



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα: Τεχνολογία Ενεργειακής Ανακαίνισης κτιρίου.
Παράθυρα με νανοϋλικά, υψηλής θερμοαντοχής και
κουφώματα νέας τεχνολογίας.**



Σπουδαστής: Περσεμάτης Μηνάς

Εισηγητής: Σακκάς Νικόλαος

Ιανουάριος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	6
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	7
1.3. ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	9
1.3.1. Οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας	9
1.4. ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ.....	13
1.4.1. Πόσο γρήγορα αλλάζουν χρώμα τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα.....	22
1.4.2. Κάτω από ποιες συνθήκες θα λειτουργήσουν τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα;.....	24
1.4.3. Ποια είναι τα βασικά στοιχεία που συγκροτούν ένα ηλεκτροχρωμικό παράθυρο;.....	25
1.4.4. Φάσμα μεταγωγής ηλεκτροχρωμικών παραθύρων	28
1.5. ΠΑΡΑΘΥΡΑ AEROGEL – ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕ ΓΥΑΛΙ.....	30
1.6. ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΝΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	33
1.7. ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΚΡΑΤΟΥΝ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΤΗ ΖΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΦΩΣ.....	35
1.8. ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΟΣΤΟΣ - ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	39
2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	39
2.2. ΚΟΣΤΟΣ - ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ	40

2.2.1. Ένταση κόστους.....	43
2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	44
2.4. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ.....	48
3.1. ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΗΣ GREENPEACE - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	48
3.1.1. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.....	49
3.1.2. Μέτρα αποφυγής τοξικών υλικών.....	52
3.2. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ.....	53
3.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	57
3.4. Η ΕΛΛΑΔΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ	69

ΠΡΟΛΟΓΟΣ



Το ενεργειακό πρόβλημα, είναι σήμερα ένα από τα πιο σημαντικά θέματα της παγκόσμιας κοινότητας. Η ενέργεια είναι ένα αναντικατάστατο αγαθό που εξυπηρετεί κοινωνικές και αναπτυξιακές ανάγκες, παρουσιάζει όμως συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, ενώ παράλληλα, οι επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση της στο περιβάλλον και στην οικονομία είναι καθοριστικές. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενέργειας στηρίζεται στα συμβατικά καύσιμα, όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, που καλύπτουν το 80% της παγκόσμιας πρωτογενούς κατανάλωσης, με το υπόλοιπο 20% να καλύπτεται από την πυρηνική ενέργεια, την υδροηλεκτρική ενέργεια και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και λιθάνθρακα επαρκούν για την κάλυψη αναγκών περίπου 40, 70 και 200 ετών αντίστοιχα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο οικιακός και ο τριτογενής τομέας, εξακολουθούν να αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας χρήσης με ποσοστό 39,1 % στην ΕΕ.

Η κατανάλωση αυτή ενέργειας ακολουθεί μια σταθερή τάση, τόσο στη συνολική ενεργειακή του κατανάλωση όσο και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Ο κτιριακός τομέας συμμετέχει με υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων. Το έτος 2005, τα Ελληνικά κτίρια συμμετείχαν με ποσοστό 34% στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο και με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό, μαγείρεμα, φωτισμό, λοιπές ηλεκτρικές χρήσεις κλπ.

Μεταξύ των πλέον ενεργοβόρων κτιρίων στην Ε.Ε., τα ελληνικά απορροφούν το 1/3 της καταναλισκόμενης ενέργειας και έχουν απώλειες θέρμανσης από πόρτες και παράθυρα, με αποτέλεσμα να χαραμίζουν πολύτιμη ενέργεια και χρήματα.

Σαν άμεσο αποτέλεσμα, το ποσοστό των εκπομπών CO₂ που αντιστοιχεί στα κτίρια υπερβαίνει το 43%, επομένως συντελεί σημαντικά στην κλιματική αλλαγή που παρατηρείται λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου τα τελευταία χρόνια.

Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠ.ΑΝ. στην Ελλάδα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 76% του συνόλου. Από αυτά το

70% μέχρι το 2001 δεν είχαν μόνωση και μόνο το 29% έχει κτιστεί μετά το 1981. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης είναι αρκετές αν λάβει κανείς υπόψη του ότι σύμφωνα με στοιχεία μέχρι το 2001 από το σύνολο των κτιρίων:

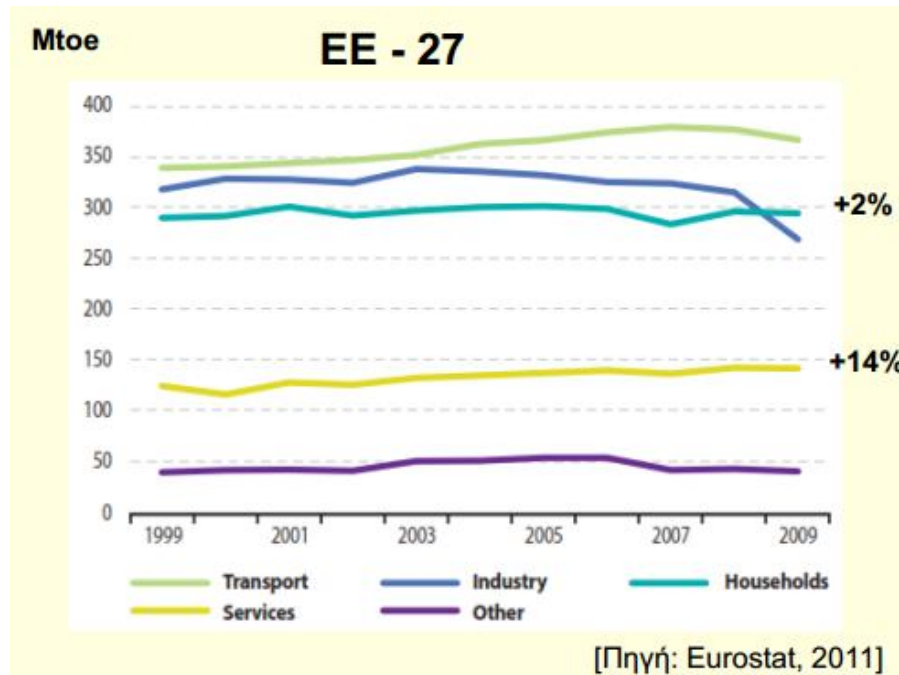
- 2,1% έχουν διπλά τζάμια
- 30,4% έχουν μόνωση δώματος
- 12,7% έχουν μόνωση πυλωτής
- 1,5% έχουν μόνωση δαπέδου
- 4,2% έχουν μόνωση σωληνώσεων στην εγκατάσταση

θέρμανσης

- 20% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων (αφού το 29% κτίσθηκε μετά το 1981 όπου από τότε άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης).

Επομένως, η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί επιτακτικό στόχο τόσο της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και κάθε κράτους-μέλους της και δίνεται σαφής προτεραιότητα για την επίτευξή της.

Σημαντικό μέτρο συμβολής στη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων αποτελούν τόσο η κατασκευή νέων με ιδιαίτερα χαμηλές ανάγκες σε ενέργεια όσο και η ενεργειακή ανακαίνιση των υφιστάμενων. Με την τελευταία μέθοδο θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία.



1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Με τον όρο ενεργειακή αναβάθμιση - ανακαίνιση ενός κτιρίου, εννοούμε τις πράξεις και τις ενέργειες στις οποίες προβαίνουμε, ώστε να θωρακίσουμε ένα κτίριο έναντι των απωλειών που έχει και να το καταστήσουμε όσο το δυνατόν γίνεται, λιγότερο ενεργοβόρο.

Αυτό σημαίνει πως ελαχιστοποιούμε την ετήσια αναγκαία δαπάνη του κτιρίου για την θέρμανσή του και για την ψύξη του και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται εγγυημένη μείωση των ενεργειακών του αναγκών καθώς και οφέλη τόσο σε επίπεδο πολίτη όσο και σε επίπεδο κράτους.

Οι κύριες εφαρμογές της ενεργειακής ανακαίνισης κτιρίων :

- Στο Κέλυφος του κτιρίου.

Θερμική θωράκιση αδιαφανών και διαφανών επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος - έλεγχος προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (τοιχοποιίες, παράθυρα, μπαλκονόπορτες, οροφές, στέγες, δάπεδα, εξώθυρες)

- Στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Βελτίωση (ενεργειακή) της υπάρχουσας / αντικατάσταση με αντίστοιχη ιδιαίτερα βελτιωμένων ενεργειακών χαρακτηριστικών (κεντρικό σύστημα θέρμανσης λέβητα-καυστήρα, σωληνώσεις, δεξαμενές αποθήκευσης, θερμαντικά σώματα, κεντρικές και μεμονωμένες κλιματιστικές μονάδες, συστήματα φωτισμού, αυτοματισμοί, ενεργειακή διαχείριση, smart metering).

Υπάρχουν τρεις βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τις απώλειες του κελύφους:

α) η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού - εξωτερικού χώρου (όσο μεγαλύτερη διαφορά τόσο περισσότερες απώλειες),

β) ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου του κελύφους (όσο μεγαλύτερος συντελεστής τόσο μεγαλύτερες απώλειες) και

γ) η επιφάνεια του κάθε δομικού στοιχείου (όσο μεγαλύτερη επιφάνεια τόσο μεγαλύτερες απώλειες).

Συνεπώς γίνεται αντιληπτό ότι όσο μεγαλύτερες «εκτεθειμένες» επιφάνειες έχει το κτίριο και όσο μεγαλύτερους συντελεστές θερμοπερατότητας έχουν τα δομικά του στοιχεία τόσο μεγαλύτερες απώλειες και άρα τόσο περισσότερη ενέργεια απαιτείται για θέρμανση ή ψύξη.

Τις απώλειες αυτές μπορούμε να περιορίσουμε σε πολύ μεγάλο βαθμό κάνοντας χρήση των παράθυρων με νανοϋλικά υψηλής θερμοαντοχής καθώς και με κουφώματα νέας τεχνολογίας.

1.3. ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η νανοεπιστήμη ανακαλύπτει νέες συμπεριφορές και ιδιότητες των υλικών σε διαστάσεις νανοκλίμακας που κυμαίνεται κατά προσέγγιση από 1 έως 100 νανόμετρα (nm)¹.

Η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει τις μεθόδους εφαρμογής των ανακαλύψεων αυτών στην πράξη. Η νανοτεχνολογία χειρίζεται και ελέγχει τα νανοϋλικά με κριτήριο τη βέλτιστη εφαρμογή.

1.3.1. Οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας

Η νανοτεχνολογία και οι εφαρμογές της έχουν προκαλέσει στις μέρες μας μεγάλες προσδοκίες όχι μόνο στην ακαδημαϊκή κοινότητα, αλλά και μεταξύ των επενδυτών, των κυβερνήσεων και της βιομηχανίας επειδή προσφέρει τη δυνατότητα να κατασκευαστούν νέες δομές σε ατομική κλίμακα και να

¹ Το νανοϋλικό ορίζεται ως «φυσικό, περιστασιακό ή μεταποιημένο υλικό που περιέχει σωματίδια, σε μη δεσμευμένη μορφή ή ως σύμπυγμα ή συσσωμάτωμα και του οποίου ποσοστό τουλάχιστον 50% των σωματιδίων στην αριθμητική κατανομή μεγέθους έχει μία ή περισσότερες εξωτερικές διαστάσεις σε κλίμακα μεγέθους 1 nm - 100 nm.» <http://blogs.sch.gr/alouvriv/archives/1022>

παραχθούν νέα υλικά και συσκευές με μεγάλες δυνατότητες εφαρμογών σε πολλούς τομείς. Μεταξύ αυτών, είναι και οι σημαντικές έρευνες και οι διαφαινόμενες εφαρμογές της στον τομέα της ενέργειας και της προστασίας του περιβάλλοντος καθώς η αύξηση του πληθυσμού και η αυξανόμενη κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση, όπως αναφέραμε και προτίστως, έχουν ήδη προκαλέσει αρκετές αλλαγές στο κλίμα, τη βιοποικιλότητα και την ποιότητα του αέρα, του νερού και του εδάφους.

Η νανοτεχνολογία προσφέρει, για πρώτη φορά, τα εργαλεία για την ανάπτυξη νέων βιομηχανιών που βασίζονται σε οικονομικά αποτελεσματικές και αποδοτικές τεχνολογίες, συμβάλλοντας έτσι σοβαρά στη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη. Εστιάζοντας στον τομέα της ενέργειας, η νανοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής, αποθήκευσης και χρήσης ενέργειας. Ακόμα κι αν η προοπτική ενός αειφόρου ενεργειακού συστήματος είναι μακριά, η επιστημονική κοινότητα ερευνά την περαιτέρω ανάπτυξη των νανοτεχνολογιών ενέργειας.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα των πιθανών εφαρμογών των εξελίξεων της νανοτεχνολογίας. Περιλαμβάνονται νέα υλικά, νέες ιατρικές, φαρμακευτικές, γεωργικές και περιβαλλοντικές διαδικασίες και συσκευές, νέες ηλεκτρονικές συσκευές, αισθητήρες κ.λπ.. Η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι ατομικές και μοριακές ιδιότητες των υλικών ,επιτρέπει την ανάπτυξη ποικίλων νέων χρήσεων για τα τρέχοντα προϊόντα. Φανταστείτε το μέλλον όπου τα παράθυρα, οι καρέκλες, οι υπολογιστές, ο ιματισμός αλλά

ακόμη και το σώμα μας θα χρησιμοποιούν την τεχνολογία βασισμένη στα νανοϋλικά και τη νανοτεχνολογία.

Ο αριθμός των νέων εφαρμογών της νανοτεχνολογίας φαντάζει δηλαδή σχεδόν απεριόριστος. Η βιομηχανία της νανοτεχνολογίας είναι ήδη στο δρόμο για να προσφέρει τα αποτελέσματά της από τα εργαστήρια στην αγορά. Οι εφαρμογές της υπολογίζεται ότι θα αντιπροσωπεύσουν μια αγορά τρισεκατομμυρίων δολαρίων μέχρι το 2015.

Μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές είναι:

- Νανοσωλήνες άνθρακα - Carbon nanotubes (CNTs) χρησιμοποιούνται στα ρόπαλα του baseball, στις ρακέτες αντισφαίρισης, σε μέρη αυτοκινήτων λόγω της μεγαλύτερης μηχανικής αντοχής τους με μικρότερη πυκνότητα από αυτή των συμβατικών υλικών.
- Transistors σε νανοκλίμακα: Πρόκειται για συσκευές ηλεκτρονικής μετατροπής όπου μια μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται, όπως μια πύλη, για να ελέγξει τη ροή μεγαλύτερων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τεχνολογίες φιλτραρίσματος νερού.
- Ηλιακά πλαστικά. Τα λεπτά και εύκαμπτα πλαστικά που περιέχουν νανοϋλικά, πιστεύεται ότι σύντομα θα αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές ηλιακές ενεργειακές τεχνολογίες.

