

ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Χαλκιά Βασιλική- Δημοβέλης Πέτρος

2013-2014



7^ο Γυμνάσιο Λάρισας με Α.Τ



*Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα με Θέμα:
«Βελτιώνοντας το μικροκλίμα του σχολείου»*

Συντονίστρια: Χαλκιά Βάσω

Βοηθός καθηγητής : Δημοβέλης Πέτρος

Σχολικό έτος 2012-13

Εισαγωγή

Το ενεργειακό πρόβλημα γίνεται εντονότερο μέρα με την ημέρα. Είναι μια πραγματικότητα που κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει. Στα σχολεία, μέσω των προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, καλλιεργείται η περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών και η προτροπή τους στην προστασία του περιβάλλοντος. Οι μαθητές γνωρίζουν πλέον τι εννοούμε όταν χρησιμοποιούμε τον όρο «Ήπιες ή Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Γνωρίζουμε ότι ο ήλιος είναι μια αστείρευτη πηγή ενέργειας και κυρίως «καθαρή». Φωτοβολταϊκά στοιχεία και ηλιακοί συλλέκτες είναι έννοιες ευρύτατα γνωστές.

Το πρόγραμμά μας έχει ως σκοπό την εμβάθυνση, στην πρακτική κυρίως εφαρμογή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και της προσάρτησής τους σε κτίρια είτε αυτά προϋπάρχουν είτε πρόκειται να κτιστούν. Στόχος μας είναι να τοποθετήσουμε ένα παθητικό ηλιακό σύστημα στο κέλυφος ενός σχολείου που έχει κτιστεί πριν το 1993 και να μετρήσουμε την απόδοση του συστήματος, την μεταβολή στην θερμική άνεση της αίθουσας αλλά και να καταγραφούν πιθανά προβλήματα και λύσεις ή ακόμα και βελτιωτικές ενέργειες που ενδεχομένως να χρειαστεί να γίνουν για τη προσαρμογή του συστήματος στις εκάστοτε ανάγκες..

Οι μετρήσεις διαφόρων παραμέτρων όπως θερμοκρασία και ηλιοφάνεια θα μας βοηθήσουν να εξάγουμε τα αναγκαία συμπεράσματα για τον αν αξίζει η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων στα κτίρια του Ελλαδικού χώρου ή όχι.

Σκοπός μας είναι εκπόνηση συμπερασμάτων για την δυνατότητα αξιοποίησης παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ευρεία κλίμακα στα ιδιωτικά αλλά κυρίως στα δημόσια κτίρια ανεξάρτητα με το αν είναι υπό ανέγερση ή έχουν ήδη κτιστεί.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΠΕ

Αιολική Ενέργεια : η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (μέχρι 10 MW ισχύος) αξιοποιούν τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.

Βιομάζα : είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.

Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα : αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.

Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Γεωθερμική Ενέργεια : η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Υδρογόνο : Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, είναι τα εξής:

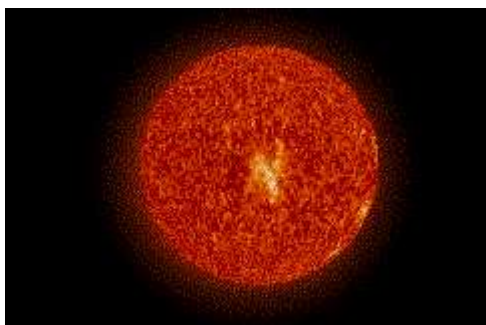
- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν

σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.

- ⊕ Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- ⊕ Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- ⊕ Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- ⊕ Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- ⊕ Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- ⊕ Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Στο πρόγραμμά μας θα μελετήσουμε αποκλειστικά και μόνο με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό. Για να γίνει μπορέσουμε να κατανοήσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τον τρόπο εκμετάλλευσης και τις αρχές που διέπουν τις ενέργειές μας θα πρέπει να εξοικειωθούμε με έννοιες όπως ήλιος, ηλιακή ενέργεια, φωτεινή ένταση και κυρίως με τον τρόπο ταξινόμησης των διαφόρων συσκευών που εκμεταλλεύονται τον ήλιο.

Ο ήλιος



Κύριο χαρακτηριστικό της Ελλάδας είναι ο ζεστός ήλιος. Τι είναι όμως ο ήλιος; Πως επηρεάζει τη ζωή μας;

Ο ήλιος μας αποτελείται ως επί το πλείστον από το υδρογόνο (70%), το ήλιο (28%) και το υπόλοιπο 2% από βαρέα στοιχεία. Είναι επίσης

ένα κίτρινο νάνος αστέρας. Φυσικά είναι το μόνο αστέρι αρκετά κοντά μας, ώστε να εξετάσουμε τα εξωτερικά και τα εσωτερικά στρώματά του λεπτομερώς.

Ο Ήλιος είναι το μόνο άστρο που επηρεάζει φανερά τη ζωή μας, όχι μόνο την ημέρα αλλά και τη νύκτα, με ηλιοφάνεια αλλά και τις νεφοσκεπείς ημέρες.

Η ακτινοβολία του Ηλίου παρέχει σχεδόν όλη την ενέργεια που χρησιμοποιούμε στη Γη. Ακόμη και ο άνεμος και τα νέφη είναι αποτέλεσμα της επίδρασης της ηλιακής ενέργειας στη Γη. Από την ηλιακή ακτινοβολία προέρχεται η αιολική ενέργεια, ο κύκλος του νερού, η βιολογική ενέργεια, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας και σχεδόν όλη η ενέργεια στο ηλιακό σύστημα. Εξάιρεση αποτελεί η πυρηνική ενέργεια που παράγεται από χημικά στοιχεία που δημιουργήθηκαν ως αποτέλεσμα εκρηκτικών φαινομένων που έγιναν κατά τον θάνατο ορισμένων μεγάλων άστρων.

Ο Ήλιος είναι ένας συνηθισμένος νάνος αστέρας δεύτερης γενιάς που παράγει ενέργεια από σύντηξη υδρογόνου στο εσωτερικό του. Πιο συγκεκριμένα με την αλυσιδωτή αντίδραση πρωτονίου-πρωτονίου, με την οποία καταναλώνει το υδρογόνο του με ένα ρυθμό 4.000.000 τόνων, ανά δευτερόλεπτο, παράγοντας ήλιο.

Ο Ήλιος, οι πλανήτες, οι κομήτες και οι μετεωρίτες αποτελούνται από την ίδια αρχική ύλη με την ίδια περίπου αναλογία χημικών στοιχείων, με εξαίρεση τα ελαφρά στοιχεία, υδρογόνο και ήλιο που αφθονούν στον ήλιο και στους τέσσερις γίγαντες πλανήτες.

Το γειτονικό μας αστέρι, είναι περίπου 4.6 δισεκατομμυρίων ετών και με αυτό το ρυθμό δραστηριότητας πρέπει να εργάζεται για περίπου 5 δισεκατομμύρια ακόμη έτη.

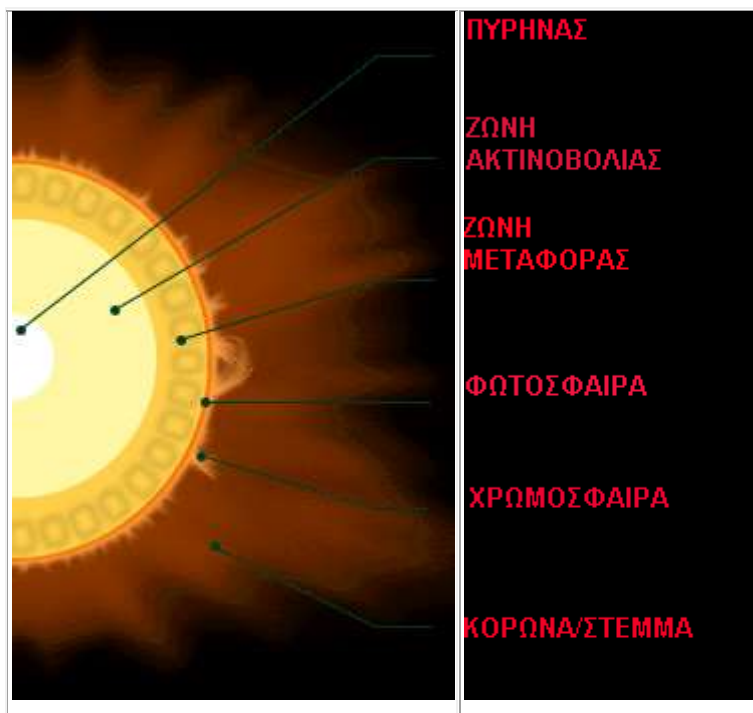
Ο ήλιος δεν είναι αρκετά ογκώδης ώστε να γίνει ένα σουπερνόβα, και θα αργήσει να γίνει ένας κόκκινος γίγαντας στα τελευταία στάδια της ζωής του, γινόμενος ένας λευκός νάνος όταν συντηχθούν όλα του τα καύσιμα υδρογόνου.

Η δομή του Ήλιου

Ο ήλιος έχει διάφορα στρώματα, το πιο εσωτερικό του είναι ο πυρήνας, που είναι περίπου 400.000 χλμ σε διάμετρο και περιέχει περίπου το 60% της μάζας του ήλιου και λιγότερο από το 2% τον όγκο του. Εδώ πραγματοποιείται η πυρηνική τήξη και η θερμοκρασία φθάνει

στους 10-15.000.000 βαθμούς Kelvin.

Το επόμενο στρώμα από τον πυρήνα, είναι η ζώνη της ακτινοβολίας. Ένας σφαιρικός φλοιός με πάχος το 40% της ηλιακής ακτίνας και η θερμοκρασία της είναι περίπου 2 έως 8.000.000 K. Είναι ένα στρώμα μέσω του οποίου η ενέργεια του πυρήνα,



με τη μορφή ακτινοβολίας, μεταφέρεται μέσα από διαδοχικές απορροφήσεις και εκπομπές των φωτονίων με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και τα ιόντα της ζώνης ακτινοβολίας. Τα φωτόνια αφού συνέχεια συγκρούονται φτάνουν με τυχαίο τρόπο μέχρι την επιφάνεια. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι χρειάζονται, αυτά τα φωτόνια, περίπου 20 εκατομμύρια έτη για να ταξιδέψουν αυτήν την απόσταση.

Στο επόμενο στρώμα που είναι το μεταφοράς, το πάχος φθάνει στο 15% της ακτίνας του ήλιου και επικρατούν θερμοκρασίες της τάξεως των 2.000.000 K. Είναι εκεί όπου οι πυρήνες του υδρογόνου και τα βαρύτερα στοιχεία συνδυάζονται με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια για να σχηματίσουν τα ουδέτερα άτομα ή ιόντα. Η παρουσία των οποίων είναι σε θέση να απορροφήσουν τα φωτόνια. Η μεταφορά πλέον της ενέργειας προς τα εξωτερικά στρώματα, γίνεται κυρίως με ανοδικά ρεύματα ύλης ενώ στο τέλος της ζώνης μεταφοράς πάλι έχουμε εκπομπές και απορροφήσεις φωτονίων. Στον ήλιο, νομίζουμε ότι αυτό το στρώμα είναι αρμόδιο για το σχηματισμό των μαγνητικών πεδίων, και έτσι αυτό έχει επιπτώσεις στη χρωμόσφαιρα και στη δραστηριότητα της κορώνας, αλλά οι λεπτομέρειες είναι ακόμα αβέβαιες.

Η δομή της ατμόσφαιρας του ήλιου μας είναι γνωστή. Πρώτα συναντάμε στο εσωτερικό της, την φωτόσφαιρα, αυτό το φωτεινό επιφανειακό στρώμα που βρίσκεται μεταξύ της αδιαφανούς ζώνης μεταφοράς και της χρωμόσφαιρας. Αυτό το λαμπρό ορατό στρώμα, έχει μέσο πάχος μόνο 2.000 χιλιόμετρα και από το οποίο η περισσότερη ενέργεια ακτινοβολείται στο διάστημα. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της φωτόσφαιρας είναι η κοκκώδης υφή, που καλείται φωτοσφαιρική κοκκίαση. Το φαινόμενο οφείλεται σε ανοδικά ρεύματα θερμών αερίων.

