

# Ενεργειακή Απόδοση Υαλοπινάκων

## 1. Εισαγωγή

Οι υαλοπίνακες χρησιμοποιούνται στα κτήρια για αερισμό και φυσικό φωτισμό. Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχουν δείξει ότι η υγεία, η άνεση και η παραγωγικότητα των ανθρώπων βελτιώνονται όταν ζουν και εργάζονται σε περιβάλλοντα με καλό αερισμό και πρόσβαση στο φυσικό φωτισμό. Ωστόσο οι υαλοπίνακες αποτελούν και μια σημαντική πηγή θερμικών απωλειών, προβλημάτων συμπύκνωσης και αισθήματος δυσφορίας.

Μια πραγματική τεχνολογική επανάσταση έχει γίνει στη διάρκεια των τελευταίων ετών στο τομέα των υαλοπινάκων, η οποία περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή συστημάτων υαλοπινάκων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, που μπορούν να μειώσουν δραματικά την ενεργειακή κατανάλωση, παρουσιάζουν μικρές θερμικές απώλειες, μικρότερες διαρροές αέρα, και θερμότερες επιφάνειες που βελτιώνουν το αίσθημα άνεσης και μειώνουν τα προβλήματα συμπυκνώσεως. Αυτοί οι υαλοπίνακες υψηλής ενεργειακής απόδοσης έχουν διάφορα χαρακτηριστικά όπως διπλά ή τριπλά τζάμια, ειδικές διαφανείς επιστρώσεις, μονωτικό αέριο ανάμεσα στα τζάμια, βελτιωμένα πλαίσια, κλπ. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μειώνουν τις απώλειες θερμότητας μέσω των παραθύρων.

Η δημιουργία και η ανάπτυξη κατάλληλων προδιαγραφών για τα συστήματα παραθύρων και υαλοπινάκων είναι πολύ σημαντικές και απαραίτητες για την επίτευξη θερμικής άνεσης και την εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε είδους κτήριο. Σε κτήρια κατοικίας οι σωστές και κατάλληλες ενεργειακές προδιαγραφές στα συστήματα παραθύρων και υαλοπινάκων μπορούν να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου σε ποσοστό 10%-50%. Σε εμπορικά, βιομηχανικά και εκπαιδευτικά κτήρια οι κατάλληλες ενεργειακές προδιαγραφές στα συστήματα παραθύρων και υαλοπινάκων έχουν το δυναμικό να μειώσουν το κόστος φωτισμού και HVAC σε ποσοστό 10%-40% [1].

Ο σχεδιασμός και η επιλογή των παραθύρων και των υαλοπινάκων πρέπει να βασίζονται σε μια ολιστική θεώρηση. Αυτή η ολιστική θεώρηση του σχεδιασμού των παραθύρων και των υαλοπινάκων περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- θερμικά κέρδη και απώλειες
- οπτικές απαιτήσεις
- σκίαση και ηλιοπροστασία
- θερμική άνεση
- έλεγχος συμπύκνωσης
- έλεγχος υπεριώδους ακτινοβολίας
- έλεγχος θερμικής ακτινοβολίας
- έλεγχος ακουστικής

- φυσικός φωτισμός
- ενεργειακές απαιτήσεις

Τελικά, η βέλτιστη επιλογή παραθύρων και υαλοπινάκων εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων όπως ο τύπος χρήσης του κτηρίου, το τοπικό μικροκλίμα, ο προσανατολισμός του κτηρίου, κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, κ.λ.π.

## 2. Ενεργειακές Παράμετροι των Υαλοπινάκων

Οι τέσσερις βασικές οπτικές παράμετροι του τζαμιού που επηρεάζουν και καθορίζουν την μετάδοση ενέργειας με ακτινοβολία είναι η διαπερατότητα (transmittance), η ανακλαστικότητα (reflectance), η απορροφητικότητα (absorptance) και η εκπεμπτικότητα (emittance). Η διαπερατότητα εκφράζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που περνάει μέσα από το τζάμι, δηλαδή την ικανότητα του τζαμιού να αφήνει να περάσει η ακτινοβολία από μέσα του, και την προσδιορίζουμε ανάλογα με την περιοχή μηκών κύματος ακτινοβολίας σαν διαπερατότητα στο ορατό κομμάτι του φάσματος, διαπερατότητα στο υπεριώδες, ή ολική διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ανακλαστικότητα εκφράζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του τζαμιού, δηλαδή η ικανότητα του τζαμιού να ανακλά την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του, ενώ η απορροφητικότητα εκφράζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που απορροφάται από το τζάμι, δηλαδή την ικανότητα του τζαμιού να απορροφά την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Τέλος η εκπεμπτικότητα εκφράζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το τζάμι σαν υπέρυθη ακτινοβολία, δηλαδή την ικανότητα του τζαμιού να ακτινοβολεί θερμική ακτινοβολία σύμφωνα με τους νόμους της μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία.

Για να θέσουμε πλήρεις και σωστές προδιαγραφές σε ένα σύστημα παραθύρων και υαλοπινάκων, είναι απαραίτητο να προσδιορίσουμε τις ακόλουθες ενεργειακές παραμέτρους:

- Συντελεστής θερμοπερατότητας U-value των υαλοπινάκων
- Συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών από τους υαλοπίνακες (window solar heat gain coefficient, SHGC)
- Διαπερατότητα του τζαμιού στο ορατό κομμάτι του φάσματος (Glass Visible Transmittance, VT)
- Συντελεστής Διείσδυσης αέρα ή Infiltration

Αναλυτικότερα:

### 2.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας ή U-value των υαλοπινάκων

Ο Συντελεστής Θερμοπερατότητας, (u-value), χαρακτηρίζει την θερμότητα που μεταδίδεται μέσω του γυαλιού και με τους τρεις τρόπους μετάδοσης θερμότητας (αγωγή, μεταφορά, ακτινοβολία), λόγω διαφοράς θερμοκρασίας στις επιφάνειες του και εκφράζει τον ρυθμό απωλειών θερμότητας, σε μόνιμες συνθήκες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στις επιφάνειες του τζαμιού. Η θερμοπερατότητα του τζαμιού εκφράζεται σε  $W/m^2 K$ . Ουσιαστικά, ο συντελεστής u-value εκφράζει τις απώλειες θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο τοποθετημένου υαλοπίνακα, για κάθε βαθμό ( $K$  ή  $^{\circ}C$ ) διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στον εξωτερικό και εσωτερικό χώρο.

Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας, τόσο μικρότερες είναι οι θερμικές απώλειες και τόσο μεγαλύτερη η θερμομονωτική ισχύς των υαλοπινάκων. Οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνονται όσο αυξάνεται το πάχος του τζαμιού, για παράδειγμα η τιμή του u-value για απλό τζάμι πάχους 4mm είναι  $5.8 W/m^2 K$  ενώ για ένα μονό υαλοπίνακα πάχους 19mm η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνεται σε  $5.4 W/m^2 K$ . Αντίστοιχα, ο συντελεστής u-value για ένα διπλό απλό υαλοπίνακα, ο οποίος αποτελείται από δύο υαλοπίνακες πάχους 4mm ο καθένας με απόσταση 12mm μεταξύ τους μειώνεται σε  $2.9 W/m^2 K$ . Στα διπλά τζάμια ο συντελεστής u-value μειώνεται ελαφρά όσο αυξάνεται η απόσταση ανάμεσα στα δύο τζάμια. Επιπροσθέτως, αν ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες, στα διπλά τζάμια, χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο αέριο όπως κάποιο από τα ευγενή αέρια (Ar ή Kr) η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας μειώνεται περαιτέρω και φτάνει στο  $2.6 W/m^2 K$  για την περίπτωση υαλοπινάκων πάχους 4mm ο καθένας με απόσταση μεταξύ τους 16mm. Επίσης οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες προστατεύουν τον εσωτερικό χώρο από την ηλιακή ακτινοβολία. Ένας διπλός ανακλαστικός υαλοπίνακας 6mm πάχους και με απόσταση μεταξύ των τζαμιών 12mm (με αέρα), έχει συντελεστή θερμοπερατότητας  $2.8 W/m^2 K$  [2,3].

Στη συνέχεια, εμφανίζονται εξελικτικά οι διπλοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπτικότητας, (low emissivity glazing), ή ενεργειακοί υαλοπίνακες, (energy efficient glazing), οι οποίοι εμποδίζουν τις απώλειες θερμότητας από την μια πλευρά του τζαμιού στη άλλη, συντελώντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά, διατίθενται οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπτικότητας πρώτης γενιάς που βασίζονται στο μπλοκάρισμα της μεταφοράς θερμότητας από την μια πλευρά του υαλοπίνακα στην άλλη λόγω λεπτών επιστρώσεων μεταλλικών οξειδίων (π.χ. οξείδια του αργύρου), τα οποία οι κατασκευαστές εναπέθεταν στη επιφάνεια των υαλοπινάκων. Για low-e glazing δεύτερης γενιάς ο συντελεστής u-value μειώνεται μεταξύ  $2.2 W/m^2 K$  και  $1.6 W/m^2 K$ , ενώ για low-e glazing τρίτης γενιάς με Ar στο διάκενο ανάμεσα στους υαλοπίνακες ο συντελεστής u-value φτάνει την τιμή  $1.1 W/m^2 K$

Για να αντιληφθεί κάποιος την εξέλιξη των υαλοπινάκων καθώς και την σημαντικότητα του συντελεστή θερμοπερατότητας χρησιμοποιούμε το εξής παράδειγμα:

Κτήριο με υαλοπίνακες  $25m^2$  που δημιουργεί διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον εξωτερικό και εσωτερικό χώρο  $10^{\circ}C$  παρουσιάζει θερμικές απώλειες:

1. για απλό-μονό τζάμι με u-value  $5.4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , οι θερμικές απώλειες είναι  $5.4\text{W/m}^2\text{°C} \times 25 \text{ m}^2 \times 10\text{°C}=1350\text{W}=32.4 \text{ kWh/day}$

2. για ένα απλό διπλό τζάμι με u-value  $2.9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , οι θερμικές απώλειες είναι  $2.9\text{W/m}^2\text{°C} \times 25 \text{ m}^2 \times 10\text{°C}=725\text{W}=17.4 \text{ kWh/day}$

3. για ένα low-e τζάμι δεύτερης γενιάς με u-value  $1.6 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , οι θερμικές απώλειες είναι  $1.6\text{W/m}^2\text{°C} \times 25 \text{ m}^2 \times 10\text{°C}=400\text{W}=9.6 \text{ kWh/day}$

4. για ένα low-e τζάμι τρίτης γενιάς με u-value  $1.1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , οι θερμικές απώλειες είναι  $1.1\text{W/m}^2\text{°C} \times 25 \text{ m}^2 \times 10\text{°C}=275\text{W}=6.6 \text{ kWh/day}$

Η παρατηρούμενη διαφορά στις θερμικές απώλειες είναι σημαντικότερη.

Στον πίνακα 1 φαίνεται η μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας σε σχέση με την απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες και για τους εξής διαφορετικούς υαλοπίνακες:

- διπλούς με αέρα ανάμεσα στους υαλοπίνακες
- διπλούς με 90% Ar ανάμεσα στους υαλοπίνακες
- διπλούς με 90% Kr ανάμεσα στους υαλοπίνακες
- low-e με αέρα ανάμεσα στους υαλοπίνακες
- low-e με 90% Ar ανάμεσα στους υαλοπίνακες
- low-e με 90% Kr ανάμεσα στους υαλοπίνακες.

<b>Απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες 6mm</b>					
u-value=3.3 (αέρας)	u-value=3.0 (90% Ar)	u-value=2.8 (90% Kr)	u-value=2.5 (Low-e και αέρας)	u-value=2.0 (Low-e και 90% Ar)	u-value=1.4 (Low-e και 90% Ar)
<b>Απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες 9mm</b>					
u-value=3.0 (αέρας)	u-value=2.8 (90% Ar)	u-value=2.6 (90% Kr)	u-value=2.0 (Low-e και αέρας)	u-value=1.6 (Low-e και 90% Ar)	u-value=1.1 (Low-e και 90% Ar)
<b>Απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες 12mm</b>					
u-value=2.9 (αέρας)	u-value=2.7 (90% Ar)	u-value=2.6 (90% Kr)	u-value=1.7 (Low-e και αέρας)	u-value=1.3 (Low-e και 90% Ar)	u-value=1.1 (Low-e και 90% Ar)
<b>Απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες 15mm</b>					
u-value=2.7 (αέρας)	u-value=2.6 (90% Ar)	u-value=2.6 (90% Kr)	u-value=1.5 (Low-e και αέρας)	u-value=1.2 (Low-e και 90% Ar)	u-value=1.1 (Low-e και 90% Ar)
<b>Απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες 20mm</b>					
u-value=2.8 (αέρας)	u-value=2.6 (90% Ar)	u-value=2.6 (90% Kr)	u-value=1.4 (Low-e και αέρας)	u-value=1.2 (Low-e και 90% Ar)	u-value=1.1 (Low-e και 90% Ar)