Τα νανοϋλικά απορροφούν το φως του ήλιου και, σε μερικές περιπτώσεις, το εσωτερικό φως, το οποίο μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια.

Συγκεντρωτικά:

1. Οργανικές φωτοδιόδοι (OLEDs) για οθόνες
2. Φωτοβολταϊκό φιλμ που μετατρέπει το φως στην ηλεκτρική ενέργεια
3. Επικαλυμένα παράθυρα με νανοϋλικά, με αντίσταση στη φθορά και αυτοκαθοριζόμενα με υπεριώδεις ακτίνες
4. Υφάσματα ένδυσης με αντίσταση στους λεκέδες και έλεγχο της θερμοκρασίας
5. Ο ευφυής ιματισμός μετά το σφυγμό και την αναπνοή
6. Δέρματα ελαφρά αλλά πολύ ανθεκτικά
7. Αρθροπλαστική ισχίου με εμφυτεύματα από βιοσυμβατά υλικά με χρήση νανοϋλικών
8. Χρώματα από νανοϋλικά για να αποτρέπεται η διάβρωση
9. Θερμοχρωμικό γυαλί για να ρυθμίζει το φως
10. Μαγνητικά μέσα για μεγάλη αποθηκευτική μνήμη
11. Κυψέλες Καυσίμων με νανοσωλήνες άνθρακα στην ηλεκτρονική και τα οχήματα
12. Νανο-κατασκευασμένο μόσχευμα

1.4. ΕΞΥΠΙΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια οφείλεται στη κατασκευή τους, καθώς πολλά από τα κτίρια δεν έχουν μόνωση ενώ διαθέτουν μονά τζάμια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το χειμώνα να χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι να εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση παράθυρων κατάλληλα κατασκευασμένων ενεργειακά. Γενικά, τα παράθυρα αποτελούν βασικά δομικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, η πρωταρχική λειτουργία των οποίων είναι η διέλευση του ηλιακού φωτός αλλά και η δημιουργία οπτικής επαφής των εσωτερικών τμημάτων με τον εξωτερικό χώρο. Όμως, η διαπερατότητά τους στο φως είναι σταθερή (η τιμή της εξαρτάται από την κατασκευή των υάλων) και επομένως, η δημιουργία της επιθυμητής κατά περίπτωση στάθμης φωτισμού, επιβάλλει εγκαταστάσεις σκίασης και τεχνητού φωτισμού, προσεγγίσεις που ανεβάζουν το κόστος κατασκευής αλλά και τις ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό. Η μεγάλη επίδραση όμως στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου προέρχεται από το γεγονός ότι τα παράθυρα μπορούν να επενεργήσουν θετικά ή αρνητικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Είναι γνωστό ότι αυτά συνεισφέρουν σημαντικά στις ενεργειακές απώλειες κατά τη θέρμανση ή ψύξη στο κτίριο, καθώς συνδέονται με ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (50% το χειμώνα και 70% το καλοκαίρι) ανταλλαγής θερμότητας.

Εικόνα 1. 1: Έξυπνα Παράθυρα



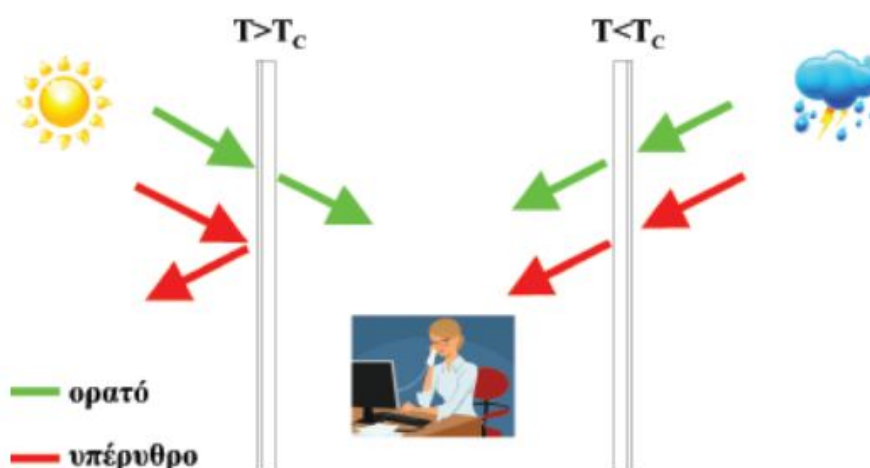
Επομένως, η ανάπτυξη «έξυπνων», κατάλληλων ενεργειακά παράθυρων στα οποία θα υπάρχει η δυνατότητα αυτόνομου ελέγχου της διαπερατότητας στο ορατό (φως) και/ή στο υπέρυθρο (θερμότητα), αποτελεί θεμελιώδες βήμα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Τα έξυπνα αυτά παράθυρα θα έχουν ως αποτέλεσμα την απαίτηση για μικρότερα συστήματα θέρμανσης-ψύξης, την απαλλαγή από συστήματα ελέγχου του φωτισμού αλλά και χαμηλότερους λογαριασμούς για την ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με έρευνα του Ολλανδικού Επιστημονικού Ινστιτούτου TNO, η οποία διενεργήθηκε για λογαριασμό της επαγγελματικής Ένωσης των Ευρωπαίων Κατασκευαστών γυαλιού για την οικοδομή και τις μεταφορές, η Ελλάδα θα μπορούσε να εξοικονομεί το 2020 περισσότερο από 3,4 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες ετησίως από την ενέργεια για ψύξη με την αντικατάσταση των απλών τζαμιών από υαλοπίνακες με ηλιακό έλεγχο σε κατοικίες και γραφεία. Ταυτόχρονα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας θα είναι πολύ σημαντικές. Σε περίπτωση μάλιστα που η χρήση κλιματισμού

στην Ελλάδα προσεγγίσει τα επίπεδα των ΗΠΑ, δηλαδή να φτάσει στα επίπεδα του 65% για τις κατοικίες και 100% για τα μη οικιστικά κτίρια έως το 2020, η μείωση των εκπομπών που θα προκύψει από την τοποθέτηση υαλοπινάκων ηλιακού ελέγχου, θα ανέρχεται σε 6,7 εκατ. Τόνους CO₂ ετησίως, σύμφωνα με την ίδια έρευνα. Επιπλέον, υπολογίζεται ότι θα εξοικονομούνται 14,11 δις κιλοβατώρες κάθε χρόνο, με το συνολικό όφελος από την εξοικονόμηση ρεύματος για ψύξη να ανέρχεται σε 1,4 δις ευρώ ετησίως. Παράλληλα βέβαια, η ευρύτερη εφαρμογή κατάλληλων ενεργειακά παράθυρων αποτελεί απαίτηση για ένα καλύτερο κτιριακό περιβάλλον (σπίτια, επαγγελματικούς χώρους, εμπορικά κέντρα, σχολεία, πανεπιστήμια, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.α.), εντός του οποίου βιώνουν όλοι οι άνθρωποι το 80% περίπου της ζωής τους. Είναι λοιπόν προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση, όσο και στην παραγωγικότητα των ανθρώπων.

Στο πλαίσιο αυτό, έχουν προταθεί διάφορες τεχνολογικές λύσεις όπως παλαιότερα τα διπλά παράθυρα ή τα παράθυρα με ειδικές ανακλαστικές επιστρώσεις και πιο πρόσφατα οι χρωμικές επιστρώσεις, με κύριους εκπρόσωπους τις θερμοχρωμικές και τις ηλεκτροχρωμικές διατάξεις. Όμως σήμερα, είτε δεν υπάρχουν διαθέσιμες εμπορικές λύσεις, είτε οι υπάρχουσες λύσεις παρουσιάζουν μειονεκτήματα όπως μεγάλο κόστος, όχι καλή διαπερατότητα, αργή απόκριση και όχι καλό αισθητικό αποτέλεσμα. Είναι εμφανής επομένως η ανάγκη ανάπτυξης νέων υλικών υπό μορφή επιστρώσεων τα οποία θα επιτρέπουν τον έλεγχο της διαπερατότητας στο ορατό και το υπέρυθρο. Η ανάγκη

αυτή φαίνεται ότι μπορεί να καλυφθεί πλήρως από τις σύγχρονες εξελίξεις στη νανοτεχνολογία και την τεχνολογία υλικών, οι οποίες πλέον μπορούν να προσφέρουν φτηνά, φιλικά προς το περιβάλλον υλικά με άριστες επιδόσεις.

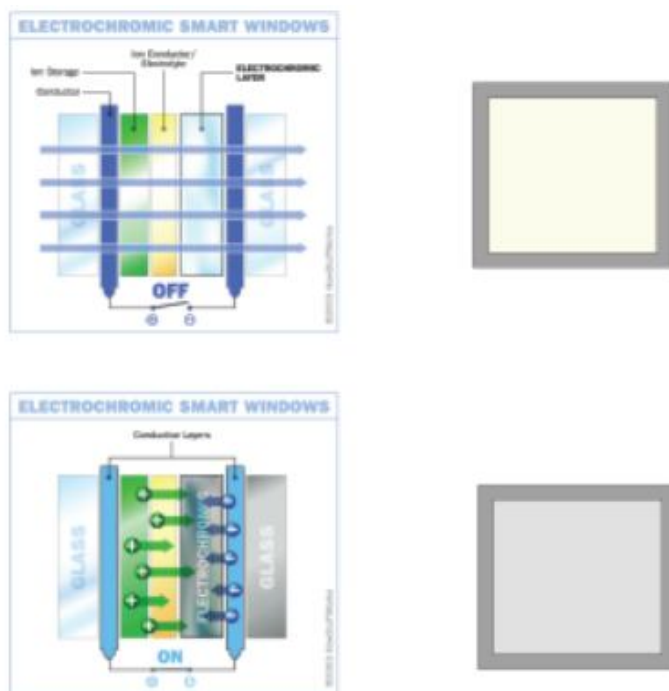
Εικόνα 1. 2: Λειτουργία θερμοχρωμικής επιστρώσης



Η χρησιμότητα μίας θερμοχρωμικής επιστρώσης βασίζεται στην ικανότητά της να λειτουργήσει είτε ως απορροφητής ή ως ανακλαστής της υπέρυθρης ακτινοβολίας (θερμότητας) ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ένα θερμοχρωμικό υλικό χαρακτηρίζεται από μία θερμοκρασία μετάπτωσης T_c που σχετίζεται με ένα δομικό μετασχηματισμό, με το υλικό να παρουσιάζει μεταλλική συμπεριφορά για μεγάλη θερμοκρασία, ενώ για μικρή συμπεριφέρεται ως ημιαγωγός. Ως αποτέλεσμα, πάνω από τη θερμοκρασία μετάπτωσης, η επιστρώση με μεταλλική συμπεριφορά ανακλά την υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου, αποτρέποντας έτσι την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου των

κτιρίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για παράδειγμα (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα).

Εικόνα 1. 3:Λειτουργία ηλεκτροχρωμικής επιστρώσης



Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, θερμοκρασίες κάτω από τη θερμοκρασία μετάπτωσης έχουν ως αποτέλεσμα συμπεριφορά ημιαγωγού που επιτρέπει τη διέλευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, και κατά συνέπεια τη διατήρηση της θερμότητας μέσα στο κτίριο. Επιστρώσεις θερμοχρωμικού τύπου μπορούν σήμερα να παρασκευαστούν με βάση διάφορα οργανικά υλικά όπως cholesteryl, nonanoate και cyanophenyl, τα οποία όμως όχι μόνο είναι ακριβά, αλλά παρουσιάζουν και αισθητικά προβλήματα καθώς τα αντίστοιχα παράθυρα παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα σκέδασης που οδηγεί σε θολότητα. Αντίστοιχα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιστρώσεις από παράγωγα

μετάλλων όπως HgI_2 , $Ni(SO_4)$, ZnO , PdO , οι οποίες όμως παρουσιάζουν διάφορα προβλήματα όπως υψηλή θερμοκρασία μετάπτωσης, χαμηλή διαπερατότητα στο ορατό φάσμα, χαμηλή ανθεκτικότητα και μη αισθητική παρουσία. Στο πλαίσιο μιας συνολικής βελτίωσης των ιδιοτήτων των θερμοχρωμικών επιστρώσεων επιφανειών, ιδανική λύση φαίνεται να αποτελεί η ανάπτυξη επιστρώσεων βασισμένων στο VO_2 που εμφανίζει τη μικρότερη θερμοκρασία μετάπτωσης, η οποία όμως πλησιάζει τους $68^\circ C$, τιμή αρκετά μακριά από τη θερμοκρασία των $20-25^\circ C$ που απαιτείται για πρακτικές εφαρμογές. Παράλληλα, η διαπερατότητα που παρουσιάζει στο ορατό είναι σχετικά χαμηλή ($T_{op} \sim 45\%$). Η έρευνα έχει επικεντρωθεί τα τελευταία χρόνια σε υλικά που έχουν ως βάση τους το VO_2 με προσμίξεις, με στόχο τη μείωση της κρίσιμης θερμοκρασίας με ταυτόχρονη αύξηση της διαπερατότητάς στο ορατό και βελτίωση των ιδιοτήτων στο υπέρυθρο. Ως πιθανές προσμίξεις αναφέρονται τα μέταλλα W , Mo , Nb , Cu , Mg και Al , με το να επιφέρει τη μεγαλύτερη μείωση στη θερμοκρασία μετάπτωσης, η οποία έχει φθάσει τους $\sim 10^\circ C$, ενώ αντίστοιχα η πρόσμιξη με Mg έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαπερατότητας στο ορατό στο $\sim 60\%$. Όμως, δεν έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα ταυτόχρονη ελάττωση της θερμοκρασίας μετάπτωσης με αύξηση της διαπερατότητας. Αντίστοιχα αποτελέσματα ελέγχου της διαπερατότητας μπορεί να επιτύχει κάποιος και με τις ηλεκτροχρωμικές διατάξεις. Η ηλεκτροχρωμική λειτουργία (ηλεκτροχρωμικό φαινόμενο) βασίζεται στην αναστρέψιμη μεταβολή των οπτικών ιδιοτήτων ενός υλικού (από διαπερατό μετατρέπεται σε απορροφητικό-ανακλαστικό και

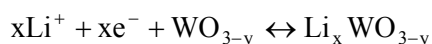
αντίστροφα), η οποία επιτυγχάνεται με την εισαγωγή ή εξαγωγή ιόντων μέσω της εφαρμογής μιας μικρής τάσης (1–3 V). Όταν η διάταξη είναι ανενεργή, τότε είναι οπτικά καθαρή και διαθέτει υψηλή διαπερατότητα, ενώ, μετά την εφαρμογή της τάσης, η διάταξη χρωματίζεται και ελαττώνεται σημαντικά η διαπερατότητά της στο ορατό και το κοντινό υπέρυθρο. Η διάταξη μένει σε μη διαπερατή κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς την εφαρμογή τάσης, ενώ επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση με την εφαρμογή αντίστροφης τάσης. Επομένως, η όλη διαδικασία επιτρέπει τον έλεγχο της διαπερατότητας σε ορατό και υπέρυθρο με την απλή εφαρμογή μικρής τάσης.

