέρα, αεροδυναμική, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία. Ο χειρισμός αυτού του τύπου υπολογιστικών προγραμμάτων απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις θερμοδυναμικής, δυναμικής ρευστών, μεταφοράς θερμότητας και φυσικής προκειμένου να εισαχθούν οι σωστές παράμετροι για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων. Επιπροσθέτως, για τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων με δικέλυφη όψη, δεν υπάρχει ένα μεμονωμένο υπολογιστικό πρόγραμμα που να ανταποκρίνεται σε όλες τις παραμέτρους σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η εισαγωγή του μοντέλου και των παραμέτρων σε διαφορετικά υπολογιστικά προγράμματα..

Με βάση τα παραπάνω, η εργασία αυτή επικεντρώνεται, μέσω της βιβλιογραφικής έρευνας, στον προσδιορισμό των βασικών χαρακτηριστικών μορφής και λειτουργίας των προτεινόμενων δικέλυφων όψεων. Μελλοντικά, η εργασία μπορεί να λειτουργήσει ως βάση περαιτέρω μελέτης και ανάλυσης για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής εξοικονόμησης ενέργειας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Aksamija Ajla (2013). *Sustainable façades. Design methods for high-performance building envelopes*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Brunoro Silvia, Rinaldi Andrea (2011). *Double layer glass façade in the refurbishment and architectural renewal of existing buildings in Italy*. Proceedings of the World Renewable Energy Congress 2011, 8-13 May 2011, Linköping, Sweden.
- Hong Taehoon, Kim Jimin, Lee Juyoung, Koo Choongwan, Park Hyo Seon (2013). *Assessment of seasonal energy efficiency strategies of a double skin façade in a monsoon climate region*. Energies Journal, Vol.6, Issue 9. Basel, Switzerland: MDPI AG.
- Koinakis C.J., Sakellaris J.K. (2007). *Office building façades and energy performance in urban environment in Greece*. Proceedings of the 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, September 2007, Crete Island, Greece.
- Parra Jordi, Guardo Alfredo, Egusquiza Eduard, Alavedra Pere (2015). *Thermal performance of ventilated double skin façades with venetian blinds*. Energies Journal, Vol.8, Issue 6. Basel, Switzerland: MDPI AG.
- Torres Mauricio, Alavedra Pere, Guzman Amado, Cuerva Eva, Plannas Carla, Clemente Raquel, Escalona Vanessa (2007). *Double skin façades – cavity and exterior openings dimensions for saving energy on Mediterranean climate*. Proceedings of the Building Simulation 2007, 3-6 September 2007, Beijing, China