--	--	--	--	--	--

Πίνακας 1 : Η μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας ανάλογα με το είδος του υαλοπίνακα και την απόσταση ανάμεσα στους υαλοπίνακες

## 2.2 Συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών από τους υαλοπίνακες (window solar heat gain coefficient, SHGC)

Ο συντελεστής ηλιακών θερμικών κερδών από τους υαλοπίνακες, (SHGC), είναι η δεύτερη σημαντικότερη ενεργειακή παράμετρος των υαλοπινάκων μετά τον συντελεστή θερμοπερατότητας και εκφράζει την ικανότητα του τζαμιού να ελέγχει τα ηλιακά θερμικά κέρδη μέσω των υαλοπινάκων. Η πηγή των ηλιακών θερμικών κερδών είναι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται κατευθείαν από την ήλιο, η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος από διάχυση στα νέφη και στα σωματίδια της ατμόσφαιρας, και η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία από το έδαφος και τις άλλες επιφάνειες. Οι ενεργειακές προδιαγραφές και τα standards των παραθύρων που παλιότερα αντιπροσωπεύονταν από τον συντελεστή σκίασης, (shading coefficient, SC), σήμερα προσδιορίζονται από αυτόν τον νεότερο συντελεστή που ονομάζεται SHGC, ο οποίος ορίζεται σαν ο λόγος της θερμότητας που μεταδίδεται μέσω του παραθύρου μέσα στο κτήριο προς την συνολική προσπίπτουσα στο παράθυρο ηλιακής ακτινοβολίας. Ο παλαιότερος SC και ο νεότερος SHGC συνδέονται μεταξύ τους με την σχέση:

$$SC=SHGC/0.87$$

Ο SHGC είναι καθαρός αριθμός και παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0 και στο 1. Προφανώς, SHGC=0 σημαίνει ότι δεν μεταδίδεται τίποτα από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σαν θερμότητα μέσα στο κτήριο μέσω του παραθύρου, ενώ SHGC=1 δηλώνει ότι το σύνολο της προσπίπτουσας στο παράθυρο ηλιακής ακτινοβολίας μεταδίδεται σαν θερμότητα μέσω του παραθύρου μέσα στο κτήριο. Ένα παράθυρο με SHGC=0.6 θα μεταδίδει μέσα στο κτήριο διπλάσια ηλιακά θερμικά κέρδη από ένα παράθυρο με SHGC=0.3. Συνεπώς, σε κτήρια με υψηλό ψυκτικό φορτίο είναι λογικό να προτιμούνται υαλοπίνακες με χαμηλές τιμές του SHGC, ενώ παράθυρα με υψηλές τιμές του SHGC προτιμούνται σε κτήρια με υψηλό θερμικό φορτίο. Οι τιμές του συντελεστή SHGC κυμαίνονται από περίπου 80% για καθαρό τζάμι σε λιγότερο από 20% για ανακλαστικό τζάμι με χρωματική επίστρωση. Ένα απλό διπλό τζάμι έχει SHGC περίπου 0.70, αυτή η τιμή μειώνεται με την προσθήκη low-e επιστρώσεων, ενώ μειώνεται δραστικά με τη προσθήκη χρωματικών επιστρώσεων.

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι τιμές του συντελεστή SHGC για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων.

Τύπος τζαμιού	SHGC
Μονό τζάμι πάχους 6mm	0.81
Μονό, white laminated με επίστρωση που απορρίπτει την θερμότητα, πάχους 6mm	0.46
Διπλό απλό τζάμι, πάχους 6mm	0.70
Διπλό, ανακλαστικό τζάμι (Bronze), πάχους 6mm	0.35
Τριπλό απλό τζάμι, πάχους 3mm	0.67
Διπλό τζάμι, Pyrolitic low-e, πάχους 3mm	0.71
Soft coat Low-e, double glaze with Ar, 6mm	0.57
High Efficiency low-e, 6mm	0.37
Suspended coated film, 3mm	0.35
Suspended coated film with Ar, 3mm	0.27
Double Suspended coated film with Kr, 3mm	0.34

Πίνακας 2 : οι τιμές του συντελεστή SHGC για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων.

Ο Συντελεστής SHGC χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ, ενώ στην Ευρώπη χρησιμοποιούν επίσης και τον ανάλογο συντελεστή g-value

**Συντελεστής g-value :**

g-value: ολικά ηλιακά θερμικά κέρδη/προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Όπως μπορεί κανείς να αντιληφθεί, υψηλές τιμές του συντελεστή g-value προτιμούνται στα ψυχρότερα κλίματα και χαμηλότερες στα περισσότερα θερμά.

### 2.3 Διαπερατότητα του τζαμιού στο ορατό κομμάτι του φάσματος, ή Glass Visible Transmittance (VT)

Η glass visible transmittance, (VT), εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας από το ορατό κομμάτι του φάσματος που περνάει μέσα από το υλικό του τζαμιού. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία και καλύπτει ευρύ τμήμα του φάσματος από 0.2  $\mu\text{m}$  έως 4  $\mu\text{m}$ . Το ηλιακό φάσμα αποτελείται από τρεις κύριες περιοχές: α)το υπεριώδες (UV), το οποίο δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι και απορροφάται σε πολύ μεγάλο ποσοστό από το στρατοσφαιρικό όζον, β)το ορατό, (0.45  $\mu\text{m}$  έως 0.75  $\mu\text{m}$ ), που είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι και περιέχει περίπου το 47% της ηλιακής ενέργειας και γ) το εγγύς υπέρυθρο που δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι και περιέχει περίπου το 46% της ηλιακής ενέργειας. Όπως η SHGC έτσι και η VT είναι καθαρός αριθμός και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Υψηλές τιμές της VT δηλώνουν ότι υπάρχει περισσότερος φυσικός φωτισμός σε ένα εσωτερικό χώρο, και αν το κτήριο έχει σχεδιαστεί σωστά μπορεί να μειώσει το ηλεκτρικό φορτίο. Η παράμετρος VT εξαρτάται από τον τύπο του τζαμιού, τον αριθμό των υαλοπινάκων, και την κάθε είδους επίστρωση των υαλοπινάκων. Οι τιμές

