

2014

ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΛΟΥΤΡΑΡΗΣ  
ΜΙΧΑΛΗΣ



TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE <http://www.teicrete.gr>

# [ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ]

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ.ΦΩΤΗΣ ΜΑΥΡΟΜΑΤΑΚΗΣ

## Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

### Το «ενεργειακό πρόβλημα»

«Ως Βιομηχανική Επανάσταση μπορεί να οριστεί η διαδικασία εκείνη, μέσω της οποίας η κοινωνία απέκτησε τον έλεγχο τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας, ασύλληπτων για τον προηγούμενο βουκολικό κόσμο, που βρίσκονταν ενσωματωμένες σε, ως τότε, νεκρή ύλη».

Ο ορισμός αυτός, παρ' ότι αναφέρεται σε μία συνιστώσα μόνο της Βιομηχανικής Επανάστασης, δίνει το στίγμα της σημασίας της έννοιας "ενέργεια" η οποία προσδιορίζει καθοριστικά την ποιότητα αν όχι την ίδια τη ζωή της ανθρώπινης κοινωνίας του 20ου αιώνα. Σχηματικά, και καθόλου υπερβολικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ύπαρξη και χρήση τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας, με τον τρόπο που αυτό συμβαίνει στις χώρες του αναπτυσσόμενου δυτικού κόσμου, σηματοδοτεί τη διαφορά ανάμεσα σ' αυτόν και τον αναπτυσσόμενο τρίτο κόσμο όσο και την ασύγκριτη εξέλιξη αυτού του ίδιου από την εποχή του Μεσαίωνα ως σήμερα.

Η Βιομηχανική Επανάσταση σηματοδοτεί την απαρχή της δημιουργίας του κράτους, της πόλης και της ζωής με τη σημερινή τους έννοια. Η μετάβαση από τη φεουδαρχία, τη ζωή στην ύπαιθρο και τις μικρές πόλεις-συναλλακτικά κέντρα στη βιομηχανική και τη μεταβιομηχανική κοινωνία, τις πόλεις-παραγωγούς και τον αστικό τρόπο ζωής, είναι μία από τις δραματικότερες και συντομότερα συντελεσθείσες αλλαγές στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι μεταβολές από την κλασική αρχαιότητα ως το Μεσαίωνα είναι πολύ λιγότερες απ' ότι αυτές ανάμεσα στον 18ο και τον 20ο αιώνα. Η περίοδος της Αναγέννησης και των ανακαλύψεων απέφερε πλούσιες γνώσεις, αλλά ελάχιστες πρακτικές διαφοροποιήσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπινου γένους στο σύνολό του. Αντίθετα, η δημιουργία της βιομηχανίας και η εμφάνιση του καπιταλισμού και του κομμουνισμού, ως κυρίαρχα και αντιμαχόμενα οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά συστήματα, σηματοδοτεί τη μετάβαση σε μία τελείως διαφορετική μορφή κοινωνικού βίου, αυτήν της βιομηχανικής κοινωνίας. Εξίσου ραγδαία, όμως, είναι και η αρνητική πλευρά αυτής της πορείας, όπως έχει αρχίσει να αποτυπώνεται με τη μορφή περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως την τελευταία εικοσαετία.

Ο 20ος αιώνας αποτέλεσε την περίοδο των εντονότερων μεταβολών που έχει καταγράψει ως τώρα η ιστορία ή, ακόμη, αποτέλεσε τον «αιώνα του εμφράγματος» εξαιτίας του ραγδαίου ρυθμού των γεγονότων. Το θέμα της ενέργειας παραμένει στο επίκεντρο του αιώνα αυτού, θα καθορίσει αναμφίβολα τις εξελίξεις του επόμενου και μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις:

- i. Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για την κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας.
- ii. Του κόστους αυτής της ενέργειας.
- iii. Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

Αυτές οι τρεις απόψεις συνθέτουν ό,τι έχει γίνει ευρύτερα γνωστό με τον όρο «ενεργειακό πρόβλημα». Αποτελούν, επομένως, το απαραίτητο υπόβαθρο που

πρέπει να αναλυθεί προτού κανείς μπορέσει να ασχοληθεί με το πρόβλημα της χρήσης και διαχείρισης ενεργειακών πόρων και της αξιολόγησης ενεργειακών συστημάτων.

Ωστόσο, η «ενέργεια», με την έννοια της διαθεσιμότητας ενεργειακών πόρων δεν επαρκεί από μόνη της. Προϋπόθεση για την ενεργειακή επάρκεια είναι η ύπαρξη του κατάλληλου συστήματος που θα μπορέσει να μετατρέψει τη διαθέσιμη ενέργεια σε ωφέλιμη ισχύ -κι αυτό έναντι ενός αποδεκτού κόστους.

## **Κεφάλαιο 2 - Το ενεργειακό σύστημα «Κτήριο»**

### **2.1 Ενεργειακή σπατάλη στα κτήρια**

Στην Ευρώπη το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτιρίων παραμένει ένα πολυσύνθετο τεχνικό και οικονομικό πρόβλημα, τη διάσταση του οποίου συνειδητοποιήσαμε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1970 με τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις. Κι όμως, η μείωση του κόστους της ενέργειας κατά 30% σε πραγματικές τιμές στο διάστημα 1991-1999, μας έκανε να ξεχάσουμε όλες τις αρνητικές εμπειρίες που προηγήθηκαν. Αποτέλεσμα: τα επόμενα χρόνια η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα σπίτια και τους χώρους εργασίας άγγιξε ρυθμούς της τάξης του 4% ετησίως, ακυρώνοντας ουσιαστικά τα αποτελέσματα των όποιων μέτρων εξοικονόμησης εφαρμόστηκαν στη δεκαετία του 1980. Έτσι στην Ελλάδα το 1980 τα κτήρια απορροφούσαν το 22% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ποσοστό που ως το 1996 είχε αυξηθεί στο 29,8%. Ο διπλασιασμός της τιμής του πετρελαίου μέσα στο 2000, έκοψε προσωρινά τον ρυθμό αύξησης της ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Ωστόσο εν έτη 2012 στην Ευρώπη το ποσοστό ανέρχεται στο 40%, με την Ελλάδα να βρίσκεται κοντά σε αυτό.

Τα κτήρια αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, με υψηλό αρχικό κόστος και με μεγάλη διάρκεια ζωής. Υπό την έννοια αυτή δεσμευόμαστε να πληρώνουμε το αντίτιμο για κάθε παράλειψη, αμέλεια ή αστοχία του σχεδιασμού και της κατασκευής επί δεκαετίες ολόκληρες. Παραλείψεις και αμέλειες που, σε ό,τι αφορά τη διαχείριση ενέργειας μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί.

### **2.2 Τα αίτια του προβλήματος**

Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνουμε περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό. Οι εκτιμήσεις για τις εξελίξεις της επόμενης δεκαετίας είναι δυστυχώς απαισιόδοξες, καθώς, ακόμη κι αν ληφθούν άμεσα ουσιαστικά μέτρα, θα απαιτηθούν αρκετά χρόνια για την αναστροφή αυτής της τάσης. Ποια είναι, όμως, τα αίτια αυτής της εξέλιξης:

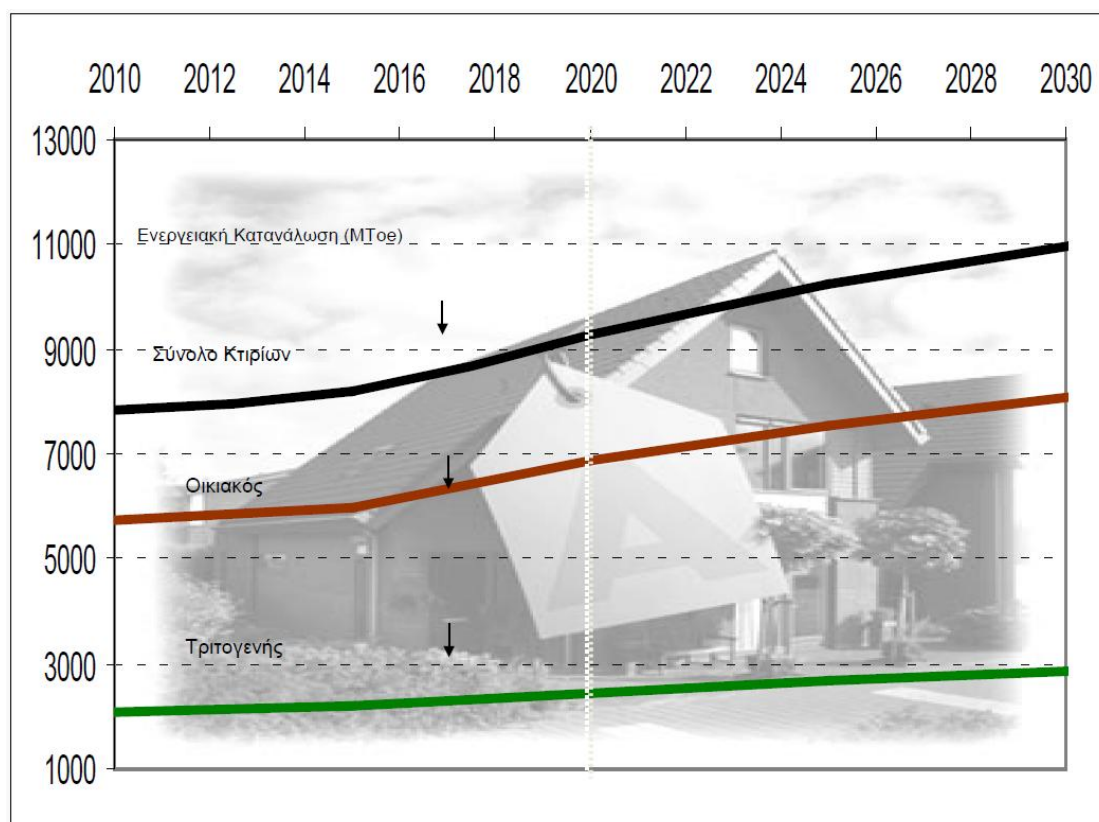
α. Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (περίπου 80% του συνόλου), τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα

οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις με τα σημερινά επίπεδα αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.

β. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

γ. Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική, κυρίως, ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτήρια κατοικιών, κυρίως, όμως, τα κτήρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.

δ. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ό,τι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια στην Ελλάδα και η αύξηση των συσκευών κλιματισμού στη νότια Ευρώπη, κυρίως, συνεχώς αυξάνεται. Παράλληλα, οι συσκευές αυτές επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης τωναστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι.



Διάγραμμα 2.1: Προβλέψεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων για την προσεχή 20ετία στην Ελλάδα.

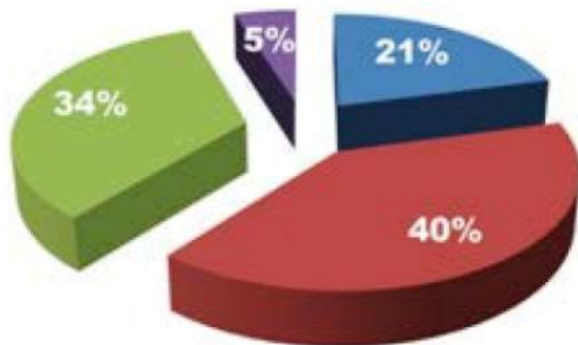
### 2.3 Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτήρια

Τα τελευταία χρόνια διαφαίνεται όλο και περισσότερο η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς έχει φανεί ότι αποτελούν τη μοναδική βιώσιμη λύση, με πολλαπλά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό αλλά και περιβαλλοντικό επίπεδο. Ο τομέας των κτηρίων αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο οικονομικό κλάδο της Ευρώπης, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις Ευρώ. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα ανήλθε το 1998 σε 3,8 Mtoe (τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) που αντιστοιχεί στο 40% περίπου της συνολικής ετήσιας τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ. Σήμερα ανέρχεται στα ίδια ποσοστιαία επίπεδα αλλά αγγίζοντας τα 5 Mtoe κατανάλωση. Οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών στη χώρα μας ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

(Πηγή: ΚΑΠΕ στατιστικά στοιχεία, ιστότοπος: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm))

Διάγραμμα 2.2

#### Ενεργειακό ισοζύγιο 2007



(Βιομηχανία-Μεταφορές-Κτιριακός τομέας-Αγροτικός τομέας)

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ, ιστότοπος: [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr))

Στον κτηριακό τομέα η νομοθεσία αποδείχτηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτήρια και ιδιαίτερα στη μείωση της ενεργειακής έντασης στις νέες κατασκευές, με κλασικό παράδειγμα τους αυστηρότερους κανονισμούς θερμομόνωσης. Επιπρόσθετα, προγράμματα επίδειξης και διάχυσης της τεχνολογίας, όπως προγράμματα προώθησης ηλιακών συλλεκτών, έχουν αυξήσει τη χρήση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας στα κτήρια. Μονάδες μικρής κλίμακας με τεχνολογίες συμπαραγωγής έχουν επιτυχώς εφαρμοστεί σε αρκετά κράτη μέλη. Σημαντικό δυναμικό εξακολουθεί να υπάρχει στην ενεργειακή ανακαίνιση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος, με παρεμβάσεις στο κέλυφος και τα Η-Μ συστήματα, επενδύσεις σε συσκευές μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης και, τέλος, με την εκπαίδευση για την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας. Είναι γενικά παραδεκτό ότι το 20% της σήμερα χρησιμοποιούμενης ενέργειας θα μπορούσε να εξοικονομηθεί με άμεσα μέτρα, οδηγώντας στην μη εκπομπή 430 εκατομμυρίων τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως. Εφαρμόζοντας μεγαλύτερης έκτασης μέτρα, το σημερινό επίπεδο τεχνολογίας είναι ικανό να μειώσει την κατανάλωση στα νοικοκυριά και τα γραφεία έως και 60%.

Διάγραμμα 2.3: Πραγματική ειδική κατανάλωση

|                | Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> .έτος) |      |      |               |      |      | Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> .έτος) |      |      |               |      |      |
|----------------|---|------|------|---------------|------|------|---|------|------|---------------|------|------|
|                | Μονοκατοικίες   |      |      | Πολυκατοικίες |      |      | Μονοκατοικίες   |      |      | Πολυκατοικίες |      |      |
| Κλιματική ζώνη | 1980  | 2001 | 2010 | 1980          | 2001 | 2010 | 1980  | 2001 | 2010 | 1980          | 2001 | 2010 |
| Ελλάδα σύνολο  | 27,6  | 38,7 | 37,5 | 28,1          | 40,6 | 39,2 | 140   | 123  | 92   | 96            | 95   | 75   |
| Ζώνη Α         | 22,5  | 29,6 | 27,3 | 24,6          | 31,2 | 28,5 | 94  | 89   | 67   | 65            | 62   | 52   |
| Ζώνη Β         | 28,3  | 42,3 | 41,7 | 31,5          | 46,8 | 45,8 | 134   | 115  | 88   | 94            | 91   | 71   |
| Ζώνη Γ         | 24,1  | 35,0 | 33,7 | 25,8          | 37,0 | 35,4 | 159   | 145  | 108  | 111           | 109  | 90   |
| Ζώνη Δ         | 25,4  | 34,6 | 32,6 | 28,1          | 36,6 | 34,2 | 187   | 178  | 129  | 130           | 125  | 115  |

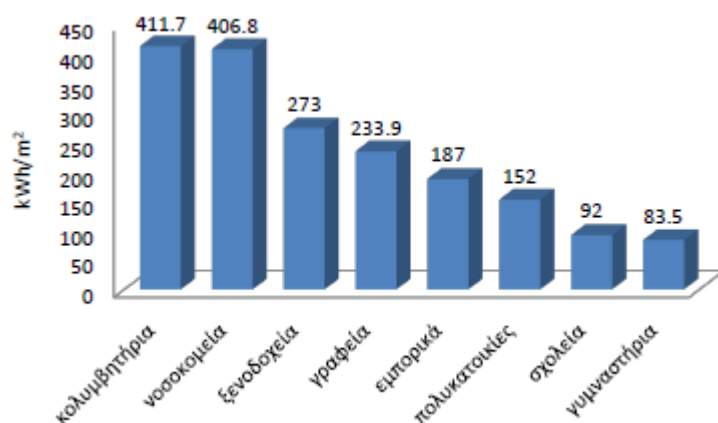
Διάγραμμα 2.4: Πραγματική κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια

| Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> .έτος) |                       |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |
|---|-----------------------|------|------|------------|------|------|----------------|------|------|------------|------|------|
|   | Γραφεία - Καταστήματα |      |      | Ξενοδοχεία |      |      | Σχολικά κτήρια |      |      | Νοσοκομεία |      |      |
| Κλιματική ζώνη  | 1980                  | 2001 | 2010 | 1980       | 2001 | 2010 | 1980           | 2001 | 2010 | 1980       | 2001 | 2010 |
| Ελλάδα σύνολο   | 42                    | 56   | 71   | 70         | 110  | 130  | 20             | 20   | 21   | 90         | 99   | 107  |
| Ζώνη Α  | 48                    | 67   | 88   | 77         | 122  | 145  | 23             | 23   | 24   | 102        | 124  | 139  |
| Ζώνη Β  | 43                    | 57   | 72   | 66         | 104  | 123  | 21             | 21   | 22   | 92         | 97   | 102  |
| Ζώνη Γ  | 39                    | 51   | 64   | 54         | 86   | 102  | 18             | 19   | 20   | 82         | 94   | 104  |
| Ζώνη Δ  | 36                    | 48   | 63   | 46         | 73   | 87   | 17             | 17   | 18   | 77         | 84   | 91   |

| Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> .έτος) |                       |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |
|---|-----------------------|------|------|------------|------|------|----------------|------|------|------------|------|------|
|   | Γραφεία - Καταστήματα |      |      | Ξενοδοχεία |      |      | Σχολικά κτήρια |      |      | Νοσοκομεία |      |      |
| Κλιματική ζώνη  | 1980                  | 2001 | 2010 | 1980       | 2001 | 2010 | 1980           | 2001 | 2010 | 1980       | 2001 | 2010 |
| Ελλάδα σύνολο   | 93                    | 75   | 70   | 90         | 80   | 76   | 32             | 31   | 31   | 145        | 134  | 129  |
| Ζώνη Α  | 67                    | 52   | 48   | 71         | 62   | 58   | 24             | 23   | 23   | 96         | 75   | 69   |
| Ζώνη Β  | 85                    | 69   | 65   | 90         | 78   | 73   | 29             | 29   | 28   | 138        | 129  | 126  |
| Ζώνη Γ  | 107                   | 89   | 83   | 113        | 99   | 92   | 37             | 38   | 36   | 188        | 168  | 160  |
| Ζώνη Δ  | 134                   | 110  | 103  | 142        | 124  | 115  | 46             | 48   | 45   | 252        | 237  | 231  |

Διάγραμμα 2.5: Κατανάλωση ενέργειας ανα τύπο κτηρίου



(Πηγή: Ενέργεια και Κτήριο, Γ.Μαρκογιαννάκης-ΚΑΠΕ)

## 2.4 Η αντιμετώπιση του προβλήματος

Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια θα παρουσιάσει σημαντική αύξηση την προσεχή δεκαετία, εξαιτίας των ηλεκτρικών συσκευών και, κυρίως, του κλιματισμού, κι αυτό δύσκολα θα αναστραφεί. Προκύπτει επομένως επιτακτικά η ανάγκη να παρέμβει κανείς σήμερα, μειώνοντας την κατανάλωση στους τομείς όπου αυτό είναι δυνατό, κυρίως στη θέρμανση με την εφαρμογή θερμομόνωσης και την καλύτερη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης, και εν

συνεχεία στις ηλεκτρικές συσκευές, στο φωτισμό, στην ηλιοπροστασία και στον φυσικό και νυχτερινό δροσισμό. Όλα αυτά βεβαίως, χωρίς να υποβαθμιστούν οι συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, αντίθετα μάλιστα επιδιώκοντας την αναβάθμισή τους.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο μπορεί να αφορούν:

- 1) Το κτιριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα)
- 2) Τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (π.χ. χρήση βλάστησης)
- 3) Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές
- 4) Την ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας)

Με τον τρόπο αυτό θα δημιουργηθεί ένα «περιθώριο ασφαλείας», θα καταστεί επομένως δυνατόν να αντισταθμιστεί η επερχόμενη αύξηση της κατανάλωσης εξαιτίας της βελτίωσης του επιπέδου εξοπλισμού και της αύξησης των κλιματιζόμενων χώρων, ώστε η συνολική κατανάλωση να παραμείνει στα σημερινά επίπεδα. Στόχος μίας φιλόδοξης, αλλά ταυτόχρονα ρεαλιστικής πολιτικής, οφείλει να είναι η διατήρηση του ίδιου επιπέδου κατανάλωσης, με παράλληλη αναβάθμιση της ποιότητας των κτιρίων.

Προς αυτήν την κατεύθυνση κινούταν και ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), που απέκτησε ισχύ Υπουργικής Απόφασης τον Αύγουστο του 1998. Ακόμη πιο εξελιγμένος σε θέματα ενεργειακής αποδοτικότητας είναι ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων)



Ο οποίος τέθηκε πρώτη φορά σε εφαρμογή το 2005. Με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα οφέλη από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη αφορούν κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων, αλλά και στην αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ, ότι δεν μπορεί να παραβλέψει κανείς την κοινωνική και οικονομική διάσταση του προβλήματος. Όλες οι παρεμβάσεις στοιχίζουν. Κι όσο παλιότερο είναι ένα κτήριο τόσο πιο πολύπλοκες και δαπανηρές παρεμβάσεις απαιτούνται. Τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1970 αποτελούν ένα σημαντικό ενεργειακό πρόβλημα, ταυτόχρονα, όμως, και ένα αρκετά πεπαλαιωμένο περιουσιακό στοιχείο, για την αναβάθμιση του οποίου οι ιδιοκτήτες σπανίως έχουν τη δυνατότητα να επωμισθούν σημαντικές δαπάνες, ενώ είναι και αμφίβολη η δυνατότητα απόσβεσης των δαπανών. Έτσι, οι επεμβάσεις που αναλύουμε εδώ αναφέρονται κυρίως σε νεότερες κατασκευές.

## **Κεφάλαιο 3 - Ενεργειακός Έλεγχος-Επιθεώρηση**

### **3.1 Ο ενεργειακός έλεγχος-επιθεώρηση ως εργαλείο παρέμβασης**

Ως ενεργειακός έλεγχος ή ενεργειακή επιθεώρηση ή ενεργειακός διαγνωστικός έλεγχος, όροι που εν πολλοίς αποδίδουν τον αγγλικό όρο energy audit, ορίζεται η συστηματοποιημένη διαδικασία αποτύπωσης, καταγραφής και αξιολόγησης ενός ενεργειακού συστήματος που βρίσκεται σε λειτουργία, με αντικειμενικό σκοπό τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκταση της μείωσης των λειτουργικών δαπανών.

Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι οι ενεργειακοί έλεγχοι αφορούν οποιοδήποτε σύστημα καταναλώνει ενέργεια για την παραγωγή ωφέλιμου έργου. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής των ενεργειακών ελέγχων είναι τα κτήρια και η βιομηχανία.

Έτσι μπορεί κανείς να προσδιορίσει την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση της μονάδας χρήσης, επί παραδείγματι του ωφέλιμου τετραγωνικού μέτρου, ενός σχολικού κτιρίου σε μία σκανδιναβική χώρα, και να αξιολογήσει τα κτήρια σύμφωνα με το κριτήριο αυτό. Είναι αυτονόητο ότι το κριτήριο θα μεταβάλλεται για ένα σχολικό κτήριο σε μία μεσογειακή χώρα ή για ένα κτήριο κατοικιών στην ίδια σκανδιναβική χώρα. Αντίστοιχα μπορεί κανείς να προσδιορίσει την

απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή μίας μονάδας ενός προϊόντος, π.χ. ενός κυβικού μέτρου μοριοσανίδας συγκεκριμένων προδιαγραφών, και να αξιολογήσει την ενεργειακή απόδοση μίας παραγωγικής εγκατάστασης.

Με τον ΚΕΝΑΚ προβλέπεται η ενσωμάτωση ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις που αφορούν κυρίως στα:

1. Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
2. Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
3. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις Κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού

### 3.2 Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου

Σε κάθε νέο κτήριο, καθώς και σε κάθε υφιστάμενο κτήριο που ανακαινίζεται ριζικά απαιτείται η εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, η οποία αποτελεί διακριτή μελέτη (επιπλέον των μελετών αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, που όμως περιλαμβάνει τμήματα των υπολογισμών θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού) και η οποία υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται μεθοδολογία υπολογισμού σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα με τη μέθοδο ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος και με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ενώ λαμβάνονται υπόψη τα κλιματικά δεδομένα των τεσσάρων κλιματικών ζωνών, στις οποίες διαιρείται πλέον η ελληνική επικράτεια.

Η μεθοδολογία βασίζεται στην ταυτόχρονη απαίτηση κάλυψης ελάχιστων προδιαγραφών και ποσοτικής σύγκρισης του κτιρίου με κτήριο αναφοράς. Δηλαδή, κάθε κτήριο πρέπει:

1) Να τηρεί ελάχιστες προδιαγραφές που περιλαμβάνουν:

A. Το σχεδιασμό του κτιρίου: (λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός, διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου, χωροθέτηση των ανοιγμάτων και λειτουργιών και ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός Παθητικού Ηλιακού Συστήματος, ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού και φωτισμού).

B. Το κτιριακό κέλυφος: (θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων κτιριακού κελύφους).

Γ. Τις ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις.

Επισημαίνεται ότι αδυναμία εφαρμογής των ελάχιστων προδιαγραφών απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

2) Να συγκριθεί με Κτήριο Αναφοράς (RR), το οποίο νοείται ως κτήριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτήριο, το οποίο όμως έχει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν επίσης:

- A. Το σχεδιασμό του
- B. Το κτιριακό κέλυφος
- Γ. Τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

Συνοπτικά η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης:

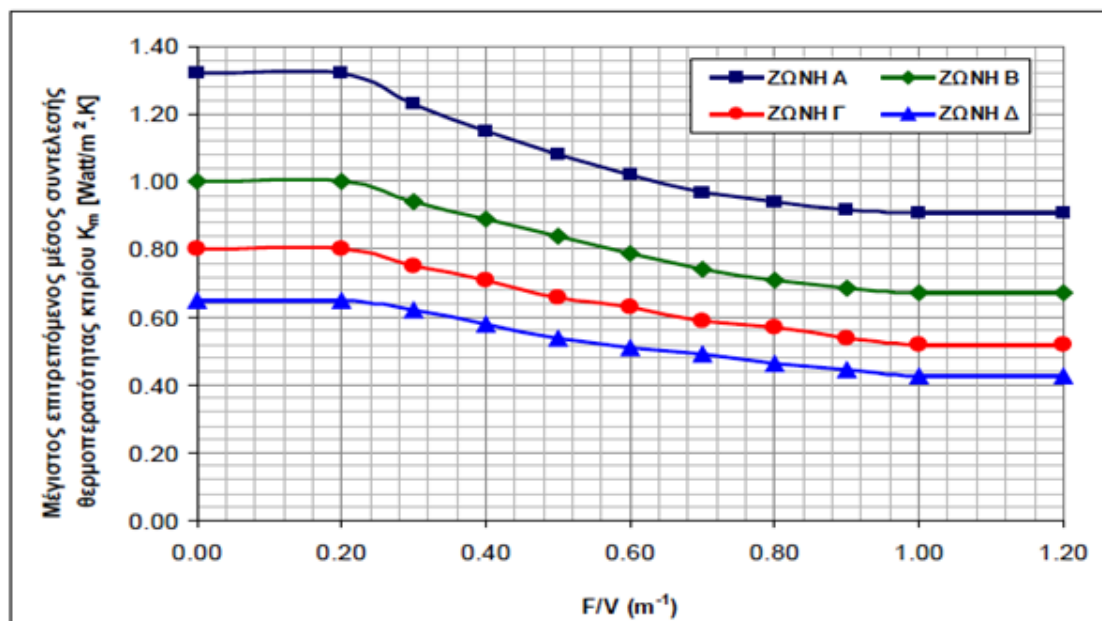
1. Τεκμηριώνει ότι το κτήριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις, όπως αυτές ορίζονται
2. Περιλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση οικοδομικής άδειας
3. Αποτελεί πρόσθετη μελέτη επιπλέον των μελετών αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού.
4. Αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης, οι υπολογισμοί για τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους περιλαμβάνονται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης

Για παράδειγμα, στις ελάχιστες απαιτήσεις σύμφωνα με Κ.ΕΝ.Α.Κ. συμπεριλαμβάνεται ο Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου που δίνεται από το διάγραμμα 3.2 ανάλογα με την περιοχή (από Πίνακα 3.1)

Εικόνα 3.1 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα(πηγή:<http://www.opengov.gr/minenv/?p=189>)

| ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ | ΝΟΜΟΙ   |
|----------------|---|
| ΖΩΝΗ Α         | Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη  |
| ΖΩΝΗ Β         | Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα              |
| ΖΩΝΗ Γ         | Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος |
| ΖΩΝΗ Δ         | Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα  |

Διάγραμμα 3.2 Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κατά κλιματική ζώνη



(Πηγή: ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Ν. 3661/08, Κ.Ε.Ν.Α.Κ.)

### 3.3 Ενεργειακή Κατάταξη - Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (RR) αποτελεί επίσης τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης (αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B), όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.1

Κτήρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη ενεργειακή απαίτηση κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

Πίνακας 3.1

| Κατηγορία | Όρια κατηγορίας             | Όρια κατηγορίας      |
|-----------|-----------------------------|----------------------|
| A+        | $EP \leq 0,33R_R$           | $T \leq 0,33$        |
| A         | $0,33R_R < EP \leq 0,5R_R$  | $0,33 < T \leq 0,50$ |
| B+        | $0,5R_R < EP \leq 0,75R_R$  | $0,50 < T \leq 0,75$ |
| B         | $0,75R_R < EP \leq 1,0R_R$  | $0,75 < T \leq 1,00$ |
| Γ         | $1,0R_R < EP \leq 1,41R_R$  | $1,00 < T \leq 1,41$ |
| Δ         | $1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$ | $1,41 < T \leq 1,82$ |
| E         | $1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$ | $1,82 < T \leq 2,27$ |
| Z         | $2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$ | $2,27 < T \leq 2,73$ |

| Κατηγορία | Όρια κατηγορίας | Όρια κατηγορίας |
|-----------|-----------------|-----------------|
| H         | $2,73R_R < EP$  | $2,73 < T$      |

\*Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (RR) και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

(Πηγή: ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Ν. 3661/08, Κ.Ε.Ν.Α.Κ.)

### 3.4.1 Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων

Η ενεργειακή επιθεώρηση για την πιστοποίηση των κτιρίων και η έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) εφαρμόζεται, μετά την έναρξη ισχύος

του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και του Πρ. Δ/γματος για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές. Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων γίνονται μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου υφισταμένου κτιρίου εφόσον έχει προβεί σε ριζική ανακαίνιση ή κατά την πώληση και μίσθωση κτιρίων/τμημάτων αυτών προκειμένου να ολοκληρωθεί η πώληση και η διαδικασία ενοικίασης.

### **Διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης**

Στην πρώτη περίπτωση (κατασκευής νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου υφισταμένου κτιρίου), ο Ενεργειακός Επιθεωρητής επιθεωρεί το κτήριο σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης και κατατάσσει το κτήριο στην ανάλογη ενεργειακή κατηγορία, που δεν μπορεί να είναι μικρότερη της ενεργειακής κατηγορίας Β.

Εφόσον το επιθεωρούμενο κτήριο δεν πληρεί τις ελάχιστες απαιτήσεις που δίνει ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. και δεν ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά της ελάχιστης ενεργειακής κατηγορίας Β', ο Επιθεωρητής δεν εκδίδει Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (ΠΕΑ), αλλά δίνει χρόνο συμμόρφωσης που δεν μπορεί να υπερβαίνει τον 1 χρόνο. Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής επανέρχεται για να επιθεωρήσει εκ νέου το κτήριο, μετά το πέρας της προθεσμίας συμμόρφωσης, επιθεωρεί το κτήριο και εκδίδει Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Στην περίπτωση κατά την οποία το κτήριο εξακολουθεί να μην πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του Κ.Ε.Ν.Α.Κ., προβλέπονται κυρώσεις, που βαρύνουν τον υπεύθυνο.

Σε περίπτωση πώλησης κτιρίων, ο Ενεργειακός Επιθεωρητής επιθεωρεί το κτήριο ή τμήμα αυτού προκειμένου να διαγνώσει το βαθμό ενεργειακής του απόδοσης και να εκδώσει Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, κατατάσσοντας το κτήριο στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία και να υποδείξει αναγκαίες επεμβάσεις κατά προτεραιότητα, οι οποίες θα αναβαθμίσουν ενεργειακά το κτήριο.

Σε κάθε περίπτωση ο Ενεργειακός Επιθεωρητής υπογράφει και σφραγίζει το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης και αναγράφει τον αριθμό Μητρώου του.

### **Έλεγχος της αξιοπιστίας της διαδικασίας ενεργειακής επιθεώρησης και πιστοποίησης**

Για λόγους αξιοπιστίας της παραπάνω διαδικασίας, γίνεται επιπρόσθετος έλεγχος από ένα σώμα Επιθεωρητών Ενέργειας, που δημιουργήθηκε από το αρμόδιο υπουργείο, με τη συγκρότηση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας, στη βάση της επεξεργασίας της Βάσης Δεδομένων (Αρχείο Ενεργειακών Επιθεωρήσεων) και ενεργοποιείται μετά από καταγγελίες ή/και αυτεπάγγελτα.

### **3.4.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού**

Ο σκοπός της παραπάνω επιθεώρησης αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός μπορεί να επιτευχθεί μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού. Πραγματοποιείται κατά την ολοκλήρωση ενός νέου ή πλήρως ανακαινισμένου κτιρίου και επαναλαμβάνεται κάθε τέσσερα 4 χρόνια από ειδικά κλιμάκια. Η αρχική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού προηγείται της αρχικής ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου.

## **ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ**

### **Κεφάλαιο 4 - Βιοκλιματικός σχεδιασμός**

#### **4.1 Εισαγωγή**



Εικόνα 4.1 Βιοκλιματική κατοικία

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών - υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα - άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και βασίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτήριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες.
- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει



επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.  
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτήρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των χώρων γύρω και έξω από τα κτήρια και εν γένει, του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.



Εικόνα 4.2 Θερμοκήπιο ενσωματωμένο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των έργων και των προσομοιώσεων ειδικότερα που εκπονήθηκαν βάσει των καταγεγραμμένων πραγματικών συνθηκών χρήσης των κτιρίων, οι ενεργειακές καταναλώσεις που προκύπτουν για τη θέρμανση των βιοκλιματικών κατοικιών **στην Α' κλιματική ζώνη κυμαίνονται από 25 έως 42 kWh/m<sup>2</sup>, στη Β' κλιματική ζώνη κυμαίνονται από 28 έως 55 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ στη Γ' κλιματική ζώνη από 44 έως 90 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως**. Εκτιμάται δε ότι σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτήρια κατασκευής μετά το 1979 (έτος εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης) τα βιοκλιματικά κτήρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του **30%** ενώ σε σχέση με παλαιότερα κτήρια χωρίς μόνωση η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του **80%**.

## 4.2 Παθητικά Συστήματα – Εισαγωγή



Εικόνα 4.3 : Θερμοκήπιοεξωτερικό

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 κτήρια. Τα Παθητικά Συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- 2) Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- 3) 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.

### 4.3 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτήρια 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. Η 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.

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:

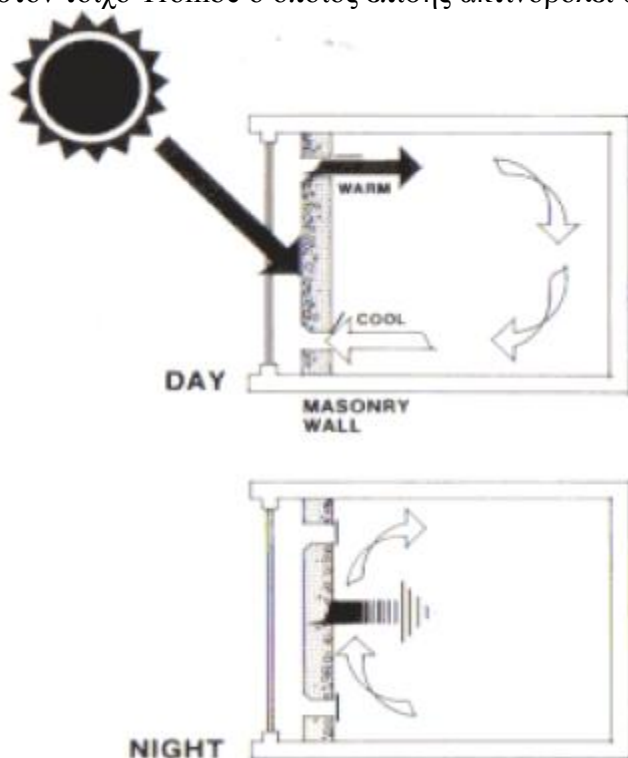
### Ηλιακοί τοίχοι

**Οι τοίχοι Trombe** είναι τοίχοι συλλογής θερμότητας οι οποίοι αιχμαλωτίζουν την ηλιακή θερμότητα. Τοποθετούνται στις νότιες προσόψεις του κτιρίου και θερμαίνουν τα νότια δωμάτια. 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, είτε μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο. Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί στα βόρεια δωμάτια με σύστημα αεραγωγών. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες (τοίχος Trombe). Πιο συγκεκριμένα στην εξωτερική τους πλευρά καλύπτονται από διαφανές πλαστικό ή γυαλί, ένα κενό περίπου 12 εκ. χωρίζει το γυαλί από την εσωτερική πλευρά - από συμπαγή τούβλα ή μπετόν που είναι βαμμένα σε σκούρο χρώμα και έχουν πάχος περίπου 40 εκ. (τοίχοι μάζας).

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία σε ένα δωμάτιο με τοίχο **Trombe-Michel**.

#### Διαδικασία :

Κατά την διάρκεια της ημέρας ο ήλιος θερμαίνει τον εγκλωβισμένο αέρα ανάμεσα στον τοίχο και το γυαλί ο οποίος διαχέεται στο χώρο μέσω των ανοιγμάτων στον τοίχο. Τη νύχτα τα ανοίγματα κλείνουν και ο αέρας στο δωμάτιο κυκλοφορεί λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας που δημιουργείται από την αποθηκευμένη θερμότητα στον τοίχο Trombe ο οποίος επίσης ακτινοβολεί θερμότητα στο χώρο.



Σχήμα 4.4 : Κύκλος τοίχου Trombe-Michel.