Η θερμοκρασία της φωτόσφαιρας είναι περίπου 6.000 βαθμοί K στο βαθύτερο σημείο της και 4.000 βαθμοί K κοντά στην επιφάνεια. Από τις ηλιακές κηλίδες είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε πόσο γρήγορα ο ήλιος περιστρέφεται. Κατά ένα ενδιαφέροντα τρόπο περιστρέφεται γρηγορότερα στον ισημερινό και πιά αργά στους πόλους, το γιατί κανένας δεν ξέρει. Έχει προταθεί εν τούτοις, ότι η διαφορική περιστροφή οφείλεται στη γρήγορη περιστροφή του πυρήνα του ήλιου.

Την χρωμόσφαιρα την βλέπουμε με λαμπρό κόκκινο χρώμα σε περιόδους έκλειψης ηλίου και ανυψώνεται επάνω από τη φωτόσφαιρα μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα. Η θερμοκρασία της είναι μεταξύ 4.000 βαθμών K (στην περιοχή που βρίσκεται πλησιέστερα στη φωτόσφαιρα) έως 50.000 βαθμούς K. Η έντονη άνοδος στη θερμοκρασία οφείλεται στην πυκνότητα του υλικού που μειώνεται εκθετικά με το ύψος.

Πάνω από τη χρωμόσφαιρα βρίσκεται το εντυπωσιακό στέμμα (κορώννα) και στο φάσμα της βρίσκουμε μερικές λαμπρές γραμμές, που προέρχονται από έντονα ιονισμένα άτομα στοιχείων. Η υψηλή θερμοκρασία του στέμματος, είναι η αιτία της εκπομπής ακτίνων-X από εκεί. Η θερμοκρασία της ανεβαίνει



από 500.000 K έως και 2.000.000 βαθμούς K.

Και τέλος ο ηλιακός άνεμος, που είναι ηλιακή ακτινοβολία μαζί με έντονο ρεύμα πρωτονίων, ηλεκτρονίων και πυρήνων ηλίου, που εκτοξεύονται από την ατμόσφαιρα με ταχύτητες εκατοντάδων χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Τα σωματίδια αυτά ταξιδεύουν κατά μήκος των ανοικτών μαγνητικών γραμμών του στέμματος.

Ένα από τα φαινόμενα της ηλιακής δραστηριότητας είναι οι ηλιακές κηλίδες (σκοτεινές περιοχές πάνω στον ηλιακό δίσκο) με θερμοκρασίες μικρότερες του περιβάλλοντος τους. Η διάρκεια τους φτάνει από μερικές ώρες μέχρι μερικές ημέρες.

Το μαγνητικό πεδίο των κηλίδων είναι τεράστιο, χιλιάδες φορές ισχυρότερο του ήλιου (που έχει γενικά ασθενές μαγνητικό πεδίο). Το φαινόμενο αυτό των ηλιακών κηλίδων είναι περιοδικό, που κορυφώνεται και υποχωρεί κάθε 11 έτη. Την ανακάλυψη τους την οφείλουμε στον Γαλιλαίο το 1613.

Μια άλλη δραστηριότητα του ήλιου είναι το εντυπωσιακό φαινόμενο των προεξοχών. Οι προεξοχές είναι τεράστια νέφη ιονισμένου αερίου που εκτοξεύονται πάνω από την φωτόσφαιρα μέσα στο στέμμα.

Υπάρχουν επίσης οι στεμματικές συμπυκνώσεις και οι οπές. Είναι περιοχές του στέμματος με μεγάλη πυκνότητα και θερμοκρασία. Εκεί γίνεται έντονος ιονισμός των ατόμων και δημιουργία πλάσματος.

Αναφορά:Σελίδα της NASA

Μάζα (kg)	1.9891 x 10 ³⁰
Διάμετρος (km)	1.392 x 10 ⁶
Μέση πυκνότητα	1.42 kg/m ³
Περίοδος περιστροφής (ημέρες)	25.38 days
Μέση επιφανειακή θερμοκρασία (K)	5800 K
Μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία (K)	7500 K
Ελάχιστη επιφανειακή θερμοκρασία (K)	4700 K
Φασματικός Τύπος	G2 V
Φωτεινότητα (watts)	3.83 x 10 ²⁶
Απόλυτο ορατό μέγεθος	

Ο ήλιος είναι η βασική πηγή ζωής στον πλανήτη μας. Σχεδόν όλες οι μορφές παράγωγης ενέργειας είναι συσχετισμένες έμμεσα ή άμεσα με την ηλιακή. Τα φυτά χρησιμοποιούν τον ήλιο για την διάσπαση του ατόμου του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Το υδρογόνο ενώνεται με το διοξείδιο του άνθρακα για να δημιουργήσει την «τροφή» του φυτού. Τέτοια φυτά που πέθαναν πριν πολλά εκατομμύριο χρόνια δημιούργησαν το κάρβουνο που χρησιμοποιούμε σε διάφορες μορφές παραγωγής ενέργειας. Παρόμοια φυτά έτρωγαν τα ψάρια στις θάλασσες που μετά το πέρας εκατομμυρίων ετών από το θάνατο τους συντέλεσαν στη δημιουργία του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Ακόμα και η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια είναι απόλυτα εξαρτημένες με τον ήλιο

Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια δεν είναι παρά μια μορφή ενέργειας παραγόμενη από το φως του ήλιου. Εφαρμόζεται με διάφορες μεθόδους επί αιώνες τώρα στον τρόπο κατασκευής των κτιρίων αλλά και σε άλλες εφαρμογές.

Τα κάτοπτρα του Αρχιμήδη είναι μια από τις αρχαιότερες εφαρμογές εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Ο Αρχιμήδης (290 - 212 π.Χ.), εκπληκτικός μαθηματικός και εφευρέτης του αρχαίου κόσμου ασχολήθηκε ιδιαίτερα με τα κάτοπτρα και την διάθλαση αλλά δυστυχώς τα σχετικά συγγράμματα του έχουν χαθεί. Οι μαθηματικές του έρευνες μεταφράστηκαν στα Λατινικά περίπου τον 16 και 17ο αιώνα επηρεάζοντας ιδιαίτερα τις μεταγενέστερες μαθηματικές έρευνες.



Ο Αρχιμήδης λέγεται ότι χρησιμοποίησε κάτοπτρα για να βοηθήσει τον βασιλιά των Συρακουσών να αντιμετωπίσει την πολιορκία της πόλης.

Τον δωδέκατο αιώνα στο Book Of Histories (CHILIADES) του John Tzetzes διαβάζουμε:

«Όταν ο Μάρκελλος απομάκρυνε τα πλοία του σε απόσταση όσο μια βολή με τόξο, ο Αρχιμήδης έφτιαξε έναν καθρέπτη εξάγωνο (σ. ίσως και εξάπλευρο σαν συγκεντρωτικό κάτοπτρο), και σε κατάλληλη απόσταση για το μέγεθος του καθρέπτη έβαλε μικρούς τετράγωνους καθρέπτες, οι οποίοι κινούνταν από συνδέσεις με ένα είδος τροχαλιών κατά τέτοιο τρόπο που να μπορούν να προσανατολίζονται στον ήλιο χειμώνα καλοκαίρι.»

(GREEK MATHEMATICAL WORKS. Classical Library Harvard University Press, Cambridge, 1941 Volume II, Page 19)

Δηλαδή το κόλπο που έκανε ήταν να χρησιμοποιήσει μικρούς καθρέφτες που στόχευαν σε ένα μεγαλύτερο (ανακατευθύνοντας την αντανάκλαση του ήλιου) και με

αυτόν τον μεγάλο καθρέφτη να στοχεύει τα πλοία έχοντας πια συγκεντρώσει τις αντανάκλασεις των μικρότερων καθρεπτών. Εντυπωσιακό είναι ότι έφτιαξε και μηχανισμό για να διορθώνει την στόχευση των μικρών καθρεπτών στον μεγάλο, προφανώς όχι τόσο για τις διαφορές χειμώνα καλοκαιριού αλλά για τις διάφορες ώρες της ημέρας που ο ήλιος άλλαζε θέση.

Σήμερα με την ίδια αρχή λειτουργίας έχουμε από απλούς ηλιακούς θερμοσίφωνες, προσιτούς σε όλους, μέχρι κλίβανο τήξης μετάλλων (στην νότια Γαλλία) που παίρνει ενέργεια μόνο από τον ήλιο.

Νεώτερη ιστορία των ηλιακών συλλεκτών

Πολλοί από τους νεότερους οραματιστές του 19ου αιώνα όχι μόνο παρείχαν φουτουριστική ρητορική αλλά ενεργά εξερεύνησαν σχεδόν όλες τις γνωστές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στο τέλος, αποφάσισαν να εστιάσουν την προσπάθειά τους στην ηλιακή ενέργεια, λόγω του ότι τα πιθανά οικονομικά οφέλη βοηθούσαν να ξεπεραστούν τα τεχνικά εμπόδια. Σε λιγότερο από 50 χρόνια, αυτοί οι επιστήμονες ανέπτυξαν μια εντυπωσιακή σειρά καινοτόμων τεχνικών για την δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και να παραγάγουν ατμό που να τροφοδοτεί τις μηχανές εκείνης της εποχής. Στην πραγματικότητα, λίγο πριν από τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο, είχαν περιγράψει όλες τις ηλιακές μεθόδους θερμικής μετατροπής που εξετάζονται σήμερα. Δυστυχώς, παρά τις τεχνικές επιτυχίες και τα καινοτόμα σχέδιά τους, η εργασία τους ξεχάστηκε κατά ένα μεγάλο μέρος για τα επόμενα 50 χρόνια στο βωμό της ανάπτυξης με απολιθωμένα καύσιμα σε έναν ενεργειακά-πεινασμένο κόσμο.

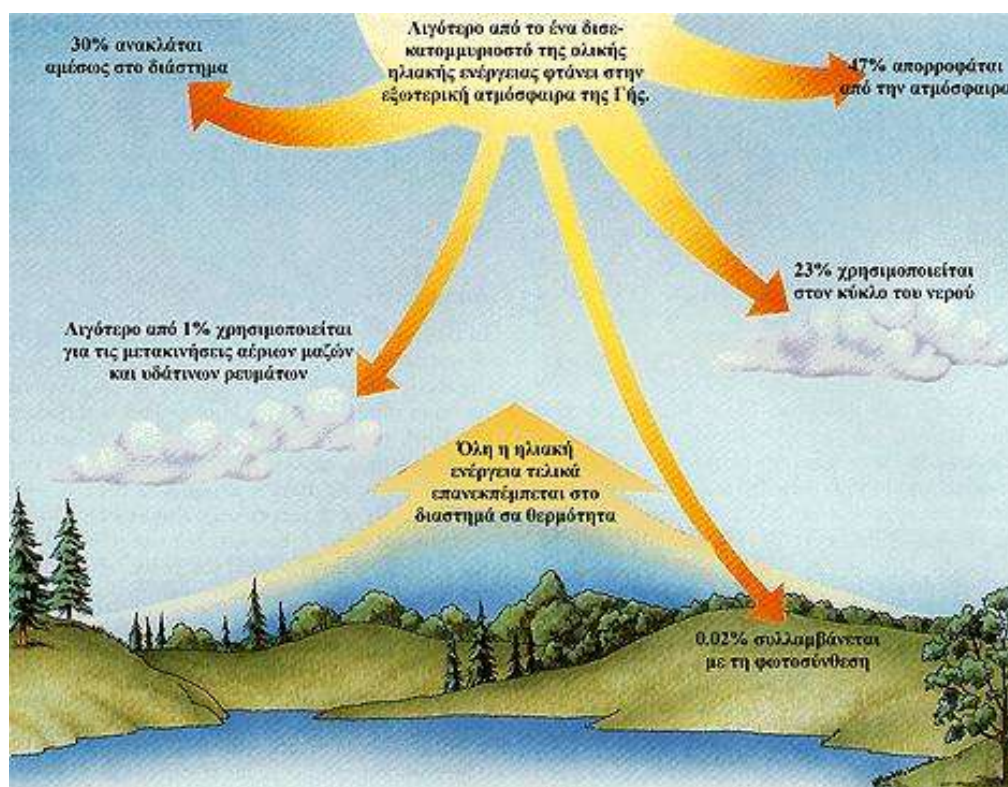
Τώρα, έναν αιώνα αργότερα, η ιστορία επαναλαμβάνεται. Ακολουθώντας την ίδια πορεία όπως οι πρώτοι εφευρέτες -- σε μερικές περιπτώσεις εφευρίσκουν πάλι τις ίδιες τεχνικές -- οι σύγχρονοι ηλιακοί μηχανικοί έχουν φθάσει στο ίδιο συμπέρασμα: η ηλιακή ενέργεια δεν είναι μόνο δυνατή αλλά και κατεξοχήν πρακτική, για να μην αναφέρουμε τη φιλικότητά της προς το περιβάλλον. Αλίμονο, άλλη μια φορά, η δημόσια στήριξη υπονομεύει την περαιτέρω ανάπτυξη και την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας, και η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε για ακόμη μία φορά να υποβαθμιστεί σε σχέση με τις συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες.

Τα απολιθωμένα καύσιμα (π.χ. πετρέλαιο) λιγοστεύουν με αποτέλεσμα να μας επιβαρύνουν όχι μονό περιβαλλοντικά αλλά πλέον και οικονομικά.

Έχοντας σαν δεδομένο την τροχιά της γης γύρο από τον ήλιο, μετρήθηκε η ηλιακή ενέργεια σε επιφάνεια 1 τετραγωνικού μέτρου κατάλληλου προσανατολισμού έξω από τη ατμόσφαιρα και βρέθηκε ότι λαμβάνει **1.410 Watt/m²**

Η ενέργεια όμως αυτή δεν έρχεται όλη στη επιφάνεια του εδάφους. Από αυτή, περίπου 19% της ενέργειας απορροφάται από την ατμόσφαιρα, ενώ τα σύννεφα απορροφούν κατά μέσον όρο ένα επιπλέον ποσοστό 35% της συνολικής ενέργειας.

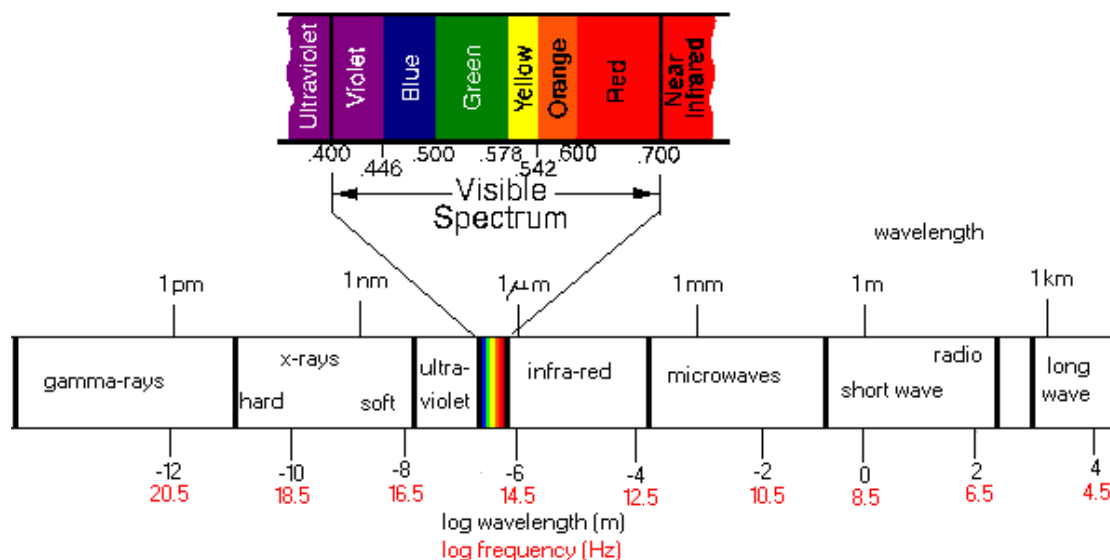
Μετά περνώντας την γήινη ατμόσφαιρα, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του ήλιου είναι υπό μορφή ορατού και υπεριώδους φωτός.



Η μονάδα της φωτεινής έντασης: Καντέλα (cd)

Το φως είναι εκείνο το μέρος του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που το ανθρώπινο μάτι μπορεί να δει. Βρίσκεται μεταξύ περίπου 400 και 700 nanometers. Όλες οι μονάδες για τη μέτρηση και τον καθορισμό του φωτός είναι βασισμένες στην καντέλα, που είναι η μονάδα που καθορίζει τη φωτεινή ένταση από μια μικρή πηγή, σε μια ιδιαίτερη κατεύθυνση. Αυτή η μονάδα ορίστηκε αρχικά ως η

φωτεινή ένταση που εκπέμπεται από μια φλόγα κεριού.



Η πιο πρόσφατη τυποποίηση ορίζει ως Candela τη λάμψη από το πυρακτωμένο λευκόχρυσο (τη στιγμή που αρχίζει η τήξη του). Ο τρέχων καθορισμός απομακρύνεται ριζικά από τις προηγούμενες διατυπώσεις, επειδή ορίζεται πλέον η φωτεινή ένταση σαν μια μονάδα που αντιπροσωπεύει γενικά την ακτινοβόλουσα ενέργεια, τα Watt, ή το τζάουλ ανά δευτερόλεπτο. Η καντέλα δεν είναι επομένως μια θεμελιώδη μονάδα, επειδή καθορίζεται τώρα σε συνάρτηση μιας άλλης θεμελιώδους μονάδας του Si.

Ιστορικά, η μονάδα ενέργειας των μηχανικών, το **Watt**, έχει χωριστεί από τη μονάδα της **φωτεινής έντασης**, που είναι επίσης μια μορφή ενέργειας, επειδή το μάτι έχει μια ποικίλη ευαισθησία πέρα από το οπτικό φάσμα, που είναι σχετικά αναισθητο στο μπλε και στο κόκκινο φως. Αυτή η ακτινοβολία μπορεί να κάνει μια βαθιά εντύπωση στο θεατή, σε σχέση με το κιτρινοπράσινο φως, αλλά περισσότερα Watt της ακτινοβολίας απαιτούνται να φθάσουν για να δημιουργήσουν ένα σήμα στον εγκέφαλο. Λόγω αυτού η καντέλα πρέπει να καθοριστεί ως ακτινοβολία σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Αυτό κάνει τον καθορισμό μάλλον δύσκολο, επειδή δεν υπάρχει κανένα τέτοιο φως που μπορούμε να αγοράσουμε μέσα ένα κατάστημα λαμπτήρων. Ο απλός συμβολισμός του κεριού έχει εξαφανιστεί στην ανελέητη προσπάθεια για επιστημονική ακρίβεια.

Καθορισμός:

Καντέλα είναι η φωτεινή_ένταση, σε μια δεδομένη κατεύθυνση, μιας πηγής που εκπέμπει τη μονοχρωματική ακτινοβολία της συχνότητας 540×10^{12} Hertz και που

έχει μια ακτινοβόλο ένταση σε εκείνη την κατεύθυνση της τάξης του $1/683$ Watt ανά στερακτίνο.

Η συχνότητα που επιλέγεται είναι αυτή στην οποία το μάτι είναι πιο ευαίσθητο. Αυτή η συχνότητα αναφέρεται κανονικά ως αντίστοιχο μήκος κύματος: 555 nanometer. Το μήκος κύματος ποικίλλει από το μέσο μέσω του οποίου το φως περνά, έτσι, για χάρη της ακρίβειας, η σχετικά γνωστή περιγραφή μήκους κύματος φωτός δεν χρησιμοποιείται στα πρότυπα.

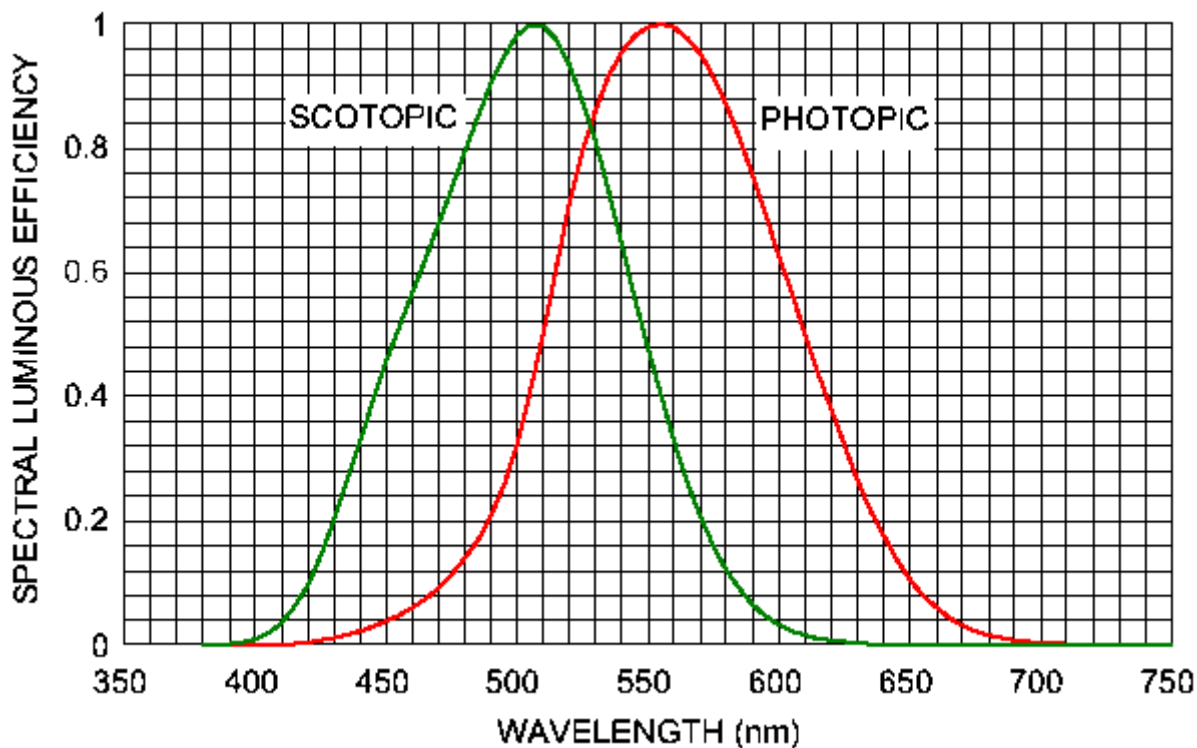
Η παράξενη επιλογή του αριθμού 683 είναι να κατασταθεί η αξία ίδια με αυτήν που είχαμε με τον προηγούμενο ορισμό της μονάδας: η εκπομπή από 1 τετραγωνικό εκατοστόμετρο του πυρακτωμένου, σταθεροποιημένου λευκόχρυσου.

Το στερακτίνο είναι ο κώνος της ελαφριάς διάδοσης έξω από την πηγή που θα φώτιζε ένα τετραγωνικό μέτρο της εσωτερικής επιφάνειας μιας σφαίρας 1 ακτίνας μ γύρω από την πηγή.

Η ελαφριά ένταση που έρχεται προς τον παρατηρητή υποτίθεται ότι σε όλες τις γωνίες μέσα στο στερακτίνο έχει την ίδια ένταση. Δεν ανταποκρίνεται όμως στην πράξη: κάποιος μπορεί τέλεια και σωστά να μετρήσει τη φωτεινή ένταση μιας ακτίνας φάρου, ξέροντας ότι καλύπτει λιγότερο από ένα εκατοστό ενός στερακτινίου. Κάποιος μετρά το φως που παραλαμβάνεται από έναν μικρό αισθητήρα γνωστής επιφάνειας και πολλαπλασιάζει αυτό για να δώσει την αντίστοιχη τιμή για ένα στερακτίνο.

Η φωτεινή εκπομπή δεν είναι η ίδια με την αντιληπτή φωτεινότητα της πηγής όταν την εξετάζουμε. Ο καθορισμός υπονοεί μια μικρή πηγή, επειδή το ενεργειακό ρεύμα από την ορίζεται ως η ενέργεια μέσα σε μια δεδομένη στερεά γωνία, ανεξάρτητη από την απόσταση του οργάνου μέτρησης. Εάν η πηγή είναι πολύ μικρή, ένας μικροσκοπικός φανός αλογόνου χαλαζία για παράδειγμα, η φωτεινότητα θα εμφανιστεί να είναι έντονη ακόμα κι αν η εκπομπή της είναι μια καντέλα. Εάν η πηγή είναι, όπως ένα κερί, μικρή αλλά όχι πραγματικά ένα σημείο, θα πάρετε μια εντύπωση ενός μικρού τομέα φωτός μέτριας φωτεινότητας, ακόμα κι αν η ένταση είναι επίσης μια καντέλα. Η προφανής φωτεινότητα μιας πηγής όταν την εξετάζετε άμεσα δεν πρέπει να συγχέετε με τη φωτεινή εκπομπή της. Η φωτεινότητα μιας πηγής μετριέται ως καντέλα ανά τετραγωνικό μέτρο. Όλα όσα είναι ορατά μπορούν να θεωρηθούν ως πηγή φωτός.

Καμπύλη V-lambda



Η μέτρηση της φωτεινής έντασης από μια χρήσιμη πηγή φωτός απαιτεί πρόσθετες πληροφορίες: τη σχετική ευαισθησία του ματιού στα διαφορετικά μήκη κύματος. Η φωτεινή ένταση μιας "άσπρης" πηγής φωτός καθορίζεται με τον πολλαπλασιασμό των Watt που εκπέμπονται σε κάθε μήκος κύματος από την αποδοτικότητα εκείνου του μήκους κύματος στη διέγερση του ματιού, συνδέοντάς το με την αποδοτικότητα των 555 nm. Αυτός ο παράγοντας αποδοτικότητας αναφέρεται ως καμπύλη β-λάμδα.

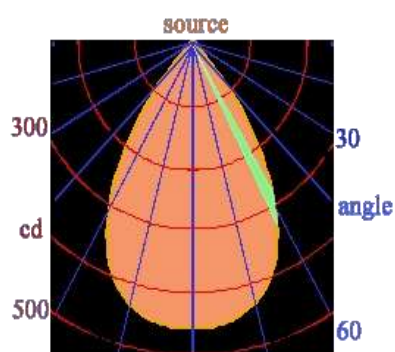
Αυτή η καμπύλη, που λαμβάνεται με τον υπολογισμό μέσου όρου των αποτελεσμάτων από πειράματα με πολλούς ανθρώπους, έχει τυποποιηθεί από καιρό ως ουσιαστικό συστατικό στην ποσοτική περιγραφή του φωτός. Η καμπύλη καθορίζει τη σχέση μεταξύ της ανθρώπινης αίσθησης του φωτός και της φυσικής έννοιας της ενέργειας, η οποία είναι η ποσότητα στην οποία η όργανο μέτρησης αντιδρά. Η φωτοτυπική καμπύλη είναι η χαρακτηριστική καμπύλη φωτός μιας κοινής ημέρας και σκοτοτυπική είναι χαρακτηριστική καμπύλη νύχτας.

Τα Watt που εκπέμπονται από μια πηγή φωτός μπορούν να μετρηθούν αν απορροφήσει όλο το φως μια τέλεια μαύρη επιφάνεια και μετρηθεί η θερμότητα που παράγεται. Ένα φίλτρο που αντιστοιχεί στην καμπύλη V-Lambda μπορεί να τοποθετηθεί μπροστά από το μαύρο συλλέκτη για να μετατρέψει το αποτέλεσμα σε αυτό που το ανθρώπινο μάτι και ο εγκέφαλος θεωρούν ως "φωτεινότητα". Τα

συνηθισμένα όργανα μέτρησης περιέχουν ειδικούς αισθητήρες που μετατρέπουν το απορροφημένο φως κάτω από την καμπύλη V-Lambda σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Το lumen και το lux

Μια πηγή φωτός εκπέμπει με μια ένταση σε μια δεδομένη κατεύθυνση που μετριέται σε καντέλα. Οι κατασκευαστές των λαμπτήρων και των συναρμολογήσεων λαμπτήρων εκδίδουν τα διαγράμματα που παρουσιάζουν τη διανομή της ελαφριάς έντασης σε όλες τις κατευθύνσεις.



Η χλωμή πράσινη ακτίνα δείχνει ότι αυτό το ιδιαίτερο φως σημείων wide.angle εκπέμπει 300 Cd σε μια κατεύθυνση 30 ° από τον άξονά του. Η φωτεινή ένταση άμεσα μπροστινή είναι 460 Cd.

Η τιμή της καντέλας είναι ανεξάρτητη από την απόσταση. Κάποιος μπορεί να το θεωρήσει σαν την εκπομπή από το λαμπτήρα, που χάνει έπειτα το ενδιαφέρον για αυτό που συμβαίνει στα φωτόνια έχουν εκτιναχθεί. Χρειαζόμαστε μια νέα μονάδα για την μικρή ενέργεια που κινείται μέσω του χώρου στην κατεύθυνση του αντικειμένου μας.

Αυτή η μονάδα του αόρατου φωτός κατά τη μεταφορά είναι το lumen.

Ο επίσημος καθορισμός lumen, η μονάδα φωτεινότητας flux, είναι:

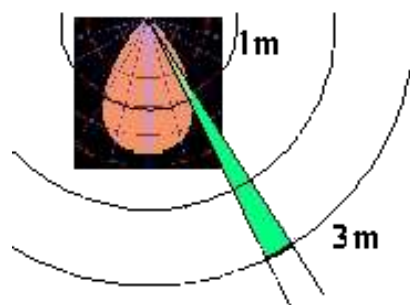
Ο φωτισμός flux dF από μια πηγή φωτεινής έντασης I (cd) σε ένα στοιχείο της στερεάς γωνίας dR δίνεται από τον τύπο $dF = IdR$

Σε απλή γλώσσα: Η ροή από μια πηγή φωτός είναι ίση με την ένταση σε καντέλα που πολλαπλασιάζεται με τη στερεά γωνία πέρα από την οποία το φως εκπέμπεται, λαμβάνοντας υπόψη την ποικίλη ένταση στις διαφορετικές κατευθύνσεις.

Η καντέλα είναι μια μονάδα έντασης: μια πηγή φωτός μπορεί να εκπέμπει ένταση μιας καντέλας προς όλες τις κατευθύνσεις, ή μια καντέλα ακριβώς σε μια στενή ακτίνα. Η ένταση είναι η ίδια αλλά η συνολική ενεργειακή ροή από το λαμπτήρα, σε

μονάδες Lumens, δεν είναι η ίδια. Η παραγωγή από έναν λαμπτήρα αναφέρεται συνήθως στις μονάδες lumens, που αθροίζονται σε όλες τις κατευθύνσεις, μαζί με το διάγραμμα διανομής σε καντέλα, που παρουσιάζεται ανωτέρω.

Μια άλλη ποσότητα που αναφέρεται συχνά στους καταλόγους είναι μονάδες lumen/Watt. Η μονάδα lumen προέρχεται τυπικά από την καντέλα, η οποία είναι βασισμένη στο φως ενός ενιαίου μήκους κύματος. Ένας πρακτικός λαμπτήρας πολλών μηκών κύματος υπολογίζει την παραγωγή μονάδων lumen από το wattage εκπεμπόμενο ως ακτινοβολία που πολλαπλασιάζεται με τη φωτεινή αποδοτικότητα σε κάθε μήκος κύματος, όπως περιγράφεται στο τμήμα καντέλας.



Το διάγραμμα δίνει ακριβώς τις τιμές καντέλας που εκπέμπονται από το λαμπτήρα. Ο σχεδιαστής πρέπει να μεταφράσει αυτό σε ενέργεια που αφορά ένα αντικείμενο σε οποιαδήποτε απόσταση από το λαμπτήρα. Η ενεργειακή πυκνότητα που χτυπά ένα αντικείμενο δίνεται στις μονάδες lumen ανά τετραγωνικό μέτρο, γνωστό γενικά ως lux.

Αυτή η τιμή μπορεί εύκολα να υπολογιστεί από το διάγραμμα για μια πηγή σημείου. Η τιμή μιας καντέλας που δίνεται για 60 μοίρες, 300, αντιστοιχεί 300 lumens ρέοντας έξω σε έναν κώνο ενός στερακτινίου, σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται ανωτέρω. Ένα στερακτίνο καλύπτει ένα τετραγωνικό μέτρο στην επιφάνεια μιας σφαίρας της ακτίνας 1 μέτρου. Εάν ένα αντικείμενο ήταν σε αυτήν την απόσταση θα ελάμβανε 300 lumens ανά τετραγωνικό μέτρο. Για να αναγάγετε την τιμή για οποιαδήποτε άλλη απόσταση, χρησιμοποιήστε ακριβώς τον αντίστροφο τετραγωνικό νόμο. Σε 3 μέτρα μακριά από το λαμπτήρα τα flux σε ένα τετραγωνικό μέτρο έχει πέσει σε έναν ένατο $300 \text{ lumens} = 33$. Η τιμή lux είναι επομένως 33.

Η ροή lumen από μια πρακτική πηγή φως είναι το ποσό της ενέργειας σε κάθε ζώνη μήκους κύματος, που πολλαπλασιάζεται με τη φωτεινή αποδοτικότητα εκείνου του μήκους κύματος. Η τιμή lumen δεν περιέχει καμία πληροφορία για το εάν η φωτεινή ροή εξουσιάζεται από την ενέργεια στο φωτεινά ανεπαρκές μπλε μήκος κύματος ή, όπως με έναν λαμπτήρα βολφραμίου, παρέχεται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη φωτεινά ανεπαρκή ακτινοβολία στο κόκκινο τέλος του φάσματος.

Μονάδες Έντασης φωτισμού & Μετατροπές

(βασικές μονάδες, lumens / μονάδα επιφάνειας)

Ποσότητα	Μονάδα	Σύντμηση
Φωτεινή ένταση	candela = candlepower	cd
Ένταση φωτισμού	lm / sq-m	lx or lux

Χρησιμοποιήστε τις μετατροπές:

1 footcandle =	1 lumen per square foot
1 footcandle =	10.76 lumen / sq-m
1 footcandle =	10.76 lux
1 lumen =	1/683 watts @ 555nm
1 Lux =	1 lumen / sq-m
1 watt second =	1 joule = 10^7 ergs

Μονάδες φωτεινότητας & Μετατροπές

(βασικές μονάδες, lumens/ στερακτίνο X μονάδα επιφάνειας)

Ποσότητα	Μονάδα	Σύντμηση
Φωτεινή ροή	lumen	Lm
Ένταση φωτισμού	lm / sq-m	lx or lux

Χρησιμοποιήστε τη μετατροπή

1 lambert =	3,183 cd / sq-m
1 footlambert =	3.426 cd / sq-m

1 candela / sq-ft	10.76 cd / sq-m
-------------------	-----------------

Τυπικά επίπεδα φωτεινότητας και έντασης φωτισμού

<u>Υπαίθριος</u>	<u>Ένταση φωτισμού (lux)</u>	<u>Φωτεινότητα (cd m⁻²)</u>
Φωτεινός ήλιος	50K - 100K	3K - 6K
Μουντή ημέρα	25K - 50K	1.5K - 3K
Νεφελώδης φωτεινός	10K - 25K	600 - 1.5K
Νεφελώδης θαμπός	2K - 10K	120 - 600
Πολύ θαμπός	100 - 2K	6 - 120
Ηλιοβασίλεμα	1 - 100	0.06 - 6
Πλήρες φεγγάρι	0.01 - 0.1	0.0006 - 0.006
Αστροφεγγιά	0.001 - 0.001	0.000006 - 0.00006

<u>Εσωτερικός</u>	<u>Ένταση φωτισμού (lux)</u>	<u>Φωτεινότητα (cd m⁻²)</u>
Λειτουργούν θέατρο	5K - 10K	300 - 600
Προθήκες	1K - 5K	60 - 300
Γραφείο σχεδίων	300 - 500	18 - 30
Γραφείο	200 - 300	12 - 18
Καθιστικά	50 - 200	3 - 12
Διάδρομοι	50 - 100	3 - 6
Καλός φωτισμός οδών	20	1.2
Φτωχός φωτισμός οδών	0.1	.006

Στο κατώτατο όριο όρασης ο παρατηρητής μπορεί να δει μια λάμψη σε απόλυτο σκοτάδι εάν στέλνονται κατά μέσον όρο 90 φωτόνια στον κερατοειδή χιτώνα ή 9 στον αμφιβληστροειδή. Αυτό είναι ισοδύναμο με ένα κερί σε 30 μίλια σε μια σαφή νύχτα.

Ταξινομήσεις των συσκευών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

Άμεσης ή Έμμεσης εκμετάλλευσης

Οι συσκευές εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν ως άμεσης ή έμμεσης εκμετάλλευσης. Ο χαρακτηρισμός είναι ανάλογος με τους μετασχηματισμούς που δέχεται η ηλιακή ενέργεια μέχρι να μετατραπεί σε μια εκμεταλλεύσιμη μορφή ενέργειας

Έτσι άμεση εκμετάλλευση έχουμε όταν περιλαμβάνεται μόνο ένας μετασχηματισμός σε μια χρησιμοποιήσιμη μορφή.

Παραδείγματα:

- Το φως του ήλιου χτυπά το φωτοβολταϊκό κύτταρο_ που δημιουργεί την ηλεκτρική ενέργεια. (τα φωτοβολταϊκά είναι ταξινομημένα όπως άμεσα αν και η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται συνήθως σε μια άλλη μορφή ενέργειας όπως η ελαφριά ή μηχανική ενέργεια πριν γίνει χρήσιμη.)
- Το φως του ήλιου χτυπά μια σκουρόχρωμη επιφάνεια και η επιφάνεια θερμαίνεται έτσι μετατρέπεται το φως σε θερμότητα με την αλληλεπίδραση με το θέμα. Η θερμότητα χρησιμοποιείται για να θερμάνει ένα δωμάτιο ή νερό.

Η έμμεση ηλιακή εκμετάλλευση περιλαμβάνει περισσότερους από έναν μετασχηματισμούς για να φθάσει σε μια χρησιμοποιήσιμη μορφή.

Παράδειγμα:

- Η φωτοσύνθεση μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε χημική ενέργεια, (πετρέλαιο , άνθρακας) η οποία μπορεί αργότερα να καεί ως καύσιμο σε διάφορες εγκαταστάσεις.
- Υδροηλεκτρικά φράγματα και οι ανεμογεννήτριες τροφοδοτούνται έμμεσα από τον ήλιο. Ο ήλιος είναι υπεύθυνος για τον κύκλο του νερού αλλά και για την κίνηση των αέριων μαζών.

Ενεργητικά & Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα **παθητικά ηλιακά** συστήματα είναι συστήματα που δεν περιλαμβάνουν την κατανάλωση οποιασδήποτε άλλης μορφής ενέργειας εκτός από το εισερχόμενο φως του ήλιου. Λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια.

Τα **ενεργητικά ηλιακά** συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν πρόσθετους μηχανισμούς όπως αντλίες κυκλοφορίας, ανεμιστήρες αέρα ή αυτόματα συστήματα που στοχεύουν τους συλλέκτες στον ήλιο, καταναλώνουν δηλαδή εξωτερική ενέργεια. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό.

Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.



Η επιφάνεια ηλιακών συστημάτων που βρίσκονται σε λειτουργία στη χώρα μας είναι περίπου 2.800.000 m² (στοιχεία 2001). Ήδη, περισσότερες από 1.000.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτουν περίπου 80% των ετησίων αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα. Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών και η ποιότητα τους γενικά έχουν βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια. Η Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σε όλη την Ευρώπη και μάλιστα σε χώρες με ιδιαίτερη βιομηχανική παράδοση, όπως η Γερμανία.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή

ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30°-60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη.

Μια άλλη εφαρμογή που έχει εξαπλωθεί στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες για τη θέρμανση χώρων, θεωρείται τεχνικά αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη/κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών ωφελειών, κ.λπ.) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Είναι πάντως, πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

Παθητικά Συστήματα Θέρμανσης - Δροσισμού Φωτισμού

Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα είναι αναπόσπαστα κομμάτια – δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια.

Τα Παθητικά Συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σημεία που θα πρέπει να συγκρατήσουμε:

- ❖ Τα κτίρια είναι σημαντικοί καταναλωτές ενέργειας και συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή, προκαλώντας σοβαρή περιβαλλοντική επιβάρυνση.
- ❖ Ζώντας μέσα στα κτίρια, μπορούμε να κάνουμε τη ζωή μας πιο άνετη, να προστατεύσουμε το περιβάλλον και την υγεία μας και να βελτιώσουμε την ποιότητα διαβίωσής μας. Μπορούμε λοιπόν να τα χρησιμοποιούμε ορθολογικά για το σκοπό αυτό.
- ❖ Η ενέργεια που καταναλώνουμε στα κτίρια κοστίζει. Αξίζει να αναρωτηθούμε για το ποιος πληρώνει αυτή την κατανάλωση και για ποιο σκοπό.
- ❖ Όλοι επηρεάζουμε την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων στα οποία διαβιούμε. Εφόσον γνωρίζουμε για το σωστό σχεδιασμό, τα υλικά και τη χρήση των τεχνολογιών μπορούμε να εφαρμόσουμε ό,τι είναι εφικτό σε κάθε περίπτωση. Κάθε ενέργεια, ακόμα και η πιο απλή, μπορεί να έχει ενεργειακό όφελος για το κτίριό μας.
- ❖ Ο ήλιος θερμαίνει και τα κτίρια. Μπορούμε να αξιοποιήσουμε τη γνώση αυτή με τα παθητικά ηλιακά συστήματα και το βιοκλιματικό σχεδιασμό.
- ❖ Προστατεύουμε τα κτίρια από το κρύο και τη ζέστη με την κατάλληλη μόνωση.
- ❖ Όπως προστατεύομαστε από τον ήλιο το καλοκαίρι, μπορούμε και να προστατεύσουμε τα κτίριά μας.
- ❖ Ο φυσικός δροσισμός, σε σχέση με τα κλιματιστικά (*air condition*), δεν έχει μόνο ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, αλλά αποτελεί και μια διαφορετική προσέγγιση με στόχο την ανθρώπινη άνεση και ευεξία.
- ❖ Μπορούμε να αξιοποιούμε τις φυσικές πηγές, μειώνοντας παράλληλα τα εσωτερικά φορτία των κτιρίων.
- ❖ Μπορούμε να αξιοποιήσουμε το φυσικό φως του ήλιου, αλλά πρέπει να κατανοούμε και να αντιμετωπίζουμε το φαινόμενο της θάμβωσης.
- ❖ Τα κτίρια θα πρέπει να λειτουργούν ορθολογικά για να εξασφαλίζεται η απόδοση των παθητικών συστημάτων και των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας. Να μην ξεχνάμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε παράθυρα και τα στόρια όποτε πρέπει.

❖ Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η κατανάλωση ενέργειας προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αντίθετα, τα βιοκλιματικά και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτίρια βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων μέσα σε αυτά.

Λειτουργία Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.



H

συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα.

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι

διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

❖ **Ηλιακοί τοίχοι** : Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (*τοίχος θερμικής αποθήκευσης*), είτε μέσω θυρίδων (*θερμοσιφωνικό πάνελο*) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες *τοίχος Trombe - Michel* .

❖ **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)** : Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

❖ **Ηλιακά αίθρια:** είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού

Οι πιο συνηθισμένες και απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού είναι:

❖ Η **ηλιοπροστασία** (σκίαση) του κτιρίου, η οποία επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους και μέσα, όπως η φυσική βλάστηση, τα γεωμετρικά στοιχεία (προεξοχές) του κτιρίου, σκίαστρα μόνιμα ή κινητά, εξωτερικά ή εσωτερικά των ανοιγμάτων,

υαλοπίνακες με ειδικές επιστρώσεις ή ειδικής επεξεργασίας (ανακλαστικοί, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί, κ.λ.π.).

❖ Ο φυσικός εξαερισμός με κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο πάνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.



❖ Ο νυκτερινός **διαμπερής αερισμός** είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυκτερινός αερισμός συνεισφέρει στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, με αποτέλεσμα την μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

❖ Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα **ανεμιστήρων οροφής**, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις (περίπου 2-3°C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.

❖ Η **χρήση της θερμικής μάζας** για τη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

❖ **Μείωση των εσωτερικών κερδών** του κτιρίου (θερμότητα που παράγεται από τις ηλεκτρικές, κυρίως συσκευές).

Άλλες μέθοδοι παθητικού δροσισμού πιο σύνθετες και όχι τόσο ευρείας εφαρμογής, επιφέρουν επιπρόσθετα οφέλη ψύξης, και είναι:

- ✦ **Θερμική προστασία** του κτιριακού περιβλήματος με τεχνικές όπως φυτεμένο δώμα, αεριζόμενο κέλυφος, ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών, φράγμα ακτινοβολίας.
- ✦ Ενίσχυση του φυσικού εξαερισμού με **πύργους αερισμού ή ηλιακές καμινάδες**
- ✦ **Δροσισμός με εξάτμιση νερού** με τεχνικές όπως: επιφάνειες νερού, πύργος δροσισμού, ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης), ή και βλάστηση (μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών)
- ✦ Δροσισμός με **απόρριψη της θερμότητας στην ατμόσφαιρα** με ακτινοβολία στο νυχτερινό ουρανό
- ✦ Δροσισμός με **απόρριψη της θερμότητας από το κτίριο στη γη** με αγωγή, (υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια, ή υπεδάφιο σύστημα αγωγών και εναλλάκτες εδάφους-αέρα).

Στο έργο μας αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε ένα ηλιακό τοίχο TROMBE και σύμφωνα με τα παραπάνω ενσωματώνουμε τεχνικές όπως χρήση θερμικής μάζας, θερμική προστασία, διαμπερή αερισμός, απόρριψη θερμοκρασίας στο περιβάλλον με ακτινοβολία και ηλιακή καμινάδα, με σκοπό τη θέρμανση και το δροσισμό μιας αίθουσας ανάλογα με την επιθυμία μας.

Για να εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνονται όλα αυτά θα πρέπει να εξηγήσουμε έννοιες όπως ηλιακός συλλέκτης, τοίχος TROMBE καθώς και έννοιες που είναι άμεσα συνυφασμένες με αυτές.

Ηλιακός Συλλέκτης

Ένας **ηλιακός συλλέκτης** είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε μια πιο χρησιμοποιήσιμη και αποθηκεύσιμη μορφή ενέργειας. Η ενέργεια του ηλιακού φωτός είναι υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκη κύματος από τις υπέριθρες ακτίνες έως τις υπεριώδεις. Η ηλιακή ενέργεια που χτυπά τη γήινη επιφάνεια σε οποιοδήποτε χρόνο εξαρτάται από τους όρους και τη θέση της επιφάνειας, αλλά συνολικά, υπολογίζει κατά μέσο όρο περίπου **200 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο.**

Ένας χαρακτηριστικός ο ηλιακός θερμικός συλλέκτης χρησιμοποιεί το νερό ως μέσο αποθήκευσης, επειδή έχει υψηλή θερμική ικανότητα και μπορούμε πολύ εύκολα να χειριστούμε. Η άμεση ακτινοβολία συλλαμβάνεται χρησιμοποιώντας μια μαύρη-χρωματισμένη επιφάνεια που απορροφά την ακτινοβολία και την διευθύνει στο μέσο αποθήκευσης. Το μέταλλο κάνει το αγωγό της θερμότητας, χαλκός ή αλουμίνιο είναι καλύτερο. Με την επένδυση της επιφάνειας με μαύρο χρώμα η επιφάνεια θα απορροφήσει εύκολα την ακτινοβολία. Ειδικά "υλικά εκλεκτικής επιφάνειας" μπορούν να επιλεγούν για να μειώσουν την απώλεια θερμότητας λόγω εκπομπής.

Δεδομένου ότι ο συλλέκτης ο ίδιος θερμαίνεται, θα αρχίσει να ακτινοβολεί τη θερμότητα πίσω στο διάστημα, το οποίο μειώνει την αποδοτικότητά του. Αυτό αντιμετωπίζεται με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, ένα πλαίσιο γυαλιού τοποθετείται επάνω από τον συλλέκτη με σκοπό να παγιδέψει την ακτινοβολούσα θερμότητα μέσα στον εναέριο χώρο μεταξύ γυαλιού και συλλεκτικής επιφάνειας. Αυτό εκμεταλλεύεται το αποκαλούμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου, που είναι σε αυτήν την περίπτωση αποτέλεσμα της ιδιότητας του γυαλιού - να διαβιβάζει εύκολα ηλιακή ακτινοβολία στο ορατό και υπεριώδες φάσμα, αλλά δεν διαβιβάζει πολύ καλά την υπέρυθη ακτινοβολία χαμηλότερης συχνότητας που εκπέμπει ο συλλέκτης. Το γυαλί για περισσότερη απόδοση μπορεί να είναι και διπλό θερμομονωτικό. Ο δεύτερος τρόπος βελτίωσης της απόδοσης του συλλέκτη είναι η ψύξη του. Αυτό γίνεται εύκολα αν διοχετεύσουμε νερό το οποίο θα απάγει την θερμότητα από την επιφάνεια του συλλέκτη. Το νερό μεταφέρει την απορροφημένη θερμότητα δροσίζοντας έτσι το πιάτο. Το θερμό νερό είτε αποθηκεύεται άμεσα, είτε περνά μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας για να θερμάνει μια άλλη δεξαμενή του νερού, ή χρησιμοποιείται για να θερμάνει ένα κτήριο άμεσα. Το διαφορικό θερμοκρασίας σε έναν αποδοτικό ηλιακό συσσωρευτή είναι συνήθως μόνο 10 ή 20 βαθμοί, ένα μεγάλο διαφορικό μπορεί να φανεί εντυπωσιακό, αλλά είναι στην πραγματικότητα μια ένδειξη ενός λιγότερο αποδοτικού σχεδίου.

Οι δύο κύριοι τύποι συστημάτων ηλιακών συσσωρευτών είναι θερμοσιφωνικός και αντλημένος. Στο θερμοσιφωνικό σύστημα, η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετείται επάνω από το συλλέκτη. Δεδομένου ότι το νερό στο συλλέκτη θερμαίνεται, θα αρχίσει φυσικά να κυκλοφορεί στη δεξαμενή. Το ζεστό νερό θα ανέβει στη δεξαμενή και έτσι θα σύρει το πιο κρύο νερό από το κατώτατο σημείο της δεξαμενής στο κάτω μέρος του συλλέκτη για να ζεσταθεί και αυτό με την σειρά του και να συνεχιστεί έτσι ο κύκλος θέρμανσης του νερού. Αυτό το σύστημα δεν απαιτεί κανένα κινούμενο

μέρος ή η εξωτερική ενέργεια, είναι έτσι πολύ ελκυστικό. Το κύριο μειονέκτημά του είναι η ανάγκη για τη δεξαμενή να είναι επάνω από το συλλέκτη, η οποία μπορεί να αποδειχθεί φυσικά δύσκολη. Ένα αντλημένο σύστημα χρησιμοποιεί αντλία για να κυκλοφορήσει το νερό, έτσι η δεξαμενή μπορεί να είναι κάτω από το συλλέκτη. Αυτό το σύστημα απαιτεί εξωτερική ενέργεια για να λειτουργήσει η αντλία (η οποία μπορεί να είναι ηλιακή ενέργεια, δεδομένου ότι το νερό πρέπει μόνο να κυκλοφορεί όταν υπάρχει φως του ήλιου). Απαιτεί επίσης τον έλεγχο ηλεκτρονικά για να μετρήσει την μεταφορά θερμότητας από το συλλέκτη προς το υπόλοιπο σύστημα και να διαμορφώσει ανάλογα τον τρόπο λειτουργίας της αντλίας.

Οι ηλιακοί συσσωρευτές μπορούν να τοποθετηθούν σε μια στέγη αλλά πρέπει να έρχονται αντιμέτωπος με τον ήλιο, έτσι στο νότιο ημισφαίριο ο συλλέκτης πρέπει να είναι στραμμένος προς το Βορρά ενώ στο βόριο ημισφαίριο προς το Νότο. Οι συλλέκτες συνήθως κατασκευάζονται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της θέσης που θα τοποθετηθούν εξαιτίας της χειμερινής θέσης του ήλιου. Όπου η ηλιοφάνεια είναι εύκολα διαθέσιμη, μια συστοιχία περίπου 6-10 m² θα παράσχει όλη τη θέρμανση καυτού νερού που απαιτείται για ένα χαρακτηριστικό οικογενειακό σπίτι. Τέτοια συστήματα είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό της βιώσιμης κατοικίας, δεδομένου ότι η θέρμανση νερού και χώρου είναι συνήθως ο μεγαλύτερος ενιαίος καταναλωτής της ενέργειας στις οικογένειες.

Τοίχος Trombe

Ένας **τοίχος Trombe** είναι ένας τοίχος που χτίζεται από υλικό που μπορεί να ενεργήσει ως θερμική μάζα, όπως πέτρα, σκυρόδεμα, πλίνθοι ή δεξαμενές νερού, μπροστά από τον οποίο αφήνεται ένα διάκενο περίπου 10-15 εκατοστών και μετά τοποθετούνται υαλοπίνακες, κυρίως θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, διαμορφώνοντας έτσι έναν μεγάλο ηλιακό θερμικό συλλέκτη.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας το φως του ήλιου εισέρχεται μέσω του γυαλιού και χτυπά την επιφάνεια της θερμικής μάζας, η οποία είναι σκουρόχρωμη, και η απορροφούμενη ενέργεια θερμαίνει την θερμική μάζα. Ο αέρας μεταξύ των υαλοπινάκων και της θερμικής μάζας θερμαίνεται (μέσω διεξαγωγής) και ακολουθεί μια ανοδική πορεία, με αποτέλεσμα να απάγει την θερμότητα από την θερμική μάζα με μεταφορά. Οι θερμές αέριες μάζες μέσω των ανοιγμάτων στο επάνω μέρος του τοίχου κινούνται προς το χώρο διαβίωσης ενώ ο δροσερός αέρας από την περιοχή

διαβίωσης εισάγεται μέσω των ανοιγμάτων που βρίσκονται κοντά στο κατώτατο σημείο του τοίχου στο εσωτερικό του.

Τη νύχτα ένα σύστημα διαφραγμάτων κλείνει τις εισόδους και αποτρέπει έτσι την ανάστροφη ροή ενέργειας που θα μπορούσε να δροσίσει την περιοχή διαβίωσης. Η θερμότητα που αποθηκεύτηκε στη θερμική μάζα ακτινοβολείται τώρα στην περιοχή διαβίωσης.

Οι κοινές τροποποιήσεις στον τοίχο Trombe περιλαμβάνουν:

- διέξοδο εξάτμισης κοντά στην κορυφή που ανοίγει προς το εξωτερικό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.
- Παράθυρα στον τοίχο trombe. Αυτό χαμηλώνει την αποδοτικότητα αλλά μπορεί να γίνει για φυσικό φωτισμό ή αισθητικούς λόγους. Εάν η εξωτερική τοποθέτηση υαλοπινάκων έχει το υψηλό βαθμό μετάδοσης υπεριώδης ακτινοβολίας και το παράθυρο στον τοίχο trombe είναι κανονικό γυαλί αυτό επιτρέπει την αποδοτική χρήση του υπεριώδους φωτός για τη θέρμανση προστατεύοντας τους ανθρώπους όμως από τις επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας.
- Ανεμιστήρες ηλεκτρικοί που ελέγχονται από θερμοστάτες.
- Σταθερά ή κινητά σκίαστρα.
- Trellises
- Κάλυψη μόνωσης που χρησιμοποιείται τη νύχτα πάνω στην επιφάνεια τοποθέτησης υαλοπινάκων.
- Σωλήνες ή δεξαμενές ύδατος ως τμήμα ενός ηλιακού συστήματος καυτού νερού.
- Δεξαμενές ψαριών ως θερμική μάζα.
- Χρησιμοποίηση κατάλληλης εκλεκτικής επιφάνειας για να αυξήσει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τη θερμική μάζα.

Η χρήση ενός τοίχου αυτής της μορφής συντελεί στην παθητική ηλιακή θέρμανση ενός κτιρίου , και ονομάστηκε έτσι το όνομα του Γάλλου εφευρέτη του **Felix Trombe** .

Κατασκευή τοίχων Trombe

Ένας χαρακτηριστικός τοίχος Trombe αποτελείται από έναν παχύ τεκτονικό (ενιαίας μάζας) τοίχο πάχους περίπου 40 εκατοστών (16-ίντσες) που βάφεται ή επενδύεται με

σκουρόχρωμο υλικό για καλύτερη θερμική απορρόφηση, και βρίσκεται πίσω από ένα υαλοστάσιο με διπλό θερμομονωτικό τζάμι.. Το γυαλί τοποθετείται περίπου 10 έως 15 εκατοστά μακριά από τον τεκτονικό τοίχο για να δημιουργήσει έναν μικρό χώρο με αέρα. Η θερμότητα από το φως του ήλιου που περνά μέσω του γυαλιού απορροφάται από τη σκοτεινή επιφάνεια, αποθηκεύεται στον τοίχο, και διευθύνεται αργά προς το εσωτερικό μέσω του υλικού του τοίχου.

Η εφαρμογή μιας εκλεκτικής επιφάνειας σε έναν τοίχο Trombe βελτιώνει την απόδοσή του με τη μείωση του ποσού υπέρυθρης ενέργειας που ακτινοβολείται πίσω μέσω του γυαλιού.

Η εκλεκτική επιφάνεια αποτελείται από ένα φύλλο αλουμινίου που κολλιέται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Απορροφά σχεδόν όλη την ακτινοβολία στην ορατή μερίδα του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ λίγο στην υπέρυθη σειρά. Η υψηλή απορροφητικότητα μετατρέπει το φως σε θερμότητα στην επιφάνεια του τοίχου, και η χαμηλή εκπομπή αποτρέπει τη ακτινοβολία θερμότητας πίσω προς το γυαλί.

Για έναν παχύ τοίχο Trombe 40 εκατοστών, η θερμότητα θα χρειαστεί περίπου 8 έως 10 ώρες για να φθάσει στο εσωτερικό του κτηρίου. Αυτό σημαίνει ότι τα δωμάτια παραμένουν άνετα κατά τη διάρκεια της ημέρας και θερμαίνονται ακόμη για πολλές ώρες μετά από τη δύση του ήλιου, μειώνοντας πολύ την ανάγκη για συμβατική θέρμανση. Άτομα που διαμένουν σε δωμάτια που θερμαίνονται από έναν τοίχο Trombe αισθάνονται συχνά πιο άνετα από εκείνα που διαμένουν σε δωμάτια που θερμαίνονται από σώματα βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα λόγω της ακτινοβολίας θερμότητας από την επιφάνεια του τοίχου, ακόμη και στις χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα.

Οι αρχιτέκτονες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους τοίχους Trombe από κοινού με τα παράθυρα, τις μαρκίζες και άλλα στοιχεία σχεδίου οικοδόμησης για να ισορροπήσουν ομοιόμορφα την απολαβή της ηλιακής θερμότητας. Τα στρατηγικά τοποθετημένα παράθυρα επιτρέπουν στη θερμότητα και το φως του ήλιου για να εισέλθουν σε ένα κτήριο νωρίς το πρωί αποφεύγοντας το έντονο φως και το υπερβολικό κέρδος θερμότητας στα μέσα του απογεύματος. Συγχρόνως, ο τοίχος Trombe απορροφά και αποθηκεύει τη θερμότητα για βραδινή χρήση.

Εκλεκτική επιφάνεια

Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες μπορούν να φέρουν μια ειδική **εκλεκτική επιφάνεια** η οποία επιλέγεται σύμφωνα με την αναλογία ακτινοβολία - απορρόφηση (άλφα) και την ακτινοβολία - εκπομπή (έψιλον), όπου μια υψηλότερη αναλογία σημαίνει και καλύτερη απόδοση. Επικάλυψη επιφανειών με υλικά ή βαφές που περιέχουν μίγμα από νικέλιο, χαλκό και μαύρο χρώμιο, το οποίο είναι πολύ ανθεκτικό στην υγρασία, τις οξειδωτικές ατμόσφαιρες και ακραίες θερμοκρασίες, είναι σε θέση να διατηρήσει τις εκλεκτικές ιδιότητές του για μεγάλο χρονικό διάστημα αλλά είναι πολύ ακριβό. Μια χαλύβδινη επιφάνεια ή επιφάνεια αργιλίου χρωματισμένη με μαύρο χρώμα είναι μια επιφάνεια συλλέκτη αρκετά φθηνή αλλά λιγότερο αποτελεσματική.

Θερμική μάζα

Με το γενικότερο όρο **θερμική μάζα** αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε μάζα που χρησιμοποιείται για να απορροφήσει και να κρατήσει θερμότητα. Υλικά με υψηλό συντελεστή ειδικής θερμότητας όπως η πέτρα, το σκυρόδεμα, η πλίθα ή το νερό έχουν καλύτερη απόδοση.

Η θερμική μάζα είναι συχνά συγκεχυμένη με τη μόνωση. Η θερμική μάζα χρησιμοποιείται και γύρω από τα κτήρια για να απορροφήσει ή να εκπέμψει τη θερμότητα. Η εσωτερική θερμική μάζα σε ένα καλά-μονωμένο κτήριο, όπως το σκυρόδεμα ή άλλες μορφές τεκτονικής, ή το νερό, μειώνει την ταλάντευση θερμοκρασίας στο εσωτερικό. Αυτή η απροθυμία να αλλαχτεί η θερμοκρασία συσχετίζεται με τη ειδική θερμοχωρητικότητα της μάζας. Το νερό έχει μια υψηλή ειδική θερμότητα και οι δεξαμενές νερού χρησιμοποιούνται συχνά ως θερμική μάζα.

Η θερμική μάζα χρησιμοποιείται συχνά στα συστήματα ηλιακής θέρμανσης για να απορροφήσει τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να απελευθερώσει τη θερμότητα στην περιοχή διαβίωσης κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η θερμική μάζα μπορεί επίσης να βοηθήσει κατά τη διάρκεια πιο μεγάλων περιόδων όπως μια συννεφιασμένη ημέρα. Στα απλά συστήματα ηλιακής θέρμανσης η θερμική μάζα μπορεί άμεσα να απορροφήσει το φως του ήλιου ενώ στα πιο σύνθετα συστήματα χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των συλλεκτών, της θερμικής μάζας και της περιοχής διαβίωσης, νερό ή αέρας.

Η γήινη προστασία είναι ένας άλλος σημαντικός αρχιτεκτονικός τρόπος χρήσης θερμικής μάζας. Με την τοποθέτηση των εξωτερικών τοίχων κάτω από την επιφάνεια

της γης, η θερμική της μάζα παρέχει αρκετά σταθερή θερμοκρασιακή διαφορά με αποτέλεσμα η ροή θερμότητας μέσω του παρακείμενου τοίχου να επιβραδύνεται πολύ.

Συγκεκριμένη ικανότητα θερμότητας (θερμοχωρητικότητα)

Η **συγκεκριμένη ικανότητα θερμότητας** (σύμβολο γ ή s , αποκαλούμενο επίσης **συγκεκριμένη θερμότητα**) μιας ουσίας ορίζεται ως η ικανότητα θερμότητας ανά μονάδα μάζας. Η μονάδα Si για τη συγκεκριμένη ικανότητα θερμότητας είναι το τζάουλ ανά χιλιόγραμμα Kelvin, το ποσό θερμικής ενέργειας (σε τζάουλ) που απαιτείται για να αυξήσει τη θερμοκρασία ενός χιλιόγραμμου της ουσίας κατά ένα βαθμό Kelvin. Η ικανότητα θερμότητας μπορεί να μετρηθεί με τη χρησιμοποίηση calorimeters.

Η ισοδύναμη χρησιμοποίηση καθορισμού ergs είναι το ποσό θερμικής ενέργεια, (που μετριέται μέσα ergs) που απαιτείται για να αυξήσει τη θερμοκρασία ενός γραμμαρίου της ουσίας κατά ένα βαθμό Κέλσιου ($\text{erg}/(1*(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}))$).

Άλλες μονάδες της συγκεκριμένης ικανότητας θερμότητας περιλαμβάνουν θερμίδες ανά βαθμό γραμμαρίου Κέλσιος ($\text{θερμ.}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ ή $\text{θερμ.}/(\text{g}\cdot\text{K})$) και Btu ανά βαθμό Fahrenheit λιβρών ($\text{btu}/\text{lb}\cdot^{\circ}\text{F}$)

Παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις ικανότητας θερμότητας

- **Θερμοκρασία:** Παραδείγματος χάριν, μετρώντας την ικανότητα θερμότητας του νερού έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα εάν η αφετηρία είναι 20 °C από 60 °C.
- **Διαμοριακές δυνάμεις:** Εάν ένα ρευστό έχει ισχυρές διαμοριακές δυνάμεις (όπως το υδρογόνο που συνδέει το νερό) η ικανότητα θερμότητας είναι πιθανό να είναι υψηλότερη.

Πίνακας συντελεστών ειδικής θερμοχωρητικότητας υλικών

Υλικό	μορφή	Ειδική
-------	-------	--------

		Θερμοχωρητικότητα J/(kg·K)
Αλουμίνιο	Στερεό	900
Brass	Στερεό	377
Χαρκός	Στερεό	385
Διαμάντι	Στερεό	502
Εθανόλη	Υγρό	246
Χρυσός	Στερεό	129
Γραφίτης	Στερεό	720
Σίδηρο	Στερεό	444
Υδράργυρος	Υγρό	139
Λάδι	Υγρό	≈ 2000
Νερό	Υγρό	4186
	Στερεό (0 °C)	2060
Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά		

Θερμίδα

Μια **θερμίδα** είναι η μονάδα ενέργεια_ που είναι ίση με το ποσό θερμότητας που είναι απαραίτητο να αυξήσει τη θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού κατά 1 βαθμό Κελσίου, σε πίεση 1 ATM. Αυτό το ποσό θερμότητας εξαρτάται από την αρχική θερμοκρασία του νερού, που οδηγεί στις διάφορες μονάδες που μοιράζονται το όνομα "της θερμίδας" αλλά που έχουν ελαφρώς διαφορετικές ενεργειακές τιμές:

- η 15 θερμίδα °C,
- η 4 θερμίδα °C,
- το μέσο 1 °C σε 100 θερμίδα °C,
- η διεθνής επιτραπέζια θερμίδα ατμού,

η θερμοχημική θερμίδα,

Οι μικρές παραλλαγές σε αυτές τις μονάδες μπορούν να φανούν εάν τις μετατρέψουμε σε τζάουλ. Παραδείγματος χάριν, μια 15 θερμίδα °C είναι το ποσό θερμότητας απαραίτητο να αυξήσει τη θερμοκρασία 1 γραμμαρίου νερού από 14,5 °C σε 15,5 °C. Αυτό είναι περίπου ίσο με 4.1855 Θ*J ή 3.968×10^{-3} Btu. Η διεθνής επιτραπέζια θερμίδα ατμού είναι περίπου ίση με 4.1868 Θ*J και η θερμοχημική θερμίδα 4.184 Θ*J.

Από αυτές τις διάφορες μονάδες, με τον όρο θερμίδα εννοούμε συνήθως ότι είναι η 15 θερμίδα °C.

Δεδομένου ότι ο όρος θερμίδα ήταν μια πηγή σύγχυσης και λάθους, αυτές οι μονάδες αποδοκιμάζονται σήμερα. Στο διεθνές σύστημα των μονάδων μονάδα (SI) για τη θερμότητα (και για όλες τις άλλες μορφές ενέργειας) είναι το Joule (J), ενώ (ξεπερασμένος) το σύστημα cgs χρησιμοποιεί το erg.

Τοποθέτηση θερμομονωτικών υαλοπινάκων

Οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες αποτελούνται από δύο ή περισσότερα στρώματα της υαλοπινάκων που χωρίζονται από ένα έλασμα το οποίο εφαρμόζεται κατά μήκος της άκρης των πινάκων και δημιουργεί διάστημα μεταξύ τους, κατόπιν σφραγίζονται με ειδικό βερνίκι για να απορροφηθεί ο αέρας από το διάκενο και να δημιουργηθεί έτσι ένα νεκρό διάστημα μεταξύ των στρωμάτων των υαλοπινάκων. Στο νεκρό διάκενο μπορεί να δημιουργηθεί κενό ή να το γεμίσουν με ένα αδρανές αέριο όπως το αργό το οποίο παρέχει την καλύτερη απόδοση μόνωσης. **Το θερμομονωμένο τζάμι** δεν μπορεί να κοπεί στο μέγεθος που επιθυμούμε αλλά πρέπει να κατασκευαστεί στο κατάλληλο μέγεθος σε ένα κατάστημα που διαθέτει τον κατάλληλο ειδικό εξοπλισμό.

Προσαρμόζοντας Ένα Παθητικό ηλιακό Σύστημα σε υπάρχον κτίριο.

Συνήθως τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, δημιουργούνται στο στάδιο της κατασκευής του. Γεννάται όμως έτσι το ερώτημα αν θα μπορούσαμε εκ των υστέρων να προσαρμόσουμε ένα τέτοιο σύστημα σε μια υπάρχουσα κατασκευή. Στον Ελλαδικό χώρο αποφεύγετε η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων εξαιτίας της έντονης ηλιοφάνειας, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης του κτιρίου όπως υποστηρίζουν οι αρχιτέκτονες και οι πολιτικοί μηχανικοί.

Όλες αυτές οι εικασίες στηρίζονται μόνο στα λόγια και την θεωρία. Τι μπορεί όμως στην πραγματικότητα να συμβαίνει; Υπάρχουν μετρήσεις σε βάθος χρόνου οι οποίες να αποδεικνύουν την αναγκαιότητα ή μη της εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων;

Αυτό το κενό έρχεται να καλύψει κατά την γνώμη μας το συγκεκριμένο έργο. Η εφαρμογή ενός τοίχου TPOMΠ στο κέλυφος ενός δημόσιου κτιρίου, το οποίο έχει νότιο προσανατολισμό, και οι μετρήσεις θερμοκρασιών σε διάφορους εσωτερικούς

χώρους , χειμώνα καλοκαίρι σε τακτά χρονικά διαστήματα, πιστεύουμε ότι θα μας «φανερώσουν» κάποια από τα μυστικά της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Τα συμπεράσματα από την σύγκριση των θερμοκρασιών αλλά και των μαρτυριών των μαθητών που χρησιμοποιούνε τον χώρο θα οδηγήσουν στη βελτίωση και τροποποίηση των παθητικών συστημάτων κάνοντάς τα κατάλληλα για χρήση και στην Ελλάδα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αρνητικά

Παρατηρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού υπήρξαν ανεπιθύμητες λειτουργίες του τοίχου.

Η λειτουργία κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν ήταν η ιδανική για τη χρήση του κτιρίου. Η μεταφορά του κύριου όγκου της αποθηκευμένης ενέργειας γίνονταν το βράδυ. Η χρήση όμως του κτιρίου σταματούσε το απόγευμα. Θα έπρεπε η μεταφορά αυτή να γίνονταν όσο το δυνατόν πιο άμεσα και κυρίως νωρίς το μεσημέρι έως και το απόγευμα, δηλαδή περίπου από τις 12 έως και τις 6 το απόγευμα.

Το καλοκαίρι είχαμε μεταφορά θερμικής ενέργειας στο εσωτερικό της αίθουσας σε συνδυασμό με μικρή κίνηση του αέρα. Παρά το ότι οι μετρήσεις έδειχναν μια διαφορά 2-4 βαθμών περίπου όταν ο παρατηρητής βρισκόταν κοντά στην επιφάνεια του τοίχου αισθάνονταν την θερμότητα που ακτινοβολούσε. Μπορεί να μην ήταν ιδιαίτερα μεγάλη αλλά δεν ήταν ευχάριστη.

Και οι δύο «ανεπιθύμητες» λειτουργίες οφείλονται καθαρά στην συλλεκτική επιφάνεια του τοίχου. Η λύση επομένως του προβλήματος βρίσκεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο τοίχος. Τα τούβλα και το οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν ενέργεια αλλά να την αποβάλουν με πολύ αργό ρυθμό. Αποτέλεσμα ήταν η συσσώρευση της ενέργειας στη μάζα του τοίχου και μετά η μετάδοσή της. Επομένως χρειάζεται η προσθήκη επένδυσης στον τοίχο με υλικό το οποίο θα απάγει γρήγορα την θερμότητα που συλλέγει. Σαν άμεση λύση προτείνουμε την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών πάνω στη επιφάνεια του τοίχου η οποία θα βελτιώσει την λειτουργία του. Η χρήση υλικών όπως χαλκός ή αλουμίνιο τα οποία έχουν μεγαλύτερη απορροφητικότητα από ότι το μπετόν αλλά μικρότερη θερμοχωρητικότητα θα αποβάλουν την θερμότητα άμεσα στον αέρα με αποτέλεσμα την ταχύτερη κίνησή του. Η μεταφορά θερμών αέριων μαζών με μεγάλη ταχύτητα το χειμώνα προς το εσωτερικό της αίθουσας και το καλοκαίρι από το εσωτερικό προς το εξωτερικό θα έχει σαν αποτέλεσμα την

συνάρμοση της λειτουργίας του τοίχου με τις απαιτήσεις μας για το συγκεκριμένο τύπο κτιρίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λειτουργία του τοίχου κατά την διάρκεια του χειμώνα μπορεί να μην ήταν η ιδανική αλλά είχε επιθυμητά αποτελέσματα.

Θετικά

Σε γενικές γραμμές η εφαρμογή του συστήματος είχε θετικά αποτελέσματα σε βαθμό που δεν ελπίζαμε ότι θα πετύχουμε. Αν εξετάσουμε μόνο τις μετρήσεις των αισθητηρίων η λειτουργία του συστήματος το χειμώνα ήταν ιδανική, αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της αίθουσας πάνω από 7oC (σε σύγκριση με προηγούμενα έτη) ενώ το καλοκαίρι τουλάχιστον δεν είχαμε υπερθέρμανση.

Μεταφράζοντας την λειτουργία του τοίχου σε χρήματα για το χειμώνα του 2004-05 μπορούμε να πούμε ότι για να αυξήσουμε την θερμοκρασία της αίθουσας κατά 7 βαθμούς Κελσίου 24 ώρες την ημέρα θα έπρεπε να καταναλώσουμε πετρέλαιο αξίας τουλάχιστον 6€/ημέρα ενώ για όλη τη διάρκεια του χειμώνα το κέρδος μας ανέρχεται περίπου στα 900€.

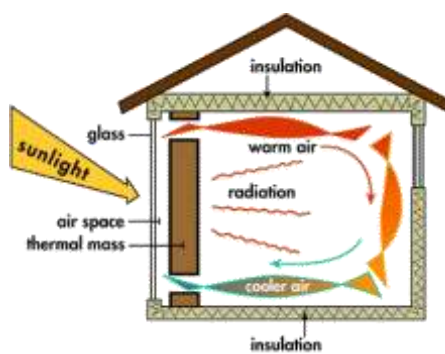
Δεν μπορούμε σε καμία περίπτωση να χαρακτηρίσουμε τη λειτουργία του συστήματος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ως απαγορευτική για τις Ελληνικές συνθήκες. Η εγκατάσταση επιδέχεται τροποποιήσεις και βελτιώσεις έτσι ώστε να προσαρμοστεί στις ανάγκες της χώρας μας. Τεχνικές σκίασης με πρόβολο, χρήση δένδρων και άλλες μικροεπεμβάσεις είτε στον ίδιο τον τοίχο είτε στον περιβάλλοντα χώρο μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργία του κατά την θερινή περίοδο.

Πιστεύουμε ότι παθητικά συστήματα θέρμανσης – δροσισμού μπορούν να προσαρμοσθούν σε οποιοδήποτε σχολικό κτίριο. Ο τρόπος χρήσης του κτιρίου, κλειστό του θερινούς μήνες, είναι ιδανικός για την εγκατάστασή τους.

Η τεχνολογία αυτή μπορεί να υιοθετηθεί από τους αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς και να εφαρμοστεί σε κτίρια οποιασδήποτε χρήσης. Για την ευρύτερη εφαρμογή της στα Ελληνικά κτίρια είναι αναγκαία η προσαρμογή της όψης της στα Ελληνικά χρώμα. Το μαύρο χρώμα δεν είναι ούτε αισθητικά ωραίο αλλά πολύ περισσότερο δεν είναι Ελληνικά χρώμα. Αποχρώσεις του μπλε ή του καφέ είτε ως χρώματα είτε σε χρωματισμοί υλικών (πχ πετρώματα) είναι και πιο κοντά στα ελληνικά χαρακτηριστικά.



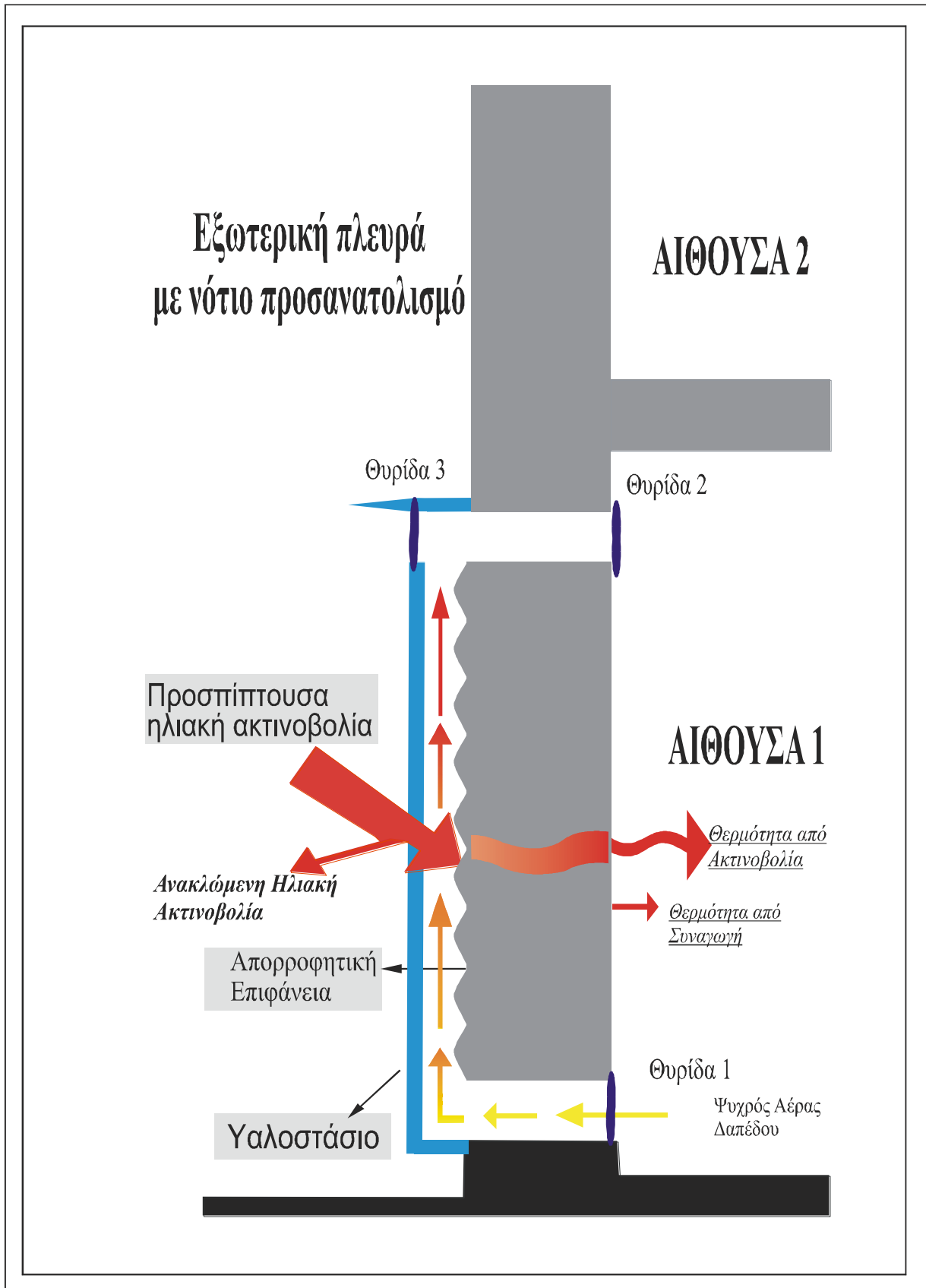
Υποχρέωση επομένως των αρχιτεκτόνων είναι να προσαρμόσουν την τεχνολογία στα ελληνικά δεδομένα.



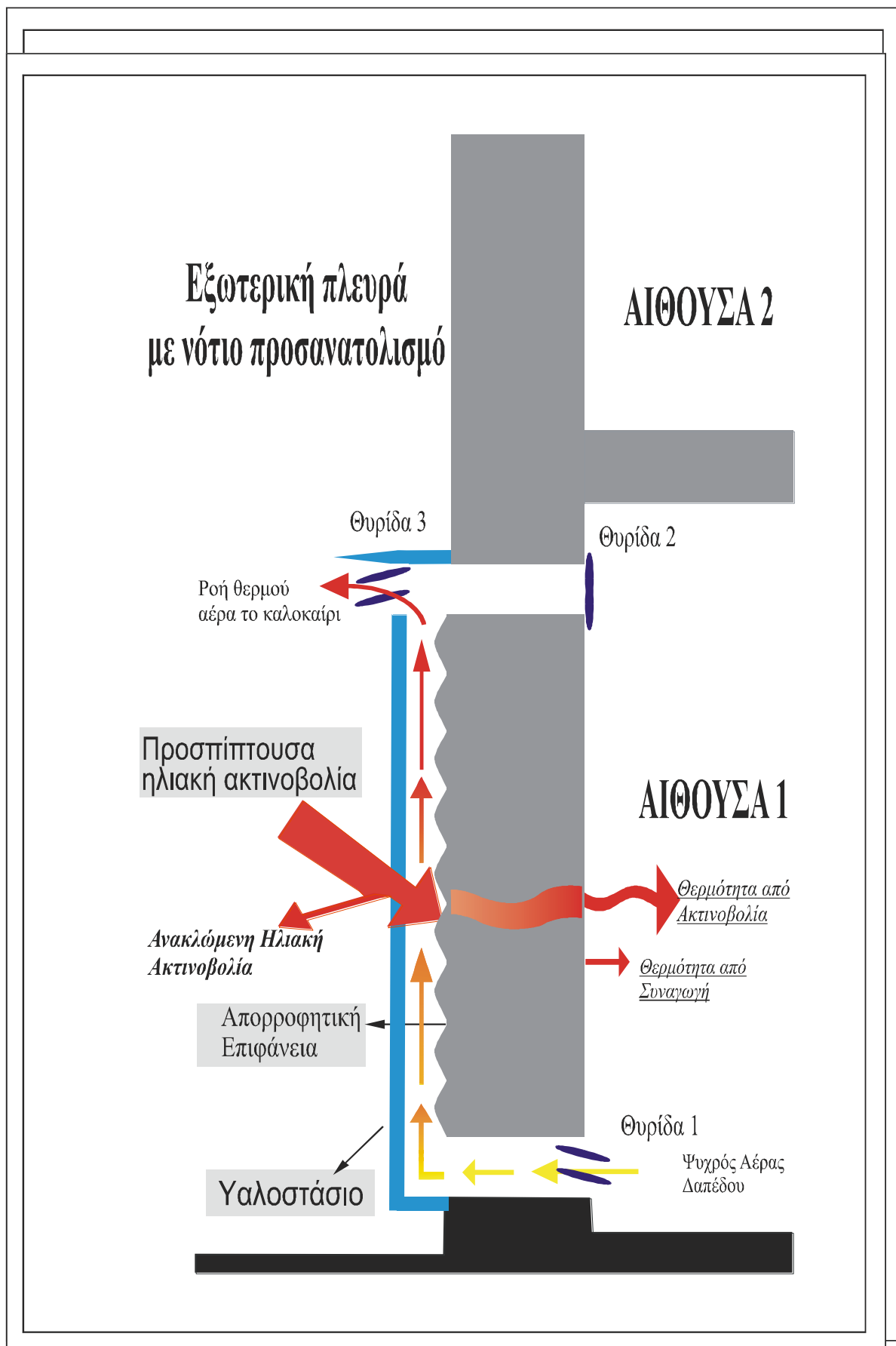
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Λειτουργία του τοίχου TROMBE

1) Σαν τοίχος θερμικής μάζας. (αποθήκευσης)



2) Λειτουργία το Χειμώνα (θέρμανση με κίνηση αέρα)



3) Λειτουργία το καλοκαίρι (αερισμός- δροσισμός)