της VT κυμαίνονται από πάνω από 90% για μη επιστρωμένο καθαρό τζάμι έως λιγότερο από 10% για πολύ ανακλαστικές επιστρώσεις σε χρωματιστά τζάμια. Ένα τυπικό διπλό τζάμι έχει VT περίπου 78%. Αυτή η τιμή ελαττώνεται ελαφρά με την προσθήκη μιας low-e επιστρώσης ενώ μειώνεται δραστικά με την προσθήκη χρώματος. Οι τιμές της VT για όλο το παράθυρο είναι πάντα χαμηλότερες από εκείνες στο κέντρο του τζαμιού καθώς η τιμή της VT για το πλαίσιο του παραθύρου είναι μηδέν. Παλαιότερα, σε περιοχές με υψηλά ψυκτικά φορτία, η χρήση επιστρώσεων και χρωμάτων στα παράθυρα είχε σαν συνέπεια την δραστική μείωση των τιμών της παραμέτρου VT. Ωστόσο, καινούργια υψηλής απόδοσης χρωματιστά τζάμια και low-solar-gain low-e επιστρώσεις έκαναν δυνατή τη μείωση των ηλιακών κερδών με μια μικρή μείωση της VT.

Με δεδομένο ότι η σχέση ανάμεσα στον έλεγχο των ηλιακών κερδών και στον έλεγχο του φωτισμού είναι πολύ σημαντική, ένας καινούργιος συντελεστής αναπτύχθηκε για να αποτυπώνει αυτή τη σχέση. Αυτός ο συντελεστής ονομάστηκε LSG (Lighting Solar Gain) και ορίζεται σαν ο λόγος της visible transmittance (VT) προς τον solar heat gain coefficient (SHGC). Δηλαδή:  $LSG=VT/SHGC$

Στον Πίνακα 3 αποτυπώνονται οι τιμές της παραμέτρου VT για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων.

Τύπος τζαμιού	VT (%)
Μονό τζάμι πάχους 6mm	89
Μονό, white laminated με επιστρώση που απορρίπτει την θερμότητα, πάχους 6mm	73
Διπλό απλό τζάμι, πάχους 6mm	79
Διπλό, ανακλαστικό τζάμι (Bronze), πάχους 6mm	21
Τριπλό απλό τζάμι, πάχους 3mm	74
Διπλό τζάμι, Pyrolitic low-e, πάχους 3mm	75
Soft coat Low-e, double glaze with Ar, 6mm	73
High Efficiency low-e, 6mm	70
Suspended coated film, 3mm	55
Suspended coated film with Ar, 3mm	53
Double Suspended coated film with Kr, 3mm	55

Πίνακας 3 : οι τιμές της παραμέτρου VT για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων.

#### 2.4 Διαρροές αέρα ή διείσδυση αέρα ή Infiltration

Όταν υπάρχει μια διαφορά πίεσης ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο ενός κτηρίου και στον χώρο έξω από το κτήριο (η οποία δημιουργείται κυρίως από διαφορά θερμοκρασίας), ο αέρας διεισδύει μέσω των ρωγμών που υπάρχουν ανάμεσα στα μέρη που συναρμολογούν το παράθυρο. Η διείσδυση του αέρα οδηγεί στην αύξηση

του θερμικού ή του ψυκτικού φορτίου του κτηρίου όταν ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται μέσα στο κτήριο πρέπει να θερμανθεί ή να ψυχθεί.

Τα επίπεδα της διείσδυσης εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες και ιδιαίτερα από το μικροκλίμα γύρω από το κτήριο. Οι ρωγμές και τα κενά αέρα που υπάρχουν αν ανάμεσα στις συναρμολογήσεις των παραθύρων δημιουργούν καταστάσεις διείσδυσης. Συνεπώς, η μόνωση και η στεγανοποίηση αυτών των περιοχών είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τον έλεγχο των διαρροών [5].

Τα αποτελέσματα των διαρροών και της διείσδυσης πολύ συχνά ποσοτικοποιούνται με την χρήση του όρου "Infiltration rate" δηλώνεται η ποσότητα του αέρα (σε κυβικά μέτρα στη μονάδα του χρόνου) που περνάει μέσα στο κτήριο μέσω μιας μοναδιαίας επιφάνειας τζαμιού υπό δεδομένες συνθήκες πίεσης. Πολύ συχνά στην φυσική κτηρίου και στους υπολογισμούς της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό του Infiltration ο όρος *air exchange rate*, που καθορίζεται σαν ο αριθμός των αλλαγών αέρα μέσα στον όγκο του κτηρίου στη μονάδα του χρόνου. Ο όρος *air exchange rate* είναι επίσης γνωστός και σαν *air changes per hour (ACHs)*.

### 3. Κριτήρια Επιλογής Υαλοπινάκων

Η επιλογή των υαλοπινάκων αποτελεί σημαντικότατο παράγοντα που επηρεάζει καθοριστικά την θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου. Ο σχεδιασμός και η επιλογή των παραθύρων και του τζαμιού οφείλουν να ενσωματώνονται με τις γενικότερες ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό. Τα σημαντικότερα κριτήρια επιλογής υαλοπινάκων μπορούν να συνοψισθούν ως ακολούθως:

- **Θερμική Συμπεριφορά - Θερμομόνωση**

**α. Διπλοί Υαλοπίνακες:** Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των διπλών υαλοπινάκων αποτέλεσε σταθμό στην θερμομονωτική απόδοση τους. Με τον όρο "διπλά τζάμια" εννοούμε δύο υαλοπίνακες κολλημένοι μεταξύ τους περιμετρικά, με διάκενο μεταξύ τους έτσι ώστε να σχηματίζουν έναν "υαλοθάλαμο". Η χρήση των διπλών υαλοπινάκων αποτελεί εδώ και δεκαετίες τον κανόνα στην κατασκευή παραθύρων και κουφωμάτων που παρέχουν θερμομόνωση και ηχομόνωση. Στη συνέχεια οι διπλοί υαλοπίνακες βελτιώθηκαν σημαντικά έτσι ώστε να αυξηθεί η ενεργειακή τους απόδοση με τη χρήση ευγενών αερίων κυρίων Ar ή Kr για την πλήρωση του διάκενου ανάμεσα στα δύο τζάμια, καθώς και με την κατάλληλη επιλογή των διαστάσεων του ανωτέρω διάκενου για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων όσον αφορά την θερμομόνωση. Η τριπλή υάλωση αποτελεί σύνθεση περισσότερων παραλλήλων υαλώσεων. Σε κουφώματα νέας γενιάς η τριπλή υάλωση θεωρείται πλέον μια



"συμβατική υάλωση", αντικαθιστώντας την διπλή για λόγους καλύτερης θερμομόνωσης.