**Ενδεικτικά, το κόστος κατασκευής ενός τοίχου Trombe ανέρχεται στα 290 ευρώ/τ.μ. (πηγή:κατασκευαστική εταιρία Quick&Easy,2012)**



Εικόνα 4.5: Μεταγενέστερη επέμβαση εφαρμογής τοίχου Trombe σε μονοκατοικία

### **Συλλέκτες αέρος**

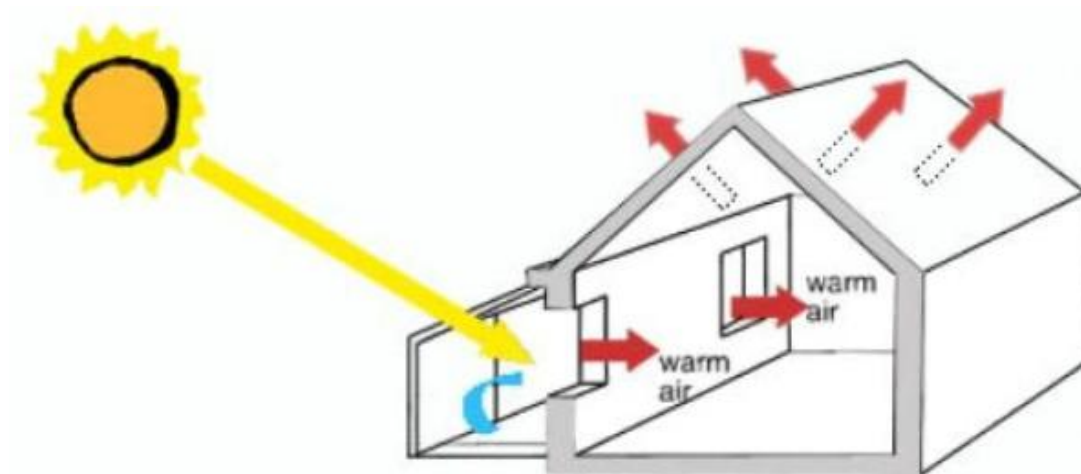
Το βασικό πλεονέκτημα των συλλεκτών αέρος έναντι των συλλεκτών νερού είναι ότι δεν υπάρχουν προβλήματα παγώματος ή βρασμού του ρευστού μεταφοράς θερμότητας. Αν και οι διαρροές είναι δυσκολότερο να βρεθούν και να στεγανοποιηθούν, η παρουσία τους είναι λιγότερο συχνή. Τα συστήματα αέρος μπορούν να χρησιμοποιήσουν και οικονομικότερα υλικά (π.χ πλαστικό υλικό), διότι οι θερμοκρασίες λειτουργίας τους είναι χαμηλότερες από αυτές των συλλεκτών νερού.

Ένας νέος ηλιακός συλλέκτης αέρος, που ονομάζεται διατρημένος συλλέκτης, περιορίζει το κόστος του γυαλιού, του μεταλλικού πλαισίου και της μόνωσης. Αυτός ο συλλέκτης είναι μια μαύρη, διάτρητη μεταλλική συσκευή. Ο ήλιος θερμαίνει το μέταλλο, και ένας ανεμιστήρας ωθεί τον αέρα διαμέσου των οπών στο μέταλλο όπου θερμαίνεται ο αέρας. Κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης χειμερινής ημέρας, το πλαίσιο μπορεί να παράγει θερμοκρασίες μέχρι 28°C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτοί οι συλλέκτες έχουν λειτουργήσει και έχουν πετύχει πολύ υψηλές αποδόσεις πάνω από 70% του θερμικού φορτίου σε κάποιες εφαρμογές (για παράδειγμα στις εφαρμογές του ξενοδοχειακού τομέα). Επιπλέον, αυτοί οι συλλέκτες είναι σχετικά οικονομικοί γιατί δεν απαιτούν γυαλί και μόνωση. Όλες αυτές οι συνιστώσες θέτουν τους διάτρητους συλλέκτες

ως μια πολύ οικονομική και τεχνικά συμφέρουσα λύση.

### **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)**

Είναι ένας υαλόφρακτος χώρος προσαρτημένος στη νότια πλευρά του κτιρίου που δέχεται αυξημένη ηλιακή ενέργεια και την αξιοποιεί για τη θέρμανση του χώρου. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.



Σχήμα 4.6 : Ροή αέρος / θερμότητας σε κατοικία με θερμοκήπιο

### **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.

#### **4.4 Παθητικά συστήματα ψύξης**

Πρόκειται για συστήματα που χρησιμοποιούν την εξάτμιση του νερού για την ψύξη χώρων. Κατά την εξάτμισή του το νερό χρησιμοποιεί κάποιο ποσό θερμότητας το οποίο λαμβάνει από τον χώρο που βρίσκεται. Χαρακτηριστικά τέτοια παραδείγματα είναι τα σιντριβάνια, οι πισίνες, οι κουρτίνες νερού, ακόμη και το πότισμα. Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η αύξηση της



υγρασίας στον αέρα και κατά συνέπεια η δημιουργία μιας αίσθησης δυσφορίας. Επίσης, μια άλλη μέθοδος είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας για ψύξη με απορρόφηση.

### **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.). Προτεραιότητα δίνεται στον σκιασμό των διαφανών και μετά των αδιαφανών επιφανειών. Η σκίαση μπορεί να βοηθήσει να μειωθεί η θερμοκρασία μέσα στο σπίτι έως και κατά 11 βαθμούς. Η σκίαση μπορεί να γίνει είτε με την κατάλληλη φύτευση δέντρων και φυτών είτε με κατάλληλα σκίαστρα, τα οποία παρέχονται σε μεγάλη ποικιλία και εύρος τιμών. Τα σκίαστρα αυτά μπορεί να είναι από απλές τέντες έως ειδικά σχεδιασμένα μεταλλικά σκίαστρα που επιτυγχάνουν άριστα αποτελέσματα. Προσαρμόζονται τα ανάλογα με τον προσανατολισμό, δηλαδή οριζόντια σκίαστρα για τα νότια ανοίγματα και κατακόρυφα για τα ανατολικά και τα δυτικά.

Η σωστή χρήση των δέντρων για σκίαση μπορεί να μειώσει τα έξοδα για κλιματισμό κατά **15-50%**. Ακόμη κι αν κάποιο δέντρο σκιάζει απλώς την εξωτερική μονάδα ενός κλιματιστικού, αυτό μπορεί να σημαίνει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας **κατά 10%**, λόγω της βελτιωμένης απόδοσης λειτουργίας της μονάδας. Προτιμήστε φυλλοβόλα δέντρα που εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο χώρο σας το καλοκαίρι, όχι όμως και το χειμώνα που τη χρειάζεστε. Τα δέντρα θα πρέπει να σκιάζουν την ανατολική, δυτική και νότια πλευρά του κτιρίου, ώστε να εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου αργά το πρωί, το μεσημέρι και το απόγευμα αντιστοίχως. Τις ζεστές καλοκαιρινές μέρες, ένα δέντρο αντιστοιχεί με **5 κλιματιστικά** που λειτουργούν **για 20 ώρες**. Τρία δέντρα κατάλληλα φυτεμένα μπορούν να μειώσουν την ενέργεια για δροσισμό έως **και κατά 50%**.

### **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.

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 συνήθειες (περίπου 2-3°C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.

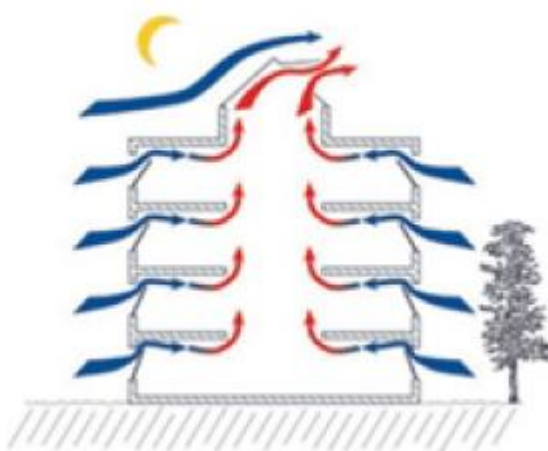
### **Φυσικός αερισμός**

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτήριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με

φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσισμού, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο.

Με το φυσικό δροσισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα:

- **Απομακρύνεται η θερμότητα** από το κτήριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν
- **Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα** από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- **Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα**, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 4.7 Φυσικός αερισμός σε πολύωροφο κτήριο με άνοιγμα στην οροφή

Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

1. Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
2. Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
3. Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα

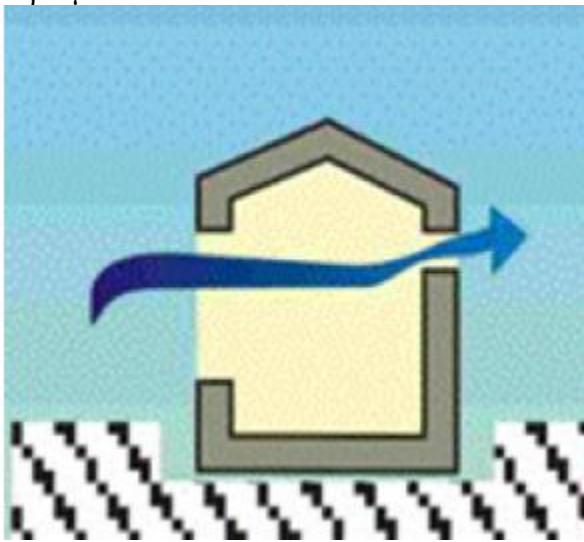
Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος (βλ. αεριζόμενο κέλυφος).

Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτήρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους.

### Διαμερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός)

Διαμερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας.

Ο διαμερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτήριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτήριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού.



Σχήμα 4.8 Διαμερής φυσικός αερισμός

Ο νυκτερινός διαμερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός.

### 4.5 Ανεμοφράκτες

Εκτός από κατασκευαστικά στοιχεία, ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει και φυτικούς φραγμούς για τον έλεγχο της κυκλοφορίας του αέρα.

Οι περιφράξεις, οι θάμνοι, τα δένδρα και λοιπά αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως ανεμοφράκτες δημιουργούν ζώνες σχετικής ηρεμίας στην κατάντη πλευρά τους.

Αναλύσεις που διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin με χρήση εξελιγμένων προγραμμάτων προσομοίωσης, κατέδειξαν ότι:



- Οι καλύτεροι ανεμοφράκτες από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου είναι στοιχεία, των οποίων το πορώδες κυμαίνεται μεταξύ 25% και 60%.
- Εμπόδια με πορώδες ίσο προς 50% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε αποστάσεις πενταπλάσιες έως εικοσαπλάσιες του ύψους τους. Στην περιοχή αυτή, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται στο 30%.
- Εμπόδια με πορώδες 25% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε απόσταση από το εμπόδιο τετραπλάσια του ύψους του. Στη ζώνη που περιλαμβάνεται μεταξύ του τετραπλασίου και του εικοσαπλασίου του ύψους, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται στην περίπτωση αυτή στο 60%.

#### 4.6 Άλλες μέθοδοι παθητικού δροσισμού

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:

##### **Καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)**

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.



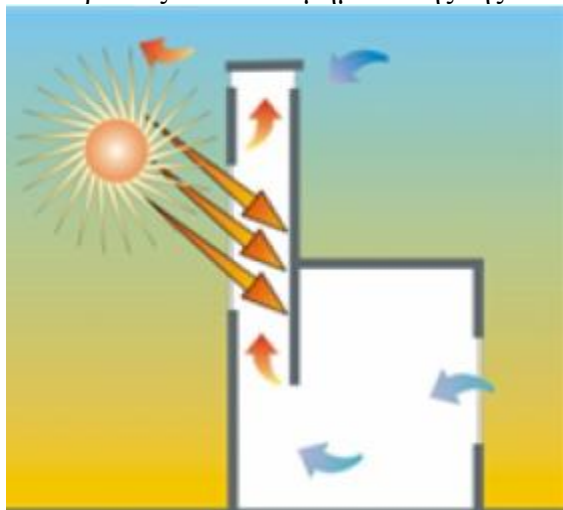
Σχήμα 4.9 Φυσικός ελκυσμός με πύργο αερισμού

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων.

##### **Ηλιακή καμινάδα**

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο)

και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς.



Σχήμα 4.10 Φυσικός αερισμός με ηλιακή καμινάδα

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους.

Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.

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 κτήριο στη γη με αγωγή, (υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτήρια, ή υπεδάφιο σύστημα αγωγών και εναλλάκτες εδάφους-αέρα).

#### 4.7 Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτήρια, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης».

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

1. Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
2. Ανοίγματα οροφής
3. Αίθρια
4. Φωταγωγοί

Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φυσικού φωτισμού αφορούν υαλοπίνακες με συγκεκριμένες ιδιότητες, πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία, διαφανή μονωτικά υλικά και ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες).

#### 4.8 Παράδειγμα κατοικίας στο Αττικό Άλσος

(ΠΗΓΗ: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα:Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής»,ομάδα ΚΑΠΕ 2001)



Εικόνα 4.11 : Βιοκλιματική κατοικία στην Αθήνα

Μελετητής : Μ.Σουβατζίδης

Έτος κατασκευής : 1993

Εμβαδόν διαμερίσματος 159,4m<sup>2</sup>

Εμβαδόν θερμαινόμενων χώρων : 153,7m<sup>2</sup>

Αριθμός ορόφων : 5

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα :

- Άμεσο κέρδος
- Θερμοκήπιο ενσωματωμένο στο κτήριο

**Φυσικός Δροσισμός**

- Σκίαση ανοιγμάτων
- Διαμπερής και κατακόρυφος νυχτερινός δροσισμός

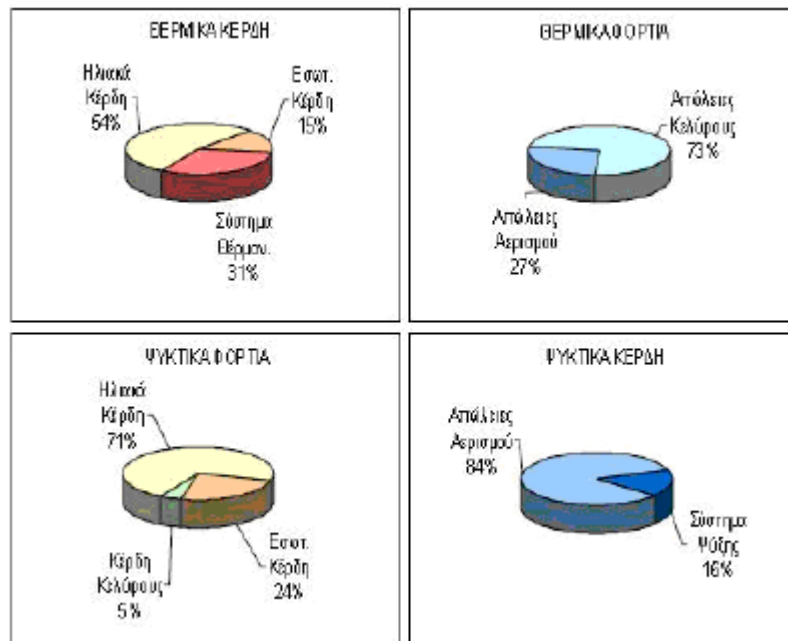
**Τοιχοποιία :** Εμφανής δρομική τοιχοποιία εσωτερικά και εξωτερικά με Thermoblock και μόνωση 5 εκατοστών ενδιάμεσα.

Ιδιοκτήτης και χρήστης του κτηρίου είναι ο ίδιος ο μελετητής. Η κατοικία αποτελεί τμήμα του κτιρίου, το οποίο διαρθρώνεται σε πέντε επίπεδα και καταλαμβάνει το γραφείο του μελετητή και άλλα διαμερίσματα.

Το κτήριο είναι σε περιοχή της Αθήνας σε συνεχή δόμηση, έχει νοτιοανατολικό προσανατολισμό, με μεγάλα νότια ανοίγματα και θερμοκήπιο. Το θερμοκήπιο με το καθιστικό αποτελεί ενιαίο χώρο, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας υπάρχει ρολό με εσωτερική μόνωση που χωρίζει το θερμοκήπιο από τον υπόλοιπο χώρο. Εξωτερικά, τα ανοίγματα σκιάζονται με οριζόντια περσιδωτά σκίαστρα. Οι περσίδες είναι προσανατολισμένες προς το νότο και η κλίση του  $\zeta$  είναι αυτή που επιτρέπει το μέγιστο ηλιασμό των ανοιγμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο. Εσωτερικά, τα ανοίγματα σκιάζονται με κατακόρυφες ανοιχτόχρωμες περσίδες.

Η διάταξη της κατοικίας σε επίπεδα διευκολύνει τον κατακόρυφο αερισμό. Για τον καλύτερο αερισμό της κατοικίας έχουν τοποθετηθεί μικροί ανεμιστήρες απαγωγής του ζεστού αέρα που συγκεντρώνεται στα ανώτερα επίπεδα. Στο δώμα του κτιρίου υπάρχουν τμήματα τα οποία είναι φυτεμένα, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα του δώματος σκιάζεται από ανάλογα οριζόντια σκίαστρα με αυτά που σκιάζουν τα ανοίγματα. Τέλος, σε ένα τμήμα του δώματος και σε επαφή με αυτό έχει τοποθετηθεί ηλιακός συλλέκτης με αποτέλεσμα το τμήμα αυτό ουσιαστικά να έχει ελάχιστη θερμική επιβάρυνση καθώς η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον συλλέκτη.

Απ' το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου προκύπτει ότι τα ηλιακά κέρδη αποτελούν το **54%** των συνολικών **θερμικών κερδών** ενώ η βοηθητική θέρμανση καλύπτει το **31%**. Γενικά η κατοικία έχει περιορισμένες απαιτήσεις σε θέρμανση όπως ανέφερε ο μελετητής-χρήστης η θέρμανση του χώρου για μικρά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ημέρας έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται η θερμοκρασία εντός των ορίων θερμικής άνεσης.



Διάγραμμα 4.12

Η χρήση της συγκεκριμένης τοιχοποιίας και το θερμοκήπιο συντελούν σε **εξοικονόμηση ενέργειας** για θέρμανση της τάξης του 13%. Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.13 με τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη προκύπτει ότι το θερμοκήπιο έχει πολύ μικρή συμμετοχή στη εξοικονόμηση ενέργειας για την περίοδο θέρμανσης αφού η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει απ τον συνολικό σχεδιασμό του κτηρίου, επιπλέον το θερμοκήπιο επιβαρύνει ελαφρά το κτήριο το καλοκαίρι ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του παρακείμενου χώρου έως και 1°C (διάγραμμα 4.15).

Κατά τη θερινή περίοδο στο εσωτερικό της κατοικίας αναπτύσσονται θερμοκρασίες που φτάνουν τους 30°C όπως προκύπτει από τις προσομοιώσεις. Όπως προέκυψε από τη μαρτυρία του χρήστη η θερμοκρασία αυτή είναι ανεκτή στο κτήριο και δεν χρειάζεται χρήση κλιματισμού.

Οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στο εσωτερικό της κατοικίας κατά την **ενεργειακή καταγραφή είχαν 10°C διαφορά με την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα (διάγραμμα 4.16)**. Συγκεκριμένα ενώ η εξωτερική θερμοκρασία ήταν κοντά στους 42°C η θερμοκρασία που είχε ο χώρος του καθιστικού ήταν 31,5°C. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και θερμοκρασία των 31,5°C δεν θεωρείται ότι είναι μέσα στα όρια της **θερμικής άνεσης** με τη θερμοκρασία αυτή οι παρευρισκόμενοι στο κτήριο αισθάνονταν θερμική άνεση.

Η λειτουργία των μικρών ανεμιστήρων για την απαγωγή του θερμού αέρα και η ύπαρξη ανοιχτών ανοιγμάτων στο δώμα έχει ως αποτέλεσμα την αισθητή βελτίωση των συνθηκών μέσα στο χώρο. Η χρήση των σκιάστρων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των αναγκών δροσισμού κατά 10%.

Η εφαρμογή της συγκεκριμένης τοιχοποιίας έχει θετικά αν και μικρά

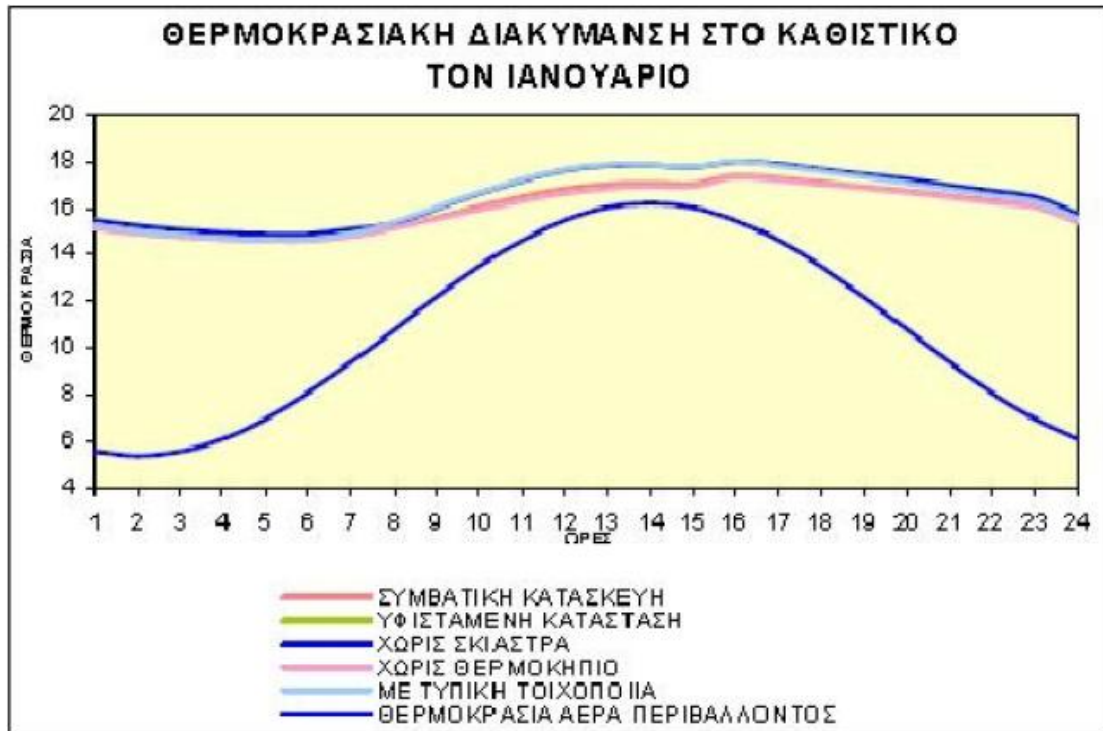
αποτελέσματα τόσο κατά την περίοδο θέρμανσης όσο και κατά την περίοδο ψύξης. Η τοιχοποιία που έχει εφαρμοστεί στην κατοικία αποδίδει τα θερμικά κέρδη και αποφορτίζεται με μικρότερο ρυθμό από ότι η τυπική τοιχοποιία αποτέλεσμα είναι κατά τη χειμερινή περίοδο να δημιουργούνται υψηλότερες θερμοκρασίες στο χώρο κατά τις νυχτερινές ώρες από ότι όταν εφαρμοζόταν η τυπική τοιχοποιία ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. (διάγραμμα 4.14). Κατά τη θερινή περίοδο συμβαίνει το αντίθετο. Κατά τη διάρκεια της ημέρας παρουσιάζονται υψηλότερες θερμοκρασίες με την συμβατική τοιχοποιία.

Πίνακας 4.13 : Σύγκριση βιοκλιματικής κατοικίας με ανάλογη συμβατική

| ΜΟΡΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ        | ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ |                    |     | ΦΟΡΤΙΟ ΨΥΞΗΣ |                    |       |
|----------------------|------------------|--------------------|-----|--------------|--------------------|-------|
|                      | GJ               | KWh/m <sup>2</sup> | %   | GJ           | KWh/m <sup>2</sup> | %     |
| ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ  | 20.32            | 35.41              | -   | 6.20         | 10.80              | -     |
| ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ | 17.93            | 31.24              | -13 | 7.14         | 12.43              | 15.12 |

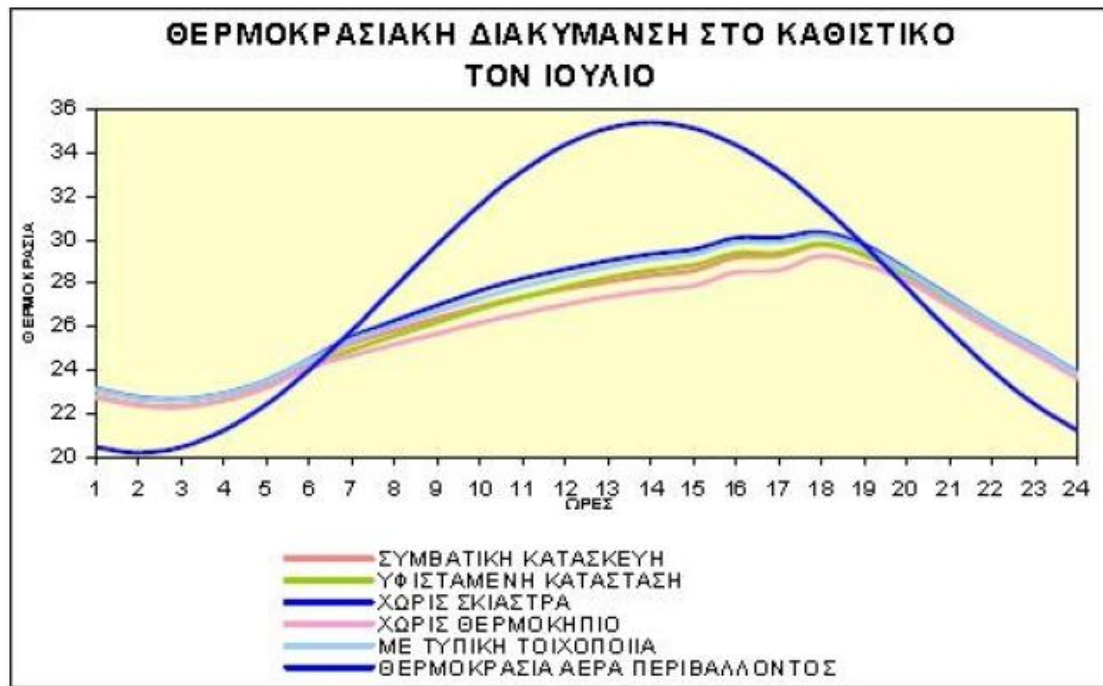
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ                     | ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ |                    | ΦΟΡΤΙΟ ΨΥΞΗΣ |                    |
|--|------------------|--------------------|--------------|--------------------|
|  | GJ               | KWh/m <sup>2</sup> | GJ           | KWh/m <sup>2</sup> |
| ΣΚΙΑΣΤΡΑ, ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ, ΕΙΔΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ | 17.93            | 31.24              | 7.14         | 12.43              |
| ΧΩΡΙΣ ΣΚΙΑΣΤΡΑ                         | 17.93            | 31.24              | 7.96         | 13.87              |
| ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ                       | 20.69            | 36.06              | 5.52         | 9.62               |
| ΜΕ ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ                    | 19.16            | 33.40              | 7.28         | 12.68              |

Διάγραμμα 4.14

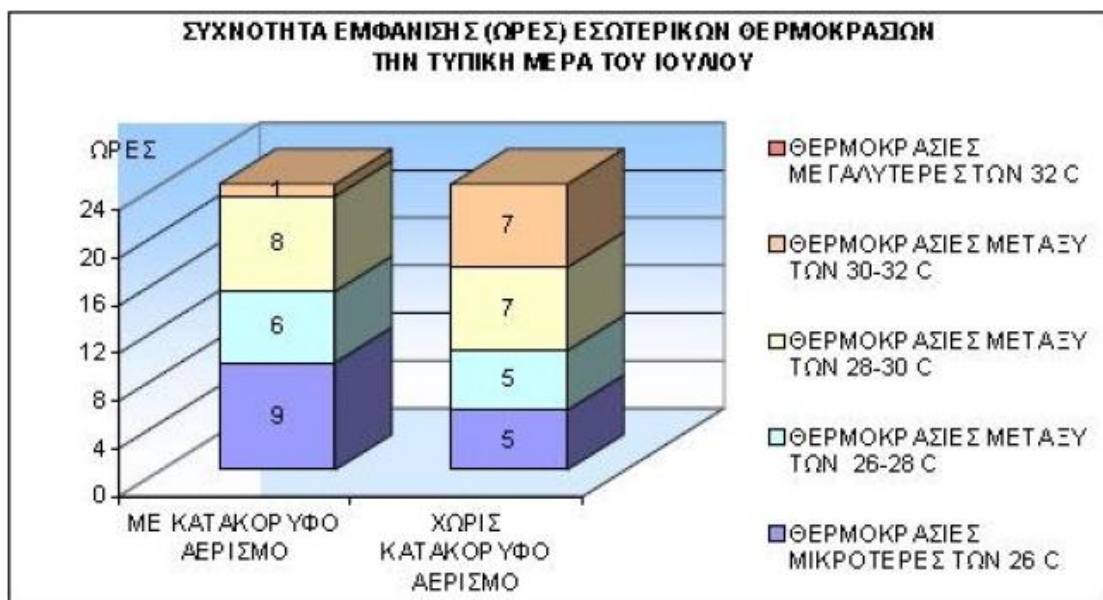


Διάγραμμα 4.15



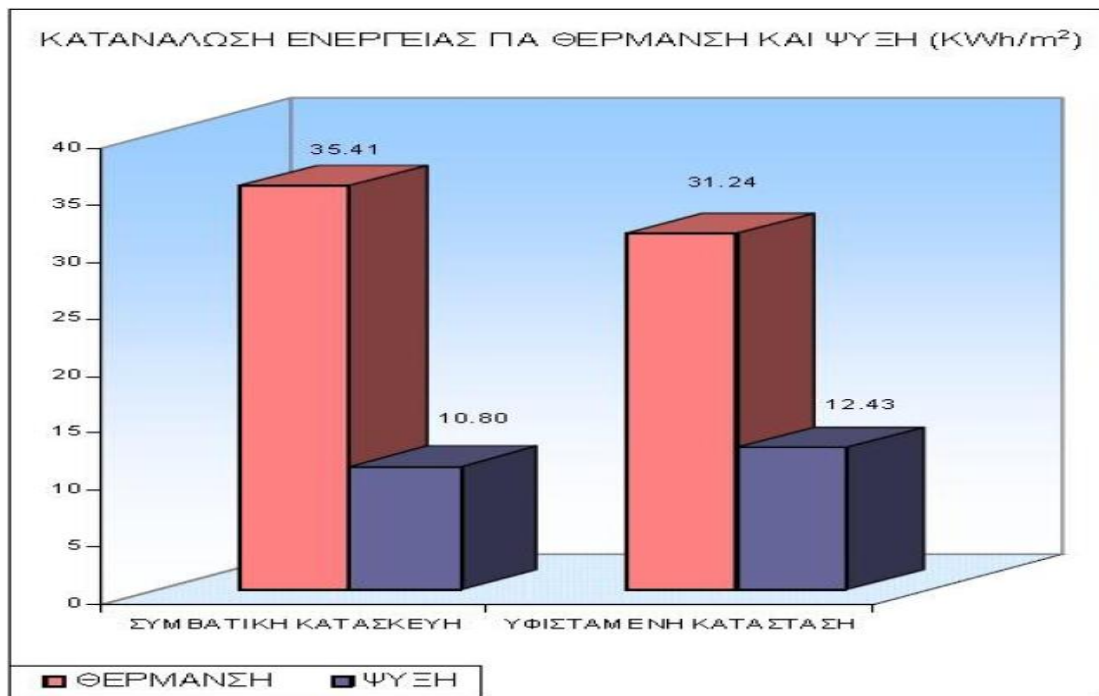


Διάγραμμα 4.16



Διάγραμμα 4.17





## Κεφάλαιο 5 - Θερμομόνωση

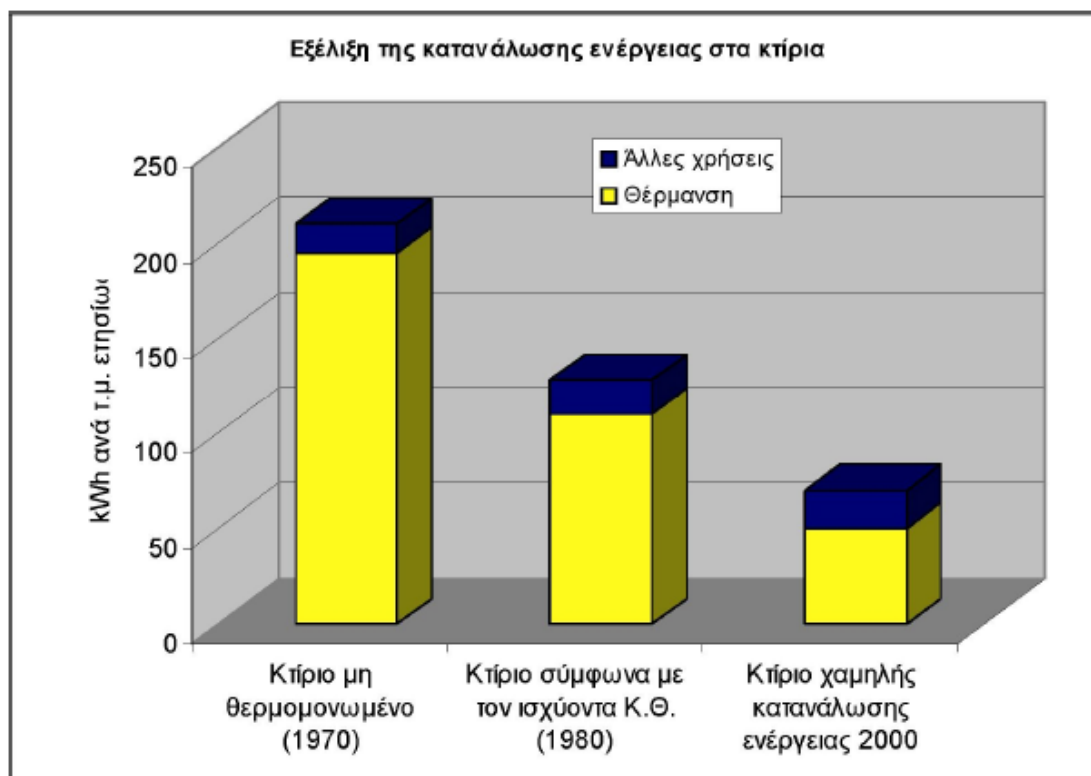
### 5.1 Εισαγωγή

Η καθιέρωση της θερμομόνωσης αποτέλεσε το μοναδικό ουσιαστικά μέτρο, που λήφθηκε από το 1979 έως σήμερα, κι είναι γεγονός ότι είχε θετική επίδραση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 1980. Παρ' όλ' αυτά εντοπίζονται δύο βασικά προβλήματα: Υπάρχει ο μεγάλος πληθυσμός των παλαιότερων κτιρίων που δεν είναι καθόλου μονωμένα κι υπάρχουν και τα νεότερα κτήρια, στα οποία η εφαρμογή, της από τον κανονισμό και τη μελέτη προβλεπόμενης θερμομόνωσης, είναι ελλιπής.



Εικόνα 5.1 : Ελλιπής -και αντιφατική- εφαρμογή θερμομόνωσης (1994): Ταδοκάρια και τα τοιχεία δεν μονώνονται. Αντίθετα, έχουν μονωθεί τα στηθαία του μπαλκονιού.

Η ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους των υφιστάμενων κτιρίων αποτελεί, επομένως, ίσως το ουσιαστικότερο βήμα στην προσπάθεια εξορθολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της εξυπηρέτησης κτιρίων - κι αυτό ισχύει στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπου καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες βελτίωσης τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι με την επανένωση της Γερμανίας ανέκυψε η ανάγκη αναβάθμισης περισσότερων από 4.000.000 κατοικιών, που δεν πληρούσαν τις απαιτήσεις του σύγχρονου κανονισμού θερμομόνωσης. Αντίστοιχα, έχει τεκμηριωθεί από έρευνες και στην Ελλάδα, ότι η μέση ετήσια ανηγμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 130 έως 180 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ θα ήταν από 80 έως 110 kWh/m<sup>2</sup>, αν τα ελληνικά κτήρια διέθεταν τη, στοιχειώδη έστω, θερμομόνωση που προβλέπει ο σχετικός κανονισμός. Αξίζει να επισημανθεί ότι αν εφαρμόζαμε σε ένα κτήριο όλες τις λύσεις που μας παρέχει η σύγχρονη τεχνογνωσία και η τεχνολογία, η κατανάλωση δεν θα υπερέβαινε τις 50kWh/m<sup>2</sup>. Στην περίπτωση αυτή θα μιλούσαμε για ένα κτήριο χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, το κόστος κατασκευής του οποίου αυξάνεται κατά 3 έως 5% σε σχέση με μία συμβατική κατασκευή - αύξηση μάλλον μικρή σε σχέση με το επιτυγχανόμενο όφελος.



Διάγραμμα 5.2 : Εξέλιξη της ανοιγμένης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια.

Πρακτικά, και με δεδομένη τη θερμογόνο ισχύ και τον μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ενός συμβατικού συστήματος καυστήρα - λέβητα, τα κτήρια μας χρειάζονται περίπου 13 με 18 λίτρα πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο, ενώ θα μπορούσαν να θερμαίνονται με 8 έως 11 σε ένα συμβατικό κτήριο και με μόλις 5 λίτρα πετρελαίου σε ένα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

## 5.2 Δυνατότητες παρέμβασης

Από τις προηγούμενες διαπιστώσεις προκύπτει σχετικά αβίαστα η ανάγκη άμεσης παρέμβασης, τόσο στο σχεδιασμό των νέων κτιρίων, όσο και στην αναβάθμιση των παλιών. Στα καινούρια κτήρια το ζήτημα είναι θεωρητικά απλό: Η μελέτη κτιρίων βάσει των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού, η κατασκευή τους σύμφωνα με τη μελέτη και η χρήση σύγχρονων υλικών και συστημάτων με προδιαγραφές που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της μελέτης, οδηγούν σε κτήρια με ορθολογική ενεργειακή συμπεριφορά.

Τα υφιστάμενα κτήρια, ωστόσο, αποτελούν και τον πυρήνα του προβλήματος. Μπορούμε να συνοψίσουμε τις απαιτούμενες παρεμβάσεις σε κατηγορίες, αντίστοιχες με αυτές των αιτιών των προβλημάτων.

### 5.3 Βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους του κτιρίου

Οι τέσσερις κύριες δυνατότητες παρέμβασης εντοπίζονται στην αναδρομική θερμομόνωση των όψεων (τοιχοποιίες και τοιχεία), του δώματος, της πυλωτής καθώς και στην αντικατάσταση των κουφωμάτων.

Το πρόβλημα της αναδρομικής θερμομόνωσης των όψεων ενός κτιρίου είναι δυνατό να επιλυθεί με μια πληθώρα κατασκευαστικών λύσεων. Οι λύσεις αυτές διαφοροποιούνται από τη θέση τοποθέτησης της θερμομόνωσης, εσωτερικά ή εξωτερικά, και τον τρόπο επικάλυψης του θερμομονωτικού υλικού.

Στην εσωτερική θερμομόνωση προκύπτουν δυσκολίες εξαιτίας της απαιτούμενης αποξήλωσης και επανατοποθέτησης υδραυλικών και ηλεκτρολογικών παροχών.