Μια τυπική ηλεκτροχρωμική διάταξη περιλαμβάνει πέντε επάλληλα στρώματα τοποθετημένα είτε πάνω σε ένα υποστρώμα ή μεταξύ δύο υποστρωμάτων σαν σάντουιτς, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, με τα υποστρώματα να είναι συνήθως κάποιου τύπου γυαλί ενώ πρόσφατα άρχισε να χρησιμοποιείται και εύκαμπτο πολυμερές. Το κεντρικό στρώμα της διάταξης είναι κάποιος οργανικός ή ανόργανος ηλεκτρολύτης, μέσω του οποίου ή από τον οποίο μπορούν να μετακινηθούν ιόντα, συνήθως πρωτόνια (H^+) ή ιόντα λιθίου (Li^+), τα οποία είναι ευκίνητα λόγω του μικρού τους μεγέθους. Από τη μία πλευρά του ηλεκτρολύτη υπάρχει ένα ηλεκτροχρωμικό στρώμα που μπορεί να αλλάζει χρώμα με την εισαγωγή ή την εξαγωγή ιόντων, όπως το WO_3 , ενώ από την άλλη του πλευρά τοποθετείται ένα στρώμα που είτε λειτουργεί ως αποθήκη ιόντων είτε έχει ηλεκτροχρωμικές ιδιότητες αντίθετες από αυτές του WO_3 (π.χ. ένα στρώμα V_2O_5 ή NiO). Τα τρία αυτά στρώματα είναι τοποθετημένα μεταξύ δύο διάφανων

ηλεκτροδίων όπως το ITO, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί τάση στη διάταξη.

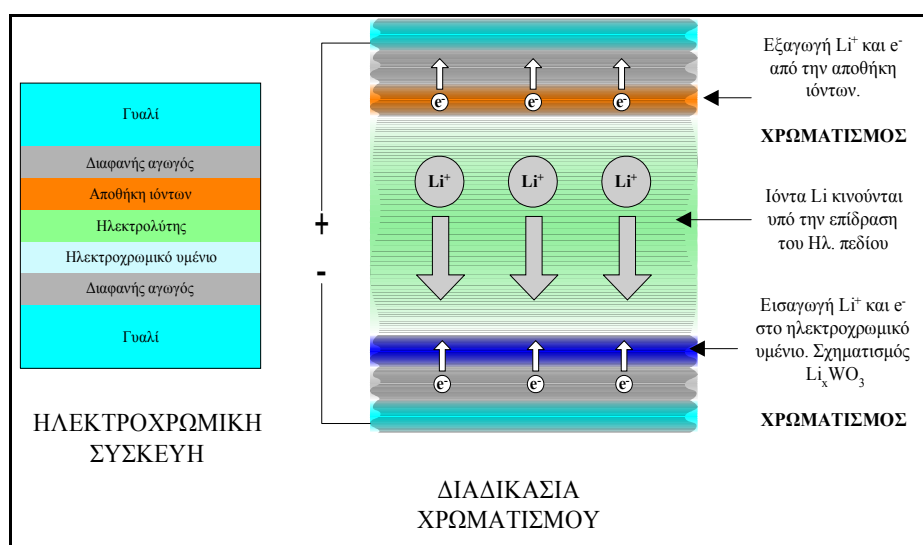
Με την εφαρμογή κατάλληλης τάσης, εισάγονται στην ηλεκτροχρωμική επίστρωση WO_3 (ηλεκτροχρωμικό υμένιο) ιόντα Li^+ από τον ηλεκτρολύτη ή την αποθήκη ιόντων καθώς και ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα. Η μεταβολή στην ηλεκτρονική πυκνότητα που επάγεται στο WO_3 είναι υπεύθυνη για τη μεταβολή των οπτικών του ιδιοτήτων, το χρωματισμό του και την ελάττωση της διαπερατότητας του στο ορατό και το υπέρυθρο.

Η παρακάτω σχηματική αναπαράσταση περιγράφει φαινομενολογικά αυτή τη διαδικασία για την περίπτωση του οξειδίου του βολφραμίου:



Η διαδικασία χρωματισμού μίας ηλεκτροχρωμικής διάταξης είναι πλήρως αντιστρεπτή με την αλλαγή της πολικότητας του εφαρμοζόμενου δυναμικού. Η απόδοση χρωματισμού της διάταξης αυξάνεται με τη χρήση του υμενίου αποθήκης ιόντων το οποίο χρωματίζεται συμπληρωματικά με το βασικό ηλεκτροχρωμικό υμένιο. Στις συγκεκριμένες διατάξεις είναι δυνατή η μεταβολή του χρώματος από διαφανές σε σχεδόν πλήρως αδιαφανές με εφαρμογή συνεχούς τάσης 1-4 Volt.

Εικόνα 1. 4: Ηλεκτροχρωμική διάταξη και διαδικασία χρωματισμού



Η ηλεκτροχρωμική τεχνολογία, έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται από βιομηχανίες γυαλιών όπως η Pilkington, η Asahi Glass, η SAGE Glass και η Gentex Corporation. Όμως, παρά το μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον για ηλεκτροχρωμικά παράθυρα, η όχι μεγάλη διαφορά στη διαπερατότητα μεταξύ διάφανης και χρωματισμένης κατάστασης, το μεγάλο κόστος ανά μονάδα επιφάνειας, η μικρή διάρκεια ζωής, ο περιορισμός στη μέγιστη επιφάνεια που μπορεί αξιόπιστα να κατασκευαστεί και ο μεγάλος χρόνος απόκρισης, δεν έχουν ακόμα επιτρέψει τη μαζική εφαρμογή τους.

Λόγω του υψηλού κόστους τους, προς το παρόν συμφέρουν μόνο στην περίπτωση κατασκευής μεγάλων κτιρίων που θα έχουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση, ώστε η απόσβεση της αρχικής επένδυσης να γίνει από την αγορά μικρότερων συστημάτων

ψύξης-θέρμανσης και την εξοικονόμηση. «Η προσπάθεια που γίνεται διεθνώς είναι να βρεθούν τρόποι μείωσης του κόστους, ώστε, σε σύντομο χρονικό διάστημα, τα «έξυπνα» τζάμια να είναι προσιτά ακόμη και για τη μικρότερη οικοδομή», συμπληρώνει ο κ. Γιαννούλης. Πόσο «σύντομο» εκτιμά ότι θα είναι αυτό το διάστημα; «Σε λιγότερο από μία πενταετία».

1.4.1. Πόσο γρήγορα αλλάζουν χρώμα τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα;

Η ταχύτητα μεταγωγής ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος και την εξωτερική θερμοκρασία επιφάνειας του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου (η οποία υπαγορεύεται από τυχαία επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας, από την ταχύτητα του ανέμου και τη θερμοκρασία του αέρα). Εάν η επιφάνεια του παραθύρου είναι μικρή, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα αλλάζουν γρηγορότερα, γιατί η απόσταση μεταξύ των ράβδων είναι μικρή. Για παράδειγμα, για ένα παράθυρο με απόσταση 18 ιντσών μεταξύ των ράβδων, ο ταχύτερος χρόνος μεταγωγής είναι μεταξύ 1-4 λεπτών υπό ηλιόλουστες ή και θερμές συνθήκες. Για μεγαλύτερα παράθυρα, ο χρόνος μεταγωγής μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερος. Ταχύτερη μετάβαση μεγάλης επιφάνειας ηλεκτροχρωμικού γυαλιού επιτυγχάνεται με την εφαρμογή πρόσθετης λεπτής γραμμής αγωγού, επιτρέποντας έτσι την ταχύτερη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος πάνω από το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο. Με έναν πρόσθετο αγωγό υπάρχει επίσης η δυνατότητα ανεξάρτητου ελέγχου των τμημάτων μέσα σε ένα μεγαλύτερο παράθυρο που

προσφέρει το δυναμικό για την εφαρμογή καλύτερων στρατηγικών ηλιακού φωτός. Τα μεγαλύτερα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα με πρόσθετους αγωγούς προσφέρονται από την SAGE Electrochromics, Inc.

Αν τα παράθυρα είναι καυτά εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών του αέρα ή και επειδή το φως του ήλιου χτυπάει την πρόσοψη, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα θα αλλάξουν γρήγορα απόχρωση. Καθώς, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του και στη συνέχεια τις ταχύτητες μεταγωγής τους. Σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι χαμηλή, (π.χ., νωρίς το πρωί, ή όταν ο ουρανός είναι θολός), τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα χρειάζονται αρκετό χρόνο για να μετατραπούν από πλήρως λευκασμένα σε πλήρως χρωματισμένα.

Κατά τη μετάβαση από καθαρά σε πλήρως χρωματισμένα, η ταχύτητα στην αρχή είναι γρήγορη, στη συνέχεια όσο πάμε προς το τέλος γίνεται βραδύτερη. Αν είναι κρύα, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα μπορούν να αλλάξουν σχεδόν το 80% του φάσματος μεταγωγής τους γρήγορα, ωστόσο στη συνέχεια μπορεί να πάρει πολύ χρόνο για να φτάσουν το τελικό 20% του ολόκληρου χρωματισμού. Για παράδειγμα, για ένα ηλεκτροχρωμικό παράθυρο οξειδίου του βολφραμίου 35X18 ιντσών οι εν λόγω μεταβάσεις σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν γίνει:

✓ Όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου είναι μεγαλύτερη από περίπου 10 °C, η ταχύτητα των αλλαγών είναι λιγότερο από 5-6 λεπτά. Όταν υπάρχει ηλιοφάνεια,

σε θερμές συνθήκες, η ταχύτητα της αλλαγής μπορεί να είναι μικρότερη από 4 λεπτά.

✓ Αν η θερμοκρασία της επιφάνειας του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου είναι μεταξύ -3 και -1 °C, μπορεί να χρειαστούν 37 λεπτά για τον χρωματισμό ή την λεύκανση ανάμεσα στην περατότητα 0,56 και 0,13. Μπορεί να πάρει περισσότερο χρόνο ακόμη για να πιάσουμε την ελάχιστη διαπερατότητα του 0.05. Σε χαμηλότερη διαπερατότητα, τα σκοτεινότερα επίπεδα απόχρωσης είναι χρήσιμα εάν το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αντανάκλασης από τον άμεσο ήλιο. Έτσι σε χαμηλές ταχύτητες μεταγωγής, οι κάτοικοι θα χρειαστεί ίσως να καταφύγουν σε εσωτερική χρήση κάθε είδους περσίδων για να εμποδίσει το άμεσο ηλιακό φως από το πεδίο της θέας τους.

1.4.2. Κάτω από ποιες συνθήκες θα λειτουργήσουν τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα;

Οι ταχύτητες μεταγωγής των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων επιβραδύνονται σημαντικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η θερμοκρασία επιφάνειας των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων δεν θα φτάσει τα επίπεδα των 95 βαθμών σε τυπικά κατακόρυφα παράθυρα και σε εφαρμογές φεγγίτη. Οι SAGE Electrochromics, Inc. παρακολουθούν θερμοκρασίες επιφάνειας των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων έως

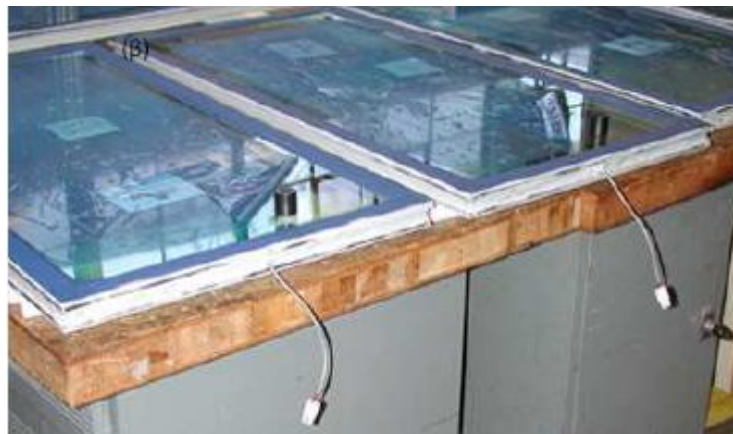
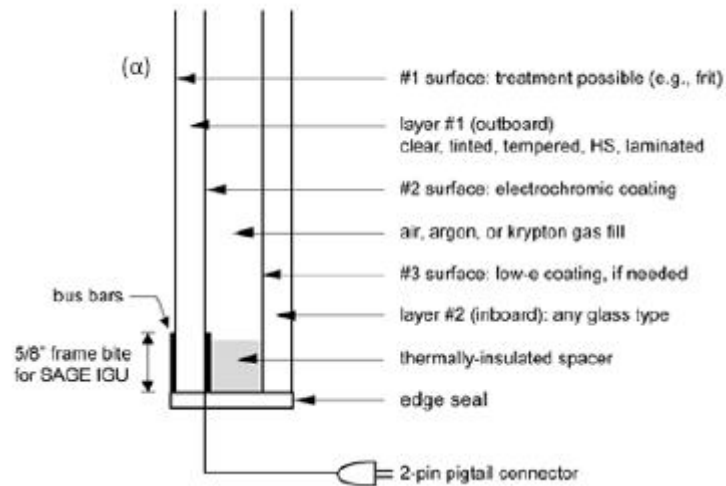
και 76 βαθμούς σε υπαίθριες εφαρμογές. (έρημος της Αριζόνα). Σε μελέτες που έχουν γίνει μετρήθηκε η εξωτερική θερμοκρασία στη γυάλινη επιφάνια ηλεκτροχρωμικού παραθύρου με διαφανή γυάλινα υποστρώματα μέχρι 65 βαθμούς Κελσίου τις ηλιόλουστες μέρες για ένα κάθετο παράθυρο με νότιο προσανατολισμό στο Μπέρκλεϊ της Καλιφόρνια.

Η εξωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου μπορεί να είναι αρκετά υψηλή, επειδή το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία όταν είναι έγχρωμο. Με μια low-e επίστρωση και μονωτικό γυαλί η εσωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας του παραθύρου μπορεί να είναι κοντά σε θερμοκρασία δωματίου. Εάν δεν υπάρχει low-e επίστρωση, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα θα μπορούσαν να προκαλέσουν σημαντική δυσφορία.

1.4.3. Ποια είναι τα βασικά στοιχεία που συγκροτούν ένα ηλεκτροχρωμικό παράθυρο;

Ένα ηλεκτροχρωμικό παράθυρο αποτελείται από ένα μονωτικό γυαλί και το πλαίσιο του παραθύρου. Το μονωτικό γυαλί αποτελείται από δύο υαλοπίνακες ή φύλλα συναρμολογούμενα με spacer, στη συνέχεια σφραγίζονται στα τέσσερα άκρα, όπου το εξωτερικό στρώμα γυαλιού έχει την ηλεκτροχρωμική επίστρωση στη δεύτερη εσωτερική επιφάνεια (Οι

γυάλινες επιφάνειες ενός παραθύρου αριθμούνται από το εξωτερικό προς το εσωτερικό), βλ. παρακάτω εικόνα .



(α) Διάγραμμα ενός τυπικού ηλεκτροχρωμικού γυαλιού μόνωσης και
 (β) Φωτογραφία τυπικών ηλεκτροχρωμικών μονωτικών πλακών από γυαλί με βύσμα πλεξίδα. Η πραγματική 2-pin υποδοχή της κεφαλής μπορεί να γίνει μικρότερη και αδιάβροχη.

✓ Το εξωτερικό στρώμα από γυαλί μπορεί να χρωματιστεί. Αν αυτό το στρώμα είναι σε μεγάλο βαθμό φιμέ, η απόχρωση και η ηλεκτροχρωμική επίστρωση σε φιμέ κατάσταση μεταγωγής θα

αυξήσει την θερμική πίεση και την πιθανότητα θραύσης του γυαλιού.

✓ Το εξωτερικό του υποστρώματος μπορεί να έχει μια επιφανειακή επεξεργασία στην εσωτερική επιφάνεια, αλλά όχι για την εσωτερική επιφάνεια με την ηλεκτροχρωμική επίστρωση.

✓ Το εξωτερικό υπόστρωμα μπορεί να είναι από οποιουδήποτε τύπου γυαλί, αλλά πιθανότατα θα πρέπει να μετριάσει ή να ενισχυθεί θερμικά επειδή το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο όταν είναι έγχρωμο αυξάνει την θερμική πίεση. Η πλαστικοποίηση είναι δυνατή, αλλά θα εξαλείψει τις low-e ιδιότητες της ηλεκτροχρωμικής επίστρωσης. (εάν έχει τέτοιες ιδιότητες).

✓ Το εξωτερικό στρώμα υαλοπινάκων θα έχει δύο μεταλλικές ράβδους που βρίσκονται σε δύο παράλληλες άκρες. Α2 σύρμα αγωγού θα εκτείνεται από το άκρο και θα τελειώνει με ένα συνδετήρα πλεξίδα περίπου 5 με 10 εκατοστά σε μήκος.

✓ Το εσωτερικό στρώμα του γυαλιού μπορεί να είναι από οποιαδήποτε τύπο γυαλιού. Αν η επίστρωση του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου δεν έχει ιδιότητες χαμηλής εκπομπής, τότε το εσωτερικό στρώμα πρέπει να έχει μια low-e επίστρωση. Η low-e επίστρωση πρέπει να είναι στην επιφάνεια για να μειώσει τη μεταφορά θερμότητας προς το εσωτερικό.

✓ Η συμπλήρωση αερίου μεταξύ των δύο υαλοπινάκων μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου φυσικό αέριο, δηλαδή με αέρα ή αδρανές αέριο όπως το αργό ή το κρυπτό.

✓ Το εσωτερικό των δύο υαλοπινάκων θα πρέπει να είναι μονωμένο ώστε να εμποδίζεται η θερμική αγωγιμότητα και η συμπύκνωση.

- ✓ Οι ηλεκτροχρωμικές επιστρώσεις αποικοδομούνται γρήγορα εάν οι υδρατμοί επιτρέπεται να εισέλθουν στο κενό αέρος ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες.

1.4.4. Φάσμα μεταγωγής ηλεκτροχρωμικών παραθύρων

Το εύρος της περατότητας και του συντελεστή κέρδους θερμότητας από τον ήλιο των ηλεκτροχρωμικών επιστρώσεων ποικίλλει ανάλογα με τη σύνθεση των υλικών. Ο παράγοντας U δεν επηρεάζεται από την αλλαγή της απόχρωσης. Γενικά, όσο πιο ευρεία είναι η περιοχή της μεταγωγής, τόσο μεγαλύτερο έλεγχο έχει κανείς υπό μεταβλητές συνθήκες ουρανού και ήλιου. Έτσι ισχύει ότι:

α) Μια κατάσταση υψηλής διαπερατότητας αφήνει περισσότερο φως της ημέρας όταν είναι νεφελώδης ή νωρίς το πρωί ή αργά το απόγευμα.

β) Μια έγχρωμη κατάσταση χαμηλής διαπερατότητας μειώνει τη φωτεινότητα του παραθύρου και της επιφάνειας που μπορεί να προκαλέσει οπτικές ενοχλήσεις. Μια διαπερατότητα χαμηλότερη από 0,01 απαιτείται για να μειωθεί η φωτεινότητα της σφαίρας του ήλιου κάτω από άνετα επίπεδα.

γ) Σε γενικές γραμμές τα εμπορικά κτίρια στις Η.Π.Α. τείνουν να είναι κτίρια που έχουν εσωτερικό φορτίο εξαιτίας της υψηλής πυκνότητας κατοίκων και εξοπλισμού και να λειτουργούν σε κρύες συνθήκες κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Γι' αυτούς τους

τύπους των κτιρίων, ο συντελεστής κέρδους θερμότητας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερος σε σύγκριση με την περατότητα.

δ) Ακόμα κι αν τα παράθυρα είναι μεγάλα ή μικρά, ένα ευρύ φάσμα μεταγωγής είναι σημαντικό.

Το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο πωλείται ως μονάδα μονωτικού γυαλιού με διπλό παράθυρο όταν η ηλεκτροχρωμική επίστρωση εφαρμόζεται στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα. Το εύρος μεταγωγής του παραθύρου δεν καθορίζεται μόνο από την ηλεκτροχρωμική επίστρωση, αλλά και τα στρώματα υαλοπινάκων. Το εξωτερικό στρώμα υαλοπίνακα (ή υπόστρωμα) μπορεί από μόνο του να γίνεται έγχρωμο και καθαρό. Το εσωτερικό στρώμα υαλοπίνακα μπορεί να είναι οποιοδήποτε είδος γυαλιού. Ένα παράδειγμα από το κέντρο του κύκλου του ηλεκτροχρωμικού παραθύρου εάν τα δύο στρώματα είναι καθαρό γυαλί ισχύει το εξής:

$$\text{περατότητα} = 0,60 - 0,05$$

$$\text{κέρδος θερμότητας} = 0,48 - 0,9$$

συντελεστής $U = 1,59 - 1,87 \text{ W/m}^2\text{C}$ με 90% αργό ή συμπλήρωμα αέρα αντίστοιχα. Ο παράγοντας U παραμένει σταθερός ανεξάρτητα από το επίπεδο μεταγωγής. Η εκπομπή του στρώματος ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων πιθανολογείται ότι είναι 0,84 στην εξωτερική επιφάνεια χωρίς επένδυση και 0,15 για την επιφάνεια της εσωτερικής επίστρωσης.²

² http://windows.lbl.gov/comm_perf/Electrochromic/ec_tech_swra.html

1.5. ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΑΕΡΟΓΕΛ - ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕ ΓΥΑΛΙ

Οι περισσότερες από τις αναδυόμενες τεχνολογίες με γυαλί είναι διαθέσιμες στην αγορά. Αυτές περιλαμβάνουν υαλοπίνακες που έχουν εκκενωθεί και περιλαμβάνουν μόνωση ώστε να βελτιωθεί η μεταφορά θερμότητας μειώνοντας παράγοντες U παράγοντες .

Μόνωση

Υπάρχουν διάφορες επιλογές για εξαιρετικά μονωτικά παράθυρα με aerogel , κυψέλες και τριχοειδείς σωλήνες που βρίσκονται μεταξύ τζαμιών . Αυτά τα υλικά παρέχουν διάχυτο φως.

Aerogel είναι ένα αφρώδες υλικό με βάση το πυρίτιο και αποτελείται από περίπου 4 % διοξείδιο του πυριτίου και 96 % αέρα. Τα μικροσκοπικά κύτταρα του αφρού παγιδεύουν τον αέρα , εμποδίζοντας έτσι την μεταφορά θερμότητας , ενώ το φως συνεχίζει να περνά. Τα μεγέθη των κυττάρων είναι μικρότερα από την μέση ελεύθερη διαδρομή των μορίων του αέρα / αερίου , μειώνοντας έτσι την αγωγιμότητα σε τιμές χαμηλότερες από εκείνες του καθαρού αέρα / αερίου. Μεγάλου κύματος θερμική ακτινοβολία σχεδόν εξαλείφεται λόγω των πολλαπλών κυτταρικών τοιχωμάτων μέσω των οποίων υπέρυθη ακτινοβολία μεγάλου κύματος πρέπει να απορροφηθεί και να επανακτινοβοληθεί . Τα σωματίδια που συνθέτουν τα λεπτά τοιχώματα των κυττάρων

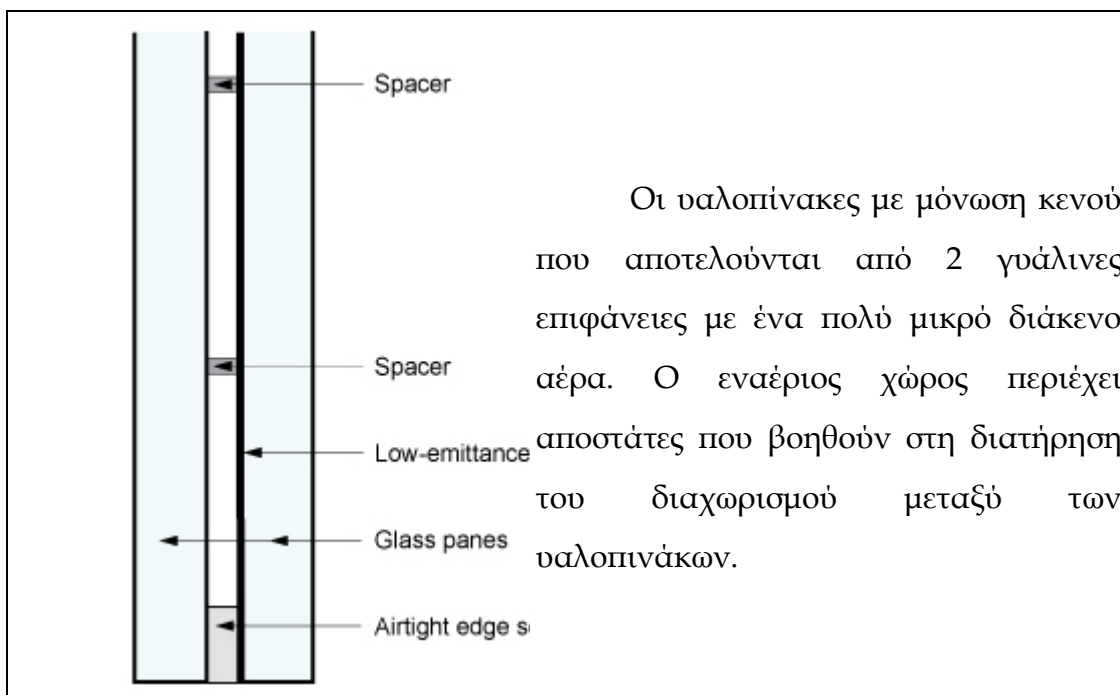
διαχέουν ελαφρώς το φως που διέρχεται , δημιουργώντας μια γαλαζωπό θολότητα παρόμοια με εκείνη του ουρανού.

Το Aerogel έχει λάβει την προσοχή των ερευνών για την ικανότητά του να είναι τόσο διαφανές όσο και μονωτικό , καθιστώντας το ένα από τα υλικά τα οποία αναφέρονται ως διαφανή μονωτικά. Θα πρέπει να είναι τεχνικώς δυνατή η παραγωγή παραθύρων τα οποία θα είναι κατασκευασμένα από aerogel με γυαλί στο κέντρο ενώ ο παράγοντας U θα είναι αρκετά χαμηλός περίπου 0,05 . Ωστόσο , το aerogel παράγεται σε μικρές ποσότητες και μεγέθη. Οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές έχουν παράγει παράθυρα με διπλά τζάμια και τα οποία είναι γεμισμένα με μικρές σταγόνες από aerogel. Το Aerogel μπορεί να βρει μια μελλοντική εφαρμογή ως συστατικό ενός μεγαλύτερου συστήματος παραθύρων , όπως διαχωριστικά μεταξύ του μονωτικού υαλοπινάκων , ή σε φεγγίτες ή υαλότουβλα .

Evacuated Windows

Η πιο αποτελεσματική θερμικά πλήρωση αερίου δεν θα είναι ο αέρας αλλά το κενό. Η βιομηχανία που ασχολείται με τα παράθυρα επιδιώκει την ανάπτυξη γυαλιού με μόνωση κενού για χρήση σε μονάδες παραθύρων όπου ο χώρος μεταξύ των υαλοπινάκων έχει εκκενωθεί . Αν η πίεση κενού είναι αρκετά χαμηλή , δεν θα υπήρχε μεταφορά θερμότητας με αγωγή ή συναγωγή μεταξύ των υαλοπινάκων , μειώνοντας έτσι το U-παράγοντας. Ένα τζάμι με κενό πρέπει να έχει μια καλή επιστροφή για τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας με

ακτινοβολία - η επίδραση του κενού από μόνο του δεν επαρκεί. Η αρχή αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των δοχείων θερμού για πολλά χρόνια , με την επιστροφή αργύρου που χρησιμεύει ως επιφάνεια χαμηλής εκπομπής.



Το κενό εξαλείφει τη μεταφορά θερμότητας με αγωγή και συναγωγή αλλά όχι με ακτινοβολία με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη μία low-e με διπλό τζάμι. Ο συντελεστής U μπορεί να είναι 0,20 ή μικρότερος διατηρώντας όμως το πλεονέκτημα να είναι αρκετά λεπτά (0,20 έως 0,43 ίντσες) και επομένως τα παράθυρα αυτά είναι κατάλληλα για πολλά σχέδια σε πρόσοψη .

Συγκροτήματα παραθύρων τα οποία είναι με κενό παρουσιάζουν μία σειρά από προβλήματα. Ένα σημαντικό θέμα είναι η ανάγκη για αντίσταση στην κανονική πίεση του αέρα καθώς και οι μεταβλητές πιέσεις που προκαλούνται από τον άνεμο και τις δονήσεις. Μπορεί να υπάρχουν μεγάλες θερμικές καταπονήσεις μεταξύ υαλοπινάκων μεγάλου μεγέθους. Ένα

μπουκάλι θερμός αντιστέκεται σε αυτές τις δυνάμεις εύκολα, λόγω του καμπυλωτού του σχήματος, αλλά οι μεγάλες, επίπεδες επιφάνειες από ένα παράθυρο τείνουν να υποκύψουν και να κάμπτονται με μεταβαλλόμενες πιέσεις . Μικρές κολώνες ή διαχωριστές χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση του διαχωρισμού μεταξύ των υαλοπινάκων . Οι διαχωριστές αυτοί είναι πολύ μικροί, αλλά είναι κάπως ορατοί , μειώνοντας την καθαρότητα του παραθύρου.

Ένα άλλο ζήτημα είναι η διατήρηση μιας αεροστεγούς σφράγισης γύρω από την άκρη του παραθύρου. Η σφράγιση πρέπει να διατηρηθεί για να εξαλείψει μετάδοση θερμότητας αερίου με τη διατήρηση της πυκνότητας του αέρα στο εσωτερικό της μονάδας σε λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό της κανονικής ατμοσφαιρικής πίεσης.. Αυτή η σφράγιση κενού πρέπει να παραμένει ανέπαφη για τη διάρκεια ζωής του παραθύρου, μέσα από την παρασκευή , τη μεταφορά , την εγκατάσταση και την κανονική λειτουργία , φθορά, και τις καιρικές συνθήκες .

1.6. ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΝΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Καθώς ένα πολύ μεγάλο ποσοστό ενέργειας χάνεται από τα κουφώματα παλιάς τεχνολογίας, η αντικατάστασή τους με νέα, ενεργειακά κουφώματα κρίνεται απαραίτητη. Ο ρόλος που παίζει η αλλαγή κουφωμάτων στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου είναι σημαντικός και αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι το

Υπουργείο Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ) χρηματοδοτεί μέσω του προγράμματος «εξοικονομώ κατ' οίκον» την αλλαγή των παλιών κουφωμάτων με νέα, ενεργειακά κουφώματα.

Όπως είδαμε παραπάνω ένας από τους τρεις βασικούς παράγοντες που καθορίζουν τις απώλειες του κελύφους είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου του κελύφους (όσο μεγαλύτερος συντελεστής τόσο μεγαλύτερες απώλειες). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι εκείνος ο συντελεστής που μας δείχνει την απόδοση ενός κουφώματος. Όσο μικρότερος είναι αυτός ο συντελεστής τόσο μικρότερη απώλεια θερμότητας έχουμε.

Τα ενεργειακά κουφώματα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας στο ακίνητο. Εμποδίζουν τη θερμότητα να μεταφερθεί στο εσωτερικό ή από το εσωτερικό του σπιτιού με αποτέλεσμα να υπάρχει και σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων για τη θέρμανση / ψύξη του ακινήτου.

Τα κουφώματα συνήθως καταλαμβάνουν περίπου το 10-20% της επιφάνειας του κελύφους και η αντικατάστασή τους με νέα «ενεργειακά» μπορεί να αποφέρει ένα ενεργειακό όφελος στο σύνολο του ακινήτου της τάξης του 25-30%.

Επίσης, προσφέρουν υψηλή ηχομόνωση καθώς απομονώνουν κατά μια έννοια το εσωτερικό του σπιτιού από το εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να υπάρχει η ελάχιστη μεταφορά ήχου από έξω προς τα μέσα και αντίστροφα. Με άλλα λόγια, οι συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου είναι καλύτερες συμβάλλοντας έτσι στη μεγαλύτερη απόλαυση και ξεκούραση στο χώρο μας.

Τέλος, προχωρώντας στην αλλαγή κουφωμάτων βοηθάμε σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται σημαντικά η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

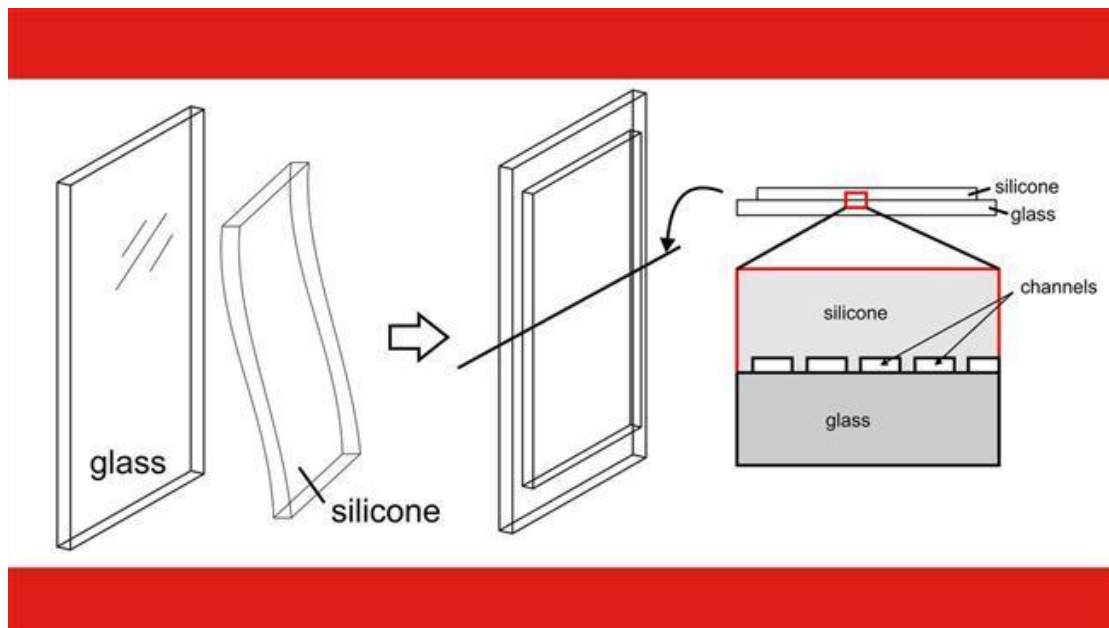
1.7. ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΚΡΑΤΟΥΝ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΤΗ ΖΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΦΩΣ

Μια ακόμη εκδοχή ενός έξυπνου παραθύρου ανέπτυξαν ερευνητές του Lawrence Berkeley National Laboratory στο Berkeley της California ή πιο συγκεκριμένα μια επικάλυψη που μετατρέπει ένα οποιοδήποτε γυάλινο παράθυρο σε “έξυπνο” κρατώντας μακριά τη ζέστη και το φως.



Η τεχνολογία αναπτύσσεται σε συνεργασία με την εταιρεία Heliotrope που εξειδικεύεται στα έξυπνα παράθυρα. Η επικάλυψη ψεκάζεται στο εσωτερικό του παραθύρου και στη συνέχεια εφαρμόζεται τάση μέσω λεπτών, διάφανων φιλμ απευθείας στην

επιφάνεια του γυαλιού. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ρυθμίζεται πανεύκολα το παράθυρο (on/off) ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις εκάστοτε προτιμήσεις σε φως και θερμότητα. Θυμίζουμε ότι στο παρελθόν έχουμε δει και άλλα παρόμοια “έξυπνα” φιλμ για παράθυρα με τη διαφορά ότι ήταν αυτοκόλλητα.



Μια δεύτερη, λίγο διαφορετική πρόταση μας έρχεται από το Wyss Institute του Harvard University και αφορά την κατασκευή παραθύρων που ενσωματώνουν μια επαναστατική τεχνολογία αυτό-ψύξης. Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν βασίζεται στο κυκλοφορικό σύστημα του ανθρώπου και συγκεκριμένα προσομοιώνουν τον τρόπο με τον οποίο τα αιμοφόρα αγγεία κοντά στην επιφάνεια του δέρματος αυξάνουν τη ροή του αίματος κάθε φορά που ζεσταινόμαστε ρίχνοντας έτσι τη θερμοκρασία του σώματός μας.

Με παρόμοιο τρόπο τα παράθυρα ενσωματώνουν ένα δίκτυο πολύ λεπτών καναλιών μέσω των οποίων ρέει κρύο νερό, ψύχοντας με αυτόν τον τρόπο το παράθυρο και κατ' επέκταση το σπίτι.³

1.8. ΕΞΥΠΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Κινέζοι ερευνητές δημιούργησαν ένα «έξυπνο» παράθυρο, το οποίο όχι μόνο επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας στο σπίτι όπου εγκαθίσταται, αλλά επιπλέον παράγει ηλεκτρισμό το ίδιο.

Τα έως τώρα υπάρχοντα «ενεργειακά» παράθυρα αποσκοπούν στην μείωση του κόστους θέρμανσης ενός κτιρίου το χειμώνα ρυθμίζοντας κατάλληλα το φως και τη θερμότητα του Ήλιου, ώστε να γίνεται η μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

Όμως οι επιστήμονες, με επικεφαλής τον Γιανφένγκ Γκάο της Κινεζικής Ακαδημίας Επιστημών, που έκαναν τη σχετική δημοσίευση στο περιοδικό «Nature Scientific Reports», σύμφωνα με τα Γαλλικό Πρακτορείο, πήγαν ένα βήμα παραπέρα,



ενσωματώνοντας παράλληλα στο υβριδικό παράθυρο και δυνατότητες παραγωγής ενέργειας.

Γι' αυτό το σκοπό, χρησιμοποίησαν ένα υλικό (από σωματίδια οξειδίου του βαναδίου και ένα μίγμα πολυμερών), το οποίο λειτουργεί ως διαφανής επίστρωση πάνω στο παράθυρο, ρυθμίζοντας την εισροή υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας. Ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το εν λόγω υλικό αλλάζει τις ιδιότητές του έτσι ώστε, όταν ο υδράργυρος πέφτει κάτω από ένα όριο, το υλικό μονώνει το παράθυρο και ταυτόχρονα γίνεται απορροφητικό, αφήνοντας το υπέρυθρο φως του Ήλιου να μπει στο εσωτερικό του χώρου. Όταν αντίθετα η θερμοκρασία ανέβει πάνω από ένα όριο, το υλικό επίστρωσης του παραθύρου γίνεται ανακλαστικό, «αποκρούοντας» την υπέρυθρη ακτινοβολία που έρχεται απ' έξω.

Ταυτόχρονα, γύρω από το γυαλί του παραθύρου είναι τοποθετημένες μικρές ηλιακές κυψελίδες, που γεννούν ενέργεια, αρκετό π.χ. για το άναμμα μιας λάμπας γραφείου. Οι κυψελίδες δέχονται το υπέρυθρο ηλιακό φως που διασκορπίζουν στο χώρο τα σωματίδια του οξειδίου του βαναδίου. Η έως τώρα μεγάλη δυσκολία των μηχανικών ήταν να ενσωματώσουν τέτοιες φωτοβολταϊκές κυψέλες σε ένα παράθυρο, χωρίς αυτό να χάνει τη διαφάνειά του, κάτι που φαίνεται πως κατάφεραν οι κινέζοι ερευνητές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΟΣΤΟΣ - ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Ήδη μεγάλες εταιρείες δραστηριοποιούνται στον τομέα των ηλεκτροχρωμικών διατάξεων αλλά και των ειδικών επιστρώσεων ελέγχου των θερμικών κερδών/απωλειών. Ο συνδυασμός διατάξεων μπορεί να οδηγήσει σε προϊόντα κατάλληλα για χώρες με θερμά σχετικά κλίματα όπως είναι η Ελλάδα. Η εισαγωγή στην εγχώρια αγορά αυτών των διατάξεων θεωρείται επιβεβλημένη καθώς εκτός από το ενεργειακό κέρδος προσφέρουν και αισθητικά πλεονεκτήματα.

Τα ηλεκτροχρωμικά ανήκουν στα λεγόμενα "έξυπνα" παράθυρα και είναι συσκευές δυναμικού ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. Παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με αντίστοιχες παθητικές και συμβατικές συσκευές όπως θα αναφέρουμε παρακάτω. Ένα ηλεκτροχρωμικό παράθυρο υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με τα καλύτερα σύγχρονα θερμομονωτικά παράθυρα.⁴

Η ενσωμάτωση των "έξυπνων" ηλεκτροχρωμικών παραθύρων στα κτίρια ίσως αποτελεί αυτή τη στιγμή εξεζητημένη λύση, καθώς το κόστος κατά πρώτο λόγο και η προβλεπόμενη

⁴ Selkowitz S.E., Rubin M., Lee E.S. and Sullivan R., "A review of electrochromic window performance factors", Lawrence Berkeley National Laboratory, presented at the SPIE International Symposium on Optical Materials Technology for Solar Energy Conversion XIII, Freiberg, Germany, 1994.

διάρκεια ζωής (η οποία δεν ξεπερνά τα 10 χρόνια) των ήδη υπαρχόντων εμπορικών διατάξεων (Pilkington E-Control , Sage Glass, Gentex Corporation) δεν επιτρέπουν τη μαζική τους εφαρμογή. Το μέλλον τους όμως προβλέπεται εξαιρετικά ευοίωνο καθώς όπως αναφέραμε τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν στους χρήστες τους είναι πολύ σημαντικά.

2.2. ΚΟΣΤΟΣ - ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΕΣ

✓ **Pilkington E-Control™.**

Αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτροχρωμικού παραθύρου και προώθησής του στην αγορά. Στο συγκεκριμένο παράθυρο χρησιμοποιούνται υμένα WO_3 (ενεργό ηλεκτροχρωμικό υλικό) και $Li_yV_2O_5$ (αποθήκη ιόντων) που παρασκευάζονται με τη μέθοδο της αποσάθρωσης ανόδου ενώ ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται άλας λίθιου διαλυμένο σε οργανικό πολυμερές. Το E-Control ενσωματώνει και ένα θερμομονωτικό τμήμα με διάκενο που περιέχει αδρανές αέριο (αργόν). Η οπτική διαπερατότητα στη διαφανή και χρωματισμένη κατάσταση της διάταξης είναι 50 και 15 % αντίστοιχα. Ο χρόνος για τον πλήρη χρωματισμό (ή αποχρωματισμό) είναι περίπου 8 λεπτά/ m^2 και η καταναλισκόμενη ισχύς λιγότερη από 0,5 Wh/ m^2 ή 8 W/ m^2 (εφαρμοζόμενη τάση < 3 Volt). Οι διαστάσεις των παραγόμενων παραθύρων ξεκινούν από τα 40×40 cm και φτάνουν το μέγιστο των 120×200 cm. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Fraunhofer Institute for Building Physics (Holzkirchen, Germany) που δίνει η

εταιρεία⁵ η ενσωμάτωση του E-Control σε κτίρια μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση 50 % του πρωτεύοντος ποσού ενέργειας που καταναλώνεται για κλιματισμό. Το κόστος του E-Control ήταν περίπου 900 €/m².

✓ **Asahi Glass.**

Η ιαπωνική εταιρεία Asahi είναι η πρώτη εταιρεία που εφάρμοσε ηλεκτροχρωμικά παράθυρα σε κτίριο μεγάλης κλίμακας το 1988 (Seto Bridge Museum, Japan). Η εταιρεία αυτή τη στιγμή δεν κυκλοφορεί στο εμπόριο κάποιο ηλεκτροχρωμικό παράθυρο αλλά μελετά δύο λύσεις: ένα παράθυρο με οργανικό ηλεκτρολύτη πολυμερούς και τελευταία μία εξελιγμένη συμμετρική ηλεκτροχρωμική διάταξη με υμένια WO₃, NiO και με ανόργανο ηλεκτρολύτη Ta₂O₅ σε μορφή λεπτού υμενίου. Η συγκεκριμένη διάταξη η οποία θα αποτελέσει την πιθανότερη εμπορική πρόταση της εταιρείας μπορεί να μεταβάλλει τη διαπερατότητά της από το 73% στο 18% με διάρκεια ζωής πάνω από 100.000 κύκλους ή περισσότερο από 10 χρόνια. Δεν έχουν λυθεί ακόμη τα προβλήματα με τα παράθυρα μεγάλου μεγέθους.

✓ **SAGE Glass.**

Η αμερικανική εταιρεία SAGE ⁶δεν έχει ακόμα προχωρήσει σε μαζική παραγωγή του πρωτοτύπου ηλεκτροχρωμικού της παραθύρου με κωδικό όνομα SAGE Glass™. Έχει όμως προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό τις πειραματικές μελέτες για αυτό

⁵ Pilkington E-Control™, Product and Functional description, Pilkington Presseinformation PR/15/00, 16 February 2000

⁶ www.sage-ec.com

το προϊόν κυρίως σε ότι αφορά στα θέματα αντοχής και αξιοπιστίας. Το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο της εταιρείας στηρίζεται στην τεχνολογία αποσάθρωσης ανόδου για την παρασκευή των υμενίων και χρησιμοποιεί στερεό ηλεκτρολύτη σε μορφή υμενίου. Η μεταβολή στη διαπερατότητά του είναι από 55% έως 8%.

✓ **Gentex.**

Η εταιρεία παράγει ηλεκτροχρωμικούς καθρέπτες για αυτοκίνητα, ενώ δεν έχει προχωρήσει στην παραγωγή ηλεκτροχρωμικού παραθύρου. Χρησιμοποιεί υμένια που κατασκευάζονται με την τεχνολογία sol-gel και ηλεκτρολύτη πολυμερούς για ελασματοποίηση της τελικής διάταξης⁷.

Στις παραπάνω εταιρείες θα πρέπει να προσθέσουμε και άλλες μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες όπως η **Glaverbell**⁸, η **Saint Gobain**⁹ και η **Intepane**¹⁰, οι οποίες δραστηριοποιούνται με επενδύσεις σημαντικών κεφαλαίων προς τη μελέτη και παραγωγή ηλεκτροχρωμικών διατάξεων

Σημερινό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.

Η τιμή των ήδη υπαρχόντων υψηλής ποιότητας θερμομονωτικών παραθύρων είναι περίπου 80 €/m², ενώ η τιμή για τα απλά ηλεκτροχρωμικά παράθυρα υπολογίζεται να είναι

⁷ www.gentex.com

⁸ www.glaverbel.com

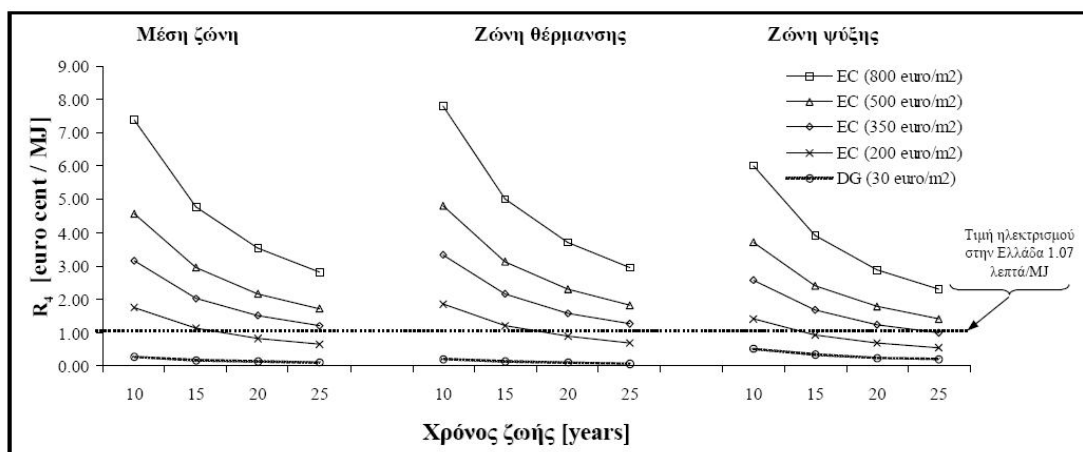
⁹ www.saint-gobain.com

¹⁰ www.interpane.com

περίπου 800-900 €/m². Η αντίστοιχη τιμή λιανικής πώλησης για το E-Control της Pilkington (συνδυασμός ηλεκτροχρωμικού και θερμομονωτικού παραθύρου) είναι περίπου 900 €/m².

2.2.1. Ένταση κόστους.

Στην ενότητα αυτή θα υπολογίσουμε το κόστος των συνολικών ενεργειών σε ευρώ ανά MJ της ενέργειας που κερδίζεται. Το ηλεκτροχρωμικό παράθυρο (EC) κοστίζει από 200 έως 800 €/m², αυτό αποτελεί ενδιαφέρον μειονέκτημα για την επέκταση της αγοράς τους, αντίθετα το παράθυρο διπλής υάλωσης (DG) κοστίζει μόνο 30 €/m². Αν το κόστος αγοράς μειωθεί στα 350 €/m² και ο χρόνος ζωής ξεπεράσει τα 25 χρόνια ή στην περίπτωση που το κόστος αγοράς μειωθεί στα 200 €/m² και ο χρόνος ζωής επεκταθεί πάνω από 15 χρόνια, τότε το κόστος κάθε MJ ενέργειας που εξοικονομείται μειώνεται σημαντικά και γίνεται χαμηλότερο από την ισχύουσα τιμή ηλεκτρισμού στην Ελλάδα.



Μεταβολές της έντασης κόστους

2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πολλές πολυεθνικές εταιρίες έχουν ήδη αρχίσει την παραγωγή ηλεκτροχρωμικών παραθύρων ή προβαίνουν σε επενδύσεις στον τομέα αυτό. Πιθανοί χρήστες των παραθύρων είναι οι κατασκευαστές μεγάλων κτιρίων, όπου τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα μπορούν να ενσωματωθούν στο κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτιρίου, οι κατασκευαστές βιοκλιματικών χώρων, στους οποίους δίδεται μια επιπλέον δυνατότητα ρύθμισης της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας, αλλά και ιδιώτες που μπορούν να τοποθετήσουν στις οικίες τους «έξυπνα» παράθυρα για μείωση των εξόδων κλιματισμού το καλοκαίρι, θέρμανσης το χειμώνα και τεχνητού φωτισμού σε όλη τη διάρκεια του έτους. Τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με αντίστοιχες συμβατικές παθητικές συσκευές:

- ✓ Δεν εμποδίζουν την ορατότητα όπως οι κουρτίνες ή οι περσίδες, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν έλεγχο της οπτικής όχλησης που προέρχεται από τις διάχυτες ηλιακές ακτίνες και μπορούν να συμβάλουν στη δημιουργία κατάλληλου μικροκλίματος στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων
- ✓ Δεν έχουν κινητά μέρη και ως εκ τούτου, το κόστος συντήρησής τους είναι ελάχιστο

- ✓ Απαιτούν μικρή κατανάλωση ενέργειας και ο έλεγχος της λειτουργίας τους μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα κεντρικής διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου
- ✓ Μπορούν να έχουν άπειρες καταστάσεις ανάμεσα στη διαφανή και τη χρωματισμένη κατάσταση.
- ✓ Εμποδίζουν την είσοδο τόσο της άμεσης όσο και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε αντίθεση με τα παθητικά συστήματα σκίασης.
- ✓ Προσφέρουν σημαντικά πρωτογενή ενεργειακά κέρδη:
 - Μειωμένα ενεργειακά φορτία για ψύξη, θέρμανση και εξαερισμό καθώς και
 - Μείωση της χρήση τεχνητού φωτισμού μα κατάλληλη μεταβολή των οπτικών ιδιοτήτων του παραθύρου και διαχείριση του εισερχόμενου ηλιακού φωτός .
- ✓ Αισθητική έλξη που προσφέρει η δυνατότητα ενός δυναμικά μεταβαλλόμενου μανδύα σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές, καθώς πολλές σχεδιαστικές αποφάσεις λαμβάνονται με βασικό γνώμονα όχι τα οικονομικά οφέλη ή το κόστος εγκατάστασης αλλά με βάση το στυλ και την εμφάνιση.

Τα ενεργειακά οφέλη από τη χρήση των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων απορρέουν από τη δυνατότητα των θερμικών απωλειών. Στους μηχανισμούς ελάττωσης των θερμικών απωλειών/κερδών ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες πρέπει να προστεθεί και η χρήση τριπλών υαλώσεων.

2.4. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Οι διατάξεις των ηλεκτροχρωμικών παραθύρων αντιμετωπίζουν ορισμένα προβλήματα. Οι επιστήμονες πειραματίζονται συνεχώς έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουν όσο μπορούν τα προβλήματα.

Μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει μια ηλεκτροχρωμική διάταξη είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Δεν θα είναι ποτέ εντελώς αδιαφανής.
- ✓ Εισέρχεται υπέρυθρη ηλιακή ακτινοβολία που δεν είναι επιθυμητή.
- ✓ Μειώνει την φωτεινότητα του χώρου όταν βρίσκεται σε πλήρη χρωματισμό.
- ✓ Δεν μεταβάλλει τη διαπερατότητά της στιγμιαία αλλά χρειάζεται αρκετό χρόνο για να εισέρθει από το διαφανές στάδιο στον πλήρη χρωματισμό.
- ✓ Δεν προσφέρει τόση μόνωση ώστε να μην επηρεάζεται καθόλου από τις εξωτερικές μεταβολές της θερμοκρασίας.
- ✓ Μειωμένη διάρκεια ζωής.
- ✓ Κόστος συντήρησης.
- ✓ Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης.
- ✓ ποιότητας θερμομονωτικών παραθύρων είναι περίπου 80 €/m², ενώ η τιμή για τα απλά ηλεκτροχρωμικά παράθυρα υπολογίζεται να είναι περίπου 800-900 €/m². Η αντίστοιχη τιμή λιανικής πώλησης για το E-Control της Pilkington (συνδυασμός ηλεκτροχρωμικού και θερμομονωτικού παραθύρου) είναι περίπου 900 €/m².

- ✓ Η επιπλέον πολυπλοκότητα του παραθύρου από την άποψη της κατασκευής, της συναρμολόγησης και της εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

3.1. ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΗΣ GREENPEACE - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Τον Οκτώβριο του 2007, η ελληνική Greenpeace παρουσίασε τις προτάσεις της για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια καθώς και για την παροχή κινήτρων που ευνοούν την αγορά και την εγκατάσταση καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών σε αυτά. Από μελέτες που υιοθετεί η οργάνωση, προκύπτει ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου το ένα τρίτο των συνολικών ενεργειακών πόρων στη χώρα, συμβάλλοντας περίπου κατά 40% στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η ελληνική Greenpeace μετακόμισε το 2004 σε ένα παλιό πενταόροφο κτίριο της Αθήνας. Το κτίριο αυτό ήταν ιδιαίτερα ενεργοβόρο από την κατασκευή του και είχε μεταλλικά κουφώματα με απλά τζάμια (πράγμα που το έκανε κρύο το χειμώνα και ζεστό το καλοκαίρι), ενώ διέθετε και ένα παλιό λέβητα πετρελαίου για θέρμανση. Δεδομένου ότι η Greenpeace νοικιάζει το κτίριο αυτό και δεν της ανήκει, υπήρχαν περιορισμοί στις παρεμβάσεις που θα μπορούσαν να γίνουν. Έγινε λοιπόν προσπάθεια να βελτιωθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και να αποφευχθεί η χρήση τοξικών υλικών και όλα αυτά με λογικό κόστος και με σεβασμό προς τους πόρους που εμποτεύονταν οι υποστηρικτές της Greenpeace. Τελικά

επιτεύχθηκε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 52% σε σχέση με την αρχική κατάσταση του κτιρίου.



Η πρόσοψη του κτιρίου πριν την ανακαίνιση

3.1.1. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Θα παρουσιάσουμε τα μέτρα τα οποία έγιναν και βελτιώθηκε ενεργειακά το κτίριο της Greenpeace στην Αθήνα.

✓ Αλλαγή των παλιών μεταλλικών κουφωμάτων με απλό τζάμι, με νέα «έξυπνα» παράθυρα. Χρησιμοποιήθηκαν κουφώματα με θερμοδιακοπή και διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας (low-e).



Τα "έξυπνα" παράθυρα: Χρησιμοποιήθηκαν κουφώματα με θερμοδιακοπή και διπλά υαλοστάσια διπλής εκπεμψιμότητας.

- ✓ Αλλαγή λέβητα πετρελαίου με νέο λέβητα φυσικού αερίου.
- ✓ Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για δροσισμό.
- ✓ Αλλαγή λαμπτήρων με νέους χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Επίσης το καλοκαίρι του 2005 τοποθετήθηκαν σκίαστρα στους δύο πάνω ορόφους, καθώς και φωτοβολταϊκά ισχύος 1 κιλοβάτ στην οροφή για παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού.

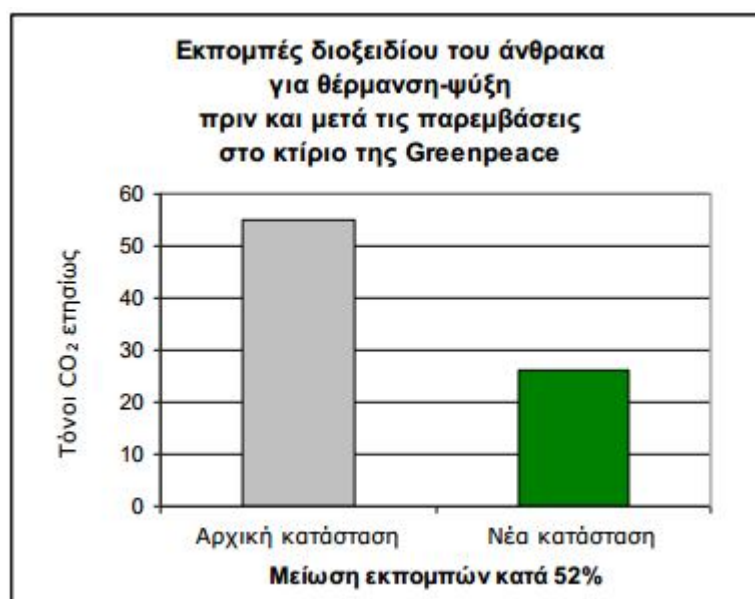
Σύμφωνα με ενεργειακές προσομοιώσεις του κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις από το Πανεπιστήμιο της Αθήνας το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό. Η αλλαγή κουφωμάτων-υαλοστασίων, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής και η αλλαγή λαμπτήρων επέφεραν εξοικονόμηση 30% στις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Η τοποθέτηση των σκιάστρων οδηγούσε σε 5% επιπλέον εξοικονόμηση. Με το σύνολο των παραπάνω παρεμβάσεων,

επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 14% στις ανάγκες θέρμανσης και 50% στις ανάγκες ψύξης.

Μεταφραζόμενη σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), η εξοικονόμηση αυτή σημαίνει περίπου 24 τόνους λιγότερο CO₂ ετησίως.

Η αλλαγή λέβητα οδηγεί σε περαιτέρω μείωση κατά 36% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τον αρχικό λέβητα πετρελαίου, μείωση που μεταφράζεται σε περίπου 3 τόνους CO₂ ετησίως.

Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών αποφέρει περίπου 1.360 ηλιακές κιλοβατώρες ετησίως, αποτρέποντας την έκλυση 1,5 περίπου τόνου CO₂ κάθε χρόνο. Συνολικά λοιπόν, οι παρεμβάσεις της Greenpeace στο νέο κτίριο οδηγούν στην αποφυγή έκλυσης 28,5 τόνων CO₂ ετησίως. Αυτό σημαίνει μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 52% σε σχέση με την αρχική κατάσταση.



3.1.2. Μέτρα αποφυγής τοξικών υλικών

- ✓ Το κτίριο βάφτηκε με υδατοδιαλυτά χρώματα πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε πτητικές οργανικές ενώσεις και πρακτικά απαλλαγμένα από τοξικές ουσίες. Το κόστος τους είναι ελάχιστα υψηλότερο των συμβατικών χρωμάτων. Δεδομένου όμως ότι το μεγάλο κόστος στο βάψιμο ενός κτιρίου είναι τα εργατικά, συνολικά η επιβάρυνση υπήρξε αμελητέα.
- ✓ - Στις καλωδιώσεις προτιμήθηκαν καλώδια ελεύθερα αλογόνων (δεν περιέχουν δηλαδή PVC και βρωμιωμένους επιβραδυντές καύσης). Το κόστος των καλωδίων αυτών είναι το ίδιο με των συμβατικών.
- ✓ Τα πατώματα καλύφθηκαν με λινόλαιο. Το κόστος των δαπέδων αυτών είναι σημαντικά μικρότερο των αντίστοιχων δαπέδων βινυλίου.



Η πρόσοψη του κτιρίου μετά την ανακαίνιση.

3.2. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ

Η καινούργια βιβλιοθήκη του αμερικανικού κολεγίου Century στη Μινεσότα συγκαταλέγεται στα κτίρια με την καλύτερη ενεργειακή απόδοση χάρη στα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα με τα οποία έχει εξοπλιστεί. Τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα ρυθμίζουν απόλυτα αν το φως και η ακτινοβολία του ήλιου θα περάσουν μέσα στο κτίριο. Η λειτουργία των παραθύρων το χειμώνα αφήνει τις ακτίνες να περάσουν και το καλοκαίρι πατώντας ένα κουμπί σκουραίνουν μπλοκάροντας έως και το 96,5% του φωτός και της θερμότητας που μεταφέρουν. Με αυτό τον τρόπο η βιβλιοθήκη εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται ότι το κτίριο εξοικονομεί το 20% του ρεύματος που θα χρειαζόταν για την ψύξη και την θέρμανση του αν διέθετε συμβατικά παράθυρα. Η συγκεκριμένη τεχνολογία βοηθά στο να χρησιμοποιούνται οι κάθε λογής λαμπτήρες του κτιρίου όσο το δυνατόν λιγότερο. Εκτιμάται πως η βιβλιοθήκη καταναλώνει επίσης έως και 60% λιγότερο ρεύμα για τον τεχνητό φωτισμό της.

Άλλες εφαρμογές αφορούν: κράνη, στα οποία ο μοτοσικλετιστής μπορεί να σκουρύνει το προστατευτικό κάλυμμα όταν τον «τυφλώνει» ο ήλιος, και σε ηλιοροφές πολυτελών μοντέλων Ι.Χ.

Ακόμα μερικές εφαρμογές ηλεκτροχρωμικών παραθύρων από διάφορες εταιρίες φαίνονται στις επόμενες εικόνες, εκτός από εξοικονόμηση ενέργειας όπως θα δούμε στις εικόνες τα έξυπνα παράθυρα προσφέρουν και υψηλή αισθητική. Μια από της εφαρμογές είναι το εργοστάσιο της SAGE Electrochromics με έδρα το Faribault στη Μινεσότα, το οποίο καταναλώνει λιγότερη ενέργεια και εντυπωσιάζει με την αισθητική του. Το κολέγιο Chabot, Hayward είναι κι αυτό ένα εντυπωσιακό κτίριο στο οποίο εγκατέστησε ηλεκτροχρωμικά παράθυρα η Sage Glass. Το κτίριο στο Γκρήνουιτς, Conn από την Sage Electrochromics δείχνει την εναλλαγή των χρωμάτων με το πάτημα ενός κουμπιού.



Αμερικανικό κολέγιο Century στη Μινεσότα.



Εργοστάσιο της SAGE Electrochromics με έδρα το Faribault, Μινεσότα. [14]



Ηλεκτροχρωμικά παράθυρα από την SageGlass στο Κολέγιο Chabot, Hayward, CA.

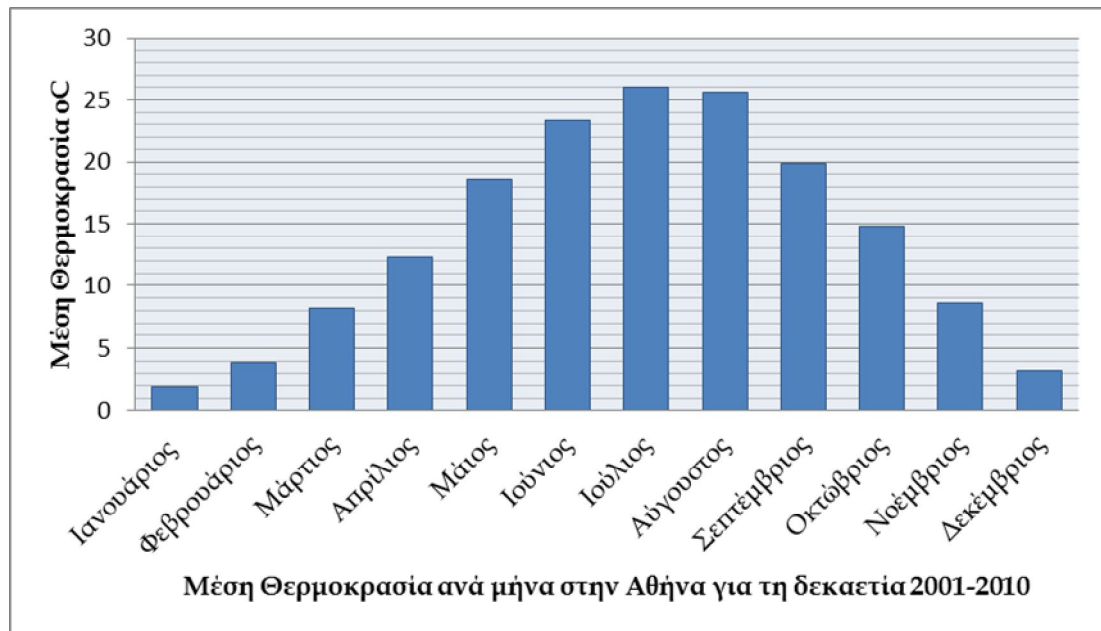


Παράθυρα της Sage Electrochromics με ηλεκτροχρωμικό γυαλί που μπορούν να χρωματιστούν σε λίγα λεπτά με το πάτημα ενός κουμπιού. Το κτίριο αυτό στο Γκρήνουιτς, Conn, δείχνει πόσο διαφορετικά μπορούν να χρωματιστούν τα παράθυρα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

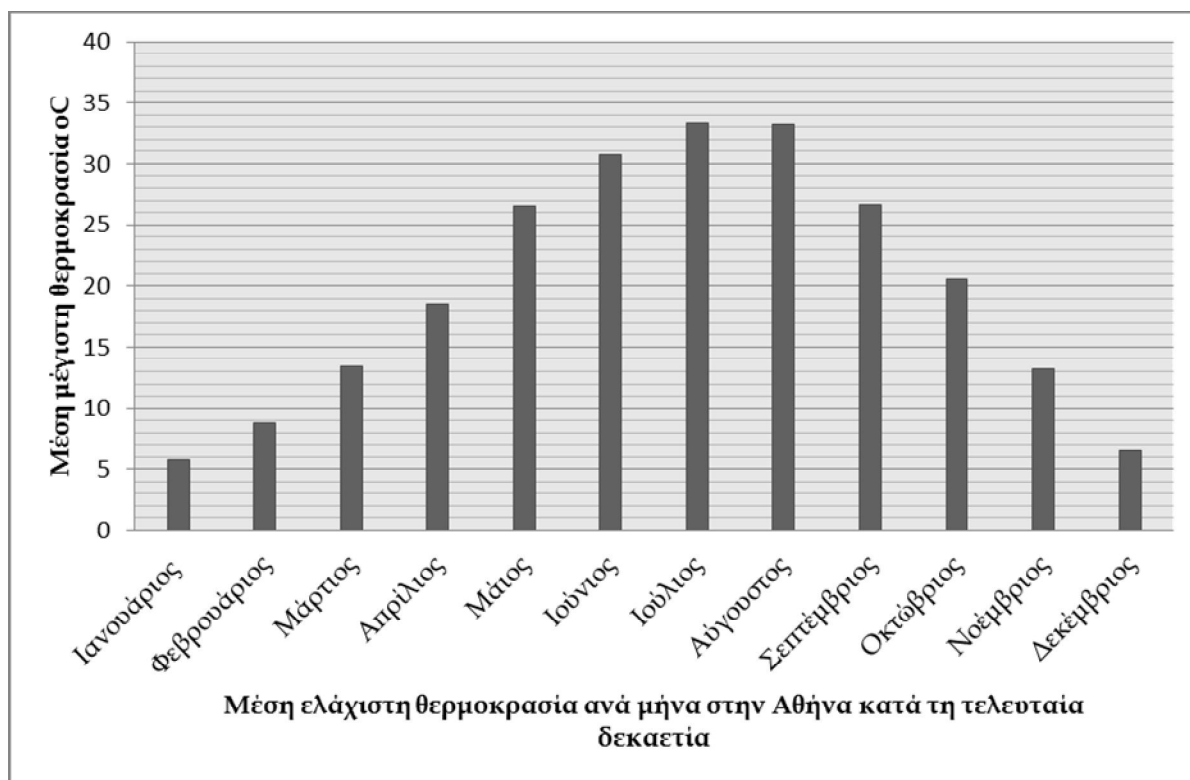
3.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Προκειμένου να μπορέσουμε να αντιληφθούμε τις ενεργειακές απαιτήσεις που έχει ένα κτίριο στην περιοχή της Αθήνας κρίνεται σκόπιμο να εξετάσουμε την μέση τιμή της θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια του έτους. Παρακάτω παρουσιάζονται στοιχεία από μετεωρολογικό σταθμό Αθήνα - Ελευθέριος Βενιζέλος για τις θερμοκρασίες της τελευταίας δεκαετίας.

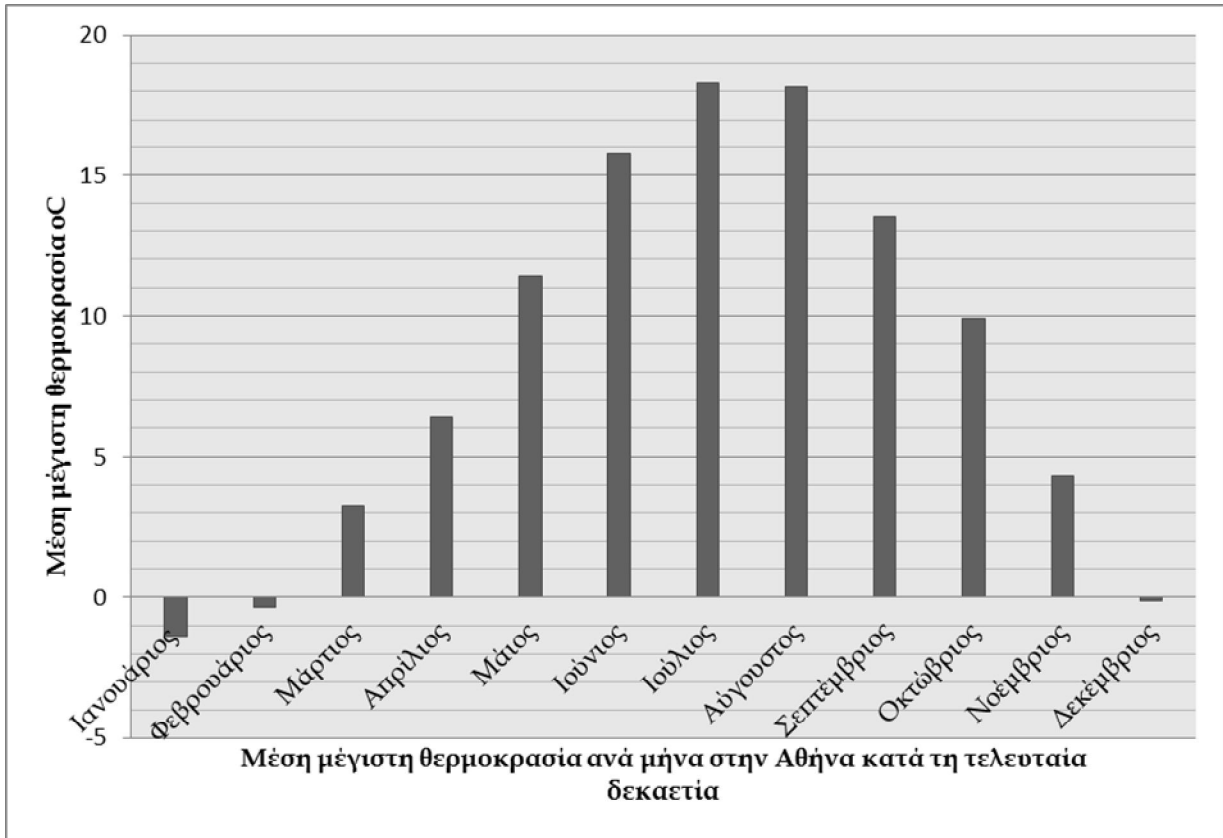
Μέση θερμοκρασία ανά 10ετία °C			
	Δεκαετία		
Μήνας	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Ιανουάριος	2,13	1,94	1,92
Φεβρουάριος	3,21	3,6	3,88
Μάρτιος	6,64	6,6	8,23
Απρίλιος	12,47	12,41	12,37
Μάιος	17,09	17,81	18,61
Ιούνιος	21,22	22,88	23,36
Ιούλιος	24,11	24,75	26,06
Αύγουστος	23,43	24,43	25,64
Σεπτέμβριος	20,22	19,59	19,83
Οκτώβριος	13,08	14,36	14,8
Νοέμβριος	7,27	8,21	8,57
Δεκέμβριος	3,48	3,81	3,19
Μέση έτους	12,86	13,37	13,87

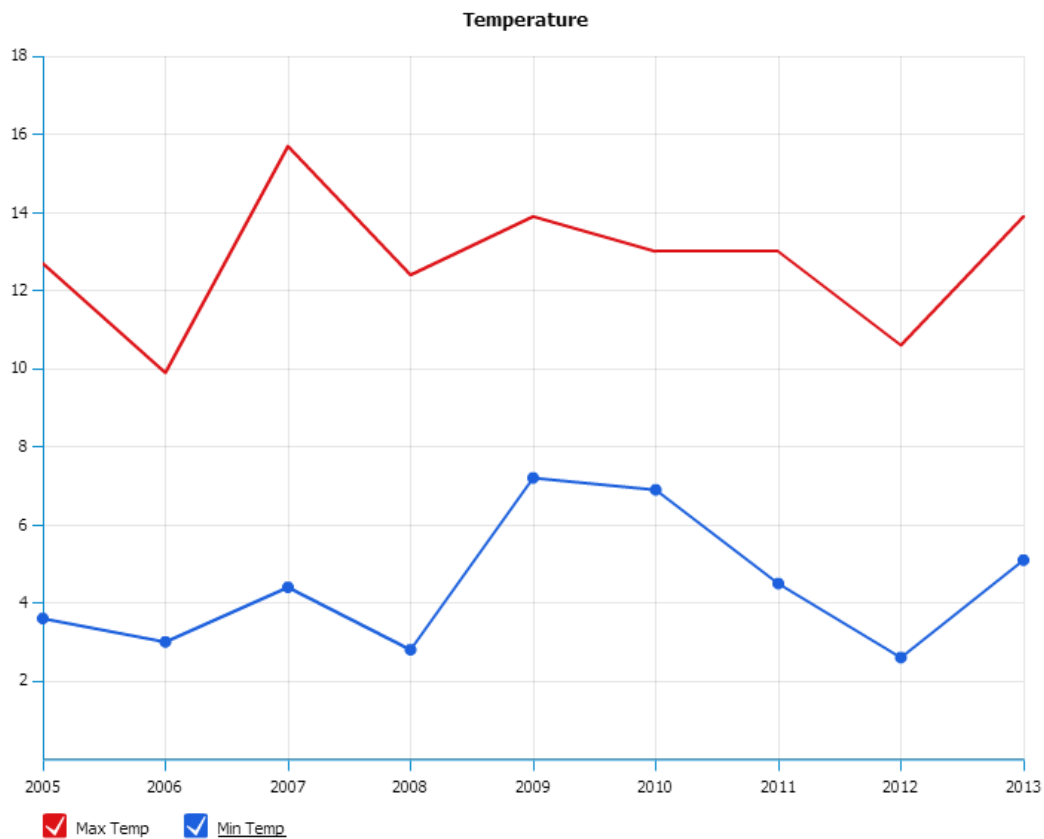


Μέση μέγιστη θερμοκρασία ανά 10ετία °C			
Μήνας	Δεκαετία		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Ιανουάριος	6,11	5,36	5,71
Φεβρουάριος	7,56	7,94	8,77
Μάρτιος	11,51	11,18	13,38
Απρίλιος	18,37	17,93	18,51
Μάιος	23,77	24,11	26,53
Ιούνιος	28,03	29,95	30,72
Ιούλιος	31,23	31,88	33,4
Αύγουστος	30,93	31,75	33,27
Σεπτέμβριος	27,62	26,86	26,6
Οκτώβριος	19,21	21,07	20,6
Νοέμβριος	11,74	12,73	13,23
Δεκέμβριος	6,83	7,29	6,47
Μέση έτους	18,58	19	19,77



Μέση ελάχιστη θερμοκρασία ανά 10ετία °C			
Μήνας	Δεκαετία		
	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Ιανουάριος	-1,32	-1,26	-1,37
Φεβρουάριος	-0,73	-1,18	-0,38
Μάρτιος	2,02	1,61	3,26
Απρίλιος	6,82	6,96	6,41
Μάιος	10,58	11,47	11,4
Ιούνιος	14,38	15,54	15,79
Ιούλιος	16,53	17,06	18,32
Αύγουστος	16,13	17,36	18,14
Σεπτέμβριος	13	12,6	13,51
Οκτώβριος	7,47	9,43	9,91
Νοέμβριος	3,42	4,35	4,34
Δεκέμβριος	0,43	0,69	-0,13
Μέση έτος	7,39	7,89	8,27





11

3.4. Η ΕΛΛΑΔΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μεταξύ των αρκετών περιβαλλοντικών ατοπημάτων στα οποία έχει υποπέσει η Ελλάδα, η απουσία ενός συνεκτικού και ορθολογικού σχεδίου για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, τον «πρώτο» καταναλωτή ενέργειας, είναι χαρακτηριστική.

Όπως επισημαίνει η ελληνική Greenpeace, η χώρα μας είναι υπόλογη απέναντι στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη μη εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με τις κοινοτικές οδηγίες. Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (Οδηγία

¹¹ <http://weatherdata.aws.gr/?q=getmonthyears/result/12>

2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002) ζητά ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτίρια, απαιτήσεις που καθοριστούν από το κάθε κράτος - μέλος με μια κοινή μεθοδολογία. Οι υποχρεώσεις που απορρέουν από αυτή την οδηγία εκκινούσαν από τις 4-1-2006, την ίδια στιγμή που η Ελλάδα ακόμα δεν έχει καταφέρει να εναρμονίσει την εθνική νομοθεσία με τη σχετική οδηγία.

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προς τα κράτη - μέλη αφορούν στα εθνικά σχέδια δράσης σχετικά με τους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Απώτεροι στόχοι είναι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά 9% μέχρι το τέλος του 2016 και κατά 20% μέχρι το 2020. Τον Οκτώβριο του 2007 η χώρα μας βρέθηκε για άλλη μια φορά υπόλογη απέναντι στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, αφού δεν κοινοποίησε, ως όφειλε, το εθνικό πρόγραμμα ενεργειακής απόδοσης μέχρι τις 30 Ιουνίου 2007 (σύμφωνα με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006).

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προς το κάθε κράτος - μέλος στοχεύουν στην ορθολογική διαμόρφωση της αγοράς ενέργειας καθιστώντας την παράλληλα φιλική και ασφαλή προς το περιβάλλον. Πέρα από το εντεινόμενο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών που επιτάσσει τέτοιου είδους στρατηγικές από την Ε.Ε, η οικονομία της αγοράς ενέργειας παρουσιάζεται προβληματική. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η ενεργειακή κατανάλωση της Ένωσης είναι κατά 20% περίπου υψηλότερη από εκείνη που δικαιολογείται

από οικονομική άποψη. Κάτι τέτοιο υποδεικνύει τη διπλή ανάγκη για την χρήση των ΑΠΕ στη χώρα μας και την ενθάρρυνση της ελληνικής αγοράς σ' αυτήν την κατεύθυνση. Σε αντίθετη περίπτωση, κινούνται οι νόμιμα προβλεπόμενες και δυσάρεστες διαδικασίες για την χώρα.

Εάν για παράδειγμα ο οικοδομικός κανονισμός για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ήταν πιο αυστηρός στη χώρα μας, τότε η κατανάλωση ενέργειας θα ήταν σαφώς μικρότερη.



Ενεργειακή προσπάθεια

Μελέτες που γίνονται κατά καιρούς σε δημόσια κτίρια έχουν αποδείξει ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι εξαιρετικά υψηλή, γεγονός που συνεπάγεται απώλεια ενέργειας καθώς και απώλεια χρημάτων.



Χρήση ανεμιστήρων οροφής και λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Ειδικότερα, ενεργειακή επιθεώρηση που υλοποιήθηκε από το υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) σε 25 δημόσια κτίρια, υπογραμμίζει την «προφανή αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας». Μεταξύ των κτιρίων που ερευνήθηκαν ήταν η Βουλή, 7 υπουργεία, 7 νοσοκομεία, 4 Νομαρχίες, 2 αεροδρόμια κα. Όπως προκύπτει από την έρευνα, αν και η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι διαφορετική ανάλογα με τις λειτουργίες του κάθε κτιρίου, η ετήσια εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί είναι της τάξεως του 20% και σε οικονομικά οφέλη αγγίζει περίπου το 1,5 εκατομ. ευρώ/έτος.

Μια τέτοια εξοικονόμηση θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη λήψη μέτρων χαμηλού και μεσαίου κόστους. Αν τα κτίρια του Δημοσίου ακολουθούσαν το παράδειγμα της Greenpeace και με

επεμβάσεις χαμηλού κόστους, όπως βελτιωμένη μόνωση στο κέλυφος, καλύτερη διαχείριση των ηλεκτρικών φορτίων καθώς και αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης, τα αποτελέσματα θα ήταν ευνοϊκά προς το περιβάλλον και στις δαπάνες που απαιτούνται.

Οι απόπειρες των αρμόδιων να συνεισφέρουν στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών καθώς και η απουσία ενημέρωσης των χρηστών των κτιρίων για εξοικονόμηση ενέργειας, είναι δυστυχώς παράλληλοι δρόμοι. Τα δημόσια κτίρια, όπως συμβαίνει στην Ισπανία και την Πορτογαλία τα τελευταία χρόνια, αποτελούν υποδείγματα ενεργειακής απόδοσης, γεγονός που οφείλουμε να μιμηθούμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Έξυπνο» παράθυρο εξοικονομεί και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. (2013, Οκτώβριος 25). Ανάκτηση από <http://www.amna.gr/article/42458/%C2%ABExupno%C2%BB-parathuro-exoikonomei-kai-paragei-ilektriki-energeia>
2. econews.gr. (2013, Αύγουστος 19). Ανάκτηση από Νέο "έξυπνο" παράθυρο μπλοκάρει στιγμιαία φως και θερμότητα: <http://www.michanikos-online.gr/news.php?aID=9184>
3. in.gr. (2013, Οκτώβριος 28). Έξυπνο παράθυρο προσφέρει δροσιά αλλά παράγει και ενέργεια. Ανάκτηση από <http://www.livenews.com.cy/cgi-bin/hweb?-A=29398&-V=news>
4. Theodora, K. (2013, Σεπτέμβριος 3). Έξυπνα παράθυρα κρατούν μακριά από το σπίτι σου τη ζέση και το φως. Ανάκτηση από <http://www.techgear.gr/smart-and-self-cooling-windows-75800/>
5. thermansipress. (n.d.). Μείωση έως και 30% των αναγκών σε θέρμανση με τα "έξυπνα" παράθυρα. Ανάκτηση από <http://thermansipress.gr/>
6. Α.Ανδρούτσος, Λ. Α. (12 - 14 Δεκεμβρίου 2012). Ενεργειακή ανακαίνιση κτιρίων: Εγγύηση στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ίδρυμα Ευγενίδου. Αθήνα: Συνέδριο ΤΕΕ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Διεύθυνση Ενεργειακής Αποδοτικότητας .
7. Άκης, Σ. (n.d.). Αυτοκόλλητο φιλμ κάνει τα παράθυρά σας έξυπνα. Ανάκτηση από <http://stavagr.x.blogspot.gr/2013/06/video.html>
8. ανάδειξη ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ - ΕΠΙΣΚΕΥΗ. (n.d.). Ανάκτηση από Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων: www.kataskevispition.blogspot.gr
9. Βερνάρδου, Δ. (n.d.). Καινοτόμες επιστρώσεις υαλοπινάκων για εξοικονόμηση ενέργειας. Ανάκτηση από Καινοτομία: <http://www.elke.teicrete.gr/LinkClick.aspx?fileticket=TsGFaT77Meg%3D&tabid=721>
10. ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ. (2013, Οκτώβριος 25). Ανάκτηση από «Έξυπνα» παράθυρα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια:

<http://www.kathimerini.com.cy/index.php?pageaction=kat&modid=1&artid=152014>

11. ΛΟΥΒΡΗΣ, Α. (2011, Οκτώβριος 18). *Τι είναι τα "Νανοϊλικά"*. Ανάκτηση από IToday.GRin:
<http://blogs.sch.gr/alouvriss/archives/1022>

12. Μασούρα, Ρ. (2001, Νοέμβριος 3). *Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ*. Ανάκτηση από Τα έξυπνα κτίρια που αλλάζουν τη ζωή μας:
http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_ell_1_03/11/2001_1411

13. ΠΑΠΠΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ. (n.d.). Ανάκτηση από
<http://www.pappaspellet.com/index.php?lang=gr>

14. Χατζηθωμάς, Α. (n.d.). *Buildings.gr - Ecobuild.gr* .
Ανάκτηση από
http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/portfolio_bioclimate_projects/indexportfolio.htm

15. http://windows.lbl.gov/comm_perf/Electrochromic/ec_tech_swra.html

Abstract

The aim of the present thesis was the technology for the renovation of a building in order to save energy as well as the windows with nanomaterials, high heat resistance and frames that are manufactured by new technology. Initially, we examined the meaning of energy and its importance because it serves social needs and necessities of development. The demand for energy has increased. The protection of the environment and economy is necessary due to the reckless use of energy. The renovation of a building that relates to the energy includes the actions which protect a building from losses of energy. The main applications of the refurbishments include: building shell, electromechanical installations. Three main factors determine the loss of the shell: the difference of temperature between indoor - outdoor, the heat transfer coefficient of each structural element, the surface of each structural element. Then, we worked on Nanotechnology which offers the opportunity of a building with innovative structures as well as the production of new materials and devices with great potential of applications in many sectors. Concerning the area of energy, nanotechnology can significantly reduce the negative impacts of the production, storage and use of energy. Furthermore, we examined the "smart windows". These are suitable windows for saving energy and they allow the control of permeability in the visible and infrared. We dealt with electrochromic windows, the conditions under which these windows are operated. We also searched for other windows and specifically about the aerogel windows. We presented suppliers, costs, advantages and disadvantages of "smart" windows. Finally we explained an application of "smart" windows in Greek building (of Greenpeace) and some examples of buildings all over the world.