**β. Υαλοπίνακες Χαμηλής Εκπεμπτικότητας:** οι χαμηλής εκπεμπτικότητας υαλοπίνακες ή low-e ή ενεργειακοί υαλοπίνακες έχουν ιδιαίτερα αυξημένες δυνατότητες παρεμπόδισης (μπλοκαρίσματος) της μεταφοράς θερμότητας από την μια πλευρά τους προς την άλλη, χάριν σε λεπτότατες επιστρώσεις μεταλλικών στοιχείων, όπως οξειδίων του αργύρου, που βρίσκονται στην επιφάνεια των υαλοπινάκων. Οι υαλοπίνακες low-e έχοντας την ειδική επίστρωση στη μια πλευρά της επιφάνειας τους λειτουργούν σαν καθρέπτες της θερμικής ακτινοβολίας, έτσι το ποσοστό της εκπεμπόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν ξεπερνά το 4%, ενώ το 96% ανακλάται. Η χρήση των ενεργειακών υαλοπινάκων μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση στο κόστος ψύξης και θέρμανσης των κτηρίων

**γ. Υαλοπίνακες Ελέγχου της Ηλιακής Ακτινοβολίας (solar control glazing) :** το είδος αυτό υαλοπινάκων επιτρέπουν στο τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που αποτελεί το ορατό κομμάτι του ηλιακού φάσματος να περάσει μέσα στο κτήριο δια του παραθύρου, ενώ διαχέουν ή ανακλούν σε μεγάλο ποσοστό την ηλιακή θερμική ακτινοβολία (το εγγύς υπέρυθρο τμήμα του ηλιακού φάσματος). Στην ουσία πρόκειται για διπλά τζάμια συνήθως χρωματιστά, αν και δεν είναι απαραίτητο, με λεπτότατες στρώσεις από ειδικά υλικά ενσωματωμένες στο γυαλί. Τα υλικά αυτά παρέχουν το διπλό πλεονέκτημα της αυξημένης διαπερατότητας στο ορατό τμήμα του ηλιακού φάσματος και της μεγάλης ανακλαστικότητας στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα του ηλιακού φάσματος [6].

- **Ακουστική-Ηχομόνωση**

Ένας υαλοπίνακας υψηλής απόδοσης οφείλει να ικανοποιεί υψηλά standards. Και ένα σημαντικό μέρος της απόδοσης των υαλοπινάκων σχετίζεται με την ακουστική και την ηχομόνωση. Υπάρχουν δύο βασικοί συντελεστές που σχετίζονται με τον ήχο και την ακουστική και πρέπει να υπολογίζονται και να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό ενός συστήματος υαλοπινάκων για ένα κτήριο. Αυτοί οι συντελεστές περιγράφονται ως ακολούθως:

**α. Sound Transmission Class ή STC rating :** αυτός ο συντελεστής αναφέρεται στα επίπεδα ήχου για το εσωτερικό του κτηρίου όπου οι κύριοι ήχοι είναι από ομιλίες ανθρώπων ή από συσκευές γραφείων

**β. Outdoor-Indoor Transmission Class ή OITC rating:** αυτός ο συντελεστής αναφέρεται στα επίπεδα ήχου για τους εξωτερικούς τοίχους όπου οι πηγές του ήχου είναι εξωγενείς, όπως π.χ. αυτοκίνητα. Αυτός ο συντελεστής είναι πολύ σημαντικός ιδιαίτερα για τους Αρχιτέκτονες αφού έχει σημαντική επίπτωση στην απόδοση και λειτουργία του κτηρίου

Υψηλές τιμές των ανωτέρω συντελεστών είναι επιθυμητές και επιδιώκονται για καλύτερα αποτελέσματα στις περισσότερες εφαρμογές. Έτσι, ένας μονός υαλοπίνακας έχει STC rating 18-20 ενώ οι απλοί διπλοί υαλοπίνακες έχουν STC rating 25-27

- **Ασφάλεια**

Οι υαλοπίνακες μπορεί να υποστούν φθορές, καταπόνηση ή να καταστραφούν από κρούση, σεισμό, θερμικό σοκ, φωτιά, κ.λ.π. Οι κύριοι υαλοπίνακες ασφαλείας θεωρούνται τα laminated τζάμια, στα Ελληνικά αποδίδονται συνήθως σαν triplex. Στους υαλοπίνακες αυτούς ανήκουν τα αλεξίσφαιρα και τα αντιδιαρρηκτικά τζάμια. Τα τζάμια ασφαλείας πρέπει να ταυτοποιούνται με μια ανεξίτηλη ετικέτα πάνω στο γυαλί που δείχνει την υιοθέτηση από τους κατασκευαστές του των κατάλληλων standards για τα τζάμια ασφαλείας.

- **Προστασία από τις Συμπυκνώσεις**

Η συμπύκνωση συμβαίνει όταν η θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια του υαλοπίνακα πέφτει κάτω από το σημείο δρόσου του εσωτερικού αέρα. Οι στρατηγική για τον περιορισμό των συμπυκνώσεων στους υαλοπίνακες περιλαμβάνει τζάμια με χαμηλές τιμές της u-value και επιπλέον θέρμανση του τζαμιού για να αυξηθεί η θερμοκρασία της επιφανείας του

- **Υγιεινή και Ποιότητα Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος**

Οι υαλοπίνακες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγιεινής και ποιότητας αέρα μέσα στο κτήριο, (υγρασία και ανάπτυξη μούχλας), επιτρέποντας διαρροές νερού ή συμπυκνώσεις

- **Ανθεκτικότητα και Διάρκεια Ζωής**

Το γυαλί είναι ένα από τα πλέον ανθεκτικά δομικά υλικά, αντιστεκόμενο στις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών για δεκαετίες. Ωστόσο είναι υλικό εύθραυστο και μπορεί να εμφανίσει φθορές που κυρίως οφείλονται στους ακόλουθους παράγοντες:

**α. θόλωση από προβλήματα συμπυκνώσεων:** εμφανίζεται όταν η υγρασία διεισδύει μέσα στο γυαλί, στο μονωτικό χώρο ανάμεσα στους υαλοπίνακες και προκαλεί φαινόμενα συμπυκνώσεων. Αυτές οι διαρροές εμφανίζονται όταν το σφράγισμα των υαλοπινάκων δεν είναι ερμητικό, αλλά παρουσιάζει διαρροές.