**Ενδεικτικά το κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης των τοιγίων με τα υλικά και την εργασία είναι 40-60 ευρώ/τ.μ. επιφάνειας.(Ερευνα αγοράς Σεπτέμβριος 2012)**

#### Παραδείγματα

Έστω ότι έχουμε μία διώροφη κατοικία στην Αθήνα με διαστάσεις σε μέτρα 15X10X7 (μήκοςΧπλάτοςΧύψος) και 20% ποσοστό ανοιγμάτων, οπότε έχουμε μία εξωτερική επιφάνεια χωρίς μόνωση 280 τ.μ. με θερμική διαπερατότητα 1,75 W/°C m<sup>2</sup> επικαλύπτεται με εξωτερική θερμομόνωση που μειώνει την θερμική διαπερατότητα στα 0,3 W/°C m<sup>2</sup>.

Το κόστος της εγκατάστασης θα είναι :

$$280 \text{ m}^2 * 40 \text{ euro/m}^2 = 11200 \text{ euro}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι :

$$EE = \Delta U * BH * A * 24 / 1000 \text{ [kWh]}$$

όπου,

$\Delta U$  : διαφορά θερμικής διαπερατότητας [W/m<sup>2</sup>°C]

BH : βαθμοημέρες [°C.day/yr]

A : επιφάνεια επικάλυψης [m<sup>2</sup>]

$$EE = [(1,75 - 0,3) \text{ W/m}^2\text{°C} * 1228 \text{ °C.day/yr} * 280 \text{ m}^2 * 24 \text{ h/day}]/1000 = 11965,63 \text{ kWh}$$

Οπότε το ετήσιο κέρδος σε πετρέλαιο θα είναι :

Το κόστος του πετρελαίου ανά kWh υπολογίζεται από την θερμογόνο του

**δύναμη 9,7 kWh/λίτρο και το κόστος του, 0,62 euro/lit, οπότε,**

$$(9,7 \text{ kWh/lit}) / (0,62 \text{ euro/lit}) = 0,064 \text{ euro/kWh}$$

$$EK = EE * 0,064 = 765,8 \text{ euro/yr}$$

Άρα η απόσβεση θα είναι σε :

$$11200 \text{ euro} / 765,8 \text{ euro/yr} = 14,6 \text{ yr}$$

Πίνακας 5.1.A : Απόσβεση εξωτερικής θερμομόνωσης σε διώροφη κατοικία στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδος

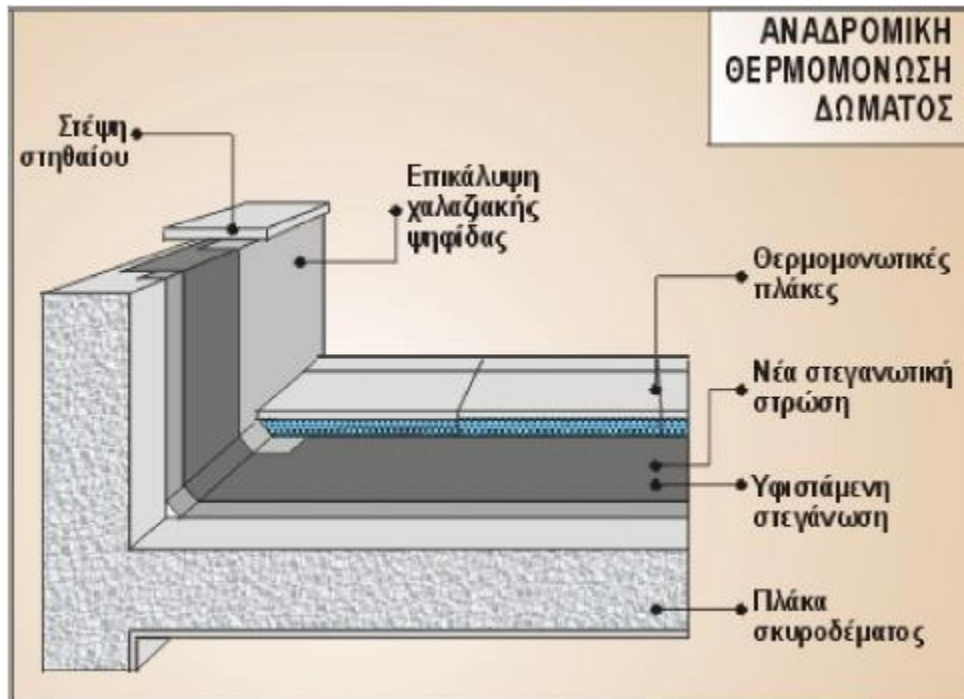
| Κλιματική Ζώνη | Πόλη     | Βαθμομέρες (°C.ημέρα/έτος) | Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh/έτος) | Ετήσιο Κέρδος (ευρώ/έτος) | Απόσβεση (έτη) |
|----------------|----------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Β              | Αθήνα    | 1228                       | 11965,6                           | 765,8                     | 14,6           |
| Γ              | Θεσ/νίκη | 1812                       | 17656,1                           | 1130,0                    | 9,9            |
| Α              | Ηράκλειο | 829                        | 8077,8                            | 517,0                     | 21,7           |
| Δ              | Κοζάνη   | 2469                       | 24057,9                           | 1539,7                    | 7,3            |

### Θερμομόνωση Πυλωτής

Η θερμομόνωση της οροφής του υπόστυλου χώρου (Πυλωτή) είναι η τεχνικά απλούστερη επέμβαση, που πραγματοποιείται εξωτερικά, από την πλευρά του υπόστυλου χώρου με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης στην οροφή και την επίχριση της.

### Θερμομόνωση Δώματος

Η θερμομόνωση του δώματος είναι μία εύκολη και οικονομική διαδικασία, που επιπλέον συμβάλλει και στη μείωση των ψυκτικών φορτίων το καλοκαίρι. Η λύση που προτείνεται είναι αυτή του αντεστραμμένου δώματος. Ο λόγος είναι ότι στο αντεστραμμένο δώμα το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται επάνω στη στεγάνωση, ενώ στο συμβατικό δώμα τοποθετείται κάτω από αυτήν. Εκτός των εξαιρετων ιδιοτήτων από άποψης δομικής φυσικής, η λύση αυτή παρουσιάζει και το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούνται εργασίες αποξήλωσης της υφιστάμενης κατασκευής.



Σχήμα 5.3 : Αναδρομική θερμομόνωση δώματος.

Ενδεικτικά μία συνήθης θερμομόνωση δώματος κοστίζει 42 με 52 ευρώ/τ.μ. (Έρευνα αγοράς Σεπτέμβριος 2012)

### Παραδείγματα

Έστω ότι έχουμε την ίδια διώροφη κατοικία με το παράδειγμα της θερμομόνωσης. Το μέγεθος της επιφάνειας της οροφής θα είναι **150 m<sup>2</sup>** χωρίς μόνωση με θερμική διαπερατότητα **2 W/°C m<sup>2</sup>** επικαλύπτεται με εξωτερική θερμομόνωση που μειώνει την θερμική διαπερατότητα στα **0,4 W/°C m<sup>2</sup>**.

Το κόστος της αντικατάστασης θα είναι :

$$150 \text{ m}^2 * 33 \text{ euro/m}^2 = 4950 \text{ euro}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι :

$$EE = \Delta U * BH * A * 24 / 1000 \text{ [kWh]}$$

όπου,

$\Delta U$  : διαφορά θερμικής διαπερατότητας [W/m<sup>2</sup>°C]

$BH$  : βαθμομέρες [°C.day/yr]

$A$  : επιφάνεια επικάλυψης [m<sup>2</sup>]

$$EE = [(2 - 0,4) \text{ W/m}^2\text{°C} * 1228 \text{ °C.day/yr} * 150 \text{ m}^2 * 24 \text{ h/day}] / 1000 = 7073,3 \text{ kWh}$$

Οπότε το ετήσιο κέρδος σε πετρέλαιο θα είναι :

Το κόστος του πετρελαίου ανά kWh υπολογίζεται από την θερμογόνο του δύναμη 9,7 kWh/λίτρο και το κόστος του, 0,62 euro/lit, οπότε,

$$(9,7 \text{ kWh/lit}) / (0,62 \text{ euro/lit}) = 0,064 \text{ euro/kWh}$$

$$EK = EE * 0,064 = 452,7 \text{ euro/yr}$$

Άρα η απόσβεση θα είναι σε :

$$4950 \text{ euro} / 452,7 \text{ euro/yr} = 10,9 \text{ yr}$$



Πίνακας 5.1.Β : Απόσβεση θερμομόνωσης δώματος σε διώροφη κατοικία στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδος

| Κλιματική Ζώνη | Πόλη     | Βαθμοημέρες (°C.ημέρα/έτος) | Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh/έτος) | Ετήσιο Κέρδος (ευρώ/έτος) | Απόσβεση (έτη) |
|----------------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Β              | Αθήνα    | 1228                        | 7073,3                            | 452,7                     | 10,9           |
| Γ              | Θεσ/νίκη | 1812                        | 10437,1                           | 668,0                     | 7,4            |
| Α              | Ηράκλειο | 829                         | 4775,0                            | 305,6                     | 16,2           |
| Δ              | Κοζάνη   | 2469                        | 14221,4                           | 910,2                     | 5,4            |

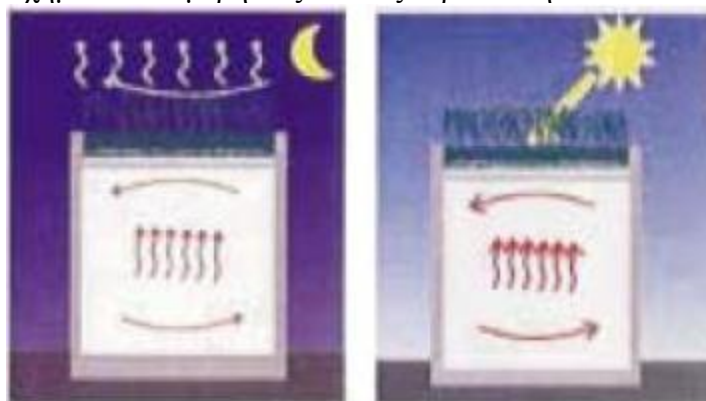
#### 5.4 Πράσινες ταράτσες

Μία επιπλέον λύση στην μόνωση του δώματος είναι η φύτευση της οροφής ή ταρατσόκηπος. Οι φυτεμένες οροφές αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης το οποίο αναπτύσσεται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδα κατασκευασμένη οροφή.

Το φυτεμένο δώμα προσφέρει μια πληθώρα λειτουργιών :

- 1) εξασφαλίζει έναν ιδιωτικό κήπο στα δώματα του κτιρίου
- 2) ελέγχει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην οροφή
- 3) δρα ως θερμική και ακουστική μόνωση για το κτήριο
- 4) διατηρεί την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου σταθερή.

Σχήμα 5.4 : Ημερήσιος κύκλος ταρατσόκηπου



Τους ζεστούς μήνες του χρόνου, τα φυτεμένα δώματα δρουν κυρίως ως ένα μέσο θερμικής μόνωσης. Αυτό συμβαίνει διότι το υπόστρωμα αποθηκεύει τη θερμότητα και αυξάνει την θερμική αδράνεια του κτιρίου. Τους ψυχρούς μήνες του χρόνου

το στρώμα βλάστησης μπορεί να συμβάλει στην διατήρηση της θερμοκρασίας ενός κτιρίου κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και στην μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον τις βραδινές ώρες. (Σχήμα 5.4)

Τα οφέλη περιλαμβάνουν την βελτιωμένη οπτική εικόνα της κατοικίας, τα χαμηλά κόστη συντήρησης για τα υλικά της οροφής χάρη στη μεγάλη διάρκεια ζωής τους (προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία), συνεισφορά στις σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους και σταθερές θερμοκρασίες των επιφανειών χάρη στις χαμηλές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της οροφής.

Ένας ταρατσόκηπος είναι και ένα φυσικό μέσο θερμομόνωσης. Η εξοικονόμηση σε ενέργεια κλιματιστικού ενός κτιρίου με ταρατσόκηπο μπορεί να φτάσει μέχρι και 25% κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ το καλοκαίρι μπορεί να φτάσει και 50%. Η θερμοκρασία στην οροφή ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μπορεί να φτάσει και τους 70°C, ενώ αν διαθέτει ταρατσόκηπο δεν θα ξεπερνά τους 30°C. Ο τελευταίος όροφος μιας πολυκατοικίας που διαθέτει ταρατσόκηπο έχει τουλάχιστον 4 βαθμούς χαμηλότερη θερμοκρασία από ένα αντίστοιχο που η τάρτασα είναι μόνο μπετόν

Πίνακας 5.4.A

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| Ειδική ελαφριά κατασκευή | 25-30 kg/m <sup>2</sup>  |
| Τυπική κατασκευή         | 80-150 kg/m <sup>2</sup> |

Υπάρχουν τρία είδη ταρατσόκηπων ανάλογα με το πάχος του χώματος το οποίο καθορίζει την τιμή αλλά τα είδη των φυτών :

Οι ταρατσόκηποι δεν έχουν ημερομηνία λήξης, χρειάζεται όμως μία φορά το χρόνο να τσεκάρετε την αποστράγγιση και τη σωστή λειτουργία της ενώ τα φυτά έχουν ανάγκη από κλάδεμα, λίπανση και φροντίδα.

Πίνακας 5.4.B

| Κατασκευή της οροφής                      | Θερμικά φορτία |       |        | Ψυκτικά Φορτία |       |        |
|---|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
|   | GJ             | KWh/m | %      | GJ             | KWh/m | %      |
| Συμβατική κατασκευή (χωρίς φυτεμένο δώμα) | 0.32           | 4.49  | -      | 1.78           | 25.29 | -      |
| Παρούσα κατάσταση (φυτεμένο δώμα)         | 0.05           | 0.72  | -83.91 | 1.18           | 16.78 | -33.63 |

(Ο πίνακας παρουσιάζει την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το φυτεμένο δώμα στο ξενοδοχείο EL GRECO στο Ηράκλειο Κρήτης)



## 5.5 Ανοίγματα

Μια άλλη μορφή παρέμβασης που είναι τεχνικά απλή και συμβάλλει ταυτόχρονα και στην ηχομόνωση είναι η αντικατάσταση των κουφωμάτων και των θυρών. Η επιλογή των κουφωμάτων, ως προς τον τρόπο λειτουργίας (ανοιγόμενα, συρόμενα) και το υλικό (αλουμίνιο, συνθετικά υλικά, ξύλο), σχετίζεται με κριτήρια αρχιτεκτονικής, λειτουργικότητας και κόστους.

### Σχεδιασμός παραθύρων

Τα παράθυρα χρησιμοποιούνται για ποικιλία σκοπών. Αποτελούν ένα από τα βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία των κτιρίων και έχουν έναν εξαιρετα σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή απόδοση και στη στάθμη άνεσης στα κτήρια ενώ εξασφαλίζουν φυσικό φωτισμό στους χώρους. Ανάλογα με το πόσο καλή είναι η θερμομόνωση στους τοίχους των κτιρίων αυξάνεται το ποσοστό συμμετοχής των απωλειών θερμότητας από τα παράθυρα.

### Η ηλιακή απόδοση των παραθύρων

Η επιλογή και η τοποθέτηση των παραθύρων αποτελούν κλειδιά των διαπιστώσεων σχεδιασμού που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου καθώς και το φωτισμό των χώρων όπως επίσης τις στάθμες άνεσης και υγρασίας. Ο επιτυχής σχεδιασμός περιλαμβάνει συνήθως περιορισμένο σύνολο επιφάνειας παραθύρων που στην πλειοψηφία τους είναι νότια προσανατολισμένα ώστε να εξασφαλίζουν παθητικό ηλιακό κέρδος ενώ στην ανατολική και τη δυτική πλευρά περιλαμβάνονται λίγα παράθυρα και ελάχιστα στις βορινές επιφάνειες του κτιρίου. Οι νότιες επιφάνειες παραθύρων δε θα πρέπει συνήθως να υπερβαίνουν το 8 ως 12% της ενεργού επιφάνειας της κάτοψης ενός ενεργειακά μελετημένου κτιρίου εκτός αν χρησιμοποιούνται τεμάχια παραθύρων υψηλής ενεργειακής απόδοσης και λαμβάνεται ιδιαίτερη πρόνοια προς αποφυγή πιθανών προβλημάτων υπερθέρμανσης. Το άνοιγμα των παραθύρων μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της υπερθέρμανσης των κτιρίων ιδιαίτερα κατά τις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου.

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι τζάμι επιφανειακής θερμοκρασίας 38 °C με επιφάνεια που έχει συντελεστή  $\epsilon=1$  ανακλά θερμότητα 530 W/m<sup>2</sup> ενώ άλλο τζάμι της ίδιας θερμοκρασίας με επιφάνεια συντελεστή  $\epsilon=0,1$  ανακλά θερμότητα που έχει τιμή 53 W/m<sup>2</sup>. Στην τελευταία περίπτωση φαίνεται καθαρά ότι το πιο μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο τζάμι παρέχει θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου και ότι η θερμότητα αυτή δεν ανακλάται στο περιβάλλον. Ακόμη πρέπει να γίνεται επιλογή υλικών κατασκευής των παραθύρων και των πλαισίων που να μη φθείρονται από το ηλιακό φως.

### Η κατασκευή των παραθύρων

Τα παράθυρα θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από υλικά αντοχής που να καλύπτουν τις οικονομικές και σχεδιαστικές απαιτήσεις. Τα παράθυρα που υπάρχουν στην αγορά παρέχουν ποικιλία επιλογών, νέες τεχνολογίες και θερμικές βελτιώσεις που εξασφαλίζουν τη μείωση των απωλειών θερμότητας και τα προβλήματα συμπύκνωσης. Η χρήση τζαμιών με επιφάνειες καλυμμένες με βαφές χαμηλού συντελεστή ε περιορίζουν τις απώλειες από ανάκλαση ακτινοβολίας θερμότητας και μπορούν να ρυθμίσουν το ηλιακό κέρδος. Τα διάκενα μεταξύ των διπλών τζαμιών μπορεί να περιέχουν αδρανή αέρια όπως είναι το Αργόν, το Κρυπτόν με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι μονωτικές τους ιδιότητες.

## Παραδείγματα

Έστω ότι έχουμε την ίδια διώροφη κατοικία με το παράδειγμα της θερμομόνωσης. Το μέγεθος της επιφάνειας των παραθύρων θα είναι **70 m<sup>2</sup>**. Η θερμική διαπερατότητα των μονών υαλοπινάκων είναι **5,6 W/°C.m<sup>2</sup>** και των **διπλών 1,1 W/°C.m<sup>2</sup>**. Η μέση τιμή κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο υαλοπίνακα **διπλής υάλωσης είναι 150 euro/m<sup>2</sup>** οπότε το κόστος της αντικατάστασης θα είναι:

$$70 \text{ m}^2 * 150 \text{ euro/m}^2 = 10500 \text{ euro}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι :

$$EE = \Delta U * BH * A * 24 / 1000 \text{ [kWh]}$$

όπου,

**$\Delta U$  : διαφορά θερμικής διαπερατότητας [W/m<sup>2</sup>°C]**

**$BH$  : βαθμοημέρες [°C.day/yr]**

**$A$  : επιφάνεια επικάλυψης [m<sup>2</sup>]**

$$EE = [(5,6 - 1,1) \text{ W/m}^2\text{°C} * 1228 \text{ °C.day/yr} * 70 \text{ m}^2 * 24 \text{ h/day}] / 1000 = 9283,7 \text{ kWh}$$

Οπότε το ετήσιο κέρδος σε πετρέλαιο θα είναι :

Το κόστος του πετρελαίου ανά kWh υπολογίζεται από την θερμογόνο του δύναμη 9,7 kWh/λίτρο και το κόστος του, 0,62 euro/lt, οπότε,

$$(9,7 \text{ kWh/lt}) / (0,62 \text{ euro/lt}) = 0,064 \text{ euro/kWh}$$

$$EK = EE * 0,064 = 594,2 \text{ euro/yr}$$

Άρα η απόσβεση θα είναι σε :

$$10500 \text{ euro} / 594,2 \text{ euro/yr} = 17,7 \text{ yr}$$

Σημείωση : Οι τιμές των κουφωμάτων και της θερμικής διαπερατότητας τους πάρθηκαν **από την εταιρεία FINSTRAL.**

| Κλιματική Ζώνη | Πόλη     | Βαθμοημέρες (°C.ημέρα/έτος) | Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh/έτος) | Ετήσιο Κέρδος (ευρώ/έτος) | Απόσβεση (έτη) |
|----------------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------|
| Β              | Αθήνα    | 1228                        | 9283,7                            | 594,2                     | 17,7           |
| Γ              | Θεσ/νίκη | 1812                        | 13698,7                           | 876,7                     | 12,0           |
| Α              | Ηράκλειο | 829                         | 6267,2                            | 401,1                     | 26,2           |
| Δ              | Κοζάνη   | 2469                        | 18665,6                           | 1194,1                    | 8,8            |

Πίνακας 5.5 : Απόσβεση αντικατάστασης συμβατικών κουφωμάτων με κουφώματα διπλής υάλωσης στη διώροφη κατοικία του παραδείγματος στις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδος

## 5.6 Σκίαστρα

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η σημαντικότερη εξωτερική πηγή παραγωγής ψυκτικών φορτίων. Αν και τα παράθυρα καλύπτουν σχετικά μικρό ποσοστό της πρόσπτωσης ενός κτίσματος, η θερμότητα που διεισδύει μέσω αυτών μπορεί να είναι πολύ σημαντική, κυρίως στα παλαιού τύπου παράθυρα (π.χ. με μονό τζάμι). Μια από τις μεθόδους προφύλαξης των κτιρίων από υπερθέρμανση είναι η χρήση των εξωτερικών ή εσωτερικών σκίαστρων. Τα σκίαστρα εξασφαλίζουν τη μείωση των μέσων και μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Έτσι, βελτιώνουν τις εσωτερικές συνθήκες ενώ μειώνουν και την ενεργειακή κατανάλωση για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων. Τα εξωτερικά σκίαστρα αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο για τη μείωση της εισερχόμενης, από τα παράθυρα, θερμότητας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ενώ διατηρούν το κτήριο δροσερό.

Από την άλλη πλευρά, τα εσωτερικά σκίαστρα περιορίζουν το ποσό της εισερχόμενης στο κτήριο ηλιακής ακτινοβολίας. Αν και υπάρχουν τζάμια υψηλής απόδοσης στην αγορά, το εσωτερικό σκίαστρο είναι η συνήθης λύση. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που υπάρχει έντονη ηλιοφάνεια τα παράθυρα με νότιο προσανατολισμό είναι απαραίτητο να σκιάζονται, ώστε να προστατεύονται οι εσωτερικοί χώροι.

**Ενδεικτικά κόστη για την προσθήκη νέων ή αλλαγή υφιστάμενων πετασμάτων ή σκίαστρων για ηλιοπροστασία είναι :**

**Τέντα: 35-100 ευρώ/τ.μ.**

**Περσίδες εξωτερικού: 60 - 350 ευρώ/τ.μ.**

**Βενετικά στόρια: 40 - 90 ευρώ/τ.μ.**

**(Έρευνα αγοράς Σεπτέμβριος 2014)**

## Παράδειγμα

Έστω ότι τοποθετούμε τέντα σε ένα μπαλκόνι με νότιο προσανατολισμό η οποία καλύπτει δύο ανοίγματα, μία μπαλκονόπορτα διαστάσεων **1,5x2,2 μέτρα** και ένα παράθυρο **1,5x1 μέτρα**. Το κόστος της τέντας επιφάνειας **10 τ.μ.** ανήλθε στα 350 ευρώ. Η τέντα χρησιμοποιείται κατά μέσο όρο για **6 ώρες την ημέρα**, από τις

**9 π.μ. έως 3 μ.μ.** , για τους μήνες **Μάιο έως Σεπτέμβριο**. Σύμφωνα με τους πίνακες ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ανά ώρα σε κεκλιμένο επίπεδο με νότιο προσανατολισμό υπολογίζουμε τη μέση τιμή του ηλιακού κέρδους σε kW/m<sup>2</sup> και τη πολλαπλασιάζουμε με τις ώρες χρήσης της τέντας ώστε να υπολογίσουμε το συνολικό κέρδος μέσω των ανοιγμάτων σε αυτούς τους μήνες.

Η τέντα **μειώνει** το ηλιακό κέρδος μέσω των ανοιγμάτων στο 30%. Κατά συνέπεια ελαττώνουμε τη χρήση του κλιματιστικού εξοικονομώντας χιλιοβαττόρες ηλεκτρικής ενέργειας

Για τον μήνα Μάιο π.χ. το κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία θα είναι :

$$180 \text{ h} * 0,710 \text{ kW/m}^2 * 4,8 \text{ m}^2 = 613,4 \text{ kWh}$$

η εξοικονόμηση λόγω σκίασης από την τέντα θα είναι :

$$613,4 * 0,3 = 184 \text{ kWh}$$

αντίστοιχα βρίσκουμε και για τους υπόλοιπους μήνες τους οποίους αθροίζουμε ώστε να υπολογίσουμε τη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ανά έτος οπότε και το χρονικό διάστημα της απόσβεσης γνωρίζοντας ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, για χρήση έως 800 kWh ανά τετράμηνο, είναι 0,09 euro/kWh.

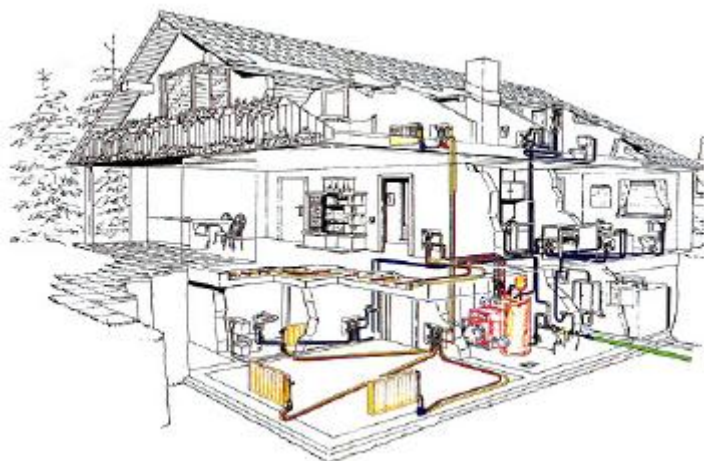
Πίνακας 5.6 : Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση τέντας

| Μήνας     | Μέση ηλιακή ακτινοβολία (kW/m <sup>2</sup> ) | Ηλιακό Κέρδος χωρίς χρήση τέντας (kWh) | Ηλιακό κέρδος με χρήση τέντας (kWh) | Σύνολο (kWh) | Εξοικονόμηση ρεύμα ΔΕΗ (euro) | Απόσβεση (years) |
|-----------|--|--|-------------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|
| Μάιος     | 0,710  | 613,4                                  | 184,0                               | 934,7        | 84,1                          | 4,2              |
| Ιούνιος   | 0,745  | 643,7                                  | 193,1                               |              |                               |                  |
| Ιούλιος   | 0,777  | 671,3                                  | 201,4                               |              |                               |                  |
| Αύγουστ.  | 0,742  | 641,1                                  | 192,3                               |              |                               |                  |
| Σεπτέμβρ. | 0,632  | 546,0                                  | 163,8                               |              |                               |                  |

## Κεφάλαιο 6 - Θέρμανση

### 6.1 Εισαγωγή

Σχήμα 6.1 : Εγκατάσταση θέρμανσης σε κατοικία



Σκοπός των εγκαταστάσεων θέρμανσης στις οικοδομικές εφαρμογές, είναι η δημιουργία, κατά το χειμώνα, κατάλληλων θερμοκρασιακών συνθηκών του χώρου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη και υγιεινή διαβίωση των ατόμων.

Με άλλα λόγια με τις εγκαταστάσεις θέρμανσης επιδιώκεται κατά τη χειμερινή περίοδο, η διατήρηση στους χώρους διαμονής κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας διατηρώντας τελείως για τις υγρομετρικές συνθήκες του αέρα των χώρων (σχετική υγρασία) καθώς και την καθαρότητα του, στη σύνθεση ή στην κίνηση του (στοιχεία που άμεσα ενδιαφέρουν τον κλιματισμό).

Παρά τη σημαντική αύξηση των κλιματιστικών εγκαταστάσεων στις κατοικίες των μεγάλων αστικών κέντρων τα τελευταία χρόνια, το βασικό και το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης είναι μέχρι και σήμερα το σύστημα θέρμανσης με νερό βεβιασμένης κυκλοφορίας (με κυκλοφορητή). Ο κύριος λόγος για την καθιέρωση αυτού του συστήματος είναι η σχετικά χαμηλή τιμή εγκατάστασής του σε συνδυασμό πάντοτε με τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει. Μια εγκατάσταση θέρμανσης σε κατοικία θα πρέπει να εξασφαλίζει :

- Ομοιόμορφη, κατά το δυνατόν, κατανομή θερμοκρασίας.
- Να μην επηρεάζει δυσμενώς την καθαριότητα στους θερμαινόμενους χώρους.
- Να καταλαμβάνει το μικρότερο δυνατό χώρο.
- Να έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- Να μην ρυπαίνει το περιβάλλον.
- Να είναι εύκολη στο χειρισμό της και να εξασφαλίζει ακίνδυνη λειτουργία.
- Να μπορεί να ικανοποιήσει απόλυτα τις ανάγκες θέρμανσης, ακόμα και σε πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

## **6.2 Μέρη της εγκατάστασης θέρμανσης**

Καταρχήν το κύριο μέρος της εγκατάστασης βρίσκεται στο ισόγειο ή υπόγειο κομμάτι του κτιρίου μέσα σε ένα χώρο που ονομάζουμε κλιμακοστάσιο.

Το κύριο μέρος απαρτίζεται από :

- Δεξαμενή καυσίμου - Καύσιμο
- Καυστήρα
- Λέβητα
- Αυτοματισμοί-Ασφαλιστικά μέτρα

Το δευτερεύον μέρος είναι τα σώματα που υπάρχουν στους θερμαινόμενους χώρους και το δίκτυο σωληνώσεων.

### **Κλιμακοστάσιο**

Υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές για το πώς θα είναι ο χώρος που στεγάζεται ο λέβητας. Αναφέρονται μερικές από αυτές :

Καταρχήν, έχει σημασία το μέρος όπου βρίσκεται ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμος. Ο χώρος να αερίζεται επαρκώς ανάλογα με το μέγεθος του λέβητα, είτε με κατάλληλα ανοίγματα (φυσικός αερισμός) είτε με σύστημα αεραγωγών και ανεμιστήρων (τεχνητός αερισμός). Επίσης τα δομικά υλικά πρέπει να έχουν την ανάλογη πυροπροστασία.

### **Δεξαμενή καυσίμου**

Είναι το μέρος όπου αποθηκεύεται το απαραίτητο καύσιμο για την ανάφλεξη και την διατήρηση της εστίας-φλόγας. Τοποθετείται στον ίδιο χώρο με το λέβητα ή σε ένα διπλανό δωμάτιο για μεγαλύτερη ασφάλεια σε περίπτωση διαρροής.

Τα συστήματα φυσικού αερίου δεν χρειάζονται δεξαμενή αφού το καύσιμο-αέριο διανέμεται μέσω δικτύου το οποίο προσφέρει συνεχή παροχή και ποσότητα ανάλογα με τη ζήτηση που έχουμε.

Υπάρχουν διάφορα σχήματα, υλικά και μεγέθη κατασκευής δεξαμενών ανάλογα με το χώρο εγκατάστασης, την απαιτούμενη αυτονομία και την ασφάλεια.

Τέλος στο πάνω μέρος της δεξαμενής υπάρχει εκτονωτική βαλβίδα για την εκτόνωση των αερίων των καυσίμων σε περίπτωση αύξησης της θερμοκρασίας της δεξαμενής ώστε να αποφευχθεί έκρηξη.

Το καύσιμο είναι στερεή, υγρή ή αέρια χημική σύσταση η οποία όταν αναφλέγεται προσδίδει θερμότητα στο περιβάλλον. Ο βασικός καθορισμός ποιότητας του καυσίμου γίνεται από την τιμή της θερμογόνου δύναμης που είναι

η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την καύση του ανά μονάδα καυσίμου, κιλό, λίτρα, κλπ.

## Λέβητας

Η πιο διαδεδομένη σχεδίαση για κατοικίες είναι ο υδραυλοτός λέβητας. Σε αυτόν τον τύπο λέβητα, οι σωλήνες περιέχουν το νερό και τα καυσαέρια διέρχονται γύρω από τους σωλήνες και η θερμότητα μεταφέρεται από την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων προς το εσωτερικό. Οι λέβητες διακρίνονται σύμφωνα με το υλικό κατασκευής τους σε χυτοσίδηρους και χαλύβδινους.

Σύγκριση χυτοσίδηρων λεβήτων με χαλύβδινους :

- Καταρχήν οι χαλύβδινοι λέβητες έχουν μικρότερο βάρος και μικρότερο κόστος κατασκευής.
- Οι χαλύβδινοι λέβητες έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις πιέσεις, στις υψηλές θερμοκρασίες και στις απότομες μεταβολές τους.
- Οι χαλύβδινοι λέβητες επισκευάζονται επίσης εύκολα με ηλεκτροσυγκόλληση.
- Οι χαλύβδινοι λέβητες είναι καταλληλότεροι για την κατασκευή πλήρων συστημάτων με καυστήρα κυκλοφορητή και αυτοματισμούς.
- Οι χυτοσίδηροι λέβητες έχουν μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση και διάρκεια ζωής.
- Οι χυτοσίδηροι λέβητες κατασκευάζονται από συναρμολόγηση όμοιων στοιχείων τα οποία συσφίγγονται στεγανά και η οποία μπορεί να γίνει ακόμα και στον χώρο του λεβητοστασίου ενώ οι χαλύβδινοι λέβητες κατασκευάζονται εξολοκλήρου στο εργοστάσιο με ηλεκτροσυγκόλληση και πρέπει να μεταφερθούν ολόκληροι στο λεβητοστάσιο.
- Οι ισχύς των χυτοσίδηρων λεβήτων μπορεί να μεταβληθεί άμα αυξηθεί ή μειωθεί η απαιτούμενη ισχύς θέρμανσης της εγκατάστασης με την πρόσθεση ή αφαίρεση στοιχείων σε αντίθεση με τους χαλύβδινους που δεν είναι δυνατή η μεταβολή της ισχύος.
- Στους χυτοσίδηρους λέβητες η επισκευή, συντήρηση ή αντικατάσταση ενός μέρους τους μπορεί να γίνει εύκολα με την επεξεργασία ενός ή μερικών από τα στοιχεία.
- Και τα δύο είδη είναι κατάλληλα για την χρήση με καυστήρες αερίου.

Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία ενός υδραυλοτού λέβητα που συναντάται κυρίως στις περισσότερες οικιακές εγκαταστάσεις.

Στο μπροστινό μέρος του λέβητα συνδέεται ο καυστήρας που είναι υπεύθυνος για την παραγωγή καυσαερίων (φλόγας). Τα καυσαέρια διαχέονται γύρω από



σωλήνες που υπάρχουν στον λέβητα στους οποίους κυκλοφορεί το νερό το οποίο μεταφέρει, μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, τη θερμότητα που παράγεται από τα καυσαέρια στα θερμαντικά σώματα και κατά συνέπεια στους θερμαινόμενους χώρους. Στη συνέχεια στο πίσω μέρος του λέβητα υπάρχει η έξοδος των καυσαερίων από όπου διαφεύγουν στην καπνοδόχο και οδηγούνται έξω στο περιβάλλον.

## **Καυστήρας**

Οι καυστήρες πρέπει να στέλνουν στο λέβητα την σωστή ποσότητα καυσίμου-αέρα και να την αναμειγνύουν κατάλληλα ώστε να δημιουργείται υψηλής θερμοκρασίας φλόγα που είναι απαραίτητη για την καλύτερη αξιοποίηση της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου. Όμως, και η υψηλή θερμοκρασία της φλόγας δεν είναι επιθυμητή, γιατί ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας αυτής θα απάγεται με τα καυσαέρια στην καπνοδόχο και δεν θα προλαβαίνει να απαχθεί από το νερό στους σωλήνες.

Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία του καυστήρα :

Ο καυστήρας συνδέεται σε παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για να τροφοδοτεί έναν κινητήρα ο οποίος κινεί μια αντλία υψηλής πίεσης που αντλεί το καύσιμο από τη δεξαμενή και να το στέλνει στο ακροφύσιο. Το ακροφύσιο χρησιμοποιώντας την υψηλή πίεση του καυσίμου, το ψεκάζει μέσα στον θάλαμο καύσης. Ο κινητήρας επίσης κινεί και έναν ανεμιστήρα ο οποίος μεταφέρει τον αέρα από το περιβάλλον στον θάλαμο καύσης. Τέλος, ο καυστήρας είναι εφοδιασμένος με έναν μετασχηματιστή ο οποίος ανεβάζει το επίπεδο της τάσης για να δημιουργηθεί στα άκρα δύο ηλεκτροδίων σπινθήρας ο οποίος αναφλέγει το καύσιμο.

## **Κυκλοφορητής**

Σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, ο κυκλοφορητής μεταφέρει το νερό από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και αντιστρόφως. Ο κυκλοφορητής είναι αντλία φυγοκεντρικού τύπου και κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος.

## **Διατάξεις ασφάλειας**

Οι διατάξεις ασφαλείας εξασφαλίζουν τη λειτουργία μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης και αποτελούνται από το κλειστό δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πληρώσεως, τη βαλβίδα ασφαλείας και τη βαλβίδα ανοδικής προστασίας. Μέσω αυτών εξασφαλίζεται η σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και η προστασία από ηλεκτρόλυση.

## Αυτοματισμοί Εγκατάστασης

Για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία του λέβητα

Φωτοκυτόταρο : Είναι τοποθετημένο στον καυστήρα και ελέγχει την ύπαρξη φλόγας μέσα στον θάλαμο και στην αντίθετη περίπτωση σταματά τη λειτουργία του καυστήρα.

Θερμοστάτης λέβητα : Ελέγχει την θερμοκρασία του ζεστού νερού στην έξοδο του λέβητα ώστε να μεταφέρεται στα σώματα το κατάλληλο ποσό θερμότητας ώστε να καθιερώνεται στους χώρους η επιθυμητή θερμοκρασία.

Θερμοστάτης χώρου : Χρησιμοποιείται όταν ο λέβητες ρυθμίζεται απευθείας από τον θερμαινόμενο χώρο.

Αυτόματος : Συσκευή που συντονίζει τους διάφορους χειρισμούς (εντολές) στη σωστή σειρά, όπως την έναρξη της ανάφλεξης, την έναρξη του κινητήρα – ανεμιστήρα-αντλία πετρελαίου, την παύση του σπινθηρισμού και περιλαμβάνει όλα τα ρυθμιστικά όργανα για να θέτει εντός ή εκτός τον καυστήρα ή να διακόπτει τον καυτήρα σε περίπτωση βλάβης ή έλλειψης πετρελαίου.

## Σωληνώσεις

Η μεταφορά του νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και η επιστροφή του πίσω στο λέβητα επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τρία είδη σωλήνων: Χαλκοσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες και πλαστικοί σωλήνες. Οι χαλκοσωλήνες είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα, οι πλαστικοί χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ενώ οι χαλυβδοσωλήνες έχουν σχεδόν εγκαταλειφθεί.

## Θερμαντικά σώματα

Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν τις τελικές συσκευές ενός συστήματος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, μέσω των οποίων η θερμότητα που μεταφέρει το θερμαντικό ρευστό μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους. Τα σώματα είναι συνήθως κατασκευασμένα από χάλυβα ή αλουμίνιο. Τα χυτοσιδηρά σώματα έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα, καθώς είναι πιο βαριά και, ενώ διατηρούν τη θερμοκρασία τους για πολλή ώρα, αργούν να ζεσταθούν. Τα θερμαντικά σώματα διαθέτουν ειδικούς διακόπτες, που επιτρέπουν την απομόνωσή τους, προκειμένου να μην ξοδεύεται ενέργεια άσκοπα σε χώρους που δεν κατοικούνται. Μπορούν να διαθέτουν επίσης βαλβίδες εξαερισμού για την εξαέρωσή τους σε περιπτώσεις που συσσωρεύεται αέρας μην επιτρέποντας την ομαλή κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό τους.

## 6.3 Θέρμανση με φυσικό αέριο

Φυσικό αέριο σε κατοικίες.

Περισσότερο από **50 εκατομμύρια νοικοκυριά** στην Ευρώπη και πάνω από τα μισά νοικοκυριά της Αμερικής αξιοποιούν καθημερινά τις ευκολίες, την αυτονομία, την ασφάλεια και την οικονομία που τους προσφέρει η μόνιμη και σταθερή παροχή του φυσικού αερίου:

- στη **θέρμανση**, χωρίς εξαρτήσεις και με σταθερή παροχή
- στο **μαγείρεμα**, χωρίς χρόνους αναμονής και με άμεση ρύθμιση της θερμοκρασίας.
- στο **ζεστό νερό**, άμεσα όπου και όταν απαιτηθεί.
- με **μια σειρά νέων προϊόντων** όπως στεγνωτήρια ρούχων, τζάκια και μπάμπεκκιου.

Βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα:

- **Αυτονομία**, αμεσότητα και ταχύτητα..
- **Σταθερή** και μόνιμη παροχή, χωρίς εξαρτήσεις.
- **Ασφάλεια στη χρήση**, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους.
- **Εύκολη και απλή εγκατάσταση** εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων.
- **Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής** των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λπ.).
- **Οικονομία** αφού χρεώνεται όσο ακριβώς χρησιμοποιείται. Δεν προπληρώνεται όπως το πετρέλαιο.
- **Είναι περίπου 20%** οικονομικότερο από το πετρέλαιο και 40% φθηνότερο από τον ηλεκτρισμό.

#### 6.4 Συσκευές φυσικού αερίου

##### Κατηγοριοποίηση κατά την απαγωγή των καυσαερίων

Οι συσκευές αερίου, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή τυποποίηση διακρίνονται επίσης σε τρεις βασικούς τύπους με βάση την κατασκευαστική διαμόρφωσή τους σε σχέση με την απαγωγή καυσαερίων:

##### \* Τύπος Α

Συσκευές αερίου χωρίς εγκατάσταση απαγωγής καυσαερίων, οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από το χώρο εγκατάστασης. Δεν προβλέπονται επίτοιχες συσκευές αερίου του τύπου Α για τη χώρα μας.

##### \* Τύπος Β

Συσκευές αερίου με ανοικτό θάλαμο καύσης και εγκατάσταση απαγωγής καυσαερίων, οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από το χώρο εγκατάστασης. Οι συσκευές του τύπου Β απάγουν τα καυσαέρια μέσω καπνοδόχου επάνω από τη στέγη ή μέσω ειδικού κατακόρυφου αγωγού που υποκαθιστά την καπνοδόχο.

##### \* Τύπος C

Συσκευές αερίου με κλειστό θάλαμο καύσης και εγκατάσταση απαγωγής καυσαερίων, οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από το ύπαιθρο μέσω ενός κλειστού συστήματος αγωγών ή/και φρεατίων προσαγωγής αέρα. Οι συσκευές του τύπου C απάγουν τα καυσαέρια μέσω καπνοδόχου, ειδικού κατακόρυφου αγωγού που υποκαθιστά την καπνοδόχο, συστήματος αέρα-καυσαερίων επάνω από τη στέγη, μέσω οριζόντιου αγωγού που διαπερνά τοίχο. Περαιτέρω οι συσκευές των τύπων Β και C διακρίνονται ανάλογα με την ύπαρξη

ή μη ανεμιστήρα, καθώς και τη σχετική θέση του ανεμιστήρα πριν τον καυστήρα ή μετά τον εναλλάκτη θερμότητας.

### **Κατηγοριοποίηση κατά το καύσιμο**

Οι συσκευές αερίου, διακρίνονται επίσης ανάλογα με τη δυνατότητα χρήσης διαφορετικών αερίων καυσίμων σε τρεις κατηγορίες:

#### **Κατηγορία I**

Οι συσκευές της κατηγορίας I είναι σχεδιασμένες αποκλειστικά για τη χρήση αερίου από μία οικογένεια αερίων, φυσικού αερίου ή υγραερίου.

#### **Κατηγορία II**

Οι συσκευές της κατηγορίας II είναι σχεδιασμένες για τη χρήση αερίων από δύο οικογένειες, δηλαδή φυσικού αερίου και υγραερίου

#### **Κατηγορία III**

Οι συσκευές της κατηγορίας III είναι σχεδιασμένες για τη χρήση αερίων από τρεις οικογένειες δηλαδή, φυσικό αέριο, υγραέριο και φωταέριο (Δεν προβλέπονται τέτοιες συσκευές για τη χώρα μας).

### **Κατηγοριοποίηση κατά είδος συσκευής**

#### **Λέβητες φυσικού αερίου**

Οι λέβητες φυσικού αερίου κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο κατασκευής του καυστήρα τους :

Στους **λέβητες με ατμοσφαιρικούς καυτήρες** φυσικού ελκυσμού που είναι για μικρής ισχύος εγκαταστάσεις, όπου ο αναγκαίος αέρας εισέρχεται στο χώρο καύσης λόγω του κενού αέρος που δημιουργείται με την απομάκρυνση των θερμών καυσαερίων και στους **λέβητες με καυστήρες αναγκαστικής προσαγωγής** ατμοσφαιρικού αέρα χώρο καύσης που είναι μεγαλύτερης ισχύος, όπου ο αέρας προσδίδεται με έναν ανεμιστήρα.

Για την θέρμανση με τη χρήση φυσικού αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος λέβητας με αντικατάσταση του καυστήρα από πετρελαίου σε αερίου. Επίσης υπάρχουν ειδικά διαμορφωμένοι λέβητες για φυσικό αέριο μικρής ισχύος κατάλληλοι για αυτόνομη θέρμανση σε κατοικία ή διαμέρισμα.

#### **Επίτοιχες συσκευές αερίου**

Οι επίτοιχες συσκευές αερίου είναι μικρής θερμικής ισχύος, περίπου 30kW, και τοποθετούνται ξεχωριστά σε κάθε όροφο ή διαμέρισμα κατοικίας, παρέχοντας αυτονομία. Συνήθως η κατασκευή των επίτοιχων συσκευών αερίου είναι κατάλληλη για εσωτερικούς χώρους (Κανονισμοί επιτρέπουν την εγκατάσταση συσκευών καύσης ισχύος μέχρι 45 kW μέσα σε κοινά δωμάτια και όχι υποχρεωτικά σε λεβητοστάσια).

Πλέον όμως υπάρχουν στην αγορά και συσκευές κατασκευασμένες από υλικά

που αντέχουν σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες με κάποια αύξηση στο κόστος. Επιπλέον υπάρχουν συσκευές που μπορούν να εντοιχιστούν.

### **Καυστήρες των επίτοιχων συσκευών αερίου**

Για να επιτύχουμε ικανοποιητική καύση, με αέριο καύσιμο, είναι πολύ πιο εύκολο παρά με τα υγρά καύσιμα, διότι είναι πολύ πιο εύκολο να αναμιχθούν αέριο και ο εισερχόμενος αέρας. Έτσι, η καύση των αερίων μπορεί να επιτευχθεί με εξοπλισμό που δεν είναι πολύπλοκος. Οι καυστήρες κατασκευάζονται από υλικά ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες και στη διάβρωση. Ο σωλήνας ανάμιξης βρίσκεται συνήθως στο κάτω τμήμα του καυστήρα. Η σταθεροποίηση της φλόγας γίνεται συνήθως με μια φλόγα-πilotο, γνωστή και ως φλόγα επαγρύπνησης. Η φλόγα-πilotο παραμένει συνεχώς αναμμένη, εφόσον δεν τη σβήσει ο χρήστης της συσκευής, ενώ η συσκευή είναι εκτός λειτουργίας. Έτσι, για παράδειγμα ανοίγοντας τη βρύση του νερού, θα ανοίξει και θα ανάψει τάχιιστα η παροχή του αερίου στον ταχυθερμοσίφωνα.

### **Είδη θερμαντήρων**

Οι επίτοιχες συσκευές αερίου ανάλογα με τη χρήση τους, η οποία καθορίζει εν μέρει και το σχεδιασμό τους, διακρίνονται σε:

#### Θερμαντήρες νερού ροής

Οι θερμαντήρες νερού ροής κοινώς ταχυθερμοσίφωνες αερίου, χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση νερού χρήσης.

Η συσκευή περιλαμβάνει καυστήρα και εναλλάκτη θερμότητας. Με τον εναλλάκτη θερμότητας επιτυγχάνεται η μετάδοση θερμότητας από τα θερμά καυσαέρια στο ρέον νερό.

#### Θερμαντήρες χώρων

Οι θερμαντήρες χώρων διακρίνονται σε:

- Θερμαντήρες χώρων συναγωγής
- Θερμαντήρες χώρων ανακυκλοφορίας.

#### Θερμαντήρες χώρων συναγωγής

Οι επίτοιχοι θερμαντήρες συναγωγής (επίτοιχες θερμάστρες αερίου), έχουν εφαρμογή σε κατοικίες, γραφεία και χώρους ανάλογης χρήσης. Οι συσκευές αυτές είναι σχετικά μικρής ισχύος, συνήθως μέχρι 4 kW.

#### Θερμαντήρες χώρων ανακυκλοφορίας

Οι επίτοιχοι θερμαντήρες χώρων τύπου ανακυκλοφορίας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση μονοκατοικιών και διαμερισμάτων ως ατομικά συστήματα θέρμανσης και έχουν αποδειχθεί κατάλληλοι για οικοδομές, όπου η εγκατάσταση θέρμανσης τοποθετείται εκ των υστέρων. Οι συσκευές είναι έτοιμες για σύνδεση.

#### Θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας

Οι θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας αποτελούν συνδυασμό θερμαντήρων χώρων τύπου ανακυκλοφορίας και θερμαντήρων νερού ροής. Συνήθως έχουν

επιπλέον έναν εναλλάκτη θερμότητας για την προετοιμασία θερμού νερού χρήσης

#### Επίτοιχες συσκευές αερίου με συμπύκνωση

Ορισμένες επίτοιχες συσκευές αερίου είναι ειδικά σχεδιασμένες για εκμετάλλευση της ενθαλπίας συμπύκνωσης των υδρατμών των καυσαερίων. Φυσικά αυτές θα πρέπει να συνδέονται με την εγκατάσταση αποχέτευσης για την απαγωγή των συμπυκνωμάτων. Στις συσκευές αυτές επιτυγχάνεται βαθμός απόδοσης μεγαλύτερος από 100%.

#### Συστήματα ασφαλείας στους επίτοιχους λέβητες

Υπάρχουν αισθητήρες ροής νερού για τον έλεγχο ύπαρξης νερού στο κύκλωμα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης, άμα υπάρχει δεύτερος εναλλάκτης.

Αν υπάρχει φλόγα-πilotος, ελέγχεται από μια ασφάλεια έναυσης (π.χ. ηλεκτρόδιο ιονισμού). Σε περίπτωση σβέσης η ασφάλεια έναυσης φροντίζει να διακοπεί η παροχή αερίου.

Αν πρόκειται να εγκατασταθεί ταχυθερμοσίφωνα ή άλλη συσκευή τύπου Α, τότε αυτή πρέπει να είναι εφοδιασμένη με ιδιαίτερη διάταξη ασφάλειας, ώστε η συσκευή να μπορεί να λειτουργεί μόνον αν η περιεκτικότητα του μονοξειδίου του άνθρακα CO στον αέρα του χώρου είναι μικρότερη από 30 ppm.

### **6.5 Επεμβάσεις στη θέρμανση για εξοικονόμηση ενέργειας**

Οι απώλειες θερμότητας σε ένα λέβητα μπορεί να προέρχονται από:

- 1) Ατελή καύση
- 2) Καυσαέρια
- 3) Ακτινοβολία
- 4) Εσωτερική ψύξη του λέβητα
- 5) Προαερισμό

#### **1) ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΑΤΕΛΗ ΚΑΥΣΗ**

Προκειμένου να γίνει τέλεια καύση του καυσίμου γίνεται αεριοποίησή του σε αέρα ώστε να εξασφαλίζεται ένα μίγμα καυσίμου και αέρα που παρέχει το οξυγόνο που απαιτείται για την καύση. Γενικά, για να μην υπάρχει έλλειψη οξυγόνου ο αέρας παρέχεται με κάποια σχετική περίσσεια. Έτσι γίνεται προσπάθεια ώστε το μίγμα αέρα - καυσίμου να περιέχει κατά τι περισσότερο οξυγόνο από ότι χρειάζεται για την καύση του πετρελαίου προκειμένου να εξασφαλίζεται πλήρης καύση του.

#### **2) ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ**

Προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες από τα καυσαέρια είναι ανάγκη να περιοριστεί η θερμοκρασία τους και η καύση να γίνεται με την κατάλληλη περίσσεια αέρα. Αυτό εξασφαλίζεται με τις επόμενες επί μέρους ενέργειες μόνες ή σε συνδυασμούς: Μείωση της παροχής, δηλαδή περιορισμό της ισχύος του καυστήρα με αντικατάσταση του ακροφύσιου του με άλλο μικρότερο. Καθάρισμα του λέβητα και του καπναγωγού. Αντικατάσταση του λέβητα με άλλον τύπου πολύ χαμηλής θερμοκρασίας καυσαερίων δηλαδή θερμοκρασιών μεταξύ 100 και 120C περίπου.

Η τεχνική απόδοση καύσης στην περίπτωση αυτή φτάνει σε ποσοστό 95 ως 96%. Για να αποφεύγεται κάθε συμπίκνωση υδρατμών στον καπναγωγό σε λέβητες πετρελαίου ισχύος μικρότερης από 150 KW πρέπει να χρησιμοποιούνται μονωμένοι καπνοδόχοι από ανοξείδωτο χάλυβα.

### **3) ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**

Ο περιορισμός των απωλειών από ακτινοβολία επιτυγχάνεται με: Βελτίωση της μόνωσης. Κάλυψη όλων των θερμών μερών του λέβητα και του δικτύου σωληνώσεων με επαρκές πάχος μονωτικού. Μείωση όσο το δυνατό περισσότερο της θερμοκρασίας λειτουργίας του λέβητα. Αποφυγή εγκατάστασης λέβητα μεγαλύτερου απ'ότι καθορίζεται από τη μελέτη.

### **4) ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΨΥΞΗ**

Οι απώλειες από εσωτερική ψύξη μπορούν να περιοριστούν ως εξής: Εγκατάσταση νέου καυστήρα με καλύμματα φραγής του αέρα κατά τη διακοπή λειτουργίας του. Μείωση όσο είναι δυνατό της θερμοκρασίας λειτουργίας του λέβητα. Επιλογή λέβητα με κατάλληλη εστία. Το κτίσιμο με πυρότουβλα στις παλαιού τύπου εστίες αυξάνει τις απώλειες από εσωτερική ψύξη γιατί ανεβαίνει η θερμοκρασία των πυρότουβλων. Εγκατάσταση αυτόματης φραγής αέρα στον αεραγωγό. Το ντάμπερ αυτό πρέπει να λειτουργεί στις περιπτώσεις που απαιτείται. Έτσι κατά την έναρξη της λειτουργίας του καυστήρα και συγκεκριμένα κατά τον προαερισμό, ανοίγει η φραγή και διατηρείται σταθερός ελκυσμός. Όταν σταματά να λειτουργεί ο καυστήρας, τότε αυτόματα κλείνεται η φραγή για να μην περνά αέρας μέσα απ' το λέβητα και τον ψύχει δημιουργώντας απώλειες.

### **5) ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΡΟΑΕΡΙΣΜΟΥ**

Η μείωση αυτή πραγματοποιείται με τους εξής τρόπους: Με περιορισμό του αριθμού ενάρξεων λειτουργίας και αύξηση του διαφορισμού λειτουργίας των θερμοστατών χειρισμού. Με χειρισμό του καυστήρα με βάση τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής στο λέβητα με την κατάλληλη ρύθμιση του αυτοματισμού.

## **Κεφάλαιο 7 - Τεχνητός φωτισμός**

### **7.1 Εισαγωγή**

Ο φωτισμός έχει ουσιαστική επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Με την βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας, μπορεί να επιτευχθεί πολύ σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση. Ανάλογα με την υπάρχουσα κατάσταση



και αναβάθμιση των συστημάτων φωτισμού των κτιρίων, μπορεί να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξης του 30% έως 50% βελτιώνοντας τα υφιστάμενα συστήματα φωτισμού.

Το ενεργειακό κόστος του φωτισμού στο μέσο ελληνικό σπίτι είναι της τάξης του 17% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, δηλαδή περίπου 134 € ανά έτος.

Για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας του ενεργειακού κόστους στον φωτισμό αρκεί να αναφέρουμε ότι στον κύκλο ζωής μίας κατοικίας, το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων είναι περίπου 3%, ενώ το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 86%.

Υπάρχουν πολλών ειδών λαμπτήρες για διάφορες εφαρμογές, όπως οι λαμπτήρες αλογόνου, οι λαμπτήρες ατμών νατρίου και ατμών υδραργύρου, όμως οι συνηθέστεροι στις οικιακές εφαρμογές είναι οι κοινοί λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι λαμπτήρες φθορισμού και οι ηλεκτρονικοί λαμπτήρες οικονομίας. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εξοικονόμησης ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού είναι η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα για κάθε εφαρμογή φωτισμού, καθώς και των παρελκομένων διατάξεων.

Η Κοινοτική Οδηγία 98/11/EG υιοθετήθηκε από την ελληνική νομοθεσία τον Σεπτέμβριο του 1999, και αποτελεί το νομικό πλαίσιο ταξινόμησης των οικιακών λαμπτήρων για οικιακή χρήση. Σύμφωνα με μία τυποποιημένη μέθοδο υπολογισμού, οι λαμπτήρες κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες ενεργειακής κατανάλωσης, ξεκινώντας από την κατηγορία Α για τους πιο οικονομικούς έως την κατηγορία G για τους πιο ενεργοβόρους. Η ταξινόμηση αυτή (Α-Β-С-D-E-F-G) στοχεύει στην ενημέρωση του καταναλωτικού κοινού, καθιστώντας την επιλογή/αγορά λαμπτήρων ενεργειακής αποδοτικότητας άμεσα ορατή στον υποψήφιο αγοραστή.

## 7.2 Είδη λαμπτήρων

### Λαμπτήρες πυρακτώσεως



Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως ήταν οι πιο συνήθεις τύποι λαμπτήρων για περισσότερο από 100 χρόνια. Το ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνει το νήμα για να παραχθεί φως. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης, η φωτεινή ροή τους ρυθμίζεται εύκολα, προσφέρουν άριστη αποδόση χρωμάτων, επιδέχονται άμεση έναυση και επανέναυση εν θερμώ και λειτουργούν χωρίς πρόβλημα σε οποιαδήποτε θέση (οριζόντια, κατακόρυφη, διαγώνια). Αυτοί οι λαμπτήρες είναι οι πλέον ‘μη-αποδοτικοί’ γιατί το 90% του ηλεκτρισμού μετατρέπεται σε θερμότητα. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν σχετικά μικρό χρόνο ζωής (τυπικός χρόνος ζωής 1000 ώρες).

Οι λαμπτήρες αλογόνου (ειδική κατηγορία των λαμπτήρων πυρακτώσεως) είναι πιο αποδοτικοί (20% με 50% σε σύγκριση με τους συνήθεις λαμπτήρες πυρακτώσεως).

#### Λαμπτήρες φθορισμού



Οι λαμπτήρες φθορισμού αποτελούνται από γυάλινο σωλήνα σφραγισμένο, με λευκή εσωτερική επικάλυψη και πλήρωση από αδρανές αέριο με μικρή ποσότητα υδραργύρου. Οι πιο κοινοί τύποι είναι ο σωληνοειδής και ο συμπαγής. Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν στραγγαλιστική διάταξη για την έναυση και τον έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής φωτός. Η αποδοτικότητα των λαμπτήρων φθορισμού υπερβαίνει αυτή των λαμπτήρων πυρακτώσεως κατά 5-8 φορές, αναλόγως του συστήματος φωτισμού. Απαιτούν υψηλότερη αρχική επένδυση αλλά ο συνολικός χρόνος ζωής είναι 10-15 φορές μεγαλύτερος. Έχουν ελαφρά χαμηλότερη χρωματική απόδοση.



Λαμπτήρας χαμηλής  
κατανάλωσης



Κοινός λαμπτήρας  
πυρακτώσεως

**Παράδειγμα εξοικονόμησης ενέργειας με την αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με χαμηλής κατανάλωσης.**

Έστω κατοικία 100 τ.μ. με τους εξής λαμπτήρες σε χρήση, έναν 120 W, 4 των 100 W, 6 των 75 W, 7 των 60 W, έναν των 40 W και έναν των 25 W. Αυτοί αντικαθίστανται με τους εξής λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης. Έναν των 23 W, 4 των 20 W, 6 των 15 W, 7 των 11 W, έναν των 7 W και έναν των 5 W.

Πίνακας 7.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με εξοικονόμησης

| Κατανάλωση λαμπτήρα πυρακτώσεως (W) | Κατανάλωση λαμπτήρα εξοικονόμησης (W) | Αριθμός Λαμπτήρων | Κόστος Τεμαχίου (€) | Κόστος Αγοράς (€) | Εξοικονόμηση ενέργειας (%) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| 120                                 | 23                                    | 1                 | 9                   | 9                 | 80,8                       |
| 100                                 | 20                                    | 4                 | 7,5                 | 30                | 80,0                       |
| 75                                  | 15                                    | 6                 | 6                   | 36                | 80,0                       |
| 60                                  | 11                                    | 7                 | 5                   | 35                | 81,7                       |
| 40                                  | 7                                     | 1                 | 4,5                 | 4,5               | 82,5                       |
| 25                                  | 5                                     | 1                 | 4                   | 4                 | 80,0                       |
| Σύνολο                              |                                       |                   |                     | 118,5             |                            |

Στις δύο πρώτες στήλες του πίνακα 7.1 βλέπουμε την αντιστοιχία των λαμπτήρων πυρακτώσεως με τους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενώ στις στήλες 4 και 5 φαίνεται το κόστος της αγοράς των δεύτερων. Η έκτη στήλη δείχνει την εξοικονόμηση της ενέργειας μετά την αντικατάσταση. Το συνολικό κόστος βλέπουμε ότι είναι 118,5 ευρώ.

Θεωρώντας ότι οι ανάγκες σε φωτισμό της κατοικίας ανέρχονται κατά μέσο όρο σε 4 ώρες ημερησίως η συνολική κατανάλωση των λαμπτήρων πυρακτώσεως ανέρχεται στις 174,6 KWh το μήνα ενώ των αντίστοιχων εξοικονόμησης στις 33,8 KWh. Γνωρίζοντας ότι το κόστος ανά κιλοβατώρα στη ΔΕΗ είναι 0,07 ευρώ έχουμε μηνιαίο κόστος 12,2 ευρώ στους λαμπτήρες πυρακτώσεως και 2,4 ευρώ με τους λαμπτήρες εξοικονόμησης. Οπότε, το μηνιαίο όφελος είναι 9,8 ευρώ και η απόσβεση των 118,5 ευρώ που κόστισε η αντικατάσταση θα γίνει σε περίπου 12 μήνες.

### 7.3 Εξαρτήματα σύνδεσης



Εικόνα 7.3 :Μπάλαστ

Η αντίσταση ρύθμισης ρεύματος (ballast) είναι εξάρτημα σύνδεσης μεταξύ της παροχής ισχύος και ενός ή περισσοτέρων λαμπτήρων φθορισμού ή άλλου τύπου λαμπτήρων εκκένωσης. Χρησιμεύει κυρίως στον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας των λαμπτήρων τα ballasts καταναλώνουν ενέργεια και τα ίδια. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα μαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Τα ηλεκτρονικά είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα μαγνητικά. Με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/EC για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ballast για λαμπτήρες φθορισμού, μερικοί τύποι μαγνητικών ballast τίθενται εκτός αγοράς.

Στη συνέχεια δίνονται περιληπτικά τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballast.

- Έχουν σχετικά χαμηλές απώλειες . Αντικαθιστώντας τα μαγνητικά ballast με ηλεκτρονικά, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 25%.
- Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν υψηλότερη απόδοση όταν λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast, παρέχοντας 10-20% περισσότερο φως.
- Τα ηλεκτρονικά ballast απαιτούν ηπιότερες συνθήκες έναυσης του λαμπτήρα. Αυτό έχει ως συνέπεια την επιμήκυνση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και ως εκ τούτου τη μείωση του κόστους συντήρησης.
- Στα ηλεκτρονικά ballast μπορούν να συνδεθούν έως 4 λαμπτήρες, ενώ στα αντίστοιχα μαγνητικά μόνον ένας ή δύο λαμπτήρες.
- Οι λαμπτήρες φθορισμού με μαγνητικό ballast 'τρεμοσβήνουν' 100 φορές ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι λαμπτήρες με ηλεκτρονικό ballast περισσότερο από 40.000 φορές ανά δευτερόλεπτο, οπότε το φαινόμενο δεν είναι αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι.

### 7.4 Φωτιστικά

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών σωμάτων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε αυτά να είναι αποδοτικότερα σε σχέση με τα παλαιά φωτιστικά. Αν και οι βασικοί λευκοί ανακλαστήρες έχουν ανακλαστικότητα 70%, στους ανακλαστήρες αλουμινίου μπορεί να φτάσει έως και 95%. Η αναβάθμιση παλαιών εγκαταστάσεων με σύγχρονο εξοπλισμό συνήθως οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας ενώ παράλληλα βελτιώνεται η ποιότητα του φωτεινού περιβάλλοντος (π.χ. εξάλειψη έντονων ανακλάσεων στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών).

## 7.5 Συστήματα Ελέγχου

Τα κατάλληλα συστήματα ελέγχου του φωτισμού μπορούν να επιτύχουν αξιοσημείωτη οικονομικά αποδοτική ενεργειακή εξοικονόμηση, μειώνοντας την κατανάλωση ισχύος για τον φωτισμό στους χώρους των γραφείων από 30% έως 50%. Ο χρόνος αποπληρωμής για αυτή την επέμβαση κυμαίνεται συχνά μεταξύ 2 και 4 ετών.

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν την λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε σύνδεση με ένα εξωτερικό σήμα (χειροκίνητη επαφή, παρουσία, ρολόι, στάθμη φωτισμού).

Τα ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν:

- Τοπικούς χειροκίνητους διακόπτες
- Αισθητήρες ελέγχου παρουσίας
- Χρονοδιακόπτες
- Αισθητήρες φυσικού φωτισμού

Η επιβάρυνση από ένα αυτόματο ή χειροκίνητο σύστημα αφής/σβέσης μπορεί να αγνοηθεί τυπικά. Αυτή η επιβάρυνση είναι ελάχιστη και υπερκαλύπτεται από την ενεργειακή εξοικονόμηση. Η επιλογή ενός συστήματος φωτισμού με υψηλής ποιότητας ηλεκτρονικά ballast θα μειώσει ακόμα περισσότερο αυτή την επιβάρυνση.

## Κεφάλαιο 8 - Ηλεκτρικές συσκευές στα κτήρια

### 8.1 Εισαγωγή

Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στις κατοικίες οφείλεται στην καθημερινή χρήση των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών. Τα τελευταία χρόνια, κυκλοφορούν στην αγορά οικιακές συσκευές νέας τεχνολογίας, οι οποίες συνδυάζουν υψηλή ποιότητα και χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Η ενεργειακή κατανάλωση από τη χρήση τέτοιων συσκευών μπορεί να μειωθεί έως και 30%, γεγονός που μεταφράζεται και σε αντίστοιχο οικονομικό όφελος.

Διάγραμμα 8.1 : Σύγκριση κατανάλωσης συμβατικών ηλεκτρικών συσκευών με χαμηλής κατανάλωσης

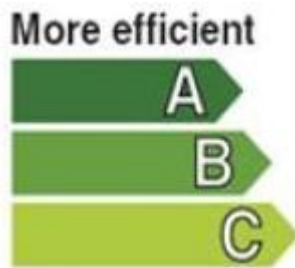


Στα πλαίσια του προγράμματος SAVE II της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη λήψη μέτρων κατά της άσκοπης σπατάλης ενέργειας, από το 1996 κατέστη υποχρεωτική με κοινοτικές οδηγίες η ενεργειακή σήμανση των οικιακών συσκευών.

Με την υποχρεωτική αναγραφή της ενεργειακής κατηγορίας των προϊόντων σε ευκρινές σημείο της επιφάνειάς τους, ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια περισσότερο οικονομική και προπάντων φιλική προς το περιβάλλον συσκευή.

Κατ' αρχήν, ως περισσότερο αποδοτικές συσκευές νοούνται αυτές που παράγουν το ίδιο έργο με τις λιγότερο αποδοτικές, καταναλώνοντας όμως αρκετά μικρότερες ποσότητες ενέργειας.

Για την ταξινόμηση λοιπόν των συσκευών σε κατηγορίες χρησιμοποιούνται τα 7 πρώτα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου, δηλαδή από το A (περισσότερο αποδοτικό) έως το G (λιγότερο αποδοτικό), και αφορά στις περισσότερες οικιακές συσκευές όπως πλυντήρια ρούχων και πιάτων, ψυγεία και καταψύκτες, κουζίνες και φούρνους, κλιματιστικά, στεγνωτήρια κτλ.



Παράλληλα, δίνονται ορισμένα συγκεκριμένα για κάθε προϊόν στοιχεία, όπως κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, απόδοση πλύσης/στεγνώματος για τα πλυντήρια κ.ο.κ.

Το κέρδος σε ατομικό επίπεδο εντοπίζεται στη μείωση του κόστους χρήσης των συσκευών (δηλαδή των λογαριασμών), και της σταδιακής απόσβεσης της διαφοράς τιμής που συνήθως χωρίζει τα αποδοτικά προϊόντα από τα λιγότερο οικονομικά.

Σε συνολικό βέβαια επίπεδο, η μαζική χρήση τέτοιων συσκευών συνεπάγεται τεράστια οικονομία ενέργειας, ωφελώντας τόσο το περιβάλλον όσο και τη συνολική διαχείριση των ενεργειακών πόρων.

Από το 2004, έχουν εμφανιστεί μάλιστα δύο νέες κατηγορίες, A+ και A++, καθώς και προϊόντα που ικανοποιούν αυτά τα πρότυπα (αν και σήμανση A++ δεν έχουμε δει ακόμη στην ελληνική αγορά), καταδεικνύοντας τις προσπάθειες των κατασκευαστών για τεχνολογική εξέλιξη προς τον τομέα της οικονομικής λειτουργίας.

Οι εξελίξεις αυτές, όμως, αφορούν περισσότερο τα κορυφαία μοντέλα που φέρουν πληθώρα πρόσθετων λειτουργιών, οι οποίες με τη σειρά τους ανεβάζουν την τιμή αγοράς αλλά όχι σε απαγορευτικά επίπεδα.

Ας επισημανθεί, τέλος, πως προκειμένου να χαρακτηριστεί ένα προϊόν ως εξαιρετικά αποδοτικό, υπόκειται σε αντικειμενικές μετρήσεις και ανεξάρτητες δοκιμές.

## 8.2 Οικολογικά σήματα που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές συσκευές





**TCO 99** : Το σήμα αυτό θεσμοθετήθηκε το 1992 από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. Συνοδεύει προϊόντα αμερικανικής προελεύσεως, τα οποία έχουν κριθεί ότι έχουν άριστη ενεργειακή απόδοση. Με άλλα λόγια τα προϊόντα που έχουν πιστοποιηθεί με αυτό έχουν χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση, που κυμαίνεται από 20% έως 75%, σε σχέση με τις συμβατικές συσκευές, χωρίς να χάνουν καθόλου σε ποιότητα. Οι περισσότερες οικιακές συσκευές δύνανται να φέρουν αυτό το σήμα.



**Energy Star** :Το σήμα αυτό αφορά κυρίως ηλεκτρονικές συσκευές όπως για παράδειγμα οι προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Η πιστοποίηση αυτή δίνεται σε συσκευές οι οποίες μεταξύ άλλων τεχνικών χαρακτηριστικών έχουν και χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση.



**Blauer Engel** :Το σήμα με την ονομασία «Μπλε Άγγελος» είναι γερμανικής προέλευσης. Τα κριτήρια πιστοποίησης βασίζονται στο σχεδιασμό του προϊόντος, την ενεργειακή του κατανάλωση, το θόρυβο κατά τη λειτουργία του, την ανακυκλωσιμότητά του κ.ά.



EU Flower :Είναι το σήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που πιστοποιεί τα οικολογικά προϊόντα. Ανάμεσα στα κριτήρια επιλογής είναι και η ενεργειακή κατανάλωση αυτών. Για παράδειγμα, στις οικιακές συσκευές που μπορεί να φέρουν αυτό το σήμα ανήκουν τα πλυντήρια πιάτων και ρούχων, οι ηλεκτρικές σκούπες, τα ψυγεία, οι τηλεοράσεις και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Πιο συγκεκριμένα, ψυγεία με αυτό το σήμα έχουν έως και 60% χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τα πλυντήρια παντός τύπου κυμαίνεται στο 40-50%.

## **ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ**

### **Κεφάλαιο 9 - Βιομάζα**

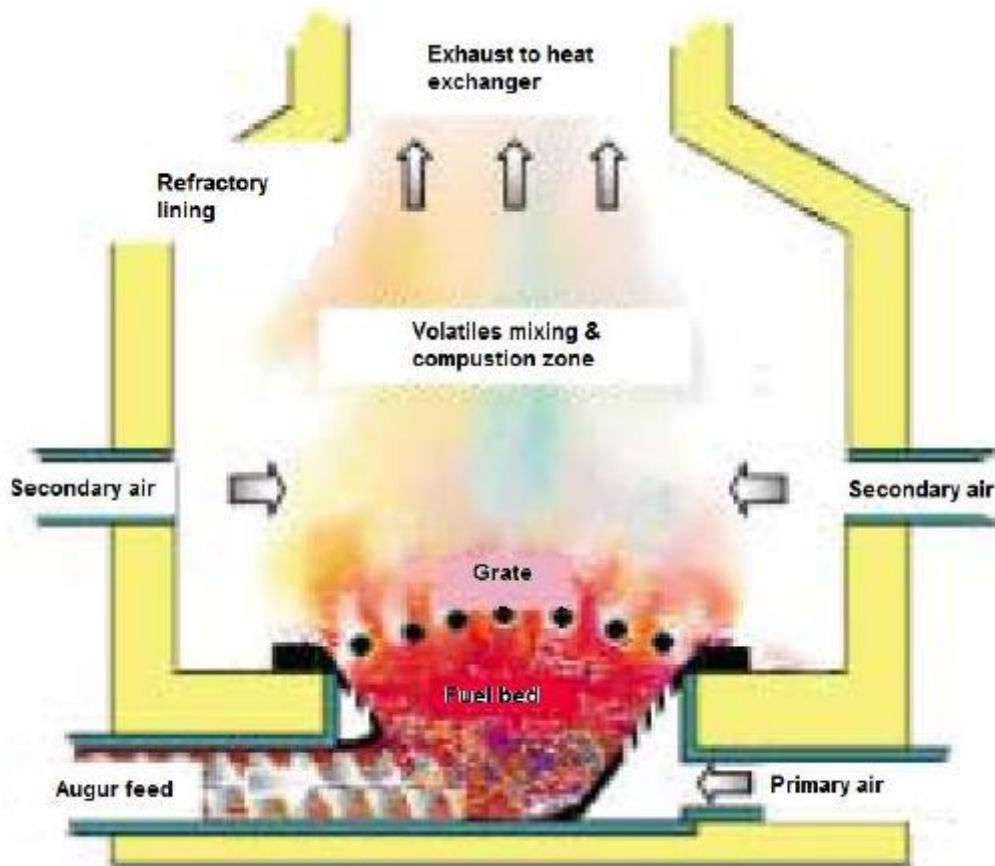
#### **9.1 Εισαγωγή**

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας και αποβλήτων στον κόσμο καίγονται για διάφορες χρήσεις (μαγείρεμα, θέρμανση χώρου, βιομηχανικές διαδικασίες θέρμανσης και για την παραγωγή ηλεκτρισμού). Είναι γεγονός ότι οι λέβητες βιομάζας υπάρχουν σε αρκετά σπίτια, αγροκτήματα, σχολεία καθώς και σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Αυτοί οι λέβητες διακρίνονται σύμφωνα με το είδος των εφαρμογών (κεντρική θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού) και ανάλογα με τον τύπο του καύσιμου που χρησιμοποιούν.

Ενώ η καύση καυσοξύλων είναι πολύ διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο, η χρήση συσσωματωμάτων (pellets) και θρυμμάτων βιοκαυσίμων (wood chips) σε αυτοματοποιημένους λέβητες ανταποκρίνεται στις πιο υψηλές προδιαγραφές απόδοσης, εκπομπών και άνεσης είναι μία νέα επιλογή που είναι ακόμη σχετικά άγνωστη. Η τεχνολογία λεβήτων βιομάζας την τελευταία δεκαετία έχει επιτύχει μεγάλη μείωση των εκπομπών, ενώ οι αποδόσεις είναι αντίστοιχες των λεβήτων πετρελαίου ή αερίου. Στην πρόοδο περιλαμβάνεται και η ενίσχυση της αξιοπιστίας της αυτόματης λειτουργίας του λέβητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα από ποιότητες στην αγορά.

Για να αποφασίσουμε για την εγκατάσταση ενός λέβητα βιομάζας πρέπει πρώτα να είμαστε σίγουροι ότι στο μέρος που είμαστε μπορούμε να εξασφαλίσουμε συνεχή και σταθερή σε ποσότητα και ποιότητα βιοκαυσίμου. Αυτό εξαρτάται άμεσα από την διαθεσιμότητα της ύλης ανά περιοχή. Γενικά στις αστικές περιοχές, όπως στην Αθήνα, είναι δύσκολο να υπάρχει μια πηγή βιοκαυσίμου πλησίον της εγκατάστασης και το κόστος μεταφοράς από μία ή πολλές τέτοιες πηγές συνήθως καθιστά την εγκατάσταση οικονομικά ασύμφορη.

Σχήμα 9.1 : Σχηματική παράσταση λειτουργίας ενός λέβητα βιομάζας



**Exhaust to heat exchanger** = Καυσαέρια προς εναλλάκτη θερμότητας και κυκλώνα επεξεργασίας ρύπων

**Refractory lining** = Μόνωση

**Volatiles mixing and combustion zone** = Ζώνη καύσης και μίξης πτητικών αερίων

**Primary and secondary air** = Πρωτεύονκαιδευτερεύοναέρας

**Augur feed** = Κοχλίαςτροφοδοσίας

**Grate** = Σχάρα

**Fuel bed** = Κλίνη καυσίμου

Στη Σουηδία το 20-25% του επενδυτικού κόστους, για ένα σύστημα θέρμανσης με βιοκαύσιμα σε υπάρχον κτήριο, αφορά τα συστήματα αποθήκευσης του καυσίμου και το σύστημα ανάκτησης καυσίμου. Το 50% αφορά τον αυτοματοποιημένο λέβητα συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος καθαρισμού και των λειτουργικών εγκαταστάσεων που συνήθως υπάρχουν στο λεβητοστάσιο. Το υπόλοιπο κατανέμεται μεταξύ εργασίας τοποθέτησης, εγκατάστασης, σχεδιασμού, διοίκησης, κλπ.

## 9.2 Επιλογή βιοκαυσίμων

Ως πηγές βιοκαυσίμου μπορούμε να δούμε τις τοπικές βιοτεχνίες και βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, από όπου παράγονται συσσωματώματα επεξεργασίας, και από την πρωτογενή γεωργική και δασική παραγωγή. Η παραγωγή

συσσωματωμάτων ξύλου, που έχουν υψηλή πυκνότητα και ενεργειακό περιεχόμενο και μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση σημαντικά και ο αριθμός των παραγωγών συσσωματωμάτων αυξάνει διεθνώς συνεχώς. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι τα διαθέσιμα γεωργικά υπολείμματα της χώρας για παραγωγή ενέργειας, από σιτηρά αραβόσιτο, βάμβακα, καπνό, ηλίανθο, κλαδοδέματα, κληματίδες και πυρηνόξυλο, ανέρχονται ετησίως σε **7.500.000** τόνους ή περίπου σε **3.000.000** ΤΠΠ, ενώ τα δασικά μπορεί να ανέλθουν σε **2.700.000** τόνους ή περίπου σε **1.000.000** ΤΠΠ.

Παράλληλα είναι δυνατό να ληφθεί βιομάζα από ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν σήμερα ιδιαίτερη σημασία για αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες προσπαθούν να περιορίσουν τόσο τα οικολογικά προβλήματα, όσο και τα προβλήματα επάρκειας ενέργειας και γεωργικών πλεονασμάτων με τις καλλιέργειες αυτές. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα γεωργικά πλεονάσματα και τα οικονομικά προβλήματα που δημιουργούν οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και παραγωγής. Υπολογίζεται ότι την προσεχή δεκαετία 100-150 εκ. στρέμματα γεωργικής γης πρέπει να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και των χωματερών με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας επίσης, 10 εκ. στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταλειφθούν. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί στην ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται, υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΠΠ, δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου.

### 9.3 Ιδιότητες συσσωματωμάτων και θρυμμάτων βιοκαυσίμων

Τα συσσωματώματα είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών, πριονιδιών και τεμαχιδίων από καθαρά υπολείμματα ξύλου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου. Στην παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται κόμες ή χημικά πρόσθετα παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 3% βιολογικά πρόσθετα όπως πατάτα ή άρωμα καλαμποκιού ή τα υγρά από τη χαρτοβιομηχανία. Είναι ουσιώδες τα συσσωματώματα να μην περιέχουν άλλα συστατικά ή προσμίξεις που αυξάνουν σημαντικά το ποσό της στάχτης και συνεπώς δημιουργούν λειτουργικά προβλήματα στο λέβητα. Επιπλέον είναι σημαντικό τα συσσωματώματα να έχουν συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες, ώστε να μη θρυμματίζονται εύκολα σε σκόνη, καθώς αυτή έχει διαφορετικές ιδιότητες κατά την καύση. Πρότυπα για την ποιότητα των συσσωματωμάτων υπάρχουν σε Σουηδία, Γερμανία και ΗΠΑ.

Τα θρύμματα βιοκαυσίμων είναι μικρά τεμάχια ξύλου μήκους 5-50 χιλιοστών. Η ποιότητα των θρυμμάτων βιομάζας εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής.

Στην Ευρώπη συναντώνται τρεις κύριοι τύποι θρυμμάτων:

- **Θρύμματα από δασικά υπολείμματα** όπως κλαδιά και κορυφές ή ολόκληρα δένδρα από αραίωμα. Αυτά τα θρύμματα είναι κατάλληλα για μεγάλους λέβητες σε συστήματα τηλεθέρμανσης.
- **Θρύμματα βιομάζας από τα πριονιστήρια.** Έχουν καλύτερες ιδιότητες καύσης αλλά δεν είναι πολύ υγρά για μικρούς λέβητες, εκτός αν τα υπολείμματα ξύλου έχουν αφαιρεθεί για ξήρανση (π.χ. με αποθήκευση σε χώρο που αερίζεται με θερμό αέρα).
- **Θρύμματα βιομάζας από αραίωμα** χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξηρανθούν πριν το θρυμματίσμα. Τα θρύμματα αυτά περιέχουν 30% υγρασία και είναι ομοιόμορφα σε ποιότητα και μέγεθος ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία θρυμματισμού. Τα θρύμματα είναι κατάλληλα για λέβητες σε μεγάλα κτήρια. Μεγάλα τεμάχια αθρυμματίστου ξύλου μπορεί να προκαλέσουν λειτουργικά προβλήματα και θα πρέπει να απομακρύνονται κατά την παραγωγή.

Ο παρακάτω πίνακας 9.1 δίνει βασικά δεδομένα για βιοκαύσιμα κατάλληλα για τη θέρμανση μεγάλων κτιρίων. Χλωρά θρύμματα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε τέτοια συστήματα.

Πίνακας 9.1 : Δεδομένα για βιοκαύσιμα

|                     | Συσσωματώματα ξύλου    | Θρύμματα ξηρής Βιομάζας |
|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Θερμογόνος δύναμη   | 17.0 GJ/t              | 13.4 GJ/t               |
| ανά kg              | 4,7 kWh/kg             | 3,7 kWh/kg              |
| ανά m <sup>3</sup>  | 3077kWh/m <sup>3</sup> | 744kWh/m <sup>3</sup>   |
| Περιεχόμενη υγρασία | 8%                     | 25%                     |
| Φαινόμενη ποκνότητα | 650 kg/m <sup>3</sup>  | 200 kg/m <sup>3</sup>   |
| Στάχτη              | 0.5%                   | 1%                      |

Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό για την κατάλληλη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης με ξύλο, να ταιριάζουν οι προδιαγραφές του καυσίμου με τις προδιαγραφές του λέβητα.

#### 9.4 Σύγκριση βιοκαυσίμων

Τα θρύμματα και τα συσσωματώματα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

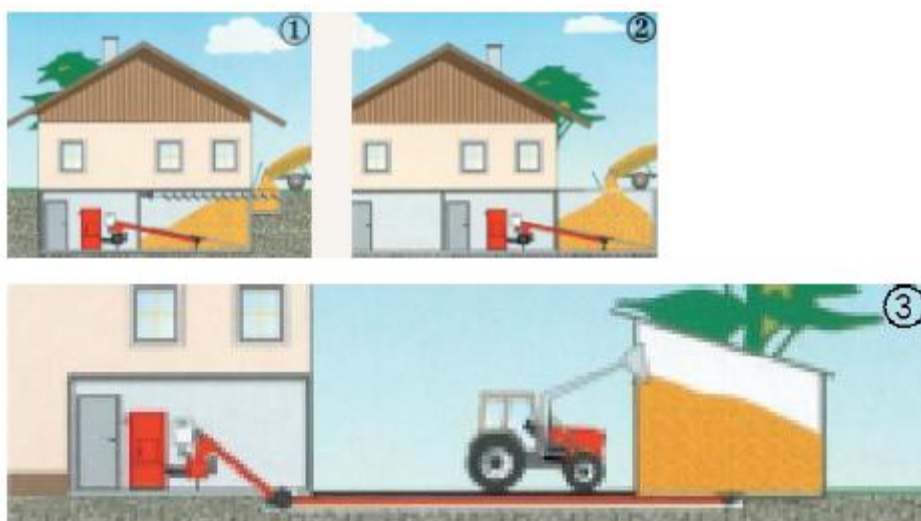
Πίνακας 9.2 : Σύγκριση βιοκαυσίμων

| Θρόμματα  | Συσσωματώματα  |
|---|--|
| Είναι διαθέσιμα τοπικά (+)  | Τυποποιημένο καύσιμο-υψηλή αξιοπιστία κατά τη λειτουργία (+) |
| Η παραγωγή ενισχύει την τοπική αγορά εργασίας (+)   | Απαιτούνται μικρότεροι χώροι για την αποθήκευση (+)          |
| Είναι πιο φθηνά από τα συσσωματώματα (+)  | Λιγότερες απαιτήσεις για τη λειτουργία και συντήρηση (+)     |
| Απαιτούν μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης (-)  | Υψηλότερα κόστη καυσίμου (-)                                 |
| Η υψηλή και ομοιόμορφη ποιότητα καυσίμου είναι σημαντική αλλά δύσκολο να εξασφαλισθεί (-) | Λιγότερα οφέλη για την τοπική οικονομία (-)                  |
| Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία και συντήρηση (-)                    |  |

### 9.5 Αποθήκευση βιοκαυσίμων

Τα βιοκαύσιμα μπορούν είτε να αποθηκευτούν σε υπάρχοντα κτήρια σε χώρο κοντά στο λέβητα ή σε ξεχωριστό χώρο εκτός του κτιρίου (σιλό, υπόγειο από όπου με μεταφορέα μπορεί να μεταφερθεί στο λέβητα). Μία άλλη λύση είναι σύστημα αποθήκευσης που βρίσκεται στο πλάι του κτιρίου με κεκλιμένο διάδρομο μεταφοράς, ώστε να διευκολυνθεί η μεταφορά του φορτίου.

1 m<sup>3</sup> συσσωματωμάτων έχει τριπλάσιο ενεργειακό περιεχόμενο από 1 m<sup>3</sup> ξηρών θρυμμάτων βιομάζας, έτσι οι απαιτήσεις για αποθήκευση είναι σημαντικά μικρότερες. Κάποιοι λέβητες στην αγορά μπορούν να χειρισθούν παράλληλα ξηρά θρύμματα βιομάζας και συσσωματώματα.



Εικόνα 9.2 : Παραδείγματα αποθήκευσης βιοκαυσίμων

Η επιλογή του συστήματος αποθήκευσης έχει επιπτώσεις στα συστήματα μεταφοράς και παραλαβής. Πάνω από τα επίγεια σιλό απαιτούνται οχήματα παραλαβής για την είσοδο καυσίμου. Είναι πολύ ενδιαφέρον να υπάρξει εγγύηση, ότι υπάρχει στεγάνωση του υπογείου από υγρασία.

### **Μέγεθος αποθήκης**

Το μέγεθος της αποθήκης καυσίμου εξαρτάται από την αναμενόμενη ζήτηση καυσίμου, τον τύπο του, την αξιοπιστία στην τροφοδοσία, το διαθέσιμο χώρο, το μέγεθος του οχήματος τροφοδοσίας κλπ. Για υπάρχοντα κτήρια η πλέον οικονομικά αποδοτική λύση είναι να προσαρμοσθεί η παραλαβή καυσίμου στον υπάρχοντα χώρο αποθήκευσης, αντί να δημιουργηθεί νέος χώρος. Δύσκολα ο αποθηκευτικός χώρος γεμίζει περισσότερο από το 70% και είναι σημαντικό να μπορεί να γίνεται η τροφοδοσία χωρίς να περιμένουμε να αδειάσει τελείως. Έτσι, όταν κατασκευάζεται ένα νέο κτίσμα το ελάχιστο μέγεθος του χώρου αποθήκευσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 50% μεγαλύτερος από ένα πλήρες φορτίο με βιοκαύσιμα ή 2 βδομάδες κατανάλωσης βιοκαυσίμου.

### **Σχεδιασμός αποθήκης και λεβητοστασίου**

Το λεβητοστάσιο και η αποθήκη πρέπει να είναι γενικά χωριστά για λόγους πυροπροστασίας. Θα πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος γύρω από την εγκατάσταση για τυχόν συντήρηση και επισκευή.

Θέματα ασφαλείας της αποθήκης συσσωματωμάτων

Χώροι για την αποθήκευση συσσωματωμάτων ακολουθούν ειδικούς κανόνες ασφαλείας, ώστε να αποφευχθούν προβλήματα όπως η καταστροφή της αποθήκης, οι εκρήξεις σκόνης και η αποσύνθεση του καυσίμου.

Σε μία αποθήκη συσσωματωμάτων πρέπει:

- **Να εξασφαλίζονται συνθήκες στεγανότητας.**
- **Να υπάρχει προστασία για τον τοίχο από το ξεφόρτωμα των συσσωματωμάτων.**
- **Η πόρτα της αποθήκης να είναι ανθεκτική σε φωτιά και σταθερή.**
- **Να αποφεύγονται ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.**
- **Να υπάρχουν μονώσεις στους σωλήνες τροφοδοσίας του καυσίμου για προστασία από ηλεκτροστατικούς σπινθήρες κατά τη διάρκεια της φόρτωσης.**
- **Οι τοίχοι να είναι αρκετά ισχυροί για να αντισταθούν στην πίεση των συσσωματωμάτων.**
- **Οι τοίχοι να αντέχουν σε φωτιά τουλάχιστο για 90 λεπτά.**

### **9.6 Αυτόματοι λέβητες ξύλου**

Μεγάλη πρόοδος έχει γίνει με σκοπό την υψηλότερη απόδοση και τις μειωμένες εκπομπές σκόνης και CO. Έχουν επιτευχθεί βελτιώσεις ιδιαίτερα στο σχεδιασμό του χώρου καύσης, την τροφοδοσία αέρα στην καύση και το σύστημα αυτομάτου ελέγχου για τη διεργασία της καύσης. Λέβητες τελευταίας τεχνολογίας με

αυτόματη έναυση έχουν αυξήσει την απόδοση από **60 σε 92%** στην τελευταία δεκαετία, ενώ έχουν κατεβάσει τις εκπομπές CO από **5000 mg/m<sup>3</sup> σε 50 mg/m<sup>3</sup>**. Η ετήσια απόδοση -η σχέση της ενέργειας που λαμβάνεται στην πράξη προς το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου- φτάνει μία **μέση τιμή 78%** για **εγκαταστάσεις θέρμανσης με βιοκαύσιμα σε μεγάλα κτήρια**.

Έχει μεγάλη σημασία να επιλεγεί λέβητας τελευταίας τεχνολογίας κατάλληλος για υψηλές απαιτήσεις σε κτήριο για κατοικίες. Συμβατικοί λέβητες σχεδιασμένοι για τη χρήση σε βιομηχανίες ξύλου μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές εκπομπές, να έχουν μικρότερη απόδοση, να χρειάζονται σημαντικά περισσότερη συντήρηση και να μην έχουν την απαραίτητη λειτουργική αξιοπιστία.

## 9.7 Συστήματα ασφαλείας

Ένας λέβητας βιοκαυσίμου έχει μεγαλύτερη αδράνεια στην παραγωγή θερμότητας από το λέβητα πετρελαίου ή αερίου. Αν συμβεί διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος, το καύσιμο στο λέβητα θα συνεχίσει να καίγεται και να παράγει θερμότητα που πρέπει να απομακρυνθεί. Μία επιλογή για να λυθεί το πρόβλημα είναι ένα δοχείο για την εκτόνωση του ατμού αν η θερμοκρασία φθάσει τους 100°C. Μια άλλη επιλογή είναι ένας εναλλάκτης ασφαλείας, που ψύχεται με νερό βρύσης, όταν η θερμοκρασία του λέβητα ανέβει πολύ. Ένα δοχείο αποθήκευσης θερμότητας μπορεί επίσης να προσφέρει ασφάλεια, αν η φυσική κυκλοφορία ψύξει πολύ το λέβητα.

## 9.8 Θόρυβος

Ο ενδεχόμενος θόρυβος από συστήματα που αξιοποιούν τη βιομάζα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στους κατοίκους και πρέπει να αντιμετωπισθεί κατά τη φάση του σχεδιασμού, απλά και φθηνά. Κύριες πηγές θορύβου είναι οι ανεμιστήρες αέρα και απαερίων, αλλά και οι κοχλιοτοί μεταφορείς για την πνευματική μεταφορά του καυσίμου. Για να αποφευχθούν προβλήματα θορύβου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα κάτωθι:

Τα υποδομάτια δεν πρέπει να βρίσκονται ακριβώς πάνω από το λεβητοστάσιο. Κάθε σημείο επαφής μεταξύ μηχανικών τμημάτων και τοίχων/πατωμάτων θα πρέπει ακουστικά να μονωθεί (π.χ. όπου ο μεταφορέας περνά από τον τοίχο της αποθήκης στο μηχανοστάσιο κλπ)

Μπορούμε να αναζητήσουμε στα φυλλάδια του κατασκευαστή του λέβητα τι μέτρα έχει λάβει για τον περιορισμό των εκπομπών θορύβου καθώς και να επισκεφτούμε κάποιες εγκαταστάσεις που λειτουργούν για να συγκρίνουμε το επίπεδο θορύβου κατά τη λειτουργία.

Οι καμινάδες από χάλυβα είναι πιο θορυβώδεις.

Για λόγους θορύβου, αλλά και για άλλους τεχνικούς και οργανωτικούς λόγους ένα ξεχωριστό (υπόγειο) κτήριο για το λέβητα και την αποθήκευση μπορεί να είναι η προτιμότερη επιλογή.

## 9.9 Συντήρηση και Λειτουργία



Βασικό προαπαιτούμενο για την άριστη λειτουργία και συντήρηση είναι η ορθή επιλογή της δυναμικότητας του λέβητα. Η ορθή διαστασιολόγηση δίδει τις άριστες λειτουργικές συνθήκες και ελαττώνει τις ανάγκες για χειρισμό της στάχτης. Οι απαιτήσεις για εργασία εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως αν η υποδοχή του καυσίμου μπορεί να γίνει με το υπάρχον προσωπικό, αν υπάρχουν διακοπές στο σύστημα τροφοδοσίας, αν μέρος του ελέγχου μπορεί να γίνει από απόσταση, αν χρησιμοποιούνται θρύμματα ή συσσωματώματα κλπ. Οι λέβητες βιομάζας απαιτούν περισσότερη συντήρηση από τους συμβατικούς (υγρών καυσίμων) εξαιτίας της στερεής κατάστασης του καύσιμου.

Απαιτούνται:

· **Οπτικός έλεγχος** του λέβητα - 2 φορές τη βδομάδα.

· **Ρυθμίσεις**, συντήρηση και φροντίδα μικρών λειτουργικών προβλημάτων.

Τα φίλτρα των εκπομπών αερίων πρέπει να καθαρίζονται μια φορά την εβδομάδα. Ο κυκλώνας (χρησιμοποιείται ως παγίδα των παραγόμενων σωματιδίων του συστήματος) συνίσταται \_\_\_\_\_ να αδειάζεται εβδομαδιαία.

· **Αγορά καυσίμου.**

· **Χειρισμός και διάθεση της στάχτης.** Η παραγόμενη στάχτη πρέπει να απομακρύνεται και να διατίθεται σε ειδικό χώρο ύστερα από περιβαλλοντική άδεια, μια φορά την εβδομάδα.

Για τη θέρμανση μεγάλων κτιρίων με βιοκαύσιμο εκτιμώνται οι ακόλουθες απαιτήσεις σε προσωπικό:

Εγκαταστάσεις με συσσωματώματα: 3,0 ώρες/Βδομάδα

Εγκαταστάσεις με θρύμματα βιομάζας: 4,4 ώρες/Βδομάδα

Φυσικά οι αριθμοί αυτοί εξαρτώνται από το μέγεθος της εγκατάστασης και την κατανάλωση καυσίμου (λιγότερες ώρες για μικρότερες εγκαταστάσεις).

Γνωρίζοντας την κατανάλωση καυσίμου και το μέγεθος της εγκατάστασης είναι δυνατό να αιτιολογηθούν τα βασικά μεγέθη για τον απαιτούμενο χρόνο, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 9.3 Ενδεικτική παροχή βιοκαυσίμου

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
|                                    | Χρόνος ως προς κατανάλωση καυσίμου / Χρόνος ως προς εγκατεστημένη δυναμικότητα του λέβητα |
| Εγκαταστάσεις με συσσωματώματα     | 4 min/GJ<br>70 min/βδομάδα ανά 100 kW   |
| Εγκαταστάσεις με θρύμματα Βιομάζας | 5 min/GJ<br>110 min/βδομάδα ανά 100 kW  |

Όπως είναι όμως γνωστό αντίστοιχη φροντίδα απαιτείται και για τους συμβατικούς λέβητες πετρελαίου και αφορά τη λειτουργία και συντήρησή τους. Υπάρχουν δυνατότητες για ελαχιστοποίηση των αναγκών για εργασία.

- Συμφωνία με εταιρία υπηρεσιών για τη συντήρηση του συστήματος
- Αυτοματοποιημένη απομάκρυνση στάχτης
- Αυτοματοποιημένος καθαρισμός των εναλλακτών
- Ο προμηθευτής των συσσωματωμάτων μπορεί να φροντίσει τα της παραλαβής
- Ο καθαριστής της καμινάδας ασχολείται με το καθάρισμα των εγκαταστάσεων

Με λέβητα τελευταίας τεχνολογίας και συσσωματώματα ή θρύμματα από βιοκαύσιμο καλής ποιότητας, η συντήρηση δεν ξεπερνά τα 30 min/βδομάδα για ένα λέβητα compact υψηλής αυτοματοποίησης για μεγάλα κτήρια.

Λοιπά προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν χρησιμοποιώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή, του εγκαταστάτη ή του συμβούλου κατά την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης που αφορούν καθημερινή ρουτίνα, τυπικά σφάλματα, επίλυση προβλημάτων, επαφές για επίλυση προβλημάτων, συμφωνία για την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης και ρύθμιση της καύσης.

## 9.10 Αγορά εξοπλισμού και αδειοδότηση

Η αγορά προγραμματίζεται για τα πρώτα στάδια λειτουργίας, αλλά όχι νωρίτερα από τη σχετική μελέτη βιωσιμότητας. Τα ελάχιστα που θα πρέπει να ζητηθούν κατά την πρώτη παρουσίαση είναι:

- Ζήτηση σε θερμότητα
- Καύσιμο, τύπος και περιεχόμενη υγρασία
- Απαιτήσεις για την αποθήκευση του καυσίμου στο εσωτερικό ή το εξωτερικό των κτιρίων
- Διαθεσιμότητα στο κτήριο για το μηχανοστάσιο
- Απαιτήσεις σε εκπομπές από τοπικούς κανονισμούς
- Θέματα υπευθυνότητας
- Πρώτα σχέδια της εγκατάστασης
- Τιμή και συνθήκες παραλαβής

- Συστάσεις για υπάρχοντες χρήστες των εγκαταστάσεων
  - Τεχνικές δυσκολίες. Υπάρχουν ορισμένες τεχνικές δυσκολίες στην εγκατάσταση ενός συστήματος καύσης βιομάζας.
- Για την εγκατάσταση ενός λέβητα βιομάζας είναι υποχρεωτική η ειδική έγκριση μιας μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το τμήμα περιβάλλοντος της περιφέρειας της νομαρχίας. Η έγκριση περιλαμβάνει έναν αριθμό περιβαλλοντικών όρων για την εγκατάσταση του συστήματος. Αυτοί οι όροι περιλαμβάνουν: απόδοση λέβητα, όρια στις εκπομπές αερίων, διάθεση της στάχτης κ.α.

## 9.11 Κόστος καυσίμου - λέβητα

Ο παρακάτω πίνακας, βασιζόμενος σε πρόσφατη έρευνα, μας δείχνει το κόστος σε €/kWh διαφόρων ειδών Ορυκτών Καυσίμων σε σύγκριση με Στερεά Βιοκαύσιμα, καθώς και (στις τελευταίες δυο στήλες) την εξοικονόμηση ως προς το πετρέλαιο θέρμανσης και την εξοικονόμηση ως προς το ντίζελ κίνησης.

Πίνακας 9.4

(πηγή: Έρευνα-(2012) Αντώνης Κ. Στεφανάκης, Χημικός Μηχ/κός Ε.Μ.Π., M.Sc. Engng & B.A. USA)

| Καύσιμο           | Θερμιδ. Αξία<br>Kcal/kg | Θερμογ. Δύναμη<br>kWh/kg | Ειδικό Βάρος<br>kg/μ.μ. | Θερμογ. Δύναμη<br>kWh/μ.μ. | Απόδ. καύσης<br>% | Τεχν. Απώλ.<br>% | Τελική Θ. Αποδ.<br>kWh/μ.μ. | ΤΙΜΗ<br>€/μ.μ. | ΚΟΣΤΟΣ<br>€/kWh | Εξοικ. Πετρ. Θ.<br>% | Εξοικ. Ντίζελ<br>% |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| <b>ΟΡΥΚΤΟ</b>     |                         |                          |                         |                            |                   |                  |                             |                |                 |                      |                    |
| Πετρέλαιο Θ.      | 10105                   | 11,75                    | 0,84                    | 9,87                       | 85                | 15               | 7,13                        | 1,05           | 0,147           | 0                    | 23                 |
| Ντίζελ            | 10320                   | 12,00                    | 0,84                    | 10,08                      | 86                | 15               | 7,37                        | 1,4            | 0,190           | -29                  | 0                  |
| Φυσ. Αέριο        | 12220                   | 14,21                    | 0,63                    | 8,95                       | 92                | 10               | 7,41                        | 0,95           | 0,128           | 13                   | 10                 |
| Μαζούτ 1600       | 9434                    | 10,97                    | 0,94                    | 10,31                      | 82                | 15               | 7,19                        | 0,86           | 0,120           | 19                   | 16                 |
| Ηλ. Ρεύμα         |                         |                          |                         | 1,00                       | 98                | 5                | 0,93                        | 0,18           | 0,193           | -31                  | -25                |
| <b>ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ</b> |                         |                          |                         |                            |                   |                  |                             |                |                 |                      |                    |
| Pellet            | 4500                    | 5,23                     | 1                       | 5,23                       | 90                | 5                | 4,47                        | 0,3            | 0,067           | 54                   | 65                 |
| Πυρηνόξυλο        | 3570                    | 4,15                     | 1                       | 4,15                       | 85                | 10               | 3,18                        | 0,12           | 0,038           | 74                   | 80                 |
| Καλαμπόκι         | 5520                    | 6,42                     | 1                       | 6,42                       | 90                | 5                | 5,49                        | 0,22           | 0,040           | 73                   | 79                 |
| Τσόφλια           | 4800                    | 5,58                     | 1                       | 5,58                       | 90                | 10               | 4,52                        | 0,12           | 0,027           | 82                   | 86                 |
| Ξύλο (ξηρό)       | 3296                    | 3,83                     | 1                       | 3,83                       | 50                | 35               | 1,25                        | 0,18           | 0,145           | 2                    | 24                 |

Το κόστος ενός λέβητα βιοκαύσιμου εκτιμάται στα 1.000 έως 4.000 ευρώ, ανάλογα την ποιότητα και τη χρήση με κόστος συντήρησης περί τα 100 ευρώ/χρόνο. (Έρευνα αγοράς Σεπτέμβριος 2012)

## Κεφάλαιο 10 - Γεωθερμία

### 10.1 Εισαγωγή



Σχήμα 10.1 : Εγκατάσταση γεωθερμίας σε κατοικία με ενδοδαπέδια θέρμανση σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες.

Γεωθερμική ενέργεια είναι η φυσική θερμότητα της γης. Η θερμότητα αυτή προέρχεται από το εσωτερικό της γης και περιέχεται στα πετρώματα και στο υπόγειο νερό ή ατμό. Οι αντλίες θερμότητας έχουν ιδιαίτερα οικονομική λειτουργία καθώς χρησιμοποιούν την θερμική ενέργεια του περιβάλλοντος για να αποδώσουν το θερμικό ή ψυκτικό τους έργο. Ο βαθμός απόδοσής τους (COP) κυμαίνεται από 2,5 έως 5 ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, που ερμηνεύεται ότι για κάθε 1 kW ηλεκτρικής ισχύος που καταναλώνουν, οι μονάδες αποδίδουν 2,5 kW έως 5 kW θέρμανσης ή ψύξης.

Η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σχεδόν σταθερή καθ'όλη τη διάρκεια του έτους (15-17 °C), ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Οι αντλίες θερμότητας που παρουσιάζουν εμπορικό ενδιαφέρον σήμερα είναι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χαμηλού βάθους, όπου εκμεταλλεύονται την σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους για να παρέχουν θέρμανση και ψύξη και σε αντίθεση με τα κλιματιστικά λειτουργούν αξιόπιστα σε ακραίες θερμοκρασίες τόσο κατά την περίοδο του χειμώνα, όσο και κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Στην Ελλάδα γεωθερμία κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές της χώρας μας. Εκεί απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 25-100 °C.

Τέτοια είναι: **Θερμά Σαμοθράκης, Πολυχίτος-Αργενος Λέσβου, Νένητα Χίου, Αριστινό Αλεξανδρούπολης, Αιδηψός και Σουσαάκι Κορινθίας (80-100 °C), Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ηράκλεια Σερρών,**

**Λαγκαδάς, Νέα Απολλωνία, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Νέα Τρίγλια Χαλκιδικής (30-60 °C) και πολλά άλλα.**

Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις **70 MW(th)**, και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (~45%) και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (~55%).

## 10.2 Εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας

Μια πλήρης εγκατάσταση γεωθερμίας αποτελείται εν γένει από τα παρακάτω τμήματα:

α) Από τον **γεωθερμικό εναλλάκτη**, που είναι ένα σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, που διαρρέεται από νερό και τοποθετείται μέσα στο έδαφος. Ο σωλήνας θάβεται σε σπειροειδή μορφή σε βάθος 1 με 2 μέτρα ή τοποθετείται σε γεώτρηση βάθους 50 μέτρων σε σχήμα U και γεμίζεται με νερό και αντιπαγωτικό υγρό. Με την χρήση ηλεκτρικής αντλίας το νερό που κυκλοφορεί μέσα στο κλειστό αυτό κύκλωμα κατά την διέλευση του από το υπέδαφος αυξάνει την θερμοκρασία του κατά μερικούς βαθμούς Κελσίου, λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του υπεδάφους και στη συνέχεια οδηγείται στην γεωθερμική αντλία θερμότητας.

β) Από τη **γεωθερμική αντλία θερμότητας** (που δεν έχει μεγάλες διαφορές από τις γνωστές μικρές κλιματιστικές συσκευές ή εν μέρει τα ηλεκτρικά ψυγεία), η οποία αποτελείται από 4 στοιχεία: εξατμιστή, συμπιεστή, συμπυκνωτή και στοιχείο εκτόνωσης και σκοπό έχει την απόδοση της θερμότητάς που απάγει από το νερό στους σωλήνες σε ένα ψυκτικό υγρό, το οποίο με την βοήθεια ηλεκτρικού συμπιεστή αποδίδει ακόμη περισσότερη θερμότητα, η οποία μεταφέρεται σε ένα τρίτο κλειστό κύκλωμα, το οποίο διαχέεται στην εσωτερική εγκατάσταση.

γ) Από την **εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης** ή και ψύξης της κατοικίας ή του κτιρίου γενικότερα, που δεν διαφέρει σε τίποτε από τις γνωστές μας εγκαταστάσεις. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ενδοδαπέδιο ή ενδοτοιχείο σύστημα θέρμανσης και δροσισμού ή σύστημα fan coils για θέρμανση και ψύξη. Ακόμη και ακτινοβολούντα σώματα (καλοριφέρ) μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά θα είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος.

δ) Από τους **αυτοματισμούς** που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση.

## 10.3 Είδη συστημάτων γεωθερμίας

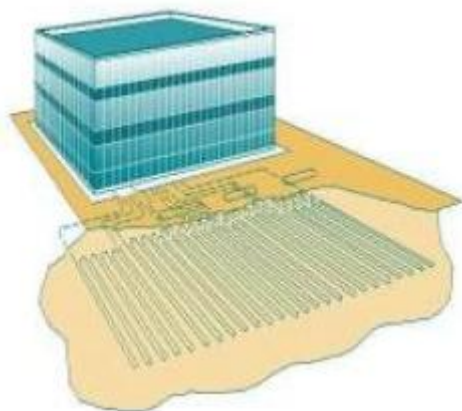
Διακρίνονται δύο συστήματα για την ανάκτηση θερμότητας από το έδαφος ή από ύδατα :

### Συστήματα κλειστού βρόγχου

Σε αυτά τα συστήματα το ψυκτικό μέσο ανακυκλοφορεί μέσα σε μία κλειστή εγκατάσταση σωλήνων και διακρίνονται σε δύο υποπεριπτώσεις :

1. Με οριζόντιες σπείρες σωληνώσεων.  
Ανοίγονται ορύγματα βάθους περίπου 2m ή γίνεται εξολοκλήρου εκσκαφή του χώρου και τοποθετείται ο γεωθερμικός εναλλάκτης σε μία ή περισσότερες

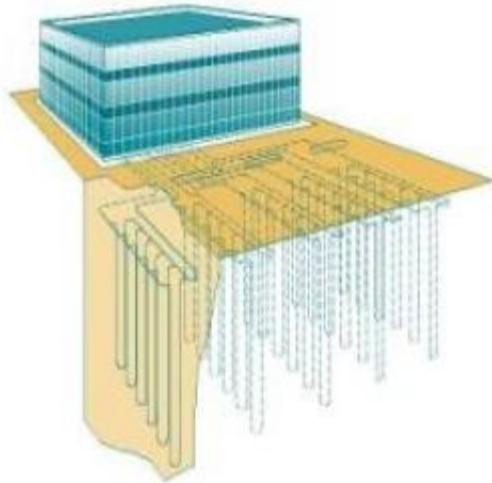
στρώσεις σωλήνων. Χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα όταν επαρκεί ο χώρος του οικοπέδου επειδή είναι η πιο οικονομική λύση.



Σχήμα 10.3.A : Οριζόντιο σύστημα γεωθερμίας κλειστού βρόχου

Συγκεκριμένα για τα οριζόντια συστήματα κλειστού βρόγχου απαιτείται επιφάνεια 1,5-2 τ.μ. ανά τμ θερμαινόμενης επιφάνειας δηλαδή για μια μονοκατοικία 150 τ.μ. θερμαινόμενης επιφάνειας απαιτούνται περίπου 220-300 τ.μ. σκάμματος. Το βάθος εκσκαφής είναι περίπου 1.20-1.40 μέτρα. Κατάλληλα είναι όλα τα εδάφη που μπορούν να σκαφτούν με εκσκαφέα-μπουλντόζα. Τα συστήματα αυτά δίνουν συνήθως 20-30W/m<sup>2</sup>.

2. Με κατακόρυφες σπείρες σωληνώσεων.  
Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η επιφάνεια του οικοπέδου είναι μικρή και δεν μπορεί να εφαρμοσθεί η 1η μέθοδος. Στα κατακόρυφα συστήματα ο γεωθερμικός εναλλάκτης είναι τοποθετημένος κάθετα στην επιφάνεια του εδάφους, μέσα σε τρύπες ανοιγμένες από γεωτρύπανο, και σε βάρη που κυμαίνονται συνήθως από 50 έως 150 μέτρα.



Σχήμα 10.3.B : Κατακόρυφο σύστημα γεωθερμίας κλειστού βρόγχου

Συγκεκριμένα για τα κατακόρυφα συστήματα κλειστού βρόγχου οι συγκεκριμένες κατασκευές δίνουν 60-80 W/μέτρο βάθους γεώτρησης δηλαδή για ένα σπίτι 150 m<sup>2</sup> απαιτούνται περίπου 120-160 μέτρα γεώτρησης. Αυτά μπορούν να μοιραστούν και σε περισσότερες μικρότερες γεωτρήσεις. Μέγιστο βάθος γεώτρησης είναι συνήθως τα 120 μέτρα. Κατάλληλη για όλα τα εδάφη.

#### Συστήματα ανοιχτού βρόγχου

Χρησιμοποιείται νερό το οποίο αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στη γη. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα. Βασικό του πλεονέκτημα είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις σε χώρο στο οικόπεδο.

Διακρίνεται σε δύο υποπεριπτώσεις :

#### 1. Συστήματα τύπου φρέατος

Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου τύπου φρέατος χρησιμοποιούν νερό υπεδάφους σαν απ' ευθείας πηγή ενέργειας, όταν το διαθέσιμο νερό είναι καλής ποιότητας, επαρκούς ποσότητας και σε βολικό βάθος άντλησης, καθ' όλο το χρόνο. Χαντάκια, μικρές λίμνες ή ρυάκια χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την απόρριψη του νερού, όπως επίσης και η ίδια η πηγή προέλευσης του.

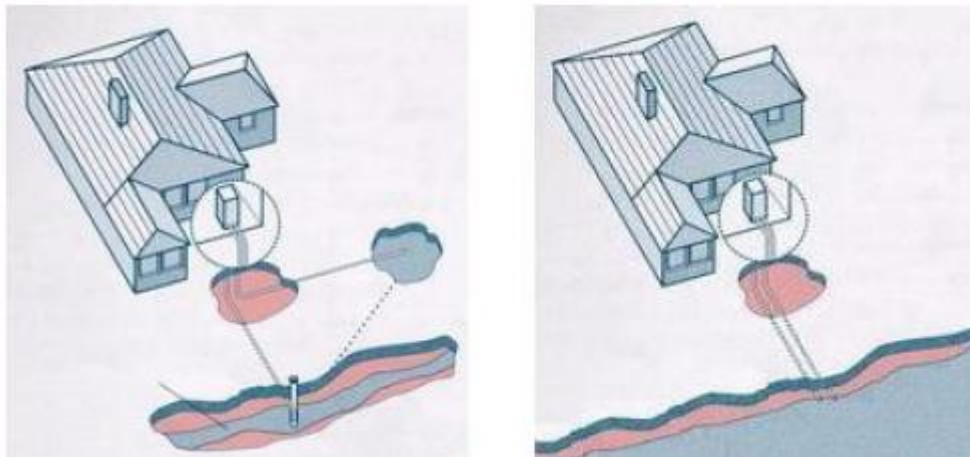
#### 2. Επιφανειακά συστήματα

Τα συστήματα αυτά αντλούν νερό για το πρωτεύον κύκλωμά τους από μια επιφανειακή πηγή π.χ. λίμνη ή ποτάμι και το απορρίπτουν και πάλι στην ίδια πηγή. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν επαρκείς πηγές νερού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πλευρά του συμπυκνωτή πύργου ψύξης.

Υπάρχουν και άλλοι τύποι συστημάτων κλειστού ή ανοιχτού τύπου που



χρησιμοποιούνται όμως σπανιότερα. Συγκριτικά μπορούμε να πούμε ότι τα κατακόρυφα συστήματα πλεονεκτούν των οριζοντίων, γιατί δεσμεύουν μικρότερες ποσότητες επιφάνειας γης για την εγκατάστασή τους και είναι πιο «σταθερά», διότι δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από τις εποχικές μεταβολές, λόγω μεγαλύτερου βάθους εγκατάστασης.



Σύστημα τύπου φρέατος Επιφανειακό σύστημα

Σχήμα 10.3.Γ : Συστήματα γεωθερμίας ανοιχτού βρόγχου

Συγκεκριμένα για τα συστήματα φρέατος ανοιχτού βρόγχου απαιτείται να αντλούνται περίπου 2 m<sup>3</sup>/ώρα για μια μονοκατοικία 150 m<sup>2</sup>.

#### 10.4 Κόστος

Το μόνο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον συμπιεστή και από τις αντλίες, το οποίο είναι οικονομικότερο κατά 40% σε σχέση με χρήση λέβητα πετρελαίου και 20-25% σε σχέση με χρήση λέβητα αερίου. Η εγκατάσταση μπορεί να λειτουργεί όλο το 24ωρο με την χρήση του νυχτερινού τιμολογίου της ΔΕΗ, πράγμα που βελτιστοποιεί την άνεση των χώρων με σταθερή θερμοκρασία και αυξάνει περαιτέρω την οικονομία χρήσης έως και 40%.

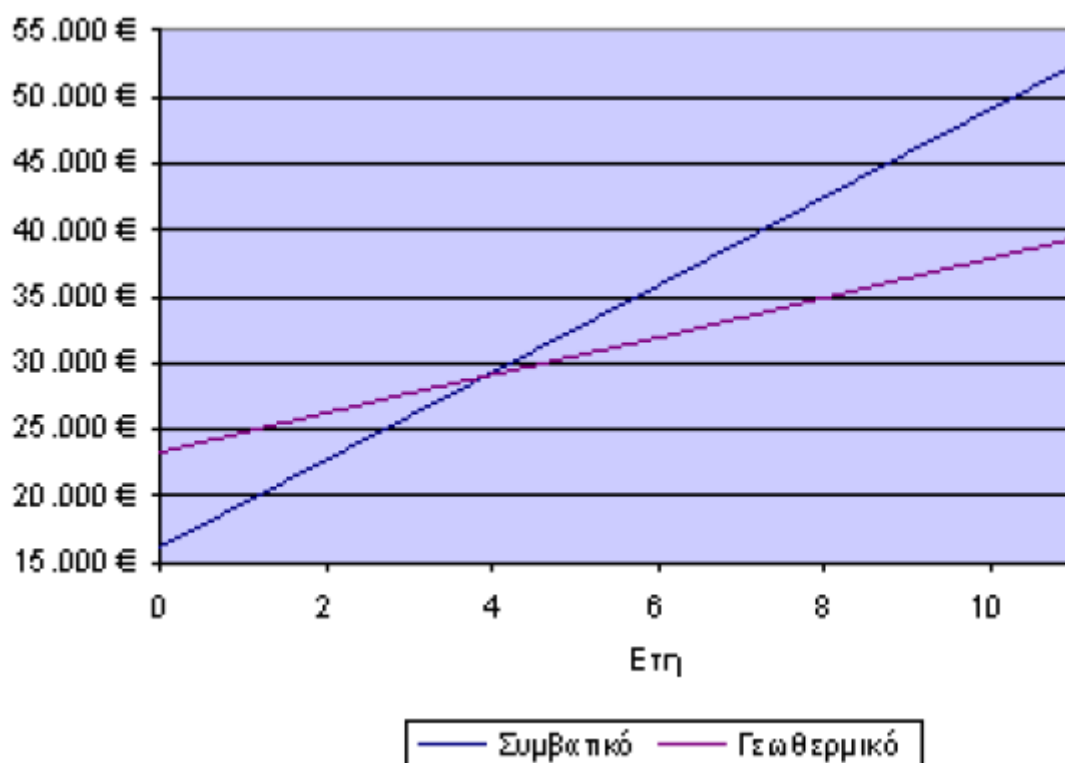
Το κόστος απευθείας χρήσης του γεωθερμικού ρευστού για θερμικές εφαρμογές ανέρχεται σε αρχική επένδυση **200-1.400 ευρώ/kW(th)** και ισοδύναμο κόστος παραγόμενης θερμότητας **0,005-0,035 ευρώ/kWh(th)**, τιμές σημαντικά μικρότερες από εκείνες που αντιστοιχούν στην παραγωγή θερμότητας από πετρέλαιο θέρμανσης, ακόμη και από φυσικό αέριο.

Το κόστος εγκατάστασης γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ανέρχεται σε **600-1100 €/kW** για μονάδες που χρησιμοποιούν νερό από υδρογεώτρηση και σε **1000-1600 €/kW** για μονάδες που χρησιμοποιούν γήινους εναλλάκτες θερμότητας. Το αντίστοιχο κόστος ανά μονάδα παρεχόμενης θερμικής ενέργειας ανέρχεται σε **0,012-0,029 €/kWh** χωρίς αποσβέσεις και σε **0,037-0,049 €/kWh** λαμβάνοντας υπόψη την απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου και το κόστος χρήματος. Οι τιμές αναφέρονται για την Ελλάδα το έτος 2013 σύμφωνα με το



### 10.5 Παράδειγμα - εφαρμογή

Σε συγκρότημα δύο **εφαπτόμενων μεζονετών**, μονωμένων σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό θερμομόνωσης, **συνολικής έκτασης 340 τ.μ.**, σε περιοχή της δυτικής Αττικής υπολογίστηκε ότι η μέγιστη αναγκαία ισχύς **θέρμανσης είναι 22 kW** ενώ **ψύξης 24kW**, ή δε ετησίως απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης είναι **44.000 kWh** και ψύξης **25000 kWh**. Το κόστος ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης-ψύξης (καλοριφέρ & κλιματιστικά ανέρχεται σε **16.060** ευρώ ενώ το κόστος ενός συστήματος με Γεωθερμική Αντλία θερμότητας με οριζόντιο γεωθερμικό εναλλάκτη κλειστού κυκλώματος και ενδοδαπέδια θέρμανση ανήλθε σε **23.344 ευρώ**. Το κόστος λειτουργίας του συμβατικού συστήματος με τιμή πετρελαίου 0,33 ευρώ/λίτρο και τα σημερινά τιμολόγια της ΔΕΗ θα ανερχόταν σε **3.236 ευρώ** το χρόνο ενώ με την γεωθερμική αντλία θερμότητας το λειτουργικό κόστος είναι **1.424 ευρώ**. Έτσι το επιπλέον κόστος της επένδυσης αποσβένεται σε τέσσερα έτη.



Διάγραμμα 10.5 : Σύγκριση συνολικού κόστους συστημάτων θέρμανσης

(χωρίς να περιλαμβάνεται κόστος συντήρησης και τιμαριθμικές αναπροσαρμογές)

## 10.6 Αξιολόγηση συστημάτων γεωθερμίας

Πλεονεκτήματα:

- **Εξοικονόμηση:** Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να μειώσουν το κόστος θέρμανσης ως και 60% και το κόστος ψύξης έως και 40%.
- **Συντήρηση:** Έχουν πολύ λίγα κινούμενα εξαρτήματα που θα μπορούσαν να χαλάσουν. Οι εναλλάκτες κατασκευάζονται από πλαστικούς σωλήνες και λειτουργούν αποδοτικά για πενήντα χρόνια
- **Αθόρυβα:** καμία ηχητική ενόχληση κατά την λειτουργία τους

Μειονεκτήματα:

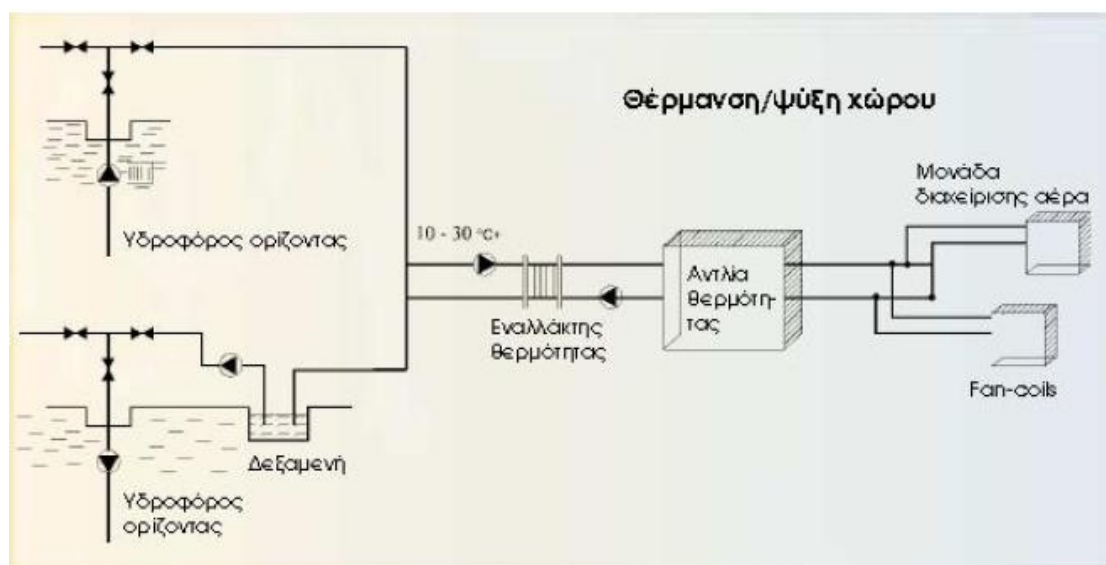
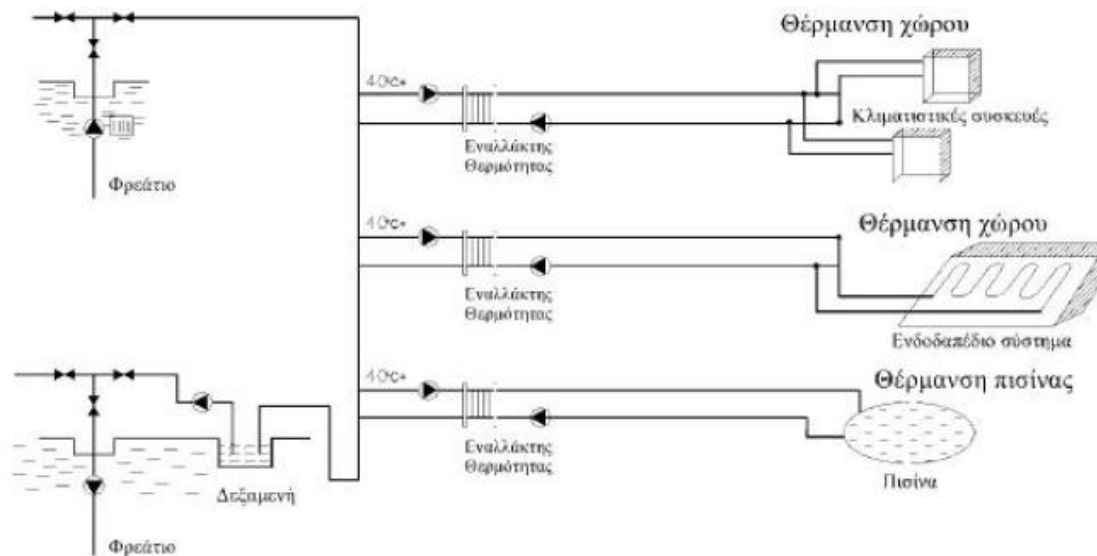
- Το **Αρχικό κόστος** κατασκευής είναι υψηλότερο από του συμβατικού
- **Δυσκολία** στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα
- **Απαιτείται** μεγάλη παροχή καθαρού νερού για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα

Συμπερασματικά

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας:

- Είναι καθιερωμένη και αξιόπιστη τεχνολογία.
- Μειώνουν τις δαπάνες για θέρμανση και κλιματισμό.
- Μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).
- Αυξάνουν τη μακροπρόθεσμη αξία του κτιρίου.
- Παρέχουν υψηλής ποιότητας άνεση στους εσωτερικούς χώρους.
- Προστατεύουν το περιβάλλον.
- Συμβάλλουν στην ενεργειακά αειφόρο ανάπτυξη.

Σχήμα 10.6 : Γενικό τεχνικό διάγραμμα -  
Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας για άμεσες χρήσεις



## Κεφάλαιο 11 - Ηλιακή θέρμανση-ψύξη

### 11.1 Ηλιακός κλιματισμός

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ψύξης με απορρόφηση είναι ότι για τη δημιουργία ψύξης απαιτείται ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια αλλά πρέπει να

προσδοθεί θερμότητα.

Η πηγή αυτής της θερμότητας μπορεί να είναι:

- Η απευθείας καύση καυσίμου.
- Το θερμό νερό από ηλιακούς συλλέκτες.
- Η ανάκτηση θερμότητας από εγκαταστάσεις συμπαραγωγής.

Στον κύκλο απορρόφησης χρησιμοποιείται θερμότητα αντί για μηχανική συμπίεση και ηλεκτρική ενέργεια. Τα υπόλοιπα στοιχεία του ψυκτικού κύκλου, δηλαδή ο εξατμιστής, ο συμπυκνωτής και η βαλβίδα εκτόνωσης παραμένουν. Στον κύκλο απορρόφησης παίρνει μέρος ένα ζεύγος ουσιών που αποτελείται από το ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην ιδιότητα ορισμένων ουσιών να απορροφούν ικανές ποσότητες ενός ψυκτικού μέσου σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και να αποδίδουν το ψυκτικό μέσο σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο απορροφητήρας αντιστοιχεί στην είσοδο αναρρόφησης του συμπιεστή. Στον απορροφητήρα το λεγόμενο “πτωχό διάλυμα” (αραιό διάλυμα) απορροφά τους ατμούς του ψυκτικού μέσου οι οποίοι προέρχονται από τον εξατμιστή και έτσι γίνεται “εμπλουτισμένο διάλυμα” (πυκνό διάλυμα). Κατά την απορρόφηση αυτή απελευθερώνεται θερμότητα η οποία πρέπει να απομακρυνθεί. Η αντλία ανακυκλοφορεί το διάλυμα μεταξύ απορροφητήρα και εξατμιστήρα. Στον εκροφητήρα προσδίδεται θερμότητα έτσι ώστε να ανέλθει η θερμοκρασία του πυκνού διαλύματος και το ψυκτικό υγρό να διαχωριστεί από το διάλυμα. Ο εκροφητήρας αντιστοιχεί στην έξοδο του συμπιεστή. Στη συνέχεια, το ψυκτικό υγρό το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση ατμών οδεύει προς το συμπιεστή όπου υγροποιείται αποβάλλοντας θερμότητα. Στη συνέχεια το υγρό ψυκτικό μέσο αφού εκτονωθεί στην βαλβίδα εκτόνωσης οδεύει προς τον εξατμιστή για να συνεχιστεί έτσι ο κύκλος.

## 11.2 Σύγκριση ηλιακού κλιματισμού με συμβατικές εγκαταστάσεις

Τα εμπορικά συστήματα ηλιακού κλιματισμού χρησιμοποιούν συνήθως τεχνολογίες απορρόφησης για ψύξη. Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούνται από ψύκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ζεστό νερό θερμοκρασίας από 70 ως 110 °C για την παραγωγή κρύου νερού (7-10 °C) που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό του κτιρίου. Ηλιακοί συλλέκτες υψηλής απόδοσης μπορούν να τροφοδοτήσουν με ζεστό νερό προσαγωγής τον ψύκτη. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το ζεστό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον κλιματισμό του κτιρίου αλλά και για την εξασφάλιση του ζεστού νερού χρήσης. Τους χειμερινούς μήνες το ζεστό νερό μπορεί να εξασφαλίσει τη θέρμανση του κτιρίου καθώς επίσης και τις ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης.

Το βασικό πλεονέκτημα των ψυκτών απορρόφησης με ηλιακούς συλλέκτες είναι ότι η μέγιστη ζήτηση για κλιματισμό παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες όταν υπάρχει αφθονία ηλιακής ακτινοβολίας και οι ηλιακοί συλλέκτες επιτυγχάνουν τη μέγιστη απόδοσή τους. Τις συννεφιασμένες μέρες του καλοκαιριού, όπως και το χειμώνα, το παραγόμενο ζεστό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση του νερού προσαγωγής του λέβητα. Οι ψύκτες απορρόφησης έχουν ουσιαστικά λιγότερες απαιτήσεις από τους συμβατικούς ψύκτες λόγω των ανύπαρκτων κινούμενων μερών (π.χ. συμπιεστές),

αν και οι απαιτήσεις και ο σχεδιασμός διαφέρουν σημαντικά.

### **11.3 Τεχνικές απαιτήσεις για τα ηλιακά συστήματα**

Ένα σύστημα ηλιακού κλιματισμού απαιτεί ορισμένο χώρο για τους ηλιακούς συλλέκτες. Αυτός ο χώρος μπορεί να είναι στην στέγη του κτιρίου ή σε μια γειτονική περιοχή. Η πρώτη λύση προτιμάται καθώς είναι ευκολότερη η επίβλεψη και η συντήρηση του συστήματος.

Αλλάζοντας έναν ψύκτη απορρόφησης ή προσρόφησης από ψύξη το καλοκαίρι, σε θέρμανση το χειμώνα, απαιτείται και η αλλαγή των θερμοκρασιών λειτουργίας του ψύκτη. Αυτό γίνεται με τη χρήση χειροκίνητων βαλβίδων ή ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου. Η σωστή σύζευξη του ψύκτη απορρόφησης ή προσρόφησης με τους συλλέκτες (καθορισμός θερμοκρασίας ζεστού νερού από τους συλλέκτες) επηρεάζει άμεσα τη σωστή λειτουργία του ψυκτικού συγκροτήματος. Είναι απαραίτητο να επιτευχθεί συγχρονισμός μεταξύ των συλλεκτών και του ψύκτη.

Οι ψύκτες απορρόφησης είναι εξοπλισμένοι με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου για τον έλεγχο του ψύκτη ανάλογα με τη διακύμανση του ψυκτικού φορτίου αλλά και για την τήρηση των λειτουργικών ορίων που ορίζει ο κατασκευαστής.

### **11.4 Παράδειγμα - εφαρμογή**

Παρακάτω αναφέρεται ένα παράδειγμα ψύξης με απορρόφηση με ηλιακούς συλλέκτες :



Εικόνα 11.4.A : Μονάδα ψύξης με απορρόφηση

Εικόνα 11.4.B : Ηλιακοί συλλέκτες

Ο ψύκτης απορρόφησης έχει ονομαστική ισχύ **105kW** και τροφοδοτείται με ζεστό νερό από **450 τ.μ.** επίπεδων ηλιακών συλλεκτών.

Πίνακας 11.4 : Οικονομική απόδοση εγκατάστασης ψύξης με απορρόφηση

| Περιγραφή   | Κόστος συστήματος χωρίς εφεδρικό συμβατικό ψύκτη (EURO/RT) | Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh <sub>a</sub> /RT) | Περίοδος απόσβεσης (έτη) | Περίοδος απόσβεσης με 50% επιδότηση (έτη) |
|---|--|---|--------------------------|---|
| Επίπεδα συλλέκτες (επιλεκτικής επιφάνειας) συνοδευόμενα από ψύκτη απορρόφησης / προσαρμόφησης | 7.337  | 4.500   | 12                       | 6   |

**Euro/RT** = Ευρώ/Ψυκτικό Τόνο

Εφαρμογή : Ξενοδοχείο Λετζάκης στο Ρέθυμνο Κρήτης

### 11.5 Ζεστό νερό χρήσης

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δύο φυσικών φαινομένων. Του θερμοσιφωνικού φαινομένου με το οποίο επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες, κλπ.) ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στους συλλέκτες του.



Εικόνα 11.5 : Ηλιακός θερμοσίφωνα

### 11.6 Κατηγορίες ηλιακών θερμοσίφωνων

Διακρίνουμε δύο είδη ηλιακών θερμοσίφωνων ανάλογα με το κύκλωμα κυκλοφορίας του θερμαινόμενου μέσου:

- **Ανοικτού κυκλώματος:** απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε).
- **Κλειστού κυκλώματος:** έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας).

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες ανοικτού κυκλώματος είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, έχουν όμως προβλήματα σε χαμηλές θερμοκρασίες (παγετούς) γιατί δεν μπορούμε να τους προσθέσουμε αντιψυκτικά μίγματα επειδή το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό χρήσης. Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος μπορεί το θερμαινόμενο μέσο να είναι και άλλο ρευστό (πχ. λάδι). Αν είναι νερό, έχει αντιπηκτικά και αντιδιαβρωτικά πρόσθετα για προστασία της συσκευής.

### 11.7 Μέρη ηλιακού θερμοσίφωνα

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ανεξάρτητα από το είδος τους, αποτελούνται από δύο βασικά μέρη:

- Το τμήμα συλλογής (οι ηλιακοί συλλέκτες, η επιφάνεια απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας)
- Το τμήμα αποθήκευσης (η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού)

Τα δύο αυτά μέρη είναι συναρμολογημένα μαζί και συνδέονται με σωληνώσεις, αλλά σε μεγαλύτερα συστήματα μπορούν να είναι και χωριστά και να

χρησιμοποιούνται αντλίες για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου, ειδικά όταν το τμήμα αποθήκευσης δεν βρίσκεται στον ίδιο χώρο με το τμήμα συλλογής. Το τμήμα αποθήκευσης διαθέτει και ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη, για να μπορεί να παράγεται ζεστό νερό και σε άσχημες καιρικές συνθήκες. Οι ακριβότεροι ηλιακοί θερμοσίφωνες διαθέτουν και κάποια λίγα εξαρτήματα ελέγχου όπως βαλβίδα υπερπίεσης ή αυτόματα εξαεριστικά.

### **Δεξαμενή αποθήκευσης**

Η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης έχει χωρητικότητα που κυμαίνεται από 100 έως 200 λίτρα για συνήθεις οικιακές εφαρμογές. Η χωρητικότητά της είναι συνάρτηση της συλλεκτικής επιφάνειας που διαθέτει. Είναι συνήθως χαλύβδινη, με εσωτερική επίστρωση για προστασία από την διάβρωση.

### **11.8 Αρχή λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα**

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας κατά την λειτουργία του εκμεταλλεύεται το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας), γνωστό και σαν αρχή του θερμοσιφώνου. Έτσι πετυχαίνεται με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) συνεχή ροή του θερμαινόμενου μέσου, από το θερμότερο σημείο (ηλιακοί συλλέκτες) προς το ψυχρότερο (δεξαμενή νερού), μέχρις ότου τα δύο σημεία να αποκτήσουν παρόμοιες θερμοκρασίες. Για να είναι αυτό δυνατό πρέπει το ψυχρότερο σημείο να είναι ψηλότερα από το θερμότερο σημείο και για τον λόγο αυτό σε όλους τους ηλιακούς θερμοσίφωνες η δεξαμενή αποθήκευσης είναι πάντα ψηλότερα από τους ηλιακούς συλλέκτες

### **11.9 Εγκατάσταση Η.Θ.**

Ο καλύτερος προσανατολισμός για την τοποθέτηση των ηλιακών θερμοσιφώνων (ακριβέστερα των ηλιακών συλλεκτών) είναι ο νότιος, για να εκμεταλλεύεται ο θερμοσίφοντας όσο περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας γίνεται. Απόκλιση μέχρι 15 μοίρες από τον νότο δεν έχει μεγάλη επίπτωση στην απόδοσή του. Σε μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται μείωση της απόδοσης. Ακόμα η κλίση του ηλιακού συλλέκτη πρέπει να είναι 20-50 μοίρες. Μεγαλύτερη ή μικρότερη κλίση μειώνει την απόδοση.

### **11.10 Ο ηλιακός θερμοσίφοντας σαν οικολογική συσκευή**

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας είναι μια απ' τις "καθαρότερες" και πιο αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μία τυπική οικιακή εγκατάσταση εξοικονομεί περίπου 1400kWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Αυτή η ποσότητα ενέργειας αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 70% των ετήσιων αναγκών



μίας τετραμελούς οικογένειας σε ζεστό νερό χρήσης. Στη διάρκεια ζωής του, που είναι περίπου 20-25 χρόνια σύμφωνα με τις εγγυήσεις που δίνουν οι κατασκευαστές τους, ο ηλιακός θερμοσίφωνας εξοικονομεί περίπου δυο χιλιάδες ευρώ απ' τους λογαριασμούς ρεύματος.

Για παράδειγμα ένας ηλιακός θερμοσίφωνας **160 λίτρων** που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας τετραμελούς οικογένειας κοστίζει από 500 έως 600 ευρώ. Οπότε, σε μια περιοχή της Αθήνας με ένα ηλιακό θερμοσίφωνα με επιφάνεια συλλέκτη 2 τ.μ. κάθε χρόνο εξοικονομούμε **1400kWh επί 0,07 ευρώ/kWh**, δηλαδή περίπου **100 ευρώ** το χρόνο. Οπότε θα έχουμε απόσβεση σε περίπου 5 χρόνια και για τα υπόλοιπα 15-20 χρόνια θα έχουμε κέρδος.

Πίνακας 11.10 Ενδεικτικές τιμές ηλιακών θερμοσιφώνων και απόσβεση αυτών για το έτος 2008 στην Αθήνα.

| Περιγραφή   | Κόστος συστήματος (€/m <sup>2</sup> ) | Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> .έτος) | Περίοδος απόσβεσης (έτη) |
|---|---------------------------------------|---|--------------------------|
| Θερμοσιφωνικά συστήματα τύπου compact                                 | 235                                   | 500   | 5,5                      |
| Συμβατικά θερμοσιφωνικά συστήματα                                     | 293                                   | 600   | 5,5                      |
| Κεντρικά συστήματα- Επίπεδες επιφάνειες συλλεκτών (μάυρης βαφής)      | 235                                   | 650   | 4,5                      |
| Κεντρικά συστήματα- Επίπεδες επιφάνειες συλλεκτών (επιλεκτικής βαφής) | 323                                   | 700   | 5,5                      |
| Κεντρικά συστήματα - Σωλήνες κενού                                    | 440                                   | 800   | 7                        |

## Κεφάλαιο 12 - Φωτοβολταϊκά

### 12.1 Εισαγωγή

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 μ.Χ. όμως χρησιμοποιήθηκε πολύ αργότερα για πρακτικούς σκοπούς. Ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '50 όταν χρησιμοποιήθηκε σε διαστημικές εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) κύτταρα αποτελούνται από ημιαγώγιμα υλικά κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε τα ηλεκτρόνια τα οποία παράγονται από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, να μετακινούνται υπό την επιρροή ενός φυσικού ηλεκτρικού πεδίου, και να παράγεται ρεύμα. Τα Φ/Β συστήματα είναι τεχνολογικά ώριμα και μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόπιστη λύση αντικατάστασης ηλεκτρισμού, σε υπάρχοντα ή υπό μελέτη κτήρια. Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Τα πιο συνήθως είδη είναι τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, και τα άμορφα. Τα τελευταία έχουν χαμηλότερη απόδοση είναι όμως φθηνότερα. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων.

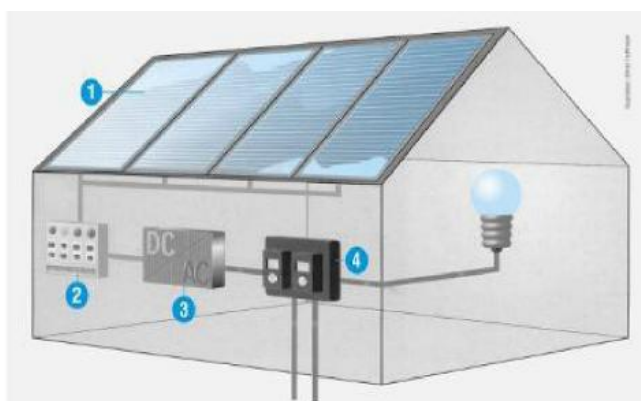
## 12.2 Χαρακτηριστικά που μας προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα

- **Αξιοπιστία:** Οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β πωλούν μονάδες με 20-25 χρόνια εγγύηση λειτουργίας με απόδοση άνω του 80%. Η διάρκεια ζωής των μονάδων είναι ακόμη μεγαλύτερη αν και μπορεί να επέλθει κάποια μείωση στην απόδοσή τους μετά τις δύο πρώτες δεκαετίες εξαιτίας της υπερβολικής έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία.
- **Εύρος εφαρμογών:** Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να καλύψουν ενεργειακές απαιτήσεις σε ένα μεγάλο εύρος μεγεθών συστημάτων για πολυάριθμους τύπους εφαρμογών.
- **Επεκτασιμότητα:** Η βασική εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος μπορεί να είναι μικρή. Αυτό εξαρτάται από το επιθυμητό μέγεθος της συνολικής εγκατάστασης. Πάντως η φύση της τεχνολογίας των υπομονάδων επιτρέπει την επέκταση του συστήματος οποιαδήποτε στιγμή στο μέλλον.
- **Έλλειψη εκπομπών:** Η παραγωγή ηλεκτρισμού με την χρήση Φ/Β τεχνολογίας δεν συνεπάγεται εκπομπές ρύπων.
- **Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης:** Η έλλειψη κινούμενων μερών σε ένα Φ/Β σύστημα ελαχιστοποιεί τις ανάγκες συντήρησης. Στην περίπτωση των αυτόνομων συστημάτων η μπαταρία είναι το μόνο εξάρτημα το οποίο απαιτεί έλεγχο όσο αφορά τη στάθμη των ηλεκτρολυτών (ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας), το επίπεδο φόρτισης και την αντικατάσταση μετά από 5-10 χρόνια λειτουργίας ανάλογα και από την χρήση. Επιπλέον είναι σκόπιμο να πραγματοποιούνται τακτικοί έλεγχοι του συστήματος, έτσι ώστε να αντικατασταθούν πιθανά σπασμένα τμήματα. Οι έλεγχοι αυτοί εξασφαλίζουν ότι δεν θα δημιουργηθεί σκίαση από την ανάπτυξη φυτών ή άλλων αρνητικών για το σύστημα παραγόντων. Το συστηματικό καθάρισμα-πλύσιμο των στοιχείων θα μπορούσε να αυξήσει την απόδοση του συστήματος.

- **Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά**, υποκαθιστώντας άλλα παραδοσιακά υλικά (π.χ. κεραμοσκεπές ή υαλοστάσια σε προσόψεις). Κατ' αυτό τον τρόπο εξοικονομούνται χρήματα και φυσικοί πόροι. Στην περίπτωση μάλιστα των υαλοστασίων σε προσόψεις εμπορικών κτιρίων, διατίθενται σήμερα διαφανή φωτοβολταϊκά με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων με χαμηλή ικανότητα εκπομπής (low-e), τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με ένα κτήριο με συμβατικά υαλοστάσια.
- **Ανεξάρτηση** από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- **Αθόρυβη** λειτουργία

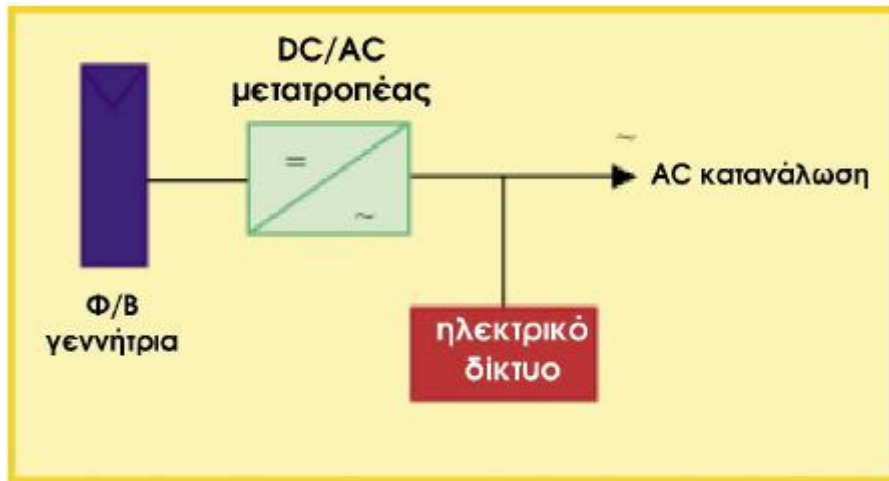
### 12.3 Τρόποι αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων

Υπάρχουν δύο τρόποι να τα χρησιμοποιήσει κανείς. Είτε ανεξάρτητα από το δίκτυο της ΔΕΗ είτε σε συνεργασία με αυτό. Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί λοιπόν ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.

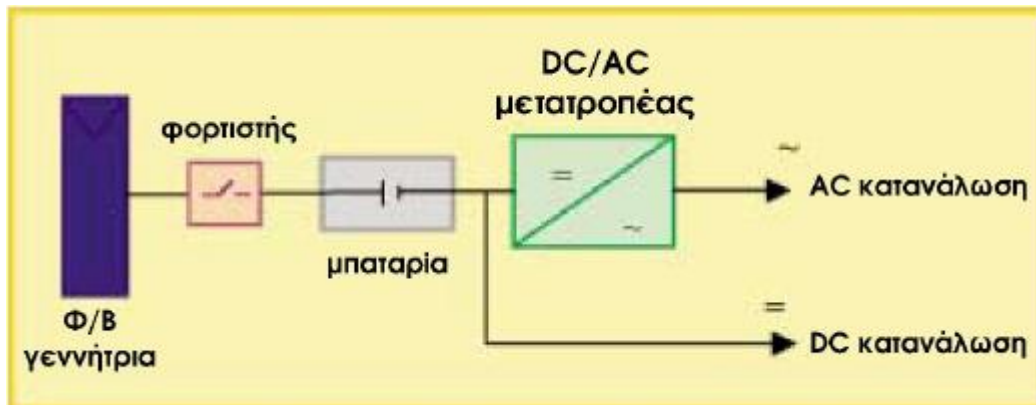


Σχήμα 12.3.Α : Σχηματική αναπαράσταση διασυνδεδεμένου φ/β συστήματος  
 1. Φωτοβολταϊκά πλαίσια 2. Πίνακας ελέγχου 3. Αντιστροφέας (inverter)  
 4. Ρολόι-Σύνδεση με δίκτυο της ΔΕΗ

Εναλλακτικά, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή καταναλώνει κανείς ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π.χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας. Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και συσσωρευτές για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.



Σχήμα 12.3.Β : Σχηματική παράσταση της αρχής λειτουργίας ενός συστήματος συνδεδεμένου με το ηλεκτρικό δίκτυο



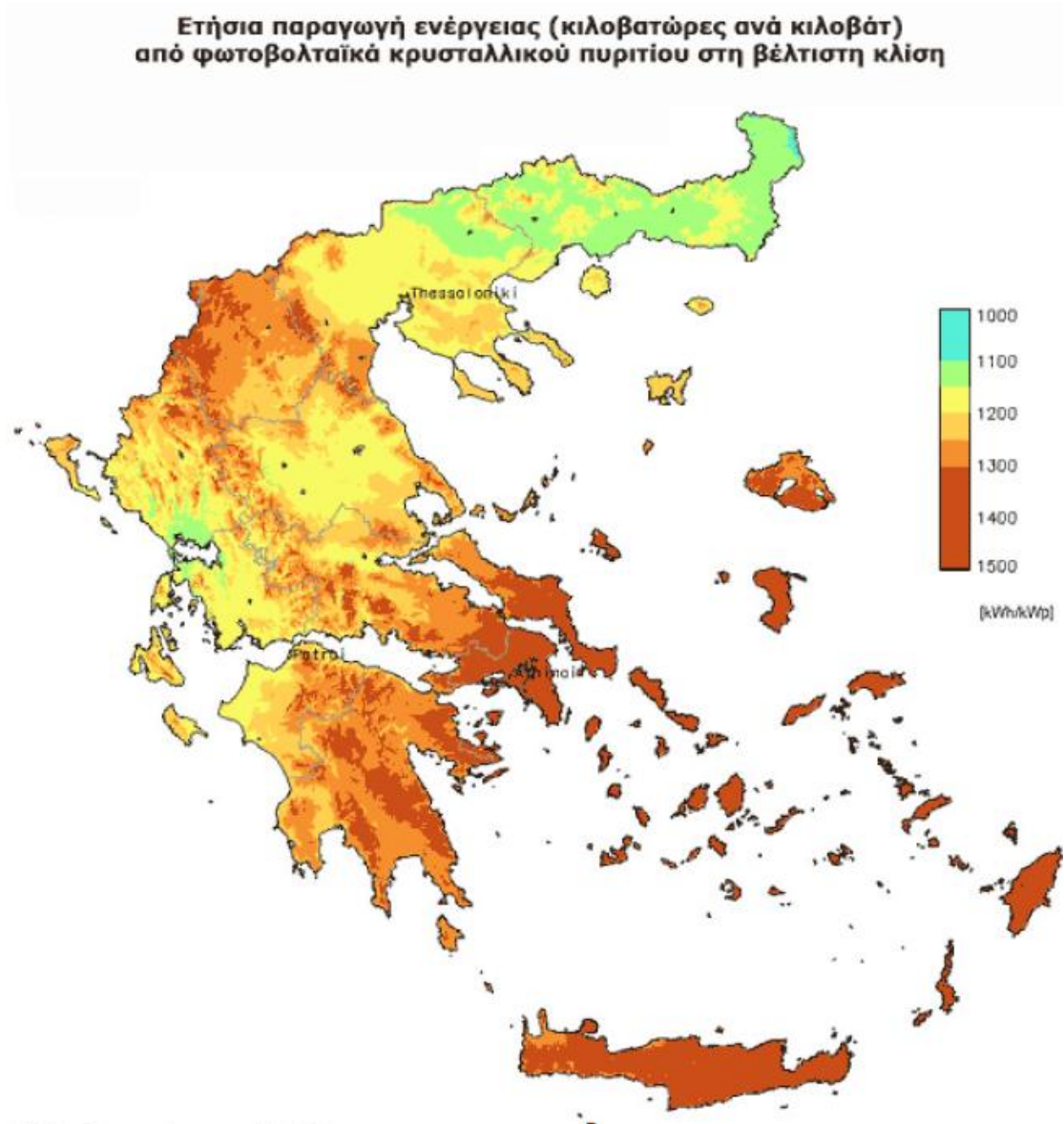
Σχήμα 12.3.Γ : Σχηματική παράσταση της αρχής λειτουργίας ενός αυτόνομου συστήματος

#### 12.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό ισχύος 1 κιλοβάτ (kW) παράγει κατά μέσο όρο 1.300-

1.500 κιλοβατώρες το χρόνο. Στην εικόνα 12.4.A μπορούμε να δούμε αναλυτικά ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά περιοχή σύμφωνα με τον χρωματισμό της.

Εικόνα 12.4.A



Οι τιμές αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος από την ΔΕΗ σήμερα κυμαίνονται από 0,18 ευρώ/kWh και 0,28 ευρώ/kWh. Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από Φ/Β αποτελεί πολύ συμφέρουσα μέθοδο τη σύγχρονη περίοδο.

Πίνακας 12.4.Β: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΚΕΠΗΣ - ΤΑΡΑΤΣΑΣ - ΙΣΧΥΟΣ - ΕΣΟΔΟΥ – ΚΟΣΤΟΥΣ (σύμφωνα με έρευνα (2012) της εταιρίας Loan24 που δραστηριοποιείται στο χώρο των επενδύσεων με αντικείμενο τα Φ/Β)

| Επιφάνεια σκεπής υπό κλίση [τ.μ.] | Επιφάνεια ταράτσας [τ.μ.] | Αριθμός panels που 'χωράνε' | ΣΥΝΟΛΙΚΗ ισχύς Φ/Β [kW] | Ετήσια παραγωγή Ενέργειας [kWh] | Ετήσιο εισόδημα [€] | Κόστος Εγκατάστασης [€] |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 7                                 | 8                         | 5                           | 1                       | 1.450                           | 719,20              | 2.880                   |
| 14                                | 16                        | 10                          | 2                       | 2.900                           | 1.438,40            | 5.760                   |
| 21                                | 24                        | 15                          | 3                       | 4.350                           | 2.157,60            | 8.640                   |
| 28                                | 32                        | 20                          | 4                       | 5.800                           | 2.876,80            | 11.520                  |
| 35                                | 40                        | 25                          | 5                       | 7.250                           | 3.596,00            | 14.400                  |
| 42                                | 48                        | 30                          | 6                       | 8.700                           | 4.315,20            | 17.280                  |
| 49                                | 56                        | 35                          | 7                       | 10.150                          | 5.034,40            | 20.160                  |
| 56                                | 64                        | 40                          | 8                       | 11.600                          | 5.753,60            | 23.040                  |
| 63                                | 72                        | 45                          | 9                       | 13.050                          | 6.472,80            | 25.920                  |
| 70                                | 80                        | 50                          | 10                      | 14.500                          | 7.192,00            | 28.800                  |

## 12.5 Χρήση Φ/Β ως δομικών στοιχείων

### Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε στέγες

Η ενσωμάτωση στη στέγη αποτελεί ένα ενδιαφέρον βήμα προς την αισθητική ενσωμάτωση των μοναδιαίων Φ/Β στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου. Η επιφάνεια της στέγης μπορεί να καλύπτεται σε μικρό ή σε μεγάλο βαθμό με Φ/Β συστήματα, ανάλογα με τον προσανατολισμό, σκίαση, κλίση της στέγης και τις απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια που πρέπει να καλυφθούν. Η τεχνολογία έχει αναπτύξει και τυποποιήσει τα συστήματα, τα οποία προορίζονται για τη χρήση αυτή.



Υπάρχουν δυο βασικές παραλλαγές:

**- Πλαίσια μεγάλου μεγέθους που τοποθετούνται πάνω από την επικάλυψη της Στέγης**



Εικόνα 12.5.A : Φ/Β σε κεραμοσκεπή

Τα πλαίσια που τοποθετούνται πάνω από την επικάλυψη, στηρίζονται και στερεώνονται με τη βοήθεια ειδικών μεταλλικών εξαρτημάτων, τα οποία προσαρμόζονται στις τεγίδες της στέγης. Ο αερισμός που επιτυγχάνεται με τη φυσική κυκλοφορία αέρα μεταξύ των πλακών του συστήματος και της επικάλυψης, διατηρεί χαμηλή τη θερμοκρασία στην πίσω πλευρά των στοιχείων με συνέπεια την ομαλότερη και αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος. Τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να τοποθετηθούν με τον ίδιο τρόπο πάνω στη φέρουσα κατασκευή της επικάλυψης, αντικαθιστώντας τις επίπεδες κεραμικές ή λίθινες πλάκες.

**- Πλαίσια μορφής πλακών επικάλυψης**



Εικόνα 12.5.B : Φ/Β ως κεραμίδια

Τα πλαίσια μορφής πλακών επικάλυψης (ηλιακές πλάκες στέγης) προορίζονται για τοποθέτηση και στερέωση χωρίς τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων, όπως δηλαδή τα κεραμίδια ή οι κοινές πλάκες επικάλυψης. Καλύπτουν όλες τις προδιαγραφές των αντίστοιχων συμβατικών δομικών στοιχείων ως προς τη στεγανότητα και την αντοχή, είναι εύκολα αντικαταστάσιμα, μπορούν να τοποθετηθούν από τεχνίτες στεγών, ενώ πρέπει να ελεγχθούν από ηλεκτρολόγους ως προς τις ηλεκτρικές συνδέσεις. Ακόμη είναι δυνατό να ενσωματωθούν στους περισσότερους τύπους στεγών και να

συνδυαστούν με μεγάλη ποικιλία υλικών επικάλυψης. Τοποθετούνται με αλληλοεπικάλυψη και συνδέονται με την ηλεκτρική εγκατάσταση με αναμονές αγωγών που είναι προσαρμοσμένες στην πίσω πλευρά τους. Το πλαίσιο των πλακών αυτών είναι κατασκευασμένο από πολυμεθυλμεθακρυλικό φύλλο, που είναι χρωματισμένο κατά τρόπο που να εξασφαλίζει προστασία έναντι της υπερϊώδους ακτινοβολίας. Οι Φ/Β κυψέλες, συνήθως από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο τοποθετούνται μεταξύ φύλλων από οπλισμένες υαλοίνες και επικαλύπτονται με τζάμι. Το πάχος τους είναι μικρότερο από 1 cm, το συνολικό βάρος κάθε πλάκας περίπου 6 kg και η επιφάνεια που καλύπτεται από κάθε πλάκα ισοδυναμεί με πέντε κοινά κεραμίδια.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ως σταθερά σκίαστρα με αρκετά εντυπωσιακό αισθητικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 12.5.Γ : Χρήση φωτοβολταϊκών σαν σκίαστρα

Επίσης τα ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά μπορούν να αντικαταστήσουν τους υαλοπίνακες προσφέροντας επίσης επιπλέον θερμομόνωση λόγω της μεγαλύτερης αντανάκλασης φωτός που δημιουργούν προς το περιβάλλον.



Εικόνες 12.5.Δ-Ε : Διάφανα Φ/Β πλαίσια στην οροφή κατοικίας



## 12.6 Συνθήκες λειτουργίας Φ/Β στοιχείων

Ο αποδοτικότερος προσανατολισμός των Φ/Β στοιχείων είναι ο νότιος. Μικρές αποκλίσεις δεν επηρεάζουν την απόδοση, μεγαλύτερες όμως θα καταστήσουν την εγκατάσταση μη αποδοτική. Η κλίση της στέγης πρέπει να είναι υπό γωνία που να πλησιάζει ή να ταυτίζεται καλύτερα με τη γωνία του γεωγραφικού πλάτους. Σημαντική επίδραση στην απόδοση έχει και η σκίαση των πανό από γειτονικά κτήρια ή δένδρα σε κάποιες περιόδους της ημέρας. Η θερμοκρασία των Φ/Β στοιχείων έχει αποφασιστική σημασία για την αποδοτική λειτουργία τους. Η απόδοση είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας του στοιχείου και για το λόγο αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται ανεμπόδιστος αερισμός της πίσω πλευράς τους. Στον παρακάτω πίνακα 12.5 εμφανίζεται η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως προς τη μέγιστη ισχύ ανάλογα με την κλίση τους και τον προσανατολισμό τους.

Πίνακας 12.5

| Προσανατολισμός                 | Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο |     |     |
|---------------------------------|------------------------------------|-----|-----|
|                                 | 0°                                 | 30° | 90° |
| Ανατολικός - Δυτικός            | 90                                 | 85  | 50  |
| Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός   | 90                                 | 95  | 60  |
| Νότιος                          | 90                                 | 100 | 60  |
| Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός | 90                                 | 67  | 30  |
| Βόρειος                         | 90                                 | 60  | 20  |

## Κεφάλαιο 13

### Εισαγωγή -Αιολική ενέργεια

Ο άνεμος , είναι μια από τις πρώτες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αξιοποίησε ο άνθρωπος. Η εκμετάλλευση της εντοπίζεται από την αρχαιότητα, στα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων. Η αιολική ενέργεια αξιοποιείται εδώ και χρόνια τόσο στην ναυ-σιπλοΐα, όσο και στην άντληση νερού με τη βοήθεια των παραδοσια-κών ανεμόμυλων.

Σήμερα, η αιολική ενέργεια βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην ηλεκτρο-παραγωγή. Αυτό επιτυγχάνεται με τις ανεμογεννήτριες οι οποίες μετα-τρέπουν αρχικά την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική και στη συνέχεια τη μηχανική σε ηλεκτρική.

Εκτός από τα αιολικά πάρκα που αποτελούνται από συστοιχίες πολ-λών, μεγάλων ανεμογεννητριών (από 800 kW – 10MW) και τροφοδο-τούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, μπορούν να εγκατα-σταθούν και μικρές ανεμογεννήτριες για εφαρμογές μικρής κλίμακας, κυρίως για την ικανοποίηση των οικιακών αναγκών.

Η χρήση μικρών ανεμογεννητριών (400 W μέχρι 10 kW) συνιστάται σε μη αστικές περιοχές. Η εγκατάσταση τους απαιτεί μια ελεύθερη έκταση γύρω από αυτές, χωρίς εμπόδια που να επηρεάζουν την έκθεση τους στον άνεμο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοτι-κή λειτουργία τους.

### 13.1 Εφαρμογές ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, κάθετου και οριζόντιου άξονα

Στην αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με δύο ή τρία πτερύγια. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια το σύστη-μα μετάδοσης της κίνησης, που απαρτίζεται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας
- την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία συνδέεται με την έξοδο του

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Οι ανεμογεννήτριες για οικιακή χρήση τυπικά κυμαίνονται από 500 W μέχρι 10 kW. Γενικά, υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων μικρών ανεμογεννητριών: οι αυτόνομες μονάδες και οι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο.

- Αυτόνομα συστήματα

Οι μικρές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για να παράγουν ηλεκτρισμό για τη φόρτιση μπαταριών οι οποίες τροφοδοτούν μικρές ηλεκτρικές εφαρμογές. Τέτοιες ανάγκες υπάρχουν για παράδειγμα σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά λογική η σύνδεση με το δίκτυο, όπως σε αγροκτήματα. Οι ηλεκτρικοί φράχτες, μικρές αντλίες, φωτισμός, συστήματα ασφαλείας είναι τυπικές εφαρμογές.

- Διασυνδεδεμένα συστήματα

Η έξοδος μιας μικρής ανεμογεννήτριας μπορεί να συνδεθεί με το υπάρχον δίκτυο. Αυτό μπορεί να συμβεί και σε μία μόνη ανεμογεννήτρια και σε ένα αιολικό πάρκο. Η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια του οικιακού παραγωγού μπορεί να μειώσει την ανάγκη του για αγορά ηλεκτρισμού από το τοπικό δίκτυο. Η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας της οποίας αποφεύγεται η αγορά είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να αποκτηθεί από τη πώληση ενέργειας στο δίκτυο. Η διασύνδεση με το δίκτυο διανομής πρέπει να πληροί υψηλές τεχνικές προδιαγραφές και γι' αυτό το κόστος ενσωμάτωσης του απαιτούμενου εξοπλισμού μέτρησης και ασφάλειας είναι υψηλό. Για μικρές ανεμογεννήτριες, το κόστος της σύνδεσης με το δίκτυο μπορεί να αποτελεί σεβαστό ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη:

- Ανεμογεννήτρια

Ο ρότορας αποτελείται από 2 ή 3 πτερύγια που έχουν σχεδιαστεί να δεσμεύουν το μέγιστο της ενέργειας του ανέμου. Όταν τα πτερύγια γυρίζουν από τον άνεμο, κινούν ένα άξονα συνδεδεμένο με μια γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Οι μικρές ανεμογεννήτριες αποτελούνται συνήθως από λίγα κινούμενα μέρη και έχουν στιβαρό σχεδιασμό ώστε να χρησιμοποιούνται και σε μέρη όπου η συντήρηση είναι δύσκολη και ακριβή.

- Πύργος

Οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε πύργους, ένας υπολογιστής μεγάλης ισχύος? που στηρίζει τον ρότορα, μια γεννήτρια, και ένα πτερύγιο ουράς που κρατά τα πτερύγια με πρόσωπο στον ήλιο. Για μικρά οικιακά συστήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικροί πύργοι ύψους 4-6 μέτρων ώστε να εύκολη η συντήρηση και η μεταφορά. Για μεγαλύτερη ισχύος συστήματα, όπως για σχολεία σε αγροτικές περιοχές, το ελάχιστο ύψος του πύργου θα πρέπει να είναι γύρω στα 18 μέτρα.

- Έλεγχος φορτίου

Ο ελεγκτής φορτίου ελέγχει τη φόρτιση της μπαταρίας από την ανεμογεννήτρια. Πρόσθετα στον πύργο και την ανεμογεννήτρια, είναι απαραίτητο να υπάρχει θεμέλιο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Επιπλέον, πρέπει να εγκατασταθούν καλώδια (wire run) για τη μεταφορά του ηλεκτρισμού από τη γεννήτρια στα ηλεκτρονικά. Επίσης, ένας διακόπτης ασφαλείας ο οποίος θα εξασφαλίζει ότι η ηλεκτρική έξοδος είναι

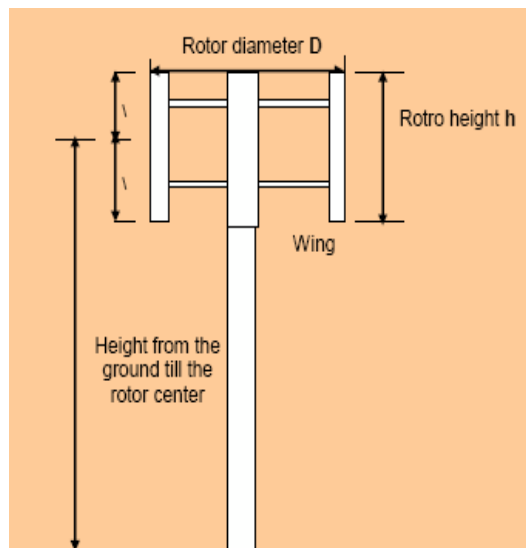
απομονωμένη από τα ηλεκτρονικά.

Από τη στιγμή που το σύστημα δεν παρέχει σταθερά ενέργεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μπαταρία για την αποθήκευση της περίσσειας ενέργειας που

## 13.2 Τύποι ανεμογεννητριών

### A .κάθετου άξονα

- χαρακτηρίζονται ως ανεμογεννήτριες για αστικό περιβάλλον
- δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις αυξημένες διαταραχές του άνεμου (τύρβη)
- παράγουν σχετικά χαμηλότερο θόρυβο από αυτε του οριζοντίου άξονα
- περιορισμένη διαθεσιμότητα Α/Γ με ισχύ άνω των 10kw
- χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τις Α/Γ οριζοντίου άξονα





### Οριζοντίου άξονα

- Μεγάλο μερίδιο στην αγορά των μικρών ανεμογεννητριών
- Προτείνονται για εγκαταστάσεις εκτός και αντος αστικών περιοχών
- Μεγάλο εύρος επιλογής ισχύος Α/Γ ανάλογα με τις απαιτήσεις

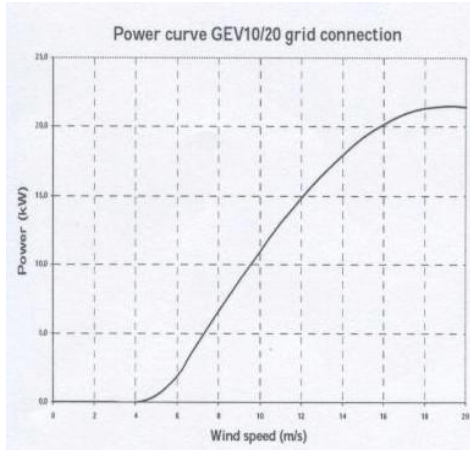


- Αριθμός Πτερυγίων 2 ή 3 ή 6
- Ονομαστική Ισχύς ~ 50 Watt – 100 kW
- Διάμετρος Πτερυγίων 1m – 20 m
- Υλικό Πτερυγίων σύνθετα υλικά (fiber-glass, εποξικές ρητίνες, ειδικά πλαστικά)
- Τύπος ηλεκτρογεννήτριας ασύγχρονη με μόνιμους μαγνήτες,
- Σχέση μετάδοσης ταχυτήτων με ή χωρίς κιβώτιο
- Τάση εύρους τάσεων δυνατότητα μεγάλου
- Τύπος Σωληνωτός ή Δικτυωτός (κλιμακωτό δίκτυωμα)
- Ύψος Πύργου 6m – 40m
- Κόστος 2500 – 3500 €/kW
- Εγγύηση Λειτουργίας 2-5 χρόνια

Τεχνικά χαρακτηριστικά Α/Γ 20kW **GEV10/20 - VERGNET S.A.**

|        |                  |
|--------|------------------|
| Τύπος: | Οριζοντίου Άξονα |
|--------|------------------|

|   |   |
|---|---|
| Ονομαστική Ισχύς:                                     | 20 kW   |
| Ταχύτητα έναρξης λειτουργίας:                         | 4.5 m/sec   |
| Ταχύτητα διακοπής λειτουργίας:                        | 20 m/sec  |
| Ονομαστική ταχύτητα ανέμου                            | 16 m/sec  |
| Μέγιστη Ταχύτητα σχεδιασμού,<br>(survival wind speed) | 85 m/sec  |
| Αριθμός Πτερυγίων                                     | 2   |
| Τύπος πτερυγίων                                       | Σύνθετου άνθρακα  |
| Γεννήτρια   | Ασύγχρονη   |
| Ταχύτητα περιστροφής γεννήτριας                       | 1500 rpm  |
| Τάση  | τριφασική, 400 V  |
| Συχνότητα   | 50/60 Hz  |
| Ύψος πύργου   | 18 m  |
| Σχέση μετάδοσης                                       | Κιβώτιο ταχυτήτων με ελικοειδή<br>γρανάζια (οδοντωτούς τροχούς) |
| Δρομέας   | Οριζόντιου άξονα, 2 πτερυγίων,<br>μεταβλητού βήματος            |
| Διάμετρος δρομέα                                      | 10 m  |
| Στροφές δρομέα  | 139 rpm   |



### 13.3 Απόδοση ανεμογεννήτριας

Η εγκαταστημένη ισχύς της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλυφθούν. Για τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας ισχύουν τα εξής:

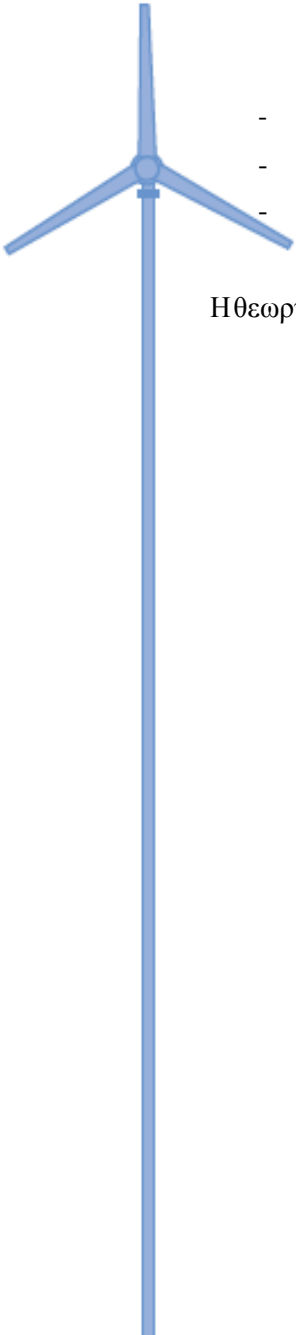
- Η διάμετρος αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ και κα-τά συνέπεια αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετη-θεί.
- Το ύψος του ιστού καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη παραμέ-τρους όπως εμπόδια περιβάλλοντος χώρου, το είδος της βάσης καθώς και από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών

Η ύπαρξη ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για την αποδοτικότητα μιας Α/Γ .

Η ισχύς του ανέμου καθορίζεται:



- 
- Το αιολικό δυναμικό  $P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3$
  - την επιφάνεια σάρωσης ( $A = \pi * D^2/4$ )
  - την πυκνότητα του αέρα ( $\rho$ )

Η θεωρητική παραγόμενη ισχύς από μια Α/Γ υπολογίζεται από τον τύπο

$$\text{Παραγόμενη Ισχύς (kW)} = \frac{1}{2} \rho \times A \times V_a^3 \times C_p$$

### Παράδειγμα

Α/Γ ονομαστικής ισχύος 1000 Kwαν με διάμετρο δρομέα 3m μέση τιμή ταχύτητας άνεμου στα 5,2 m/s ,και απόδοση  $c_p=40\%$  εκτιμάται ότι θα αποδώσει 232w. Η μηνιαία παραγόμενη ενεργεία εκτιμάται στις 167kwh .

## 13.4 Επιλογή ανεμογεννήτριας

- Τις ενεργειακές απαιτήσεις (ηλεκτρικά φορτία)
- Την σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο ή αυτονομία συστήματος
- Το κόστος και το διαθέσιμο προϋπολογισμό (π.χ. κόστος προμήθειας και εγκατάστασης Α/Γ, κόστος λοιπού εξοπλισμού σε αυτόνομα συστήματα, κόστος επέκτασης δικτύου σε διασυνδεδεμένα, κλπ.)
- Τη θέση εγκατάστασης (σε κτήριο, σε προσβάλαμε ή μη περιοχή, σε

σκάφη αναψυχής κλπ)

Υπάρχουν δύο είδη ανεμογεννητριών:

- Αυτές που βρίσκονται σε ιστό – που τοποθετούνται κοντά στο κτήριο που θα χρησιμοποιεί την παραγόμενη ενέργεια.
- Αυτές που βρίσκονται στην στέγη – που τοποθετούνται στην στέγη του σπιτιού ή άλλων σπιτιών.

Οι μεμονωμένες ανεμογεννήτριες ποικίλουν στο μέγεθος και την ισχύ από μερικές εκατοντάδες W έως 2 ή 3 MW (ενδεικτικά μια τυπική οικιακή ανεμογεννήτρια είναι 1 - 6 kW).

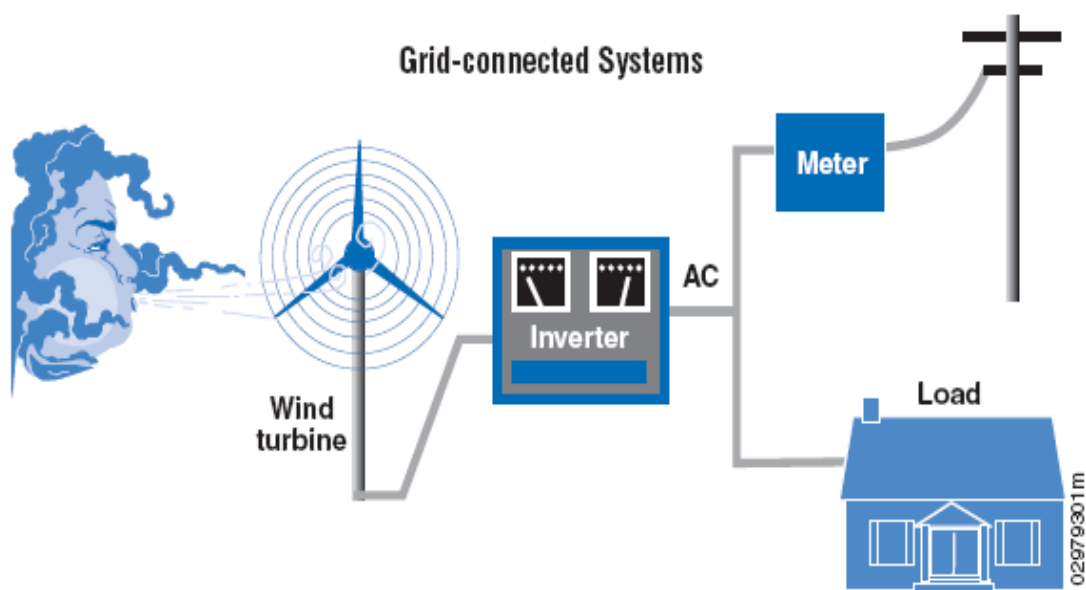
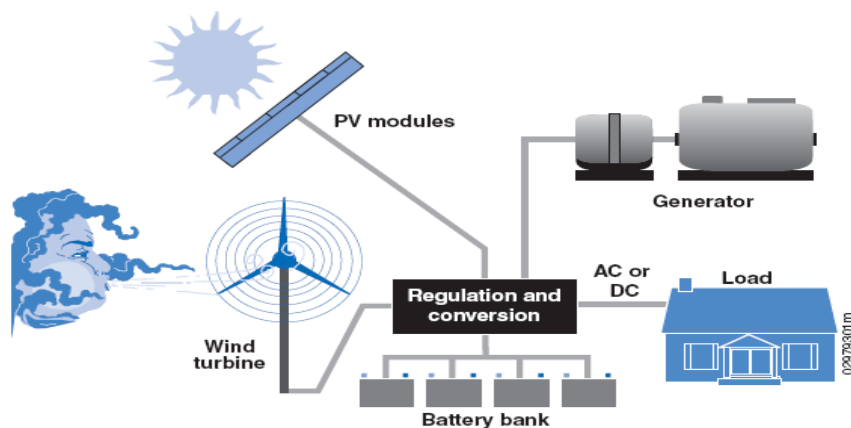
Τα παρακάτω θέματα θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη όταν πρόκειται για την εγκατάσταση μιας μικρής ανεμογεννήτριας:

- Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος οπότε είναι καλύτερα η ανεμογεννήτρια να τοποθετείται ψηλά στον ιστό ή στην στέγη.
- Γενικά, η ιδανική τοποθεσία είναι μια επίπεδη κορυφή λόφου με καθαρό προσανατολισμό, χωρίς υπερβολικούς στροβιλισμούς και εμπόδια όπως μεγάλα δέντρα, σπίτια ή άλλα κτήρια.
- Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι ειδικές για απομονωμένες περιοχές εκτός δικτύου όπου οι συμβατικές μέθοδοι ηλεκτροδότησης δεν είναι οικονομικά ή τεχνικά αποδεκτές .

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ενέργεια που παράγεται κάθε στιγμή από την ανεμογεννήτρια εξαρτάται από την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Η ταχύτητα απ' την άλλη, εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως η τοποθεσία, την απόσταση της ανεμογεννήτριας από την έδαφος, και τα κοντινά εμπόδια. Ιδανικά, πριν προχωρήσει κάποιος στην εγκατάσταση θα πρέπει να ζητήσει ανεμολόγια δεδομένα για ένα χρόνο για τη συγκεκριμένη τοποθεσία από ειδική υπηρεσία. Στην πράξη, αυτό μπορεί να είναι δύσκολο, ακριβό και χρονοβόρο. Γι' αυτό, αν κάποιος εξετάζει την εγκατάσταση μιας οικιακής ανεμογεννήτριας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού, συνιστάται να προχωρήσει αν υπάρχουν οι παρακάτω συνθήκες:

- Ο τοπικός ετήσιος μέσος όρος της ταχύτητας του ανέμου είναι 6 m/s ή περισσότερο.
- Δεν υπάρχουν σημαντικά γειτονικά εμπόδια όπως κτήρια, δέντρα ή λόφοι που πιθανόν να μειώσουν την ταχύτητα του ανέμου ή να δημιουργήσουν στροβιλισμούς .

Πρέπει επίσης να εξετασθούν θέματα οπτικής όχλησης, θορύβου και συντήρησης. Η εγκατάσταση του συστήματος συνήθως απαιτεί άδεια από τις τοπικές αρχές, έτσι τα παραπάνω θέματα θα πρέπει να έχουν λυθεί πριν την αίτηση για την άδεια εγκατάστασης.



### 13.5 Η κατάσταση της αγοράς

Η κατάσταση της αγοράς και θέματα πολιτικής

Οι τιμές των μικρών ανεμογεννητριών ποικίλουν από χώρα σε χώρα. Το ποσό της ενέργειας και του CO<sub>2</sub> που εξοικονομείτε από τη χρήση μιας μικρής ανεμογεννήτριας στέγης, ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος, την τοποθεσία την ταχύτητα του ανέμου, την ύπαρξη γειτονικών κτιρίων και την μορφή του γύρω τοπίου. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν νούμερα για τα ποσά που εξοικονομούνται από τις υπάρχουσες

17

εγκαταστάσεις. Τα μεγαλύτερα συστήματα των 2.5 kW μέχρι 6 kW συνήθως τοποθετούνται σε ιστό.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να έχουν διάρκεια ζωής μέχρι 22.5 χρόνια αλλά θα πρέπει να ελέγχονται ανά μερικά έτη ώστε να λειτουργούν αποδοτικά. Οι μπαταρίες έχουν τυπικά διάρκεια ζωής 6-10 χρόνια περίπου, ανάλογα με τον τύπο τους. Έτσι, υπάρχει περίπτωση να πρέπει να αλλάξουν σε κάποια στιγμή της διάρκειας ζωής του συστήματος.

Η κρατική ενίσχυση ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Στη Βουλγαρία για παράδειγμα έχει τη μορφή της υποχρεωτικής αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από αιολικά συστήματα σε προνομιακές τιμές. Στις περισσότερες χώρες πάντως, επιχορηγείται η εγκατάσταση του συστήματος.

### 13.6 τοποθέτηση Α/Γ στην Ελλάδα

- Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) ή Αιολικές εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη  $\leq 100 \text{ kW}$  εξαιρούνται

- από την υποχρέωση έκδοσης άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλη διαπιστωτικής απόφασης

- από την υποχρέωση έκδοσης άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας

- Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

Α/Γ που η συνολική τους ισχύ δεν υπερβαίνει τα 20 kW απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο) \*.

Απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας.

Ε.Π.Ο. από την αρμόδια

Εξαιρούνται οι περιπτώσεις α. εγκατάστασης Α/Γ σε περιοχές Natura 2000, ή παράκτιες ζώνες που απέχουν λιγότερο των 100m από την οριογραμμή του αιγιαλού, β) εγκατάστασης Α/Γ σε απόσταση <150m από άλλο αιολικό πάρκο, ισχύος >20kW, που έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο ή προσφορά σύνδεσης.

### 13.7 Τιμολόγηση παραγόμενης ενεργείας

- Σύμφωνα με τον Ν 3851/2010 η τιμολόγηση της παραγόμενης KWh από μικρές ανεμογεννήτριες με ονομαστική ισχύ  $\leq 50$  kW ορίζεται στα 250 €/MWh (25 c€/kWh).
  - Ήδια τιμή ισχύει για το Διασυνδεδεμένο δίκτυο και Σύστημα και για τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.
- 
- Για τις μικρές ανεμογεννήτριες με ονομαστική ισχύ  $> 50$  kW η παραγόμενη KWh ορίζεται στα 87,85 €/MWh (8,78 c€/kWh) για το Διασυνδεδεμένο δίκτυο και Σύστημα και 99,45 €/MWh (9,94 c€/kWh) για τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.

### 13.8 Οικονομικά στοιχεία συστήματος

Σήμερα το κόστος ανά εγκατεστημένο kW κυμαίνεται μεταξύ 2.000 € και 4.000 € και εξαρτάται από την τεχνολογία και το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Στο παραπάνω περιλαμβάνεται το κόστος αγοράς του συστήματος, καθώς και το κόστος μεταφοράς, τοποθέτησης και σύνδεσης με το δίκτυο.

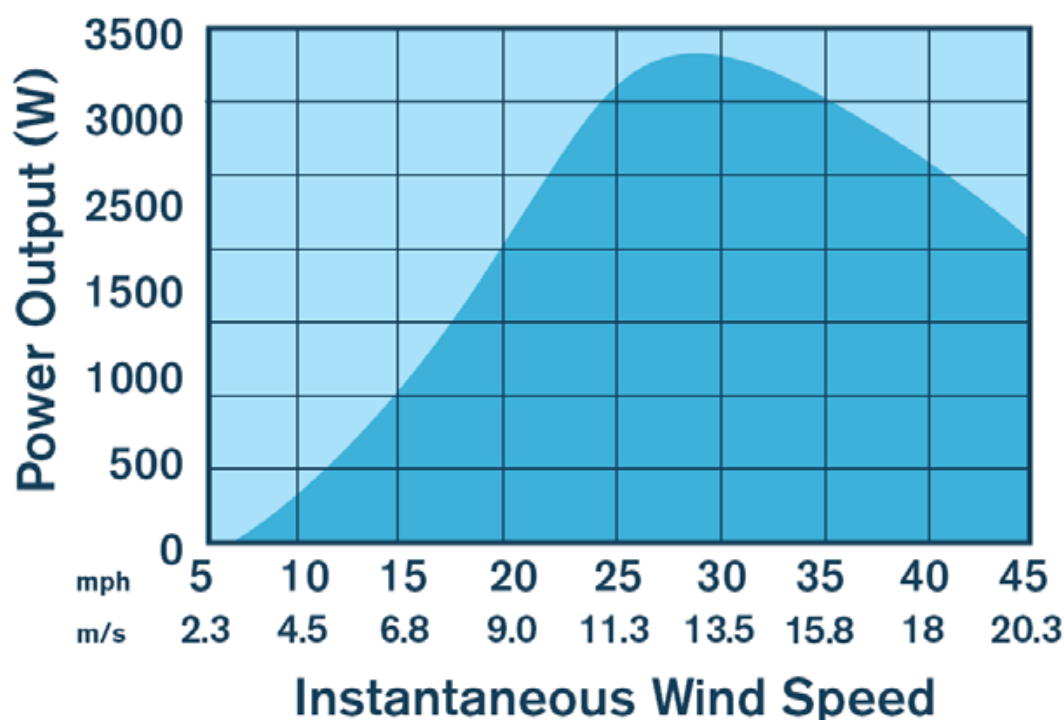
#### Οικονομική βιωσιμότητα

Η οικονομική βιωσιμότητα των ανεμογεννητριών σχετίζεται με την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε αυτή πωλείται στο δίκτυο είτε χρησιμοποιείται για ίδια χρήση (αυτόνομα συστήματα).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μία ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τους πιο κάτω παράγοντες:

- Αιολικό δυναμικό: ταχύτητα ανέμου στο ύψος της ανεμογεννήτριας
- Επιφάνεια σάρωσης, η οποία σχετίζεται με τη διάμετρο του ρότορα (μεγαλύτερη επιφάνεια ισοδυναμεί με μεγαλύτερη ανακτώμενη ενέργεια).
- Πυκνότητα αέρα, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση (χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή ατμοσφαιρική πίεση αυξάνουν την πυκνότητα του αέρα και κατ' επέκταση το αιολικό δυναμικό και τη παραγωγή ενέργειας).
- Απόδοση ανεμογεννήτριας .
- Συντήρηση ανεμογεννήτριας. Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από

μηχανικά κινούμενα μέρη και επομένως η σωστή συντήρηση και λίπανση της εξασφαλίζουν καλύτερη απόδοση.



Το αιολικό δυναμικό, η επιφάνεια σάρωσης και η πυκνότητα αέρα καθορίζουν την ισχύ του ανέμου. Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να ανακτηθεί από μία ανεμογεννήτρια είναι το 59,3% της ισχύς του ανέμου (Betz law). Επιπλέον η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς εξαρτάται και από άλλες σταθερές οι οποίες δίνουν μια ιδανική απόδοση η οποία υπολογίζεται ως 38% της ισχύς του ανέμου.

Στην πραγματικότητα όμως η πραγματική συνολική απόδοση κυμαίνεται από 25% ως 30%.

Για παράδειγμα, για μία μικρή ανεμογεννήτρια **ισχύος 3 kW** (διάμετρος ρότορα **περίπου 4,5 m και ιστός 10m**), σε παραλιακή περιοχή της Κύπρου με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου **6 m/s**, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται ως **5.100 kWh**. Σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου **5 m/s** η παραγωγή ενέργειας μειώνεται στις **2.900 - 3.000 kWh**.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η οικονομική βιωσιμότητα των μικρών ανεμογεννητριών εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το **διαθέσιμο αιολικό**

**δυναμικό της περιοχής.** Είναι προτιμότερο η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να γίνεται σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον μεγαλύτερη από 5,5 m/s (σε ύψος 10 m). Περιοχή με μέση ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη **από 6 m/s** θεωρείται ευνοϊκότερη. Είναι σημαντικό επίσης να αναφερθεί ότι η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με την αύξηση του ύψους του ιστού της ανεμογεννήτριας.

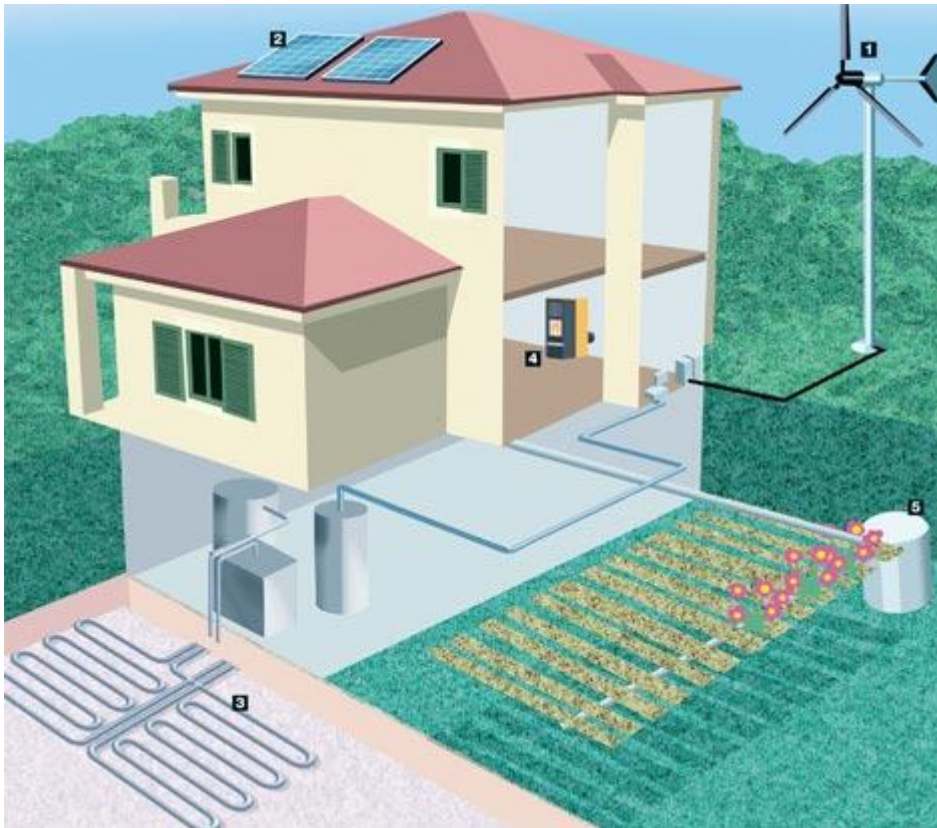
Στο προηγούμενο παράδειγμα, αν ο ιστός είχε ύψος 15 m αντί 10 m η ετήσια παραγωγή ηλεκτρισμού θα ήταν 6.000 kWh αντί 5.100 kWh.

Επιπλέον, θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση ανεμογεννήτριας σε θέση η οποία επηρεάζεται από εμπόδια όπως υψηλά δέντρα, κτίρια, ύψωμα κ.α .

### 13.9 περιβαλλοντικό οφέλος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (συμβάλλοντας στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα (kWh) που παράγεται από αιολική ενέργεια, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης περίπου 1 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14-ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ



### Περιεχόμενα

- 1) Ημερήσια κατανάλωση, μέση ισχύς ζήτηση
- 2) Διαγράμματα
- 3) Υπολογισμοί ανά μήνα
- 4) Υπολογισμός  $C_{A/\Gamma}$
- 5) Υπολογισμός μπαταρίας



## 6) Υπολογισμός L.C.C.

1) Ημερήσια κατανάλωση, μέση ισχύς ζήτησης της κατοικίας ανάλογα με την κάθε περίοδο και σύμφωνα με τις συσκευές που χρησιμοποιούμε.

1<sup>η</sup> Περίοδος: 1 Απριλίου - 14 Μαΐου και 16 Σεπτεμβρίου - 31 Οκτωβρίου

| Ωρες | Πλυντήριο | Ψυγείο | Λάμπες | Τηλεόραση | Φουρνάκι | Η/Υ | Ηλεκτρική σκούπα                   | Απορροφητήρας | Αθροισμα |
|------|-----------|--------|--------|-----------|----------|-----|------------------------------------|---------------|----------|
| 1    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 2    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 3    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 4    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 20       |
| 5    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 20       |
| 6    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 7    | 0         | 50     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 50       |
| 8    | 0         | 80     | 30     | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 110      |
| 9    | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 800                                | 0             | 880      |
| 10   | 600       | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 700      |
| 11   | 300       | 100    | 0      | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 600      |
| 12   | 0         | 50     | 0      | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 250      |
| 13   | 0         | 50     | 0      | 0         | 1500     | 0   | 0                                  | 130           | 1680     |
| 14   | 0         | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 100      |
| 15   | 0         | 100    | 0      | 0         | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 350      |
| 16   | 0         | 100    | 0      | 0         | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 350      |
| 17   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 330      |
| 18   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 80       |
| 19   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 80       |
| 20   | 0         | 100    | 30     | 200       | 1500     | 0   | 0                                  | 130           | 1960     |
| 21   | 0         | 100    | 100    | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 400      |
| 22   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 380      |
| 23   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 380      |
| 24   | 0         | 80     | 50     | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 330      |
|      |           |        |        |           |          |     | Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh) |               | 9150     |

Μέση ισχύς ζήτησης (KW)

0,38

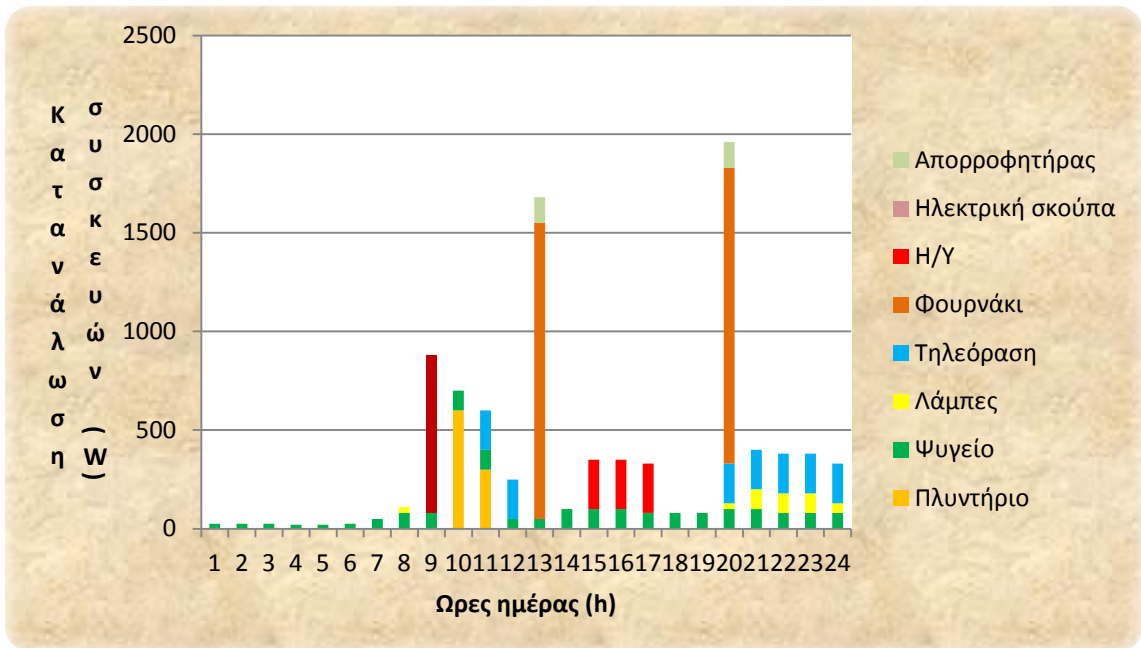
2<sup>η</sup> Περίοδος: 15 Μαΐου - 15 Σεπτεμβρίου

| Ωρες | Πλυντήριο | Ψυγείο | Λάμπες | Τηλεόραση | Φουρνάκι | Η/Υ | Ηλεκτρική σκούπα                   | Απορροφητήρας | Αθροισμα |
|------|-----------|--------|--------|-----------|----------|-----|------------------------------------|---------------|----------|
| 1    | 0         | 25     | 50     | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 275      |
| 2    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 3    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 25       |
| 4    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 20       |
| 5    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 20       |
| 6    | 0         | 25     | 20     | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 45       |
| 7    | 0         | 50     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 50       |
| 8    | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 80       |
| 9    | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 800                                | 0             | 880      |
| 10   | 600       | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 700      |
| 11   | 300       | 100    | 0      | 200       | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 850      |
| 12   | 0         | 50     | 0      | 0         | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 300      |
| 13   | 0         | 50     | 0      | 0         | 1500     | 0   | 0                                  | 130           | 1680     |
| 14   | 0         | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 100      |
| 15   | 0         | 100    | 0      | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 300      |
| 16   | 0         | 100    | 0      | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 300      |
| 17   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 80       |
| 18   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 80       |
| 19   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 330      |
| 20   | 0         | 100    | 0      | 200       | 0        | 250 | 0                                  | 0             | 550      |
| 21   | 0         | 100    | 50     | 200       | 1500     | 0   | 0                                  | 130           | 1980     |
| 22   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 380      |
| 23   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 380      |
| 24   | 0         | 80     | 50     | 200       | 0        | 0   | 0                                  | 0             | 330      |
|      |           |        |        |           |          |     | Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh) |               | 9760     |
|      |           |        |        |           |          |     | Μέση ισχύς ζήτησης (KW)            |               | 0,40     |

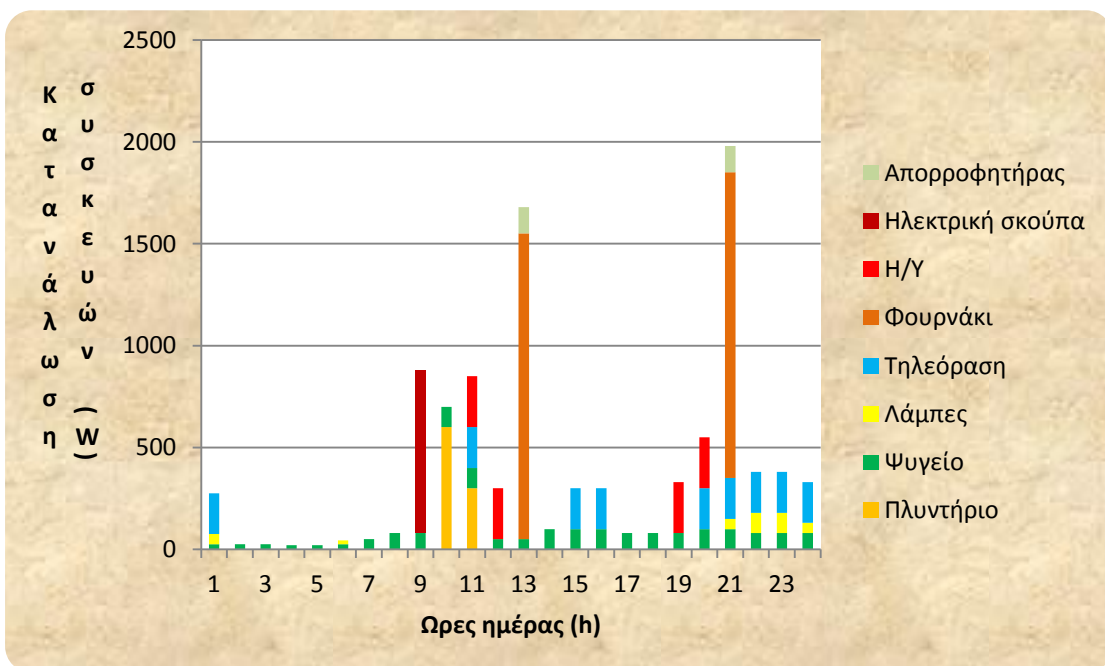
3<sup>η</sup> Περίοδος: 1 Νοεμβρίου - 31 Μαρτίου

| Ωρες | Πλυντήριο | Ψυγείο | Λάμπες | Τηλεόραση | Φουρνάκι | Η/Υ | Ηλεκτρική σκούπα                          | Απορροφητήρας | Αθροισμα     |
|------|-----------|--------|--------|-----------|----------|-----|---|---------------|--------------|
| 1    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 25           |
| 2    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 25           |
| 3    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 25           |
| 4    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 20           |
| 5    | 0         | 20     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 20           |
| 6    | 0         | 25     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 25           |
| 7    | 0         | 50     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 50           |
| 8    | 0         | 80     | 50     | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 130          |
| 9    | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 0   | 800                                       | 0             | 880          |
| 10   | 600       | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 700          |
| 11   | 300       | 100    | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 400          |
| 12   | 0         | 50     | 0      | 0         | 1500     | 0   | 0   | 130           | 1680         |
| 13   | 0         | 50     | 0      | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 50           |
| 14   | 0         | 100    | 0      | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 300          |
| 15   | 0         | 100    | 0      | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 300          |
| 16   | 0         | 100    | 0      | 0         | 0        | 250 | 0   | 0             | 350          |
| 17   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 250 | 0   | 0             | 330          |
| 18   | 0         | 80     | 0      | 0         | 0        | 250 | 0   | 0             | 330          |
| 19   | 0         | 80     | 50     | 0         | 0        | 0   | 0   | 0             | 130          |
| 20   | 0         | 100    | 100    | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 400          |
| 21   | 0         | 100    | 100    | 200       | 1500     | 0   | 0   | 130           | 2030         |
| 22   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 380          |
| 23   | 0         | 80     | 100    | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 380          |
| 24   | 0         | 80     | 50     | 200       | 0        | 0   | 0   | 0             | 330          |
|      |           |        |        |           |          |     | <b>Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)</b> |               | <b>9290</b>  |
|      |           |        |        |           |          |     | <b>Μέση ισχύς ζήτησης (KW)</b>            |               | <b>0,387</b> |

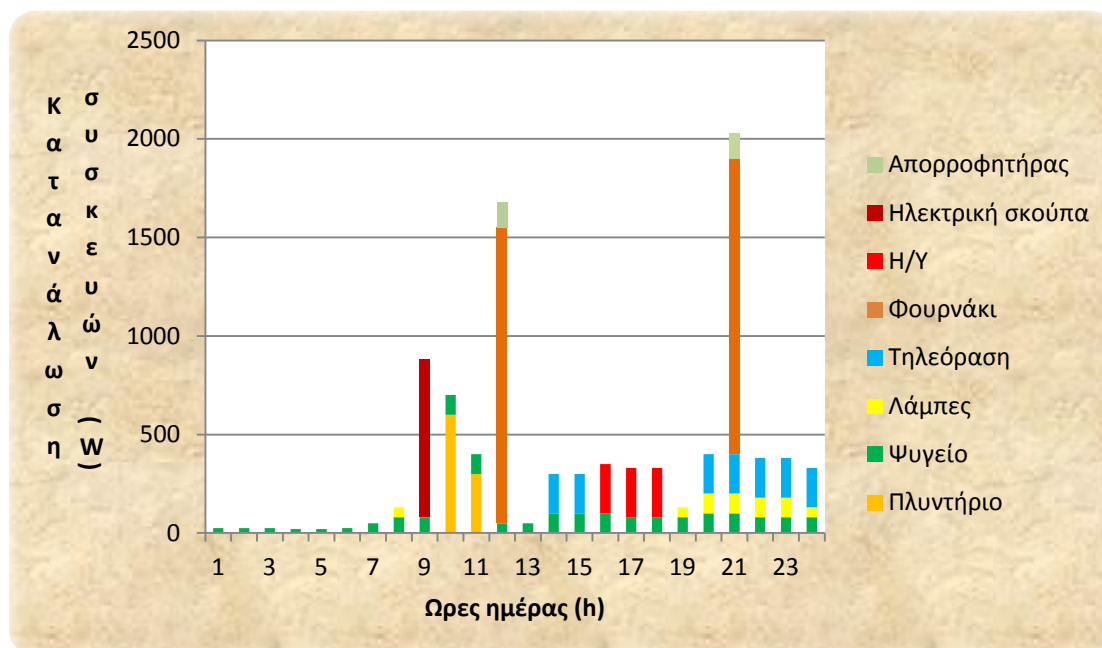
**1<sup>η</sup> Περίοδος:** 1 Απριλίου - 14 Μαΐου και 16 Σεπτεμβρίου - 31 Οκτωβρίου



**2<sup>η</sup> Περίοδος:** 15 Μαΐου - 15 Σεπτεμβρίου



### 3<sup>η</sup> Περίοδος: 1 Νοεμβρίου - 31 Μαρτίου



## 2) Υπολογισμοί ανά μήνα.

| Μήνες       | Ημέρες<br>ανα μήνα<br>D | Ποσοστό<br>ωρών<br>ημέρας Η% | $H_t$<br>(KWh/m <sup>2</sup> ) | $\Theta_{a,D}$<br>(°C) | $G_t$ (KW<br>/m <sup>2</sup> ) | $G_{t,D}$ (W/<br>m <sup>2</sup> ) | F    |
|-------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|
| Ιανουάριος  | 31                      | 0,44                         | 6,73                           | 12,20                  | 0,01                           | 20,55                             | 2,29 |
| Φεβρουάριος | 28                      | 0,45                         | 8,26                           | 12,50                  | 0,01                           | 27,31                             | 2,27 |
| Μάρτιος     | 31                      | 0,48                         | 12,49                          | 13,80                  | 0,02                           | 34,98                             | 2,26 |
| Απρίλιος    | 30                      | 0,53                         | 16,20                          | 16,80                  | 0,02                           | 42,45                             | 2,25 |
| Μάιος       | 31                      | 0,55                         | 21,39                          | 20,80                  | 0,03                           | 52,27                             | 2,23 |
| Ιούνιος     | 30                      | 0,58                         | 23,01                          | 24,40                  | 0,03                           | 55,10                             | 2,23 |
| Ιούλιος     | 31                      | 0,58                         | 24,89                          | 26,40                  | 0,03                           | 57,69                             | 2,22 |
| Αύγουστος   | 31                      | 0,56                         | 22,10                          | 26,30                  | 0,03                           | 53,05                             | 2,23 |
| Σεπτέμβριος | 30                      | 0,53                         | 17,40                          | 23,70                  | 0,02                           | 45,60                             | 2,24 |
| Οκτώβριος   | 31                      | 0,49                         | 11,41                          | 20,30                  | 0,02                           | 31,29                             | 2,27 |
| Νοέμβριος   | 30                      | 0,43                         | 8,16                           | 17,10                  | 0,01                           | 26,36                             | 2,28 |
| Δεκέμβριος  | 31                      | 0,43                         | 6,45                           | 13,90                  | 0,01                           | 20,16                             | 2,29 |

| Μήνες       | Ημέρες<br>ανα μήνα | $\Theta_{c,wa}$ (°C) | PRT  | PRS  | $C_{A/T}$ | $C_{\Phi/B}$ | $P_{VZ}$<br>(KW) |
|-------------|--------------------|----------------------|------|------|-----------|--------------|------------------|
| Ιανουάριος  | 31                 | 13,37                | 1,05 | 0,91 | 0,22      | 0,01         | 0,22             |
| Φεβρουάριος | 28                 | 14,05                | 1,05 | 0,91 | 0,20      | 0,01         | 0,20             |
| Μάρτιος     | 31                 | 15,78                | 1,04 | 0,90 | 0,17      | 0,02         | 0,18             |
| Απρίλιος    | 30                 | 19,19                | 1,03 | 0,89 | 0,22      | 0,02         | 0,23             |
| Μάιος       | 31                 | 23,72                | 1,01 | 0,87 | 0,20      | 0,03         | 0,21             |
| Ιούνιος     | 30                 | 27,47                | 0,99 | 0,86 | 0,18      | 0,03         | 0,20             |
| Ιούλιος     | 31                 | 29,60                | 0,98 | 0,85 | 0,22      | 0,03         | 0,24             |
| Αύγουστος   | 31                 | 29,26                | 0,98 | 0,85 | 0,22      | 0,03         | 0,23             |
| Σεπτέμβριος | 30                 | 26,26                | 0,99 | 0,86 | 0,18      | 0,02         | 0,19             |
| Οκτώβριος   | 31                 | 22,07                | 1,01 | 0,88 | 0,17      | 0,01         | 0,17             |
| Νοέμβριος   | 30                 | 18,60                | 1,03 | 0,89 | 0,23      | 0,01         | 0,23             |
| Δεκέμβριος  | 31                 | 15,05                | 1,04 | 0,91 | 0,24      | 0,01         | 0,23             |

| Μήνες       | Ημέρες<br>ανα<br>μήνα | $P_L$ (KW) | $P_{HZ}$ (KW) | $E_{A/T}$ (KWh) | $E_{\Phi/B}$<br>(KWh) | $E_{HZ}$ (KWh) | $V_{diesel}$ |
|-------------|-----------------------|------------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------|--------------|
| Ιανουάριος  | 31                    | 0,39       | 0,17          | 154,75          | 5,83                  | 127,42         | 36,77        |
| Φεβρουάριος | 28                    | 0,39       | 0,18          | 130,08          | 7,13                  | 122,91         | 35,47        |
| Μάρτιος     | 31                    | 0,39       | 0,21          | 121,92          | 10,71                 | 155,36         | 44,84        |
| Απρίλιος    | 30                    | 0,38       | 0,15          | 149,76          | 13,68                 | 111,06         | 32,05        |
| Μάιος       | 31                    | 0,39       | 0,18          | 137,91          | 17,71                 | 137,49         | 39,68        |
| Ιούνιος     | 30                    | 0,41       | 0,21          | 126,02          | 18,73                 | 148,05         | 42,73        |
| Ιούλιος     | 31                    | 0,41       | 0,17          | 158,79          | 20,06                 | 123,70         | 35,70        |
| Αύγουστος   | 31                    | 0,41       | 0,17          | 156,93          | 17,84                 | 127,78         | 36,88        |
| Σεπτέμβριος | 30                    | 0,39       | 0,20          | 121,84          | 14,24                 | 147,56         | 42,59        |
| Οκτώβριος   | 31                    | 0,38       | 0,21          | 119,87          | 9,51                  | 154,27         | 44,52        |
| Νοέμβριος   | 30                    | 0,39       | 0,16          | 155,70          | 6,91                  | 116,09         | 33,50        |
| Δεκέμβριος  | 31                    | 0,39       | 0,15          | 167,16          | 5,54                  | 115,29         | 33,27        |
|             |                       |            |               | 1700,73         | 147,91                |                | 458,00       |

Η ενέργεια που θα παράγει η Α/Γ/έτος: 1700,7264 kwh

Η ενέργεια που θα παράγουν τα Φ/Β/έτος: 147,91kwh

Τα Η/Ζ θα καταναλώνουν: 458,00lt

|                 |         |                     |            |      |                          |      |
|-----------------|---------|---------------------|------------|------|--------------------------|------|
| $K(Wsd)=$       | 0,025   | $^{\circ}C/(W/m^2)$ | $n_{aa}=$  | 0,95 | $P_{\alpha/\gamma} (KW)$ | 1    |
| $GSTC=$         | 1       | $KW/m^2$            | $PR_{opt}$ | 0,96 | $P_{\phi/\beta} (KW)$    | 1    |
| $\theta_{STC}=$ | 25      | $^{\circ}C$         | $PR_{nit}$ | 0,95 | $\eta_{MET}$             | 0,95 |
| $Y_{pm}=$       | -0,0045 | $K^{-1}$            |            |      |                          |      |

$$1. G_t = D/H\% * 24$$

$$2. G_t, D = G_t * 1000/H\%$$

$$3. F = 2,32 - (0,0017 * G_{td})$$

$$4. \theta_c, w_a = \theta_{ad} + f * k(Wsd) * G_{td}$$

$$5. PR_t = 1 + Y_{pm} * (\theta_{cwb} - \theta_{stc})$$

$$6. PR_s = PR_t * 0,8664$$

$$7. C\phi\beta = PR_s * G$$

$$8. PY\Sigma = \eta_{MET} * (P_{\alpha/\gamma} * C_{\alpha/\gamma} + P_{\phi/\beta} * C_{\phi/\beta})$$

Οι υπολογισμοί ανα μήνα έγιναν  
 βάση των παραπάνω τύπων οι οποίοι  
 αναλύουν διεξοδικά την πορεία της  
 μελέτης

$$9. E_{\alpha/\gamma} = \eta_{MET} * P_{\alpha/\gamma} * C_{\alpha/\gamma} * 24 * D$$

$$10. E_{\phi/\beta} = \eta_{MET} * P_{\phi/\beta} * C_{\phi/\beta} * 24 * D$$

$$11. V_{diesel} = E_{H\Sigma} / (0,35 * 9,9)$$

$$12. EL = PL * D * 24$$

$$13. Ed = E_{Isum} / 365$$

| Ημέρες του μήνα | Ώρες του μήνα | Μήνες | $C_{\alpha/\gamma}$ |
|-----------------|---------------|-------|---------------------|
| 31,00           | 744,00        | 1,00  | 0,24                |

### 3) Υπολογισμός $C_{A/\Gamma}$

| V(m/sec) | P(V) | t(h)  | P(KW) | E(KWh) | Weibul C (m/sec) | Weibul K (m/sec) |
|----------|------|-------|-------|--------|------------------|------------------|
| 0,00     | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00   |                  |                  |
| 1,00     | 0,04 | 28,28 | 0,00  | 0,00   | 8,11             | 1,72             |
| 2,00     | 0,05 | 37,68 | 0,00  | 0,00   | 5,68             | 1,54             |
| 3,00     | 0,05 | 40,81 | 0,00  | 0,00   | 4,91             | 1,55             |
| 4,00     | 0,05 | 40,61 | 0,15  | 5,98   | 5,77             | 1,43             |
| 5,00     | 0,05 | 38,58 | 0,21  | 8,11   | 5,79             | 1,65             |
| 6,00     | 0,05 | 35,58 | 0,30  | 10,69  | 4,63             | 1,32             |
| 7,00     | 0,04 | 32,16 | 0,43  | 13,80  | 6,99             | 1,67             |
| 8,00     | 0,04 | 28,64 | 0,61  | 17,56  | 7,15             | 1,72             |
| 9,00     | 0,03 | 25,22 | 0,88  | 22,09  | 4,99             | 1,53             |

|       |      |       |      |        |      |      |
|-------|------|-------|------|--------|------|------|
| 10,00 | 0,03 | 22,00 | 1,00 | 21,97  | 4,59 | 1,44 |
| 11,00 | 0,03 | 19,06 | 1,14 | 21,71  | 6,39 | 1,52 |
| 12,00 | 0,02 | 16,42 | 1,30 | 21,31  | 8,11 | 1,72 |
| 13,00 | 0,02 | 14,07 | 0,83 | 11,68  |      |      |
| 14,00 | 0,02 | 12,00 | 0,66 | 7,98   |      |      |
| 15,00 | 0,01 | 10,20 | 0,53 | 5,43   |      |      |
| 16,00 | 0,01 | 8,65  | 0,42 | 3,67   |      |      |
| 17,00 | 0,01 | 7,31  | 0,32 | 2,37   |      |      |
| 18,00 | 0,01 | 6,16  | 0,16 | 1,00   |      |      |
| 19,00 | 0,01 | 5,18  | 0,08 | 0,42   |      |      |
| 20,00 | 0,01 | 4,35  | 0,04 | 0,18   |      |      |
|       |      |       |      | 175,96 |      |      |

#### 4) Υπολογισμός μπαταρίας

Τύπος μπαταρίας:

$$C(n) = \frac{(n+b)*m*Ed}{n\gamma*bεκφ*nμετ*V}$$

|                      |          |
|----------------------|----------|
| (E <sub>d</sub> )    | 9412,644 |
| (n)                  | 7        |
| (b)                  | 0,5      |
| (n <sub>γηρ.</sub> ) | 0,9      |
| (b <sub>εκφ.</sub> ) | 0,8      |
| (m)                  | 1,2      |
| (n <sub>μετ.</sub> ) | 0,9      |
| (V <sub>β</sub> )    | 12       |
| C(n)                 | 10894,26 |

#### 5) Υπολογισμός L.C.C. για 20 έτη



| Έτη | $1/(1+i)^N$ | $C_{\text{maint}}$ | $C_f$          |
|-----|-------------|--------------------|----------------|
| 1   | 0,95        | 266,67             | 567,05         |
| 2   | 0,91        | 253,97             | 540,05         |
| 3   | 0,86        | 241,87             | 514,33         |
| 4   | 0,82        | 230,36             | 489,84         |
| 5   | 0,78        | 219,39             | 466,52         |
| 6   | 0,75        | 208,94             | 444,30         |
| 7   | 0,71        | 198,99             | 423,14         |
| 8   | 0,68        | 189,52             | 402,99         |
| 9   | 0,64        | 180,49             | 383,80         |
| 10  | 0,61        | 171,90             | 365,53         |
| 11  | 0,58        | 163,71             | 348,12         |
| 12  | 0,56        | 155,91             | 331,54         |
| 13  | 0,53        | 148,49             | 315,76         |
| 14  | 0,51        | 141,42             | 300,72         |
| 15  | 0,48        | 134,68             | 286,40         |
| 16  | 0,46        | 128,27             | 272,76         |
| 17  | 0,44        | 122,16             | 259,77         |
| 18  | 0,42        | 116,35             | 247,40         |
| 19  | 0,40        | 110,81             | 235,62         |
| 20  | 0,38        | 105,53             | 224,40         |
|     |             | <b>3489,42</b>     | <b>7420,06</b> |

|                      |         |                         |         |                       |                 |
|----------------------|---------|-------------------------|---------|-----------------------|-----------------|
| $C_{\text{ress}}$    | 7000    | $C_{\text{inv}}(0)$     | 800     | $C_{\text{batt}}(0)$  | 944.17          |
| $C_{\text{install}}$ | 560     | $C_{\text{inv}}(10)$    | 491,13  | $C_{\text{batt}}(6)$  | 704.55          |
| $C_{\text{maint}}$   | 3489,42 | $C_{\text{diesel}}(0)$  | 4000    | $C_{\text{batt}}(12)$ | 525.75          |
| $C_f$                | 7420.06 | $C_{\text{diesel}}(10)$ | 2455,65 | $C_{\text{batt}}(18)$ | 392.32          |
|                      |         |                         |         | <b>L.C.C.</b>         | <b>28783.06</b> |

Το L.C.C. είναι: 28783.06€

| $P_{\alpha/\gamma}(KW)$ | $P_{\Phi/\beta}(KW)$ | L.C.C.   |
|-------------------------|----------------------|----------|
| 1                       | 0                    | 24783,06 |
| 1                       | 1                    | 18989,47 |
| 1                       | 2                    | 49694,72 |
| 1                       | 3                    | 60259,82 |
| 2                       | 0                    | 17175,37 |
| 2                       | 1                    | 57626,26 |
| 2                       | 2                    | 24828,04 |
| 2                       | 3                    | 54832,48 |
| 3                       | 0                    | 55708,19 |
| 3                       | 1                    | 26365,13 |
| 3                       | 2                    | 57252,54 |
| 3                       | 3                    | 57763,12 |

Από το πιο μικρό L.C.C. βλέπουμε ότι η καλύτερη εκδοχή είναι  $P_{\alpha/\gamma}(KW)=1$  και  $P_{\Phi/\beta}(KW)=1$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 – Συμπεράσματα

Κλείνοντας και θέλοντας να καταλήξουμε στα πιο σημαντικά συμπεράσματα για μια οικολογική-οικονομική μελλοντική ενεργειακή πολιτική στον κλάδο της κατασκευής κτιρίων, θα πρέπει να επικεντρωθούμε σε κάποιες βασικές ενέργειες.

Αρχικά, ιδιαίτερη σημασία έχει τα νεόκτιστα κτήρια να κινούνται όσο το δυνατόν περισσότερο στη λογική του βιοκλιματικού σχεδιασμού και όσα αυτό συνεπάγεται και όπως αυτά περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο (4).

Σημαντικό επίσης είναι να γίνουν βήματα πάνω στην εξοικονόμηση ενέργειας στα ήδη υπάρχοντα κτήρια. Αναλόγως την οικονομική δυνατότητα του εκάστοτε ιδιοκτήτη, μπορούν να γίνουν πολλών ειδών επεμβάσεις σε ένα υπάρχον κτήριο. Επεμβάσεις με αρχικό σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από αυτό και εν συνεχεία εφαρμόζοντας όσο το δυνατόν περισσότερο Α.Π.Ε. Δηλαδή:

-Μεγάλες επεμβάσεις-ανακατασκευές που μπορούν να γίνουν σε περίπτωση συνολικής ανακαίνισης. Αυτές μπορεί να είναι η αντικατάσταση των παραθύρων και των κουφωμάτων, η προσθήκη θερμομονωτικών υλικών, η προσθήκη παθητικών συστημάτων εξωτερικά του κτιρίου ή η μετατροπή δομικών στοιχείων σε παθητικά (π.χ. μετατροπή ενός απλού τοίχου σε ηλιακό), η προσθήκη εξωτερικών συστημάτων σκίασης (σταθερών ή κινητών) αλλά κυρίως στροφή στην χρήση Α.Π.Ε κ.ο.κ.

-Μικρές επεμβάσεις χαμηλού κόστους, όπως κλείσιμο χαραμιάδων, προσθήκη εσωτερικών κινητών σκιάστρων (π.χ. βενετικά στόρια), εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής, χρήση βλάστησης για σκίαση, αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κ.ά.

-Μη τεχνικές επεμβάσεις, δηλαδή σωστή λειτουργία του κτιρίου και των συστημάτων του, όπως: Σωστή χρήση των παραθύρων (ηλιασμός το χειμώνα, σκίαση και νυχτερινός αερισμός το καλοκαίρι), ορθολογική χρήση των συσκευών ώστε να μην επιβαρύνεται το κτήριο θερμικά (αποφεύγουμε να μαγειρεύουμε την ώρα που έχει πολλή ζέστη, αποφεύγουμε τη συχνή χρήση κλιματισμού κ.λ.π.).

Ειδικότερα, θα πρέπει όσοι ασχολούνται με τον κλάδο της κατασκευής κτιρίων να επικεντρωθούν στο μοντέλο παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. Είναι ο αποδοτικότερος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα των κτιρίων, που αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους στον χάρτη κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως.

Οι Α.Π.Ε. μέσω της παραγωγής μέρους ή και ολόκληρης της απαιτούμενης ενέργειας ενός κτιρίου αποτελούν την πιο σύγχρονη και καλύτερη λύση στο πρόβλημα υπερκατανάλωσης ενέργειας από τα κτήρια.

### **Πηγές-Βιβλιογραφία-Σημειώσεις**

-«ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- ΜΥΘΟΙ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΕΣ», Μ. Σανταμούρης, ΚΑΠΕ – ΕΚΠΑ

-«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ», 2002, Άγις Μ. Παπαδόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ.

-«ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ», 2001, Ε.Ε.

-«Ενέργεια και Κτήριο», 2011, Γ.Μαρκογιαννάκης-ΚΑΠΕ

-«Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής», 2001, ομάδα ΚΑΠΕ

Ιστότοποι:

-(Υ.Π.Ε.Κ.Α.)

<http://www.opengov.gr>

<http://www.ypeka.gr>

-<http://www.buildings.gr>

-<http://www.ktizontastomellon.gr>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**Κεφάλαιο 1 –**

Εισαγωγή.....σελ.1

|   |       |
|---|-------|
| <b>Κεφάλαιο 2</b> - Το ενεργειακό σύστημα «Κτήριο»..... | σελ.3 |
| 2.1 Ενεργειακή σπατάλη στα κτήρια.....                  | σελ.3 |
| 2.3 Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτήρια.....   | σελ.5 |
| 2.4 Η αντιμετώπιση του προβλήματος.....                 | σελ.7 |

|  |   |
|--|---|
| <b>Κεφάλαιο 3</b> - Ενεργειακός Έλεγχος-Επιθεώρηση.....                            | σελ.93.1 Ο ενεργειακός έλεγχος-επιθεώρηση ως εργαλείο                   |
| Παρέμβασης.....  | σελ.9   |
| 3.2 Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου.....                                       | σελ.103.3 Ενεργειακή Κατάταξη - Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης..... |
|  | σελ.13  |
| 3.4.1 Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων.....  | σελ.14  |
| 3.4.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού..... | σελ.15  |

### **ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Κεφάλαιο 4</b> - Βιοκλιματικός σχεδιασμός..... | σελ.174.1 |
| Εισαγωγή.....                                     | σελ.174.2 |
| Παθητικά Συστήματα – Εισαγωγή.....                | σελ.194.3 |
| Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης.....          | σελ.194.4 |
| Παθητικά συστήματα ψύξης.....                     | σελ.234.5 |
| Ανεμοφράκτες.....                                 | σελ.264.6 |
| Άλλες μέθοδοι παθητικού δροσισμού.....            | σελ.274.7 |
| Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού.....      | σελ.294.8 |
| Παράδειγμα κατοικίας στο Αττικό Άλσος.....        | σελ.30    |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Κεφάλαιο 5</b> – Θερμομόνωση.....                               | σελ.36 |
| 5.1 Εισαγωγή.....  | σελ.36 |
| 5.2 Δυνατότητες παρέμβασης.....                                    | σελ.37 |
| 5.3 Βελτίωση της θερμικής προστασίας του κελύφους του κτηρίου..... | σελ.38 |
| 5.4 Πράσινες ταράτσες.....   | σελ.41 |
| 5.5 Ανοίγματα.....   | σελ.43 |
| 5.6 Σκίαστρα.....  | σελ.47 |

|   |        |
|---|--------|
| <b>Κεφάλαιο 6</b> – Θέρμανση.....                           | σελ.49 |
| 6.1 Εισαγωγή.....   | σελ.49 |
| 6.2 Μέρη της εγκατάστασης θέρμανσης.....                    | σελ.50 |
| 6.3 Θέρμανση με φυσικό αέριο.....                           | σελ.53 |
| 6.4 Συσκευές φυσικού αερίου.....                            | σελ.54 |
| 6.5 Επεμβάσεις στη θέρμανση για εξοικονόμηση ενέργειας..... | σελ.57 |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Κεφάλαιο 7</b> - Τεχνητός φωτισμός..... | σελ.59 |
| 7.1 Εισαγωγή.....                          | σελ.59 |
| 7.2 Είδη λαμπτήρων.....                    | σελ.60 |
| 7.3 Εξαρτήματα σύνδεσης.....               | σελ.62 |
| 7.4 Φωτιστικά.....                         | σελ.63 |
| 7.5 Συστήματα Ελέγχου.....                 | σελ.63 |
| 7.6 Συντήρηση.....                         | σελ.64 |

|  |  |
|--|--|
| <b>Κεφάλαιο 8</b> - Ηλεκτρικές συσκευές στα κτήρια.....σελ.65                |  |
| 8.1 Εισαγωγή.....σελ.67  |  |
| 8.2 Οικολογικά σήματα που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές συσκευές.....σελ.68 |  |

## **ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ**

|   |  |
|---|--|
| <b>Κεφάλαιο 9</b> – Βιομάζα.....σελ.70  |  |
| 9.1 Εισαγωγή.....σελ.70   |  |
| 9.2 Επιλογή βιοκαυσίμων.....σελ.729.3 Ιδιότητες συσσωματωμάτων και θρυμμάτων βιοκαυσίμων.....σελ.729.4 Σύγκριση βιοκαυσίμων.....σελ.749.5 |  |
| Αποθήκευση βιοκαυσίμων.....σελ.749.6  |  |
| Αυτόματοι λέβητες ξύλου.....σελ.76  |  |
| 9.7 Συστήματα ασφαλείας.....σελ.769.8   |  |
| Θόρυβος.....σελ.779.9   |  |
| Συντήρηση και Λειτουργία .....σελ.77  |  |
| 9.10 Αγορά εξοπλισμού και αδειοδότηση.....σελ.78  |  |
| 9.11 Κόστος καυσίμου – λέβητα.....σελ.79  |  |
| <b>Κεφάλαιο 10</b> – Γεωθερμία.....σελ.80   |  |
| 10.1 Εισαγωγή.....σελ.80  |  |
| 10.2 Εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας.....σελ.81   |  |
| 10.3 Είδη συστημάτων γεωθερμίας.....σελ.81  |  |
| 10.4 Κόστος.....σελ.84  |  |
| 10.5 Παράδειγμα – εφαρμογή.....σελ.85   |  |
| 10.6 Αξιολόγηση συστημάτων γεωθερμίας.....σελ.86  |  |
| <b>Κεφάλαιο 11</b> - Ηλιακή θέρμανση-ψύξη.....σελ.88  |  |
| 11.1 Ηλιακός κλιματισμός.....σελ.88   |  |
| 11.2 Σύγκριση ηλιακού κλιματισμού με συμβατικές εγκαταστάσεις.....σελ.88  |  |
| 11.3 Τεχνικές απαιτήσεις για τα ηλιακά συστήματα.....σελ.89   |  |
| 11.4 Παράδειγμα – εφαρμογή.....σελ.90   |  |
| 11.5 Ζεστό νερό χρήσης.....σελ.90   |  |
| 11.6 Κατηγορίες ηλιακών θερμοσίφωνων.....σελ.91   |  |
| 11.7 Μέρη ηλιακού θερμοσίφωνα.....σελ.91  |  |
| 11.8 Αρχή λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα.....σελ.93  |  |
| 11.9 Εγκατάσταση Η.Θ.....σελ.93   |  |
| 11.10 Ο ηλιακός θερμοσίφοντας σαν οικολογική συσκευή.....σελ.94   |  |
| <b>Κεφάλαιο 12</b> – Φωτοβολταϊκά.....σελ.95  |  |
| 12.1 Εισαγωγή.....σελ.95  |  |
| 12.2 Χαρακτηριστικά που μας προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά Συστήματα.....σελ.95   |  |

|   |                |
|---|----------------|
| 12.3 Τρόποι αξιοποίησης φωτοβολταϊκών συστημάτων.....           | σελ.96         |
| 12.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων.....    | σελ.98         |
| 12.5 Χρήση Φ/Β ως δομικών στοιχείων.....                        | σελ.99         |
| 12.6 Συνθήκες λειτουργίας Φ/Β στοιχείων.....                    | σελ.102        |
| <b>Κεφάλαιο 13-Ανεμογεννητριες.....</b>                         | <b>σελ.102</b> |
| 13.1 Εφαρμογες ανεμογεννητριων.....                             | σελ 103        |
| 13.2 Τυποι ανεμογεννητριων.....                                 | σελ105         |
| 13.3Αποδοση<br>ανεμογεννητριων.....                             | σελ109         |
| 13.4 Επιλογή ανεμογεννητριων.....                               | σελ111         |
| 13.5 Η κατασταση της αγορας.....                                | σελ113         |
| 13.6 τοποθετηση ανεμογεννητριας.....                            | σελ114         |
| 13.7 Τιμολογηση παραγωμενης ενεργειας.....                      | σελ116         |
| 13.8 Οικονομικα στοιχεια συστηματος.....                        | σελ117         |
| 13.9 περιβαλλοντικο οφελος.....                                 | σελ119         |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14-Μελέτη υβριδικου συστηματος σε κατοικια.....</b> | <b>σελ120</b>  |
| <br>  |                |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 – Συμπεράσματα.....</b>                          | <b>σελ.103</b> |
| Πηγές-Βιβλιογραφία-Σημειώσεις.....                              | σελ.104        |