**β. Θραύση του γυαλιού :** προκαλείται από κρούση ή αποδυνάμωση του γυαλιού λόγω ανάπτυξης ρωγμών ή γρατζουνιών στην επιφάνεια του. Αυτού του είδους οι ζημιές στην επιφάνεια των υαλοπινάκων μπορεί να προκύψουν από ακατάλληλο χειρισμό τους ή από τη επαφή του γυαλιού με το μεταλλικό πλαίσιο

- **Συντήρηση και Επιδιορθώσεις**

Το γυαλί δεν χρειάζεται συντήρηση εκτός φυσικά από καθαρισμό. Τα προϊόντα καθαρισμού για το γυαλί πρέπει να είναι ήπια και μη λειαντικά. Τα σφραγίσματα των υαλοπινάκων πρέπει να αντικαθίστανται περιοδικά ώστε να διατηρείται η καλή απόδοση των υαλοπινάκων και να αποφεύγονται φαινόμενα θόλωσης και συμπτωκνώσεων

#### **4. Πολιτική, και Οδηγίες για την Εξοικονόμηση Ενέργειας στους Υαλοπίνακες στην Ευρώπη**

Τον Ιούλιο του 2013 η Ευρωπαϊκή Ένωση ξεκίνησε μια δημόσια διαβούλευση για την εξοικονόμηση ενέργειας και την βιωσιμότητα στα κτήρια.

Τα κύρια στοιχεία για μια ολοκληρωμένη πολιτική όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και την βιωσιμότητα στα κτήρια μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Διερεύνηση, αποτύπωση και αντιμετώπιση όλων των κοινωνικο-οικονομικών διαστάσεων της βιωσιμότητας στα κτήρια (υγεία, άνεση, ασφάλεια, ευημερία, κλπ), σε κάθε πρωτοβουλία της ΕU σχετικά με το βιώσιμο κτήριο
- Επιλογή πολιτικών που αφορούν την βιωσιμότητα του κτηρίου καθοδηγούμενοι από τον πλήρη κύκλο ζωής του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένης και της φάσης της χρήσης του
- Δημιουργία και ανάπτυξη μεθόδων ανακύκλωσης των υλικών του κτηρίου, στο τέλος της ζωής του, όπως το γυαλί
- Προσπάθειες για την εναρμόνιση ή τουλάχιστον την αναγνώριση διαφόρων μεθόδων αξιολόγησης της βιωσιμότητας, εργαλείων, και πιστοποιήσεων, όπως τα σχήματα πιστοποίησης EPDs

Η Συνεισφορά του γυαλιού στο βιώσιμο κτήριο μπορεί συνοπτικά να περιγραφεί ως ακολούθως:

- η είσοδος του φυσικού φωτός μέσα στο κτήριο είναι ένα ζωτικό και κυρίαρχο στοιχείο στον ενεργειακό σχεδιασμό κτηρίων. Παρέχοντας άφθονο φυσικό φωτισμό μέσα στο κτήριο και μια άνετη οπτική σύνδεση με τον έξω από το κτήριο κόσμο, οι υαλοπίνακες προσφέρουν στους ενοίκους του κτηρίου όλα τα πλεονεκτήματα που συνδέονται με το φυσικό φως όσον αφορά την υγεία

και την άνεση ενώ ενδυναμώνουν την ποιότητα της οπτικής και της αισθητικής στους εσωτερικούς χώρους

- Οι σύγχρονες επιλογές ενεργειακών υαλοπινάκων συνεισφέρουν σημαντικά στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου δημιουργώντας θετικό ενεργειακό ισοζύγιο και μειώνοντας τις ανάγκες του κτηρίου για φυσικό φωτισμό. Επιπλέον, οι περισσότερες θερμικές προσομοιώσεις κτηρίων, στα περισσότερα ευρωπαϊκά κλίματα, και για τους περισσότερους τύπους κτηρίων έδειξαν ότι ο μέσος λόγος των γυάλινων επιφανειών προς το εμβαδόν του δαπέδου πρέπει να αυξηθεί.
- Επίσης, τα γυάλινα προϊόντα παρουσιάζουν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις φάσεις του κύκλου ζωής του κτηρίου, που σημαίνει ότι το γυαλί είναι ένα καλό υλικό για βιώσιμα κτήρια. Το γυαλί παράγεται από μη ρυπογόνες πρώτες ύλες, με μια διαδικασία παρασκευής που είναι υψηλής ενεργειακής απόδοσης και που παράγει πολύ λίγα απόβλητα. Και το πιο ελκυστικό, το γυαλί είναι πλήρως ανακυκλούμενο.

#### **4.1 Ανάπτυξη ενός Energy Labeling σχήματος στην Ευρωπαϊκή Ένωση για παράθυρα**

Η ντιρεκτίβα 2010/30/EU επεκτείνει το energy labeling και σε προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια, π.χ. παράθυρα τα οποία δεν καταναλώνουν απευθείας την ενέργεια, όμως έμμεσα επηρεάζουν σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Το Eco-design και το Energy Labeling 2012-2014 αναγνωρίζει ότι τα παράθυρα έχουν σημαντικότατο ρόλο στη εξοικονόμηση ενέργειας και στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και τελικά επισημαίνουν ότι πρέπει να δημιουργηθούν νέα Energy Labeling σχήματα που να αφορούν τους υαλοπίνακες.

Οι υψηλής ενεργειακής απόδοσης τεχνολογίες υαλοπινάκων μπορούν να έχουν μια σημαντικότερη συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> με δεδομένο ότι τα τζάμια των κτηρίων θα αντικατασταθούν με υαλοπίνακες υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Ο σαφής καθορισμός της θερμικής συμπεριφοράς ενός υαλοπίνακα είναι ένα θέμα αρκετά πολύπλοκο, καθώς επηρεάζεται από σημαντικό αριθμό παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για το κάθε παράθυρο. Συνεπώς ο Ευρωπαίος καταναλωτής πρέπει να έχει ένα σαφές, κατανοητό και ξεκάθαρο εργαλείο με βάση το οποίο να μπορεί να επιλέξει το κατάλληλο τζάμι. Για το σκοπό αυτό το Eco-Design and Energy Labeling για υαλοπίνακες μπορεί να θεωρηθεί ιδιαίτερα χρήσιμο.

Οι κύριες παράμετροι του σχήματος Energy Labeling για υαλοπίνακες στην ΕΕ μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Ο υπολογισμός της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός υαλοπίνακα πρέπει να λαμβάνει υπόψη το ενεργειακό ισοζύγιο ανάμεσα στα θερμικά κέρδη (που εκφράζονται με το g-value) και στις θερμικές απώλειες (που εκφράζονται με το u-value), καθώς επίσης και το εάν το κτήριο έχει ενεργειακές ανάγκες μόνο για θέρμανση ή επίσης και για ψύξη

- Η Ευρώπη πρέπει να διαιρεθεί σε διάφορες κλιματικές ζώνες ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες
- Ο σκοπός του σχήματος πρέπει να περιοριστεί στην αντικατάσταση των υαλοπινάκων όσον αφορά την αγορά κατοικιών
- Επιπλέον παράμετροι όπως η θερμική άνεση το καλοκαίρι και η διαπερατότητα του φωτός πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

Η αγορά υαλοπινάκων έχει σημαντικότατο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα λόγω της διαθεσιμότητας ενός ευρύτατου φάσματος προϊόντων ενεργειακών υαλοπινάκων και παραθύρων και επίσης λόγω της χαμηλής μέχρι τώρα διείσδυσης αυτών των προϊόντων στην Ευρωπαϊκή αγορά. Έρευνες στον τομέα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων έδειξαν ότι περίπου το 86% των Ευρωπαϊκών παραθύρων έχουν ανεπαρκή και ενεργειακά αναξιόπιστα τζάμια από τα οποία το 44% είναι ακόμα μονοί υαλοπίνακες. Από τις ανωτέρω αξιόπιστες ανεξάρτητες έρευνες έχουν διαπιστωθεί τα ακόλουθα σημαντικά [6]:

1. Πάνω από 100 εκατομμύρια τόνοι εκπομπών CO<sub>2</sub> μπορούν να περιοριστούν αν τα ανεπαρκή τζάμια στην ΕΕ αντικατασταθούν με ενεργειακά τζάμια
2. Το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό από τα παράθυρα στα Ευρωπαϊκά κτήρια φτάνει τα 785PJ/έτος μέχρι το 2030

#### **4.2 Ενεργειακή Ταξινόμηση των Παραθύρων (Window Energy Rating, WER)**

Η ενεργειακή ταξινόμηση των παραθύρων, (WER), δείχνει την ενεργειακή απόδοση του κάθε παραθύρου. Το σύστημα ταξινόμησης βασίζεται στην κλίμακα από G μέχρι A<sup>+</sup>, που είναι το σχήμα με την μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση. Το ανωτέρω σύστημα ταξινόμησης είναι παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στην ενεργειακή ταξινόμηση των ηλεκτρικών συσκευών.

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι περίπου το 25% της θερμότητας χάνεται-διαφεύγει από το κτήριο μέσω των ανοιγμάτων του, η επιλογή των ενεργειακών παραθύρων και υαλοπινάκων θεωρείται σημαντική τόσο για την εξοικονόμηση ενέργειας όσο και για την εξοικονόμηση χρημάτων από την μείωση των λογαριασμών θέρμανσης και ηλεκτροδότησης. Για το σκοπό αυτό όλο και περισσότεροι άνθρωποι στην Ευρώπη επιλέγουν την ενεργειακή κλάση A και A<sup>+</sup> για τους υαλοπίνακες σαν ένα μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας.

**Τι ακριβώς είναι η ενεργειακή ταξινόμηση των παραθύρων σε ενεργειακές κλάσεις (WER):** είναι ένας αλγόριθμος ο οποίος λαμβάνει υπόψη του την ολική διαπερατότητα του υαλοπίνακα στην ηλιακή ακτινοβολία, τα ποσά της ηλιακής ενέργειας που εισέρχονται μέσα στο κτήριο δια μέσου του υαλοπίνακα (συνήθως προσδιορίζονται μέσω του συντελεστή g-value του υαλοπίνακα), τον συντελεστή θερμοπερατότητας (u-value) ολόκληρου του παραθύρου (τζάμι και πλαίσιο), την εκπνεπτικότητα του υαλοπίνακα στην υπέρυθη ακτινοβολία, δηλ. το πόσο ο υαλοπίνακας μπορεί να κρατήσει τη θερμότητα μέσα στο κτήριο, και φυσικά τον ρυθμό διείσδυσης (infiltration rate), μέσω των σφραγισμάτων του παραθύρου. Για να δημιουργηθούν τα κατάλληλα standards για την ενεργειακή ταξινόμηση των υαλοπινάκων καθορίστηκε ένα σχεδιαστικό μοντέλο-πρότυπο υαλοπίνακα. Το

αποτέλεσμα της σύγκρισης με αυτό το μοντέλο τοποθετείται σε μια κλίμακα ταξινόμησης ανάμεσα στη βαθμίδα A<sup>+</sup> που εκπροσωπεί την ανώτερη βαθμίδα ενεργειακής απόδοσης και την βαθμίδα G που εκπροσωπεί την κατώτερη βαθμίδα ενεργειακής απόδοσης. Αυτό το σύστημα ταξινόμησης είναι αρκετά ικανοποιητικό και εύχρηστο καθώς παρουσιάζει μεγάλη συμβατότητα με άλλα συστήματα ενεργειακής ταξινόμησης που αφορούν το κτηριακό περιβάλλον.

Αξίζει να τονισθεί ότι η ενεργειακή ταξινόμηση των παραθύρων και η τοποθέτηση τους σε μια ενεργειακή κλάση αφορά ολόκληρο το παράθυρο (τζάμι και πλαίσιο)

### 4.3 Πλεονεκτήματα από τη Ενεργειακή Ταξινόμηση των Παραθύρων

Η εγκατάσταση σε κτήρια κατοικίας παραθύρων με πιστοποιημένη ενεργειακή απόδοση μέσω του συστήματος ενεργειακής ταξινόμησης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, με σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς μικρότεροι λογαριασμοί για θέρμανση, ψύξη και ηλεκτροδότηση του κτηρίου
- Κατάλληλη εξασφάλιση μέσω της πιστοποιημένης έγκρισης του παραθύρου
- Τα ενεργειακά ταξινομημένα παράθυρα έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τα ποιοτικά standards της ΕΕ για κτήρια κατοικιών και ικανοποιούν τις κοινοτικές οδηγίες και απαιτήσεις
- Η νομοθεσία της ΕΕ από τον Οκτώβριο του 2010 απαιτεί τα παράθυρα στα κτήρια κατοικίας να ανήκουν τουλάχιστον στην ενεργειακή κλάση C

### 4.4 Προς την ενεργειακή κλάση A

Ο τύπος των υαλοπινάκων είναι πολύ σημαντικός, και κυρίως τα ενεργειακά τζάμια (low-e), για την επίτευξη της κλάσης A. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ταξινόμηση των παραθύρων. Για την επίτευξη της ενεργειακής κλάσης A ή μιας ενεργειακής κλάσης πολύ κοντά στο A πρέπει να θεωρούνται τα ακόλουθα:

- Βελτίωση του συντελεστή g-value του παραθύρου χωρίς να αυξάνεται ο συντελεστής u-value
- Βελτίωση του συντελεστή u-value χωρίς να μειώνεται ο συντελεστής g-value

Η ενεργειακή ταξινόμηση των παραθύρων και η κλάση A δεν είναι μια νέα Ευρωπαϊκή ιδέα. Προγράμματα και συστήματα ενεργειακής ταξινόμησης και απόδοσης παραθύρων και υαλοπινάκων υπάρχουν ήδη στις ΗΠΑ, στον Καναδά, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία καθώς και σε άλλες χώρες. Ο λόγος γιαυτό είναι σαφής και ξεκάθαρος: **Το κτήριο σε όλο τον κόσμο είναι ένα από τα πλέον ενεργοβόρα συστήματα και ένα μεγάλο μέρος των θερμικών απωλειών συμβαίνει μέσω των ανοιγμάτων.** Έτσι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ανοιγμάτων (παράθυρα

και πόρτες) βελτιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Η χρήση του συστήματος της ενεργειακής ταξινόμησης των παραθύρων και η προσπάθεια επίτευξης της κλάσης A στα παράθυρα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση αυτού του πολύπλοκου συστήματος-οργανισμού που ονομάζεται κτήριο.

## **5. Η Κατάσταση στην Ελλάδα**

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK), οποίος διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση την μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας [7]. Η μεθοδολογία αυτή περιλαμβάνει σαν δεδομένα εισόδου ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων που αφορούν το κτήριο (δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, εσωτερικά φορτία, φωτισμός, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, μηχανολογικός εξοπλισμός, HVAC, αριθμός χρηστών, κλπ), καθώς και στοιχεία του επικρατούντος κλίματος. Το ζητούμενο output είναι η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου για μια δεδομένη χρονική περίοδο καθώς και η εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου ανά θερμική ζώνη. Για την εφαρμογή αυτού του κανονισμού η Ελληνική επικράτεια χωρίστηκε στις ακόλουθες 4 κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης:

**Ζώνη Α:** Κρήτη, Δωδεκάνησα, Σάμος, Ν. Μεσσηνίας, Ν. Λακωνίας, Ν. Αργολίδας, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Κύθηρα και νησιά Σαρωνικού, Αρκαδία (πεδινή)

**Ζώνη Β :** Ν. Αττικής, Ν. Κορινθίας, Ν. Ηλείας, Ν. Αχαΐας, Ν. Αιτωλοακαρνανίας, Ν. Φθιώτιδας, Ν. Φωκίδας, Ν. Βοιωτίας, Ν. Εύβοιας, Ν. Μαγνησίας, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Ν. Θεσπρωτίας, Ν. Πρέβεζας, Ν. Άρτας

**Ζώνη Γ :** Αρκαδία (ορεινή), Ν. Ευρυτανίας, Ν. Ιωαννίνων, Ν. Λάρισας, Ν. Καρδίτσας, Ν. Τρικάλων, Ν. Πιερίας, Ν. Ημαθίας, Ν. Πέλλης, Ν. Θεσσαλονίκης, Ν. Κιλκίς, Ν. Χαλκιδικής, Ν. Σερρών (εκτός ΒΑ Τμήματος), Ν.Καβάλας, Ν. Ξάνθης, Ν.Ροδόπης, Ν. Έβρου

**Ζώνη Δ :** Ν. Φρεβενών, Ν. Κοζάνης, Ν. Φλώρινας, Ν. Σερρών (ΒΑ Τμήμα), Ν. Δράμας

Στον Πίνακα 4 αποτυπώνεται ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας (u-value) των ανοιγμάτων και των γυάλινων προσόψεων των κτηρίων (μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες), ανά κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον Κανονισμό KENAK, που είναι Νόμος του Κράτους από το 2010.

<b>Ανοίγματα (Παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών, κ.α.)</b>			
<b>U-value (W/m<sup>2</sup>K)</b>			
<b>Ζώνη Α</b>	<b>Ζώνη Β</b>	<b>Ζώνη Γ</b>	<b>Ζώνη Δ</b>
<b>3.20</b>	<b>3.00</b>	<b>2.80</b>	<b>2.60</b>
<b>Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες</b>			
<b>U-value (W/m<sup>2</sup>K)</b>			
<b>Ζώνη Α</b>	<b>Ζώνη Β</b>	<b>Ζώνη Γ</b>	<b>Ζώνη Δ</b>
<b>2.20</b>	<b>2.00</b>	<b>1.80</b>	<b>1.80</b>

Πίνακας 4: ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας (u-value) των ανοιγμάτων και των γυάλινων προσόψεων των κτηρίων (μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες), ανά κλιματική ζώνη.

Επιπλέον σύμφωνα με τον κανονισμό ΚΕΝΑΚ η ελάχιστη τιμή του συντελεστή g-value για τους υαλοπίνακες καθορίζεται στο 0.76

### **Βιβλιογραφία**

[1] G. D. Ander, Windows and Gazing, Whole Building Design Guide, National Institute of Buildings Science, 2015

[2] Balaras, C., G air exchange rate aglia, A., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y. & Lalas, P., “European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings”, Building and Environment, Volume 42, Issue 3, March 2007, 1298-1314

[3] Σανταμούρης, Μ., «Κατανάλωση ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα», Πρακτικά ημερίδας που διοργάνωσε η Ακαδημία Αθηνών και το ΕΜΠ με θέμα Εξοικονόμηση Ενέργειας, Αθήνα 2006.

[4] J. Goulding, J. Owen Lewis and T. Steemers, Energy in Architecture, Energy Research Group, School of Architecture, UCD, Dublin, 1995.

[5] Π. Κοσμόπουλος, Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2008

[6] Glass for Europe, Building, Automotive, Solar Energy Glass, Issue 2015

[7] ΚΕΝΑΚ -Νόμος 3661 για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων