

41y  
48L  
ΑΥΤ

**ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ**  
**ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

ΓΡΥΛΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΜ:31588

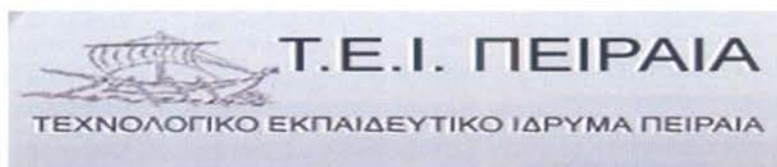
ΚΡΙΤΣΑΣ ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΟΣ-ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΜ:35593

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

ΤΣΕΛΕΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή .....	σελ. 8
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup></b>	
Ενότητα Α.1	
Η Ενέργεια στην καθημερινότητά μας .....	σελ. 9
Ενότητα Α.2	
Η χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον..	σελ.10
Ενότητα Β.1	
Ανάγκη προώθησης της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	σελ.11
Ενότητα Β.2	
Γενικά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	σελ. 14
Έννοια	σελ. 14
Διακρίσεις	σελ. 15
Ιστορική αναδρομή	σελ. 15
Ενότητα Β.3	
Καταγραφή πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων	σελ. 17
Ενότητα Γ.1	
Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα	σελ. 18
<b>Κεφαλαίο 2<sup>ο</sup></b>	
Ενότητα Α.1	
Ειδικότερα οι μορφές ΑΠΕ	σελ.19
<u>Α) Ηλιακή ενέργεια</u>	σελ.19
<u>Α1) Παθητικά ηλιακά συστήματα</u>	
<u>Α2) Ενεργητικά ηλιακά συστήματα</u>	
<u>Α3) Φωτοβολταϊκά συστήματα</u>	
<u>Β) Γεωθερμική ενέργεια</u>	σελ.21
<u>Γ) Η Βιομάζα</u>	σελ.22



<b><u>Δ) Νερό</u></b>	σελ.22
<b><u>α) μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες</u></b>	σελ.22
<b><u>β) ενέργεια από τη θάλασσα</u></b>	σελ.23
<b><u>Ε) Αιολική Ενέργεια</u></b>	σελ.24
Ενότητα Β.1	
Καταγραφή της κατάστασης στην Ευρώπη	σελ.27
Αξιοποίηση ΑΠΕ για μια βιώσιμη ανάπτυξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση	σελ.27
Αιολική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση	σελ. 27
Προβλέψεις για το 2020	σελ. 29
Προβλέψεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια μέχρι το 2020	σελ 31
Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας στην Ευρώπη	σελ 31
Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων στην Ε.Ε. το 2006	σελ.31
Αξιοποίηση βιομάζας στην Ε.Ε.	σελ.32
Αξιοποίηση υδραυλικής ενέργειας στην Ευρώπη	σελ 32
Αξιοποίηση γεωθερμίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση	σελ 33
Παραγωγή ηλεκτρισμού από εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας (υψηλής θερμοκρασίας) το 2004 και 2005.	σελ 33
Παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμότητας στην Ευρωπαϊκή ένωση	σελ 34
Ενότητα Β.2	
Καταγραφή της κατάστασης στην Ελλάδα	σελ 35
Ενότητα Β.3	
Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια	σελ. 35
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup></b>	
Ενέργεια και κτίριο	σελ. 36
Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη μείωσή της	

Εξοικονόμηση και Υποκατάσταση Ενέργειας στα κτίρια	σελ.39
Ενεργειακή Διαχείριση Κτιρίων	σελ. 40
Ενσωμάτωση ΑΠΕ στα κτίρια	σελ 43
Υβριδικά Συστήματα	σελ. 43
Συστήματα με γραμμές μεταφοράς συνεχούς τάσης (DC bus lines)	σελ.44
Συστήματα με γραμμές μεταφοράς εναλλασσόμενης τάσης (AC bus lines)	σελ. 44
Συστήματα σε σύζευξη με γραμμές μεταφοράς συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης (AC/DC bus lines)	σελ.44
Είδη υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους	σελ. 44
- Φωτοβολταϊκά/Γεννήτρια πετρελαίου (PV/Diesel)	σελ. 45
- Ανεμογεννήτρια/Γεννήτρια πετρελαίου (WT/Diesel)	σελ. 45
- Φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια(PV/WT)και	
- φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια	
/Γεννήτρια πετρελαίου (PV/WT/Diesel)	σελ. 45
- Άλλα είδη υβριδικών συστημάτων	σελ.46
Σύντομη αναδρομή στις εργασίες για τα υβριδικά συστήματα	
PV/WT και Thermal/WT	σελ. 47
Ηλιακή Ακτινοβολία	σελ. 49
Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας	σελ.50
Τροχιά της γης	σελ. 51
Ακτινοβολία ενός ήλιου	σελ. 51
Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο	σελ. 52
Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία	σελ. 54
Γενικά	σελ. 54
Ιστορία των Φωτοβολταϊκών Στοιχείων	σελ. 55
Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	σελ. 55
Φωτορεύμα	σελ. 56
Μοντέλα φωτοβολταϊκών στοιχείων	σελ.57
Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων	σελ.58
Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση	σελ. 59

Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων	σελ. 60
Φωτοβολταικά Πλαίσια	σελ. 60
Πλεονεκτήματα φωτοβολταικών συστημάτων	σελ. 61
Εγκατάσταση φωτοβολταικών στοιχείων σε κτίριο	σελ. 62
Η χρήση φωτοβολταικών στην Ελλάδα	σελ. 63
Καταγραφή πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων από τη χρήση φωτοβολταικών και η χρήση τους στα κτίρια	σελ.63
Οι κυριότερες εφαρμογές ενσωμάτωσης φωτοβολταικών σε κτίρια	σελ.64
Ηλεκτρική σύνδεση	σελ.66
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ. 67
Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης Νερού	σελ. 67
Εισαγωγή	σελ. 67
Είδη ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού	σελ. 67
Θερμοσιφωνικό σύστημα	σελ. 68
Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS	σελ.69
Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS (α) και θερμοσιφωνικό σύστημα (β)	σελ. 69
Ηλιακά θερμικά συστήματα διαφορικού ελέγχου	σελ.70
Θερμικά Ηλιακά συστήματα διαφορικού ελέγχου	σελ.70
<i>Κατηγορίες ηλιακών συλλεκτών</i>	<i>σελ.70</i>
Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες (Flat plate solar collectors)	σελ.71
Συλλέκτες σωλήνων κενού (Evacuated tube collectors)	σελ.71
Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες (Concentrationsolarcollectors)	σελ 72
Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί/θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες (Photovoltaic/Thermalolar Collectors, PV/T solar collectors)	σελ.72
Μοντέλα ηλιακών θερμικών συλλεκτών	σελ. 72
Αποθήκευση θερμότητας σε ηλιακές δεξαμενές	σελ 73
Αιολική Ενέργεια	σελ74
Γενικά	σελ.74
Ιστορία Αιολικών μηχανών	σελ. 75
Ταχύτητα ανέμου	σελ. 76
Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος	σελ.76
Επίδραση εμποδίων στη ροή του ανέμου	σελ.77
Είδη Αιολικών Μηχανών	σελ.77

Μικρής Ισχύος Ανεμογεννήτριες	σελ.80
Δομικά στοιχεία Μικρών Α/Γ	σελ. 80
Πτερύγια Μικρών Α/Γ	σελ.81
Προσανατολισμός Μικρών Α/Γ	σελ. 81
Συστήματα Ελέγχου Ταχύτητας Μικρής Α/Γ	σελ.81
Γεννήτριες Μικρών Α/Γ	σελ.82
Πύργοι Στήριξης Μικρών Α/Γ	σελ.83
Γεωθερμία	σελ. 83
Διαφορά κόστους σε σύγκριση με σύστημα πετρελαίου	σελ.85
Οικονομικό Παράδειγμα	σελ. 85
Τα οφέλη για το περιβάλλον	σελ. 85
Η περίφημη «γεωθερμική αντλία θερμότητας»	σελ.86
Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και παθητικά ηλιακά Συστήματα	σελ.89
Βιοκλιματικός σχεδιασμός	σελ.89
Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης	σελ.90
Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού	σελ.91
Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού	σελ. 92
Επιλογή Συστημάτων Και Τεχνικών	σελ. 93
Ο ρόλος της σωστής χρήσης και κατασκευής	σελ.93
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ.94
Βιοκλιματικός σχεδιασμός αστικών χώρων και χρήση βλάστησης	σελ.94
Μικροκλίμα και δόμηση	σελ.94
Βλάστηση	σελ 95

Σχεδιαστικές εφαρμογές	σελ.97
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ.97
Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα	σελ.97
Εφαρμογές	σελ.98
<b><u>1. Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση</u></b>	σελ.98
<b><u>2. Θέρμανση και δροσισμός χώρων</u></b>	σελ.99
<b><u>3. Αφαλάτωση</u></b>	σελ.100
<b><u>4. Θέρμανση πισίνας</u></b>	σελ.100
Δυνατότητες της αγοράς – Προώθηση ηλιακών συστημάτων	σελ.100
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ.100
Τηλεθέρμανση με βιομάζα	σελ. 101
Σημαντικότερες τεχνολογίες	σελ.102
Τεχνικά	σελ.102
Μη τεχνικά	σελ.103
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ.104
Συμπαραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού	σελ.104
Πλεονεκτήματα συμπαραγωγής	σελ.104
Τεχνολογίες Συμπαραγωγής	σελ.105
Εκλογή Συστήματος	σελ.105
Οικονομική ανάλυση	σελ.106
Νομικό πλαίσιο - Χρηματοδότηση	σελ.107
Υπάρχουσα κατάσταση	σελ.107
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup></b>	
Ηλεκτροδότηση οικισμών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	σελ. 107
Πλεονεκτήματα	σελ.108
Τεχνολογίες	σελ.108
Επιλογή Τεχνολογίας	σελ.109
Εφαρμογές στην Ελλάδα	σελ.110
Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων	σελ.110
Ενεργειακή επιθεώρηση	σελ.111
Ενεργειακή παρακολούθηση	σελ.112
Συντήρηση	σελ.112

Εξοικονόμηση ενέργειας	σελ.112
Ενεργειακή διαχείριση σε κτίρια του τριτογενούς τομέα	σελ.113
Πρόγραμμα δράσης	σελ.114
Βιβλιογραφία	σελ.116



## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή και η ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον προκειμένου να προτείνουμε εναλλακτικές μορφές ενέργειας καταδεικνύοντας τα πλεονεκτήματά τους χωρίς ωστόσο να παραβλέψουμε και τα μειονεκτήματά τους.

Προκειμένου δε να επιτευχθεί αυτό γίνεται κατ' αρχήν αναφορά στην χρήση της ενέργειας στην καθημερινότητά μας και στις αρνητικές συνέπειες που επέρχονται από αυτήν. Έπειτα αναφερόμαστε στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και στις ειδικότερες μορφές τους και πως αυτές θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στον κτιριακό τομέα. Καταγράψαμε την πολιτική αφενός της Ελλάδας αφετέρου συνολικά της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορικά με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος αποτυπώνεται η ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και προτείνονται νέες τεχνικές για τη μείωσή της

Δεδομένου δε ότι η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου ή μιας βιομηχανίας και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των ενοίκων (όσον αφορά τα κτίρια) προτείνονται η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου η ενεργειακή παρακολούθηση και η ενεργειακή μελέτη ώστε να καταδειχθούν τα αποτελέσματα από την υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

### **Ενότητα Α.1**

#### **Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑ ΜΑΣ.**

Ο σημερινός πολιτισμός βασίζεται στην ενέργεια, την οποία η ανθρωπότητα προσπαθεί να αντλήσει από όλες τις διαθέσιμες πηγές. Βασίζεται στην ενέργεια γιατί όλες οι δραστηριότητες- από την παραγωγή βασικών προϊόντων μέχρι και το μεταφορικό τομέα- χρειάζονται τη χορήγηση ενέργειας ώστε να πραγματοποιηθούν.

Η ενέργεια υπάρχει στη φύση υπό διάφορες μορφές (θερμική, χημική, κινητική, ηλεκτρική ενέργεια), που διέπονται από την Αρχή της Αφθαρσίας της ενέργειας. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η ενέργεια ούτε δημιουργείται, ούτε καταστρέφεται, μπορεί όμως να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη. Με την καύση π.χ. η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται σε θερμική και η θερμική με μία θερμική μηχανή σε κινητική κ.ο.κ. Μπορεί συνεπώς κάποιος να πει ότι ο κόσμος είναι προικισμένος με μια ορισμένη ποσότητα ενέργειας, η οποία παραμένει σταθερή ανά τους αιώνες και που μπορεί να αλλάζει μόνο μορφή κατά τις διάφορες διεργασίες.

Οι διεργασίες αυτές συντελούνται είτε μόνες τους (φύση), είτε με τη βοήθεια των μηχανών, τις οποίες ο άνθρωπος έχει επινοήσει. Με αυτή όμως την αλλαγή έχουμε υποβάθμιση της ενέργειας, δηλαδή ενέργεια υψηλής στάθμης μετατρέπεται σε ενέργεια χαμηλής στάθμης. Ακόμη, νεότερες θεωρίες συνδυάζουν την αρχή της αφθαρσίας της ενέργειας με την αρχή της αφθαρσίας της ύλης και αναφέρουν ότι: το άθροισμα της ύλης και της ενέργειας, που αποτελεί την ουσία του κόσμου είναι σταθερό. Όλες οι μορφές ενέργειας, που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, είτε τις βρίσκει στη φύση (ηλιακή, αιολική κ.ο.κ) είτε μετατρέποντάς τις με τη βοήθεια μηχανών (θερμική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια) χρησιμοποιούνται με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών του, οι οποίες συνεχώς αυξάνονται.

Οι αναπτυγμένες αλλά και οι χώρες οι οποίες αναπτύσσονται και ανήκουν στην ομάδα κυρίως των BRIC χρησιμοποιούσαν και χρησιμοποιούν κατά κόρον ενέργεια για όλες τις δραστηριότητες τους (κίνηση μεταφορικών μέσων, ηλεκτρικό ρεύμα για τη λειτουργία βιομηχανιών, ηλεκτροδότηση κατοικιών κτλ) , η οποία παράγεται από ορυκτά καύσιμα και κυρίως από το πετρέλαιο και τον άνθρακα, με αποτέλεσμα τα αποθέματα αυτών των ενεργειακών πόρων να μειώνονται και η αναπλήρωσή τους γίνεται με βραδύτερο ρυθμό οδηγώντας την ανθρωπότητα σε ενεργειακές κρίσεις και την εξάρτηση των κρατών καταναλωτών από τα κράτη παραγωγούς. Έτσι, λόγω της εκτεταμένης χρήσης των ορυκτών καυσίμων και τη συνεχή αναζήτηση νέων κοιτασμάτων η ανθρωπότητα οδηγείται σε περιβαλλοντικά εγκλήματα.

## Ενότητα Α.2

### Η ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα αποτελέσματα από τα περιβαλλοντικά εγκλήματα έχουν αρχίσει να γίνονται ορατά στις μέρες μας, καθώς είναι σαφής η κλιματική αλλαγή λόγω της αύξησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, της μόλυνσης της στεριάς και της θάλασσας καθώς και της χλωρίδας και πανίδας, που αναπτύσσεται εκεί και τη διατάραξη εν γένει του οικοσυστήματος. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι βασισμένες στο πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικοί οδηγοί της οικονομικής προόδου αλλά συγχρόνως και της καταστροφής του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Καταρακτώδες βροχές, παρατεταμένοι καύσωνες και πυρκαγιές είναι μερικά από τα φαινόμενα που προκύπτουν από τη μεγάλη συγκέντρωση των φυσικών αερίων που συμβάλουν στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη ως συνέπεια της αλόγιστης χρήσης των ενεργειακών πόρων αναμένεται να είναι σημαντική, αφού εκτιμήσεις της επιστημονικής κοινότητας προβλέπουν αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη έως και 3.5 ο C μμέχρι το 2100. Η Ευρώπη συμβάλει κατά 14% στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub> ενώ η Ασία κατά 25% και η Βόρεια Αμερική 29%. Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub>, του κατ' εξοχήν υπεύθυνου αερίου για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (80%) προέρχονται από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα του πετρελαίου συμβάλει κατά 50% στις ετήσιες συνολικές εκπομπές του CO<sub>2</sub> στην Ε.Ε. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού ευθύνεται για το 30% των εκπομπών του CO<sub>2</sub> ενώ Ο οικιακός

τομέας συμμετέχει με ποσοστό που αγγίζει το 14%. Παράλληλα η συμμετοχή του ενεργειακού τομέα στις εκπομπές άλλων αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου όπως CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O είναι σχετικά μικρή με 17% και 7% αντίστοιχα. Η διάσκεψη στο Ρίο, το καλοκαίρι του 1992, προσδιόρισε το πρόβλημα προγραμματίζοντας άμεσες ενέργειες και επεμβάσεις. Ο σημαντικότερος στόχος ήταν η προσπάθεια διατήρησης των επιπέδων ρύπανσης μμέχρι το 2000 σε αυτά του 1990. Παρόλο αυτά οι τρόποι αντιμετώπισης και ο έλεγχος εφαρμογής τους δε βρήκαν σύμφωνες όλες τις κυβερνήσεις. Στην επόμενη διάσκεψη στο Κιάτο της Ιαπωνίας το 1997 έγινε προσπάθεια για μια νέα συμφωνία, βασισμένη σε πιο δραστικά μέτρα, χωρίς τελικά να υπάρξει ομοφωνία.

Στο κάτωθι διάγραμμα αποτυπώνεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στην Ισπανία, στις ΗΠΑ καθώς και στο χώρο ΟΟΣΑ.



### Ενότητα Β.1

#### ΑΝΑΓΚΗ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι η ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων αποτελεί πρωταρχική έννοια για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και για την περιστολή της εκροής συναλλάγματος για την εισαγωγή καυσίμων που απαιτούνται στις σύγχρονες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Καταρρακτώδεις βροχές, παρατεταμένοι καύσωνες και πυρκαγιές είναι μερικά από τα φαινόμενα που προκύπτουν από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των φυσικών αερίων που συμβάλουν στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» (ΦΘ). Ο πολλαπλασιασμός και η αύξηση της συχνότητας των παραπάνω φαινομένων συνάγει στην αποκαλούμενη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη. Μολονότι δεν υπάρχει καμία βεβαιότητα για την έκταση των καιρικών ανακολουθιών στο μέλλον, οι εκτιμήσεις προβλέπουν ότι, αν δεν ληφθούν μέτρα, η μέση επίγεια θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά 1 με 3,5 °C μέχρι το 2100.

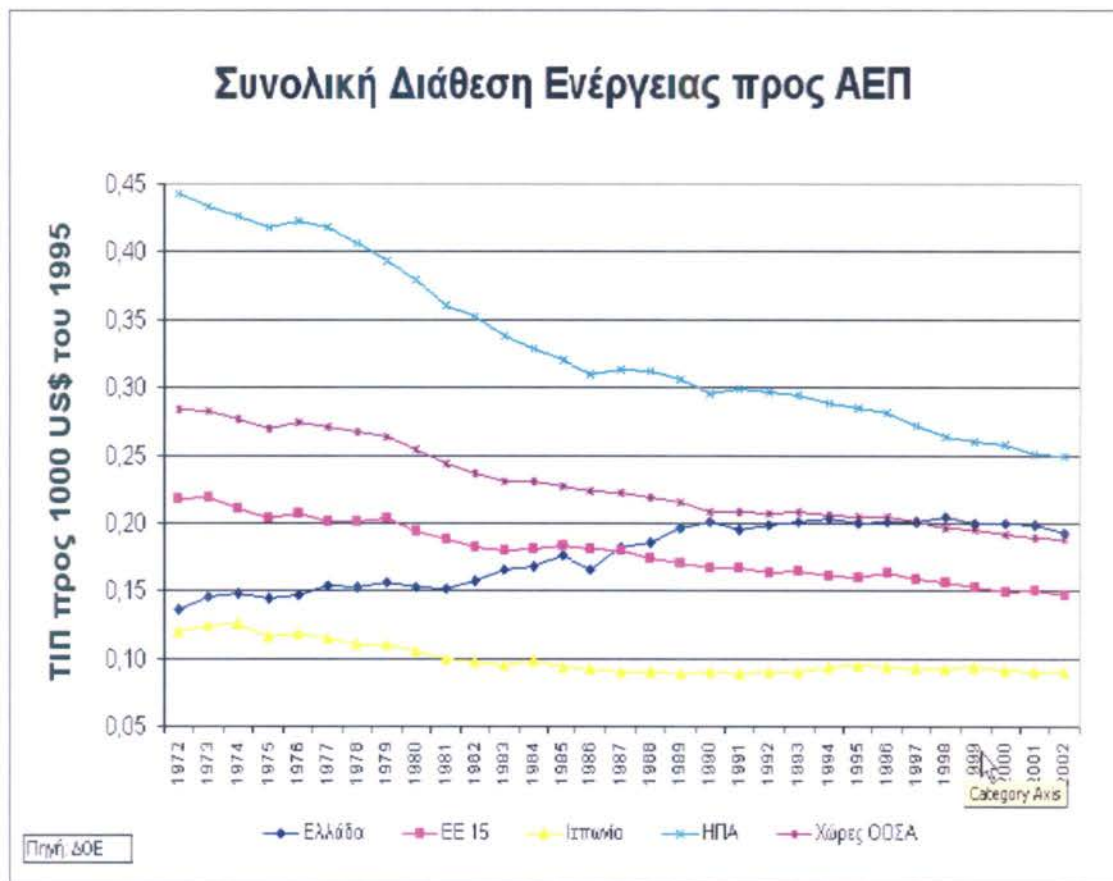
Η Ευρώπη συμβάλει κατά 14% στο σύνολο των ετήσιων επίγειων εκπομπών CO<sub>2</sub> ενώ η Ασία κατά 25% και η Βόρεια Αμερική 29%. Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub>, του κατ' εξοχήν υπεύθυνου αερίου για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (80%), προέρχονται κατά 94% από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Τα ορυκτά καύσιμα θεωρούνται ως οι κατεξοχήν υπόλογοι για τις εκπομπές, ενώ μόνο η κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου συμβάλει κατά 50% στις ετήσιες συνολικές εκπομπές του CO<sub>2</sub> στην Ε.Ε. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και του ατμού ευθύνεται για το 30% των εκπομπών του CO<sub>2</sub> ενώ ο οικιακός τομέας συμμετέχει με 14%. Η συμμετοχή του ενεργειακού τομέα στις εκπομπές των άλλων αερίων του ΦΘ, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O είναι σχετικά μικρή, 17% και 7% αντίστοιχα.

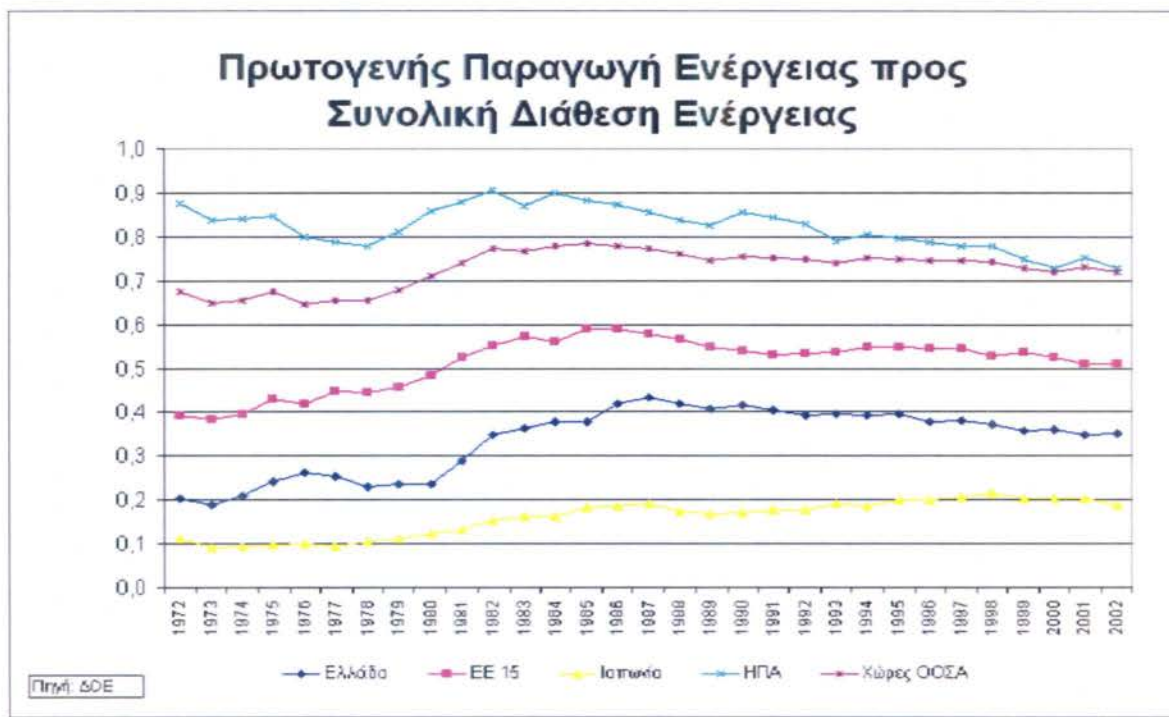
Στην Ελλάδα το 1998 οι συνολικές ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανέρχονταν σε 100,5 Mton, από τους οποίους η παραγωγή ενέργειας και ο οικιακός-εμπορικός τομέας συμμετείχαν με 51% και 12% αντίστοιχα. Την περίοδο 1990-1998 τη μεγαλύτερη επίπτωση στις εκπομπές του CO<sub>2</sub> είχε η καύση των ορυκτών καυσίμων με μία αύξηση περίπου 19%. Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων για όλους τους τομείς της οικονομίας τα προϊόντα πετρελαίου συμμετέχουν με ποσοστό 48%, τα προϊόντα άνθρακα, περιλαμβανόμενου του λιγνίτη με 51% και το φυσικό αέριο με 1%.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) που όμως δεν έχει επικυρωθεί από όλες τις χώρες, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύθηκε να μειώσει τις εκπομπές των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O και αλογονούχες ενώσεις) κατά την περίοδο 2008-2012 συνολικά κατά 8% συγκριτικά προς το επίπεδο του 1990. Η Ελλάδα με βάση τη δίκαιη κατανομή βαρών και της αναμενόμενης ανάπτυξης λόγω της κοινοτικής συνοχής, δεσμεύτηκε να συγκρατήσει τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου στο +25% σε σχέση με το επίπεδο του 1990.

Για όσους λόγους ενδεικτικά αναφέρθηκαν ανωτέρω οι περισσότερες χώρες ανά τον κόσμο και ιδιαίτερα οι αναπτυγμένες χώρες του δυτικού κόσμου προσπαθούν να προωθήσουν ενεργειακές τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον .

Έτσι, παρατηρείται ότι η προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της εξάρτησης της Ευρώπης από τις εισαγωγές ενέργειας και τη μείωση της κλιματικής αλλαγής. Από το 1997, η χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στράφηκαν προς την κατεύθυνση του φιλόδοξου στόχου για μερίδιο 12% των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στη μικτή κατανάλωση ενέργειας εντός της ΕΕ. Το 1997 το μερίδιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) ήταν 5,4% και έως το 2001 είχε αγγίξει το 6%. Με την είσοδο νέων μελών στην ΕΕ, τα νέα μέλη ήταν υποχρεωμένα να υιοθετήσουν την οδηγία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) μέχρι την 1η Μαΐου του 2004. Με την συνθήκη προσχώρησης των νέων μελών της ΕΕ ο στόχος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ έφθασε το 21% ως το 2010 για τη διευρυμένη ΕΕ.





## Ενότητα Β.2

### ΓΕΝΙΚΑ ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Έννοια
- Διακρίσεις
- Ιστορική Αναδρομή

Οι **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)** είναι πηγές τα αποθέματα των οποίων ανανεώνονται φυσικά, και οι οποίες συνεπώς θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες- είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες.. Στην κατηγορία αυτή, η σημασία της οποίας για τη βιωσιμότητα του πλανήτη έχει πλέον συνειδητοποιηθεί ευρέως, συγκαταλέγονται ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης.

Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.

Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα.

όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

- **Ευσύνοπτη διάκριση των μορφών ΑΠΕ**

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

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

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

**Ηλιακή Ενέργεια,** η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

**Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.



### **Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα:**

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

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

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

**Υδρογόνο:** Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο

Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης καύσιμιο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απαντών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει

συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

Δύο ήταν οι κρίσιμοι παράγοντες στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ, ξεκινώντας από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Ο πρώτος ήταν το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας: οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979-80, οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να αναθεωρήσουν την απόλυτη εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα, και ιδιαίτερα το πετρέλαιο. Οι χώρες-προμηθευτές -κατά κύριο λόγο τα κράτη της Αραβικής Χερσονήσου και του Περσικού Κόλπου- δεν ήταν ποτέ απολύτως αξιόπιστοι σύμμαχοι της Δύσης. Η τελευταία τριακονταετία στην περιοχή, με την άνοδο του ισλαμικού φονταμενταλισμού που είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά της, έχει εντείνει περαιτέρω την ενεργειακή ανασφάλεια των ανεπτυγμένων χωρών σχετικά με τις μη ανανεώσιμες πηγές.

Το δεύτερο στοιχείο που οδήγησε στην ολική επαναφορά των ΑΠΕ είναι, φυσικά, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αναχθεί σε κορυφαία προτεραιότητα της διεθνούς κοινότητας. Ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

### **Ενότητα Β.3**

#### **ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ**

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης ΑΠΕ αποτυπώνονται ως εξής:

- Συμβολή στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους
- Συμβολή στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των 6 αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) στην ατμόσφαιρα

- Συνεισφορά στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο
- Αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας
- Δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.)
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Συνεισφορά στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τούτου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Ωστόσο και παρά την καταλυτική συνδρομή της χρήσης ΑΠΕ στην εξυγίανση του περιβάλλοντος καταγράφονται και μειονεκτήματα από την χρήση τους ως εξής

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## Ενότητα Γ.1

### Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Στην Ε.Ε. ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (40%). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεών τους (69%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στις Ευρωπαϊκές Βόρειες χώρες όπως η Φινλανδία και η Δανία, όπου οι δριμείς χειμώνες είναι μεγάλης διάρκειας, η θέρμανση κατοικιών ανέρχεται στα 1,5 ΤΠΠ/κατοικία (1997), ενώ στην Ελλάδα το αντίστοιχο ποσό είναι 0,9 ΤΠΠ/κατοικία.

Η μέση κατανάλωση ενέργειας/κατοικία για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών στην Ε.Ε. είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι κατοικίες, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές, αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι

αυξημένες. Επί πλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες την τελευταία 5ετία.

Στην Ελλάδα, χώρα Μεσογειακή με πολύ λιγότερες απαιτήσεις σε θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου (ΚΑΠΕ, 1997). 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% ηλεκτρικό ρεύμα και 18% καυσόξυλα.

Σε αντίθεση με το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση.

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα εμφανής στον κτιριακό τομέα, ο οποίος καλύπτει το 36% περίπου της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7%. Επιπλέον, τα κτίρια ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), βασικού αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Ενότητα Α.1**

#### **ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΟΙ ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΕ**

##### **Α) Ηλιακή ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας με αυξημένες προσδοκίες, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, η οποία διαθέτει αρκετά υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας. Με την ηλιακή ενέργεια εκμεταλλευόμαστε την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εκτιμάται σε  $1,1 \cdot 10^{29}$  mJ ετησίως, από τα οποία όμως μόνο  $5,4 \cdot 10^{18}$  mJ φθάνουν στη γη και από τα οποία βέβαια πολύ λιγότερη ενέργεια αξιοποιείται.

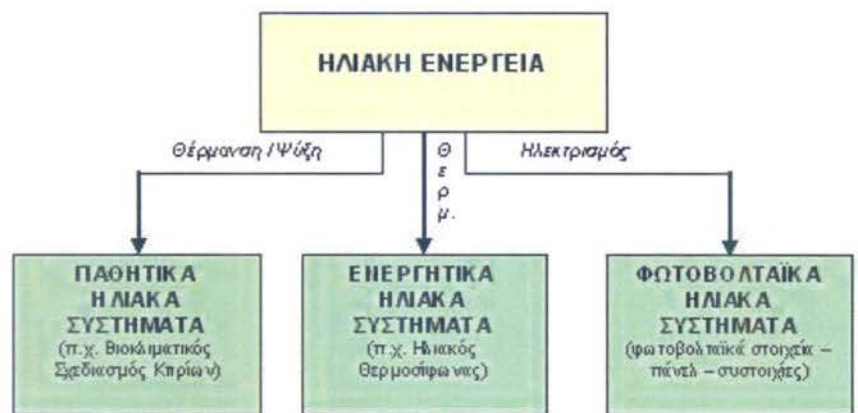
Αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών, οι οποίες εκμεταλλεύονται τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου για τη θέρμανση και ψύξη της κτηριακής υποδομής αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται σήμερα με τους εξής τρόπους:

**A1) Παθητικά ηλιακά συστήματα**

**A2) Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

**A3) Φωτοβολταϊκά συστήματα**



Τεχνολογικές εφαρμογές ηλιακής ενέργειας

**A1)**

**Τα παθητικά ηλιακά συστήματα** εστιάζουν στην κατάλληλη διαχείριση των δομικών στοιχείων του κτιρίου και αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την οποία αποθηκεύουν σε 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 θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου.

**A2)**

**Τα ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα** συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο ρευστό είτε αέρα ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κ.λπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες.

### **A3) Φωτοβολταϊκά συστήματα**

Από παλιά είχε παρατηρηθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών, των ημιαγωγών, τα οποία, όταν φωτίζονται, παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του “φωτοβολταϊκού φαινομένου”.

Με αυτόν τον τρόπο τα ηλιακά κύτταρα, τα οποία αποτελούνται από ημιαγωγούς, μπορούν να μετατρέπουν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας άμεσα σε ηλεκτρισμό. Καθώς ο ήλιος προσπίπτει στα κύτταρα, δημιουργείται σε αυτά μια χαμηλή τάση και ρεύμα. Όταν όλα αυτά μαζί προστεθούν, μπορεί να συλληφθεί αρκετή ηλεκτρική ενέργεια, που διοχετεύεται είτε στο ηλεκτρικό σύστημα ή χρησιμοποιείται για ίδια κατανάλωση από τον παραγωγό.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα εντοπίζεται κυρίως σε θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι), ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την πολιτική προώθησης των ΑΠΕ από το Ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή ένωση να βοηθά προς την κατεύθυνση αυτή.

### **B) Γεωθερμική ενέργεια**

Η γεωθερμία είναι η θερμότητα, η οποία εμπεριέχεται στα πετρώματα της γης, τους υπόγειους υδροφορείς και στα αέρια, τα οποία βρίσκονται εγκλωβισμένα σε κοιλότητες στο εσωτερικό της γης.

Γνωστές πηγές, από τις οποίες παράγεται γεωθερμική ενέργεια, είναι οι πηγές geysers, οι οποίες αφθονούν στην Ισλανδία αλλά και σε άλλες περιοχές της γης. Θεωρείται ότι παράγεται από τη διάσπαση ραδιενεργών ισotόπων, όπως είναι το ουράνιο, το θόριο και το κάλιο και εγκλωβίζεται στο εσωτερικό της γης εξαιτίας του συνδυασμού της μεγάλης μάζας της γης με τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων. Η συσσωρευμένη θερμότητα εξέρχεται στην επιφάνεια της γης μέσω γεωλογικών φαινομένων, όπως οι ηφαιστειακές εκροές και οι γεωλογικές ασυνέχειες και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Είναι μια ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί με βάση τις σημερινές τεχνολογίες, να καλύψει ενεργειακές ανάγκες.

Οι εκμεταλλεύσιμες μορφές γεωθερμικής ενέργειας είναι τρεις:

**1)η μορφή θερμού νερού, που αναβλύζει από τις θερμές πηγές και χρησιμοποιείται για οικιακές κυρίως εφαρμογές,**

**2)Η μορφή ατμού, που χρησιμοποιείται σε στροβιλογεννήτριες για την παραγωγή ηλ. Ρεύματος.**

3) Στέλνοντας νερό με πίεση στα θερμά στρώματα του υπεδάφους, που μετατρέπεται σε ατμό εκμεταλλεύσιμο για την παραγωγή ηλ. Ενέργειας.

### Γ) Η βιομάζα

Η βιομάζα περιλαμβάνει το σύνολο των υλικών, που έχουν ζωϊκή ή φυτική προέλευση, όπως φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα (π.χ. δάση) ή από ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες προορίζονται για παραγωγή ενέργειας, τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της δασικής, αγροτικής (γεωργία, κτηνοτροφία) και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η ενέργεια της βιομάζας είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτών, κατά την οποία δεσμεύεται η ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπεται σε χημική ενέργεια και στη συνέχεια αποταμιεύεται στις νεογέννητες οργανικές ουσίες και μέσα στους ιστούς των φυτών. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα, η οποία απελευθερώνεται κατά την καύση της βιομάζας, έχει ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία της, οπότε, η καύση της βιομάζας έχει μηδενική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την καύση της βιομάζας παράγονται:

- α) καύσιμα για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας,
- β) πρώτες ύλες για παραγωγή βιοαερίου ή φυσικού αερίου, το οποίο αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και
- γ) πρώτες ύλες για παραγωγή αιθανόλης και βιοντήζελ για μηχανές εσωτερικής καύσης.

### Δ) Νερό

Το νερό εκτός από σημαντικό στοιχείο για τη ζωή του ανθρώπου μπορεί να αποτελέσει και πηγή για την παραγωγή ενέργειας φιλικής προς το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να γίνει:

α) με τη χρήση υδροηλεκτρικών μονάδων ή

β) με την ενέργεια που παίρνουμε από τη θάλασσα.

#### α) Μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες

Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται με μετατροπή της ενέργειας, η οποία δημιουργείται από υδατοπτώσεις, με χρήση υδραυλικών τουρμπινών. Η μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική



ενέργεια έχει μικρή επίπτωση στο περιβάλλον. Αντίθετα τα μεγάλης ισχύος υδροηλεκτρικά εργοστάσια απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεραστίων δεξαμενών με σημαντικές και άμεσες επιπτώσεις για το περιβάλλον. Επομένως, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, ισχύος μικρότερης των 30 mw, χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Τοποθετούνται κυρίως σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με στόχο την εξασφάλιση σημαντικής υψομετρικής διαφοράς. Το νερό κινείται με μεγάλη ταχύτητα και περνώντας μέσα από τούνελ περιστρέφει τουρμπίνες δημιουργώντας μηχανική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή μετατρέπεται μέσω ηλεκτρογεννήτριας σε ηλεκτρική.

### **β) Ενέργεια από τη θάλασσα**

Η θάλασσα περιέχει τεράστια αποθέματα ενέργειας, των οποίων η εκμετάλλευση μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους. Από αυτούς οι σημαντικότεροι είναι τρεις:

#### **i) η εκμετάλλευση των παλιρροιών,**

#### **ii) η ενέργεια των κυμάτων και**

#### **iii) ενέργεια των ωκεανών.**

### **I) Ενέργεια των παλιρροιών**

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας δεν είναι καινούργιο φαινόμενο. Εκατοντάδες χρόνια πριν νερά από παλίρροια δεσμεύονταν στις εκβολές των ποταμών ώστε η αποθηκευμένη ενέργεια να κινεί νερομύλους. Κατασκευάστηκαν φράγματα σε ποτάμια. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας διέρχονταν μέσω θυρών στο φράγμα και γέμιζαν τη (φυσική) αποθήκη. Κατά την πλημμυρίδα έκλειναν τις θύρες. Κατά την άμπωτη, που ακολουθούσε μετά από ώρες, το αποθηκευμένο νερό ελευθερωνόταν και κινούσε τους νερόμυλους. Μεταξύ του 1581 και του 1822 σε μία από τις καμάρες της γέφυρας του Λονδίνου είχε κατασκευασθεί ένας τέτοιος νερόμυλος. Χρησιμοποιούταν αντλώντας νερό από τον ποταμό Τάμεση. Η εκμετάλλευση της παλιρροϊκής κινήσεως της θάλασσας μπορεί να πραγματοποιηθεί με υδροστροβίλους. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι ανάλογος με τη λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών σε τεχνητά φράγματα ή σε φυσικές υδατοπτώσεις.

Οι σημαντικότεροι από τους σταθμούς παραγωγής ηλ. Ενέργειας από κινητική ενέργεια των παλιρροιών, που είναι γνωστοί είναι:

- Στην La Rance της Γαλλίας με εγκατεστημένη ισχύ 240mw
- στην Kislaya Cryba της Ρωσίας με ισχύ 2mw.

Το σύνολο της ισχύος που μπορεί να προκύψει από τα παλιρροικά κύματα υπολογίζεται σήμερα στα  $3 \cdot 10^6 \text{ MW}$ , από τα οποία μόνο το  $1/3$  είναι εκμεταλλεύσιμα, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης.

## **II) Ενέργεια κυμάτων**

Τα αποθέματα ενέργειας των κυμάτων μπορούν να θεωρηθούν ανεξάντλητα. Ένας τρόπος αξιοποίησής τους είναι ο εξής: Ο πλωτήρας καθώς δέχεται πλευρικά τη δύναμη των κυμάτων τίθεται σε περιστροφική κίνηση, την οποία μπορεί με κατάλληλη διάταξη να μετατρέψει σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρόμοιοι πλωτήρες είναι ανοικτοί στο κάτω μέρος, το οποίο βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού και περιέχουν αέρα. Με τις κινήσεις αυτές των πλωτήρων που προκαλούνται από τις πλευρικές κρούσεις των κυμάτων, η πίεση του παγιδευμένου αέρα αυξομειώνεται ρυθμικά με τη βοήθεια κατάλληλης βαλβίδας και με τον πεπιεσμένο αέρα λειτουργεί ο στρόβιλος που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Το κόστος όμως τέτοιων εγκαταστάσεων είναι υψηλό για τη λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση σημαντήρων.

## **III) Ενέργεια των ωκεανών**

Αυτή στηρίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας των στρωμάτων της θάλασσας.

## **Ε) ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία δημιουργείται από τη διαρκή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος περιβάλλει τη γη, εξαιτίας μιας σειράς παραμέτρων οι οποίες είναι:

- Η ηλιακή ακτινοβολία
- Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου του εδάφους
- Η περιστροφική κίνηση της γης γύρω από τον άξονά της.

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μία περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους.

Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να προωθεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργεια του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη. Η πηγή αυτής της

ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεούμενη συνεχώς, γι' αυτό και ονομάζεται ανανεώσιμη.

Εάν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, εκτιμάται πως μόνο ένα ποσοστό μεταξύ 1,5% έως 2,5% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται: σε κινητική ενέργεια αερίων μαζών στην ατμόσφαιρα.

Από θερμοδυναμικής απόψεως, η ενέργεια αυτή είναι υψηλής ποιότητας και γι' αυτόν τον λόγο προσφέρεται ιδιαίτερα για μετατροπή σε ηλεκτρική ή χρήσιμη μηχανική ενέργεια. Αυτό δεν αποκλείει βέβαια τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί και για άλλες χρήσεις, όπως η προστασία θερμοκηπίων από τον παγετό κ.λπ. Ακόμη, υπολογίζεται ότι το 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος. Όταν σε μία περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήδη από την αρχαιότητα. Μάλιστα, τόσο είχε εκτιμηθεί η σπουδαιότητα και η χρησιμότητα των ανέμων, ώστε ο ίδιος ο Δίας, κατά την ελληνική μυθολογία, είχε ορίσει ειδικό «διαχειριστή» των ανέμων τον Αίοιο, ο οποίος τους κατηύθυνε από τη μυθική νήσο του, την Αιολία. Εξάλλου, ο εγκλωβισμός των ανέμων στον ασκό του Αιόλου, κατά τον Όμηρο, δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και το χρόνο που ήθελαν.

Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στην δύναμη του ανέμου, ενώ γινόταν εκτεταμένη χρήση του ανεμόμυλου, ως κινητήριας μηχανής, κυρίως στον αγροτικό τομέα. Η χρήση της όμως άρχισε να ατονεί περίπου στις αρχές του αιώνα, λόγω της εμφάνισης “άφθονων” και φθηνών ορυκτών καυσίμων.

Αργότερα, το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε έντονα περί τα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης, που είχε εν τω μεταξύ ξεσπάσει. Από τότε, μέχρι σήμερα υπάρχει μία συνεχώς αυξανόμενη τάση για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου.

Στη σημερινή εποχή η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις, τις ανεμογεννήτριες. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική και ακολούθως σε ηλεκτρική, μέσω των ανεμογεννητριών.

Έτσι, η τεχνολογία των ανεμογεννητριών παρουσίασε μεγάλη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια με αντίστοιχη μείωση του κόστους παραγωγής της παραγόμενης ενέργειας.

Σήμερα το εμπορικό μέγεθος των ανεμογεννητριών, δηλαδή το μέγεθος, το οποίο παρουσιάζει την βέλτιστη σχέση κόστους οφέλους, κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 1,5mw .

Όμως σε στάδιο δοκιμών λειτουργούν ανεμογεννήτριες μέχρι 3 mw και σχεδιάζονται και μέχρι 5mw.Μείωση του κόστους επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση περισσότερων ανεμογεννητριών στην ίδια θέση, οπότε σχηματίζονται αιολικά πάρκα, συνήθως συνολικής ισχύος μέχρι 40mw.

Το κύριο μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι η οπτική αλλαγή, την οποία επιφέρουν στο περιβάλλον, ενώ τα υπόλοιπα όπως ο θόρυβος αντιμετωπίζονται εύκολα με την εύρεση της καταλληλότερης θέσεως για εγκατάσταση τους.

Τέλος θα πρέπει να επισημανθεί ότι η παραγόμενη ισχύς από μια ανεμογεννήτρια αυξάνει με τον κύβο σχεδόν της ταχύτητας του ανέμου και συνεπώς η κατάλληλη επιλογή της θέσεως εγκαταστάσεως είναι βασικής σημασίας για την αποδοτικότητα της επένδυσης. Βασικής σημασίας για την αποδοτικότητα της επένδυσης όσο και για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι η κατάλληλη επιλογή της θέσεως και η όλη σχεδίαση του έργου. Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι η ενέργεια αποτελεί βάση του πολιτισμού μας για κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα και γι αυτό το λόγο γίνεται εκτεταμένη χρήση συμβατικών καυσίμων, η οποία έχει άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Όμως λόγω της παρούσας διεθνούς περιβαλλοντικοπολιτικο- οικονομικής κατάστασης και με αρωγό την σύγχρονη τεχνολογία, η οποία μπορεί να εκμεταλλευθεί ενέργεια από τον ήλιο, τη θάλασσα, το νερό και τα ζωικά και φυτικά απόβλητα, είναι επιτακτική η στροφή στη χρήση των ΑΠΕ

#### **Πίνακας :** Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου (CO<sub>2</sub>) ανά πηγή ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια έχει τις πιο μικρές εκπομπές διοξειδίου, μηδαμινές σε σχέση με το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και τον άνθρακα.

#### **ΠΗΓΗ**

#### **ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ** CO<sub>2</sub> (lb/kWh)

<b>ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ</b>	<b>0,2</b>
<b>ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ</b>	<b>1.321</b>
<b>ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ</b>	<b>1.969</b>
<b>ΑΝΘΡΑΚΑΣ</b>	<b>2.095</b>

## **ΕΝΟΤΗΤΑ Β.1**

### **ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

Σύμφωνα με στοιχεία του 2007 η Ισπανία ήδη παράγει 17,2% του ηλεκτρισμού που καταναλώνει χρησιμοποιώντας ΑΠΕ. Ο εθνικός της στόχος για το 2010 είναι να φτάσει το 29,4%, κάτι που θεωρείται μάλλον απίθανο, σύμφωνα με τους αναλυτές της NEF (συγκεκριμένα, δίνουν πιθανότητες επιτυχίας 22%).

Η Ιταλία ήδη παράγει το 16,5% του ηλεκτρισμού της με «πράσινες» πηγές. Ο στόχος των Ιταλών για το 2010 είναι το 25%, με τη NEF να δίνει μόνο 20%. Η Γαλλία παράγει το 11,0% του ηλεκτρισμού της μέσω ΑΠΕ, με στόχο το 21% για το 2010 (επίσης θεωρείται ανέφικτος από τους αναλυτές). Τέλος, οι Γερμανοί βρίσκονται στο 10,4% και έχουν θέσει το ρεαλιστικό στόχο του 12,5% για το 2010, τον οποίο η μελέτη της NEF θεωρεί υλοποιήσιμο.

Στην ουρά της κατάταξης βρίσκεται η Βρετανία, με τις ανανεώσιμες πηγές να καλύπτουν μόλις το 4,1% της συνολικής παραγωγής. Όπως σημειώνεται στη μελέτη, ο στόχος του 10,4% για το 2010 είναι απολύτως ανέφικτος, ενώ ο στόχος του 20% για το 2020 θα επιτευχθεί μόνο με την ανάπτυξη off-shore ανεμογεννητριών.

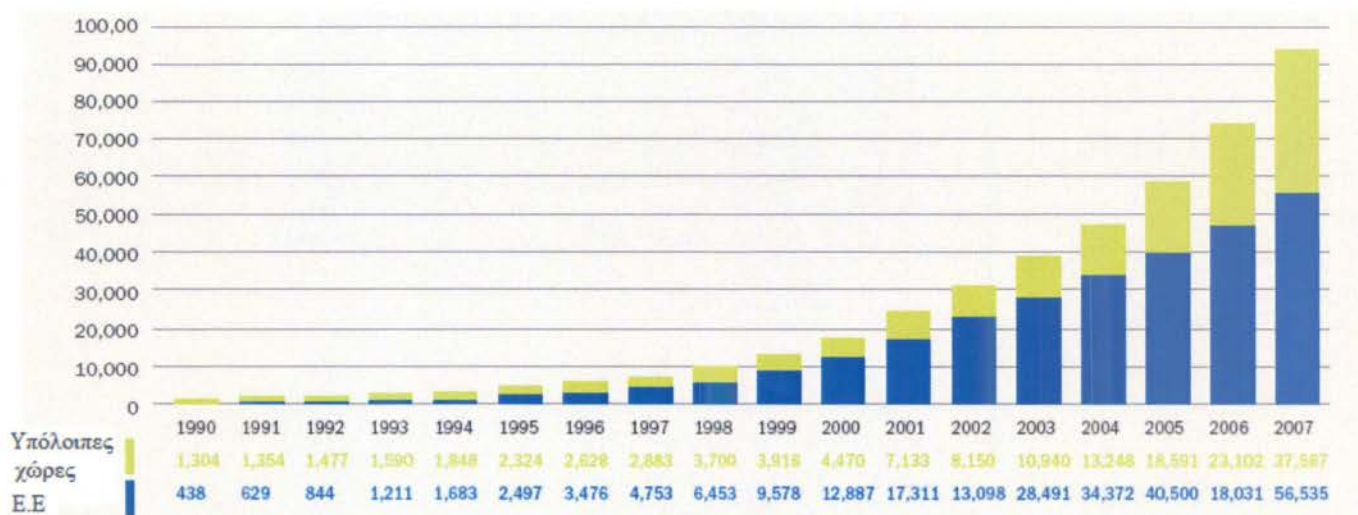
### **ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΕ ΓΙΑ ΜΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗΝ Ε.Ε**

Η Ε.Ε στην προσπάθεια της για εξασφάλιση μιας βιώσιμης ανάπτυξης εξετάζει ξεχωριστά την κάθε ανανεώσιμη πηγή ποιες είναι οι προοπτικές ανάπτυξης και χρησιμοποίησής της.

- **ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατατάσσεται πρώτη στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας αναπτύσσεται με εντυπωσιακούς ρυθμούς. Τον τελευταίο χρόνο υπήρξε αύξηση 985 MW σχέση με το 2006 έτσι στο τέλος του 2007 η παραγόμενη ενέργεια έφτασε τα 94,122 MW. Η ενέργεια που αποδόθηκε το 2007 «έσωσε το περιβάλλον» από 90 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και τροφοδότησε την Ε.Ε με το 3,7% της απαιτούμενης ενέργειας.

(<http://www.erec.org> ,<http://www.windplatform.eu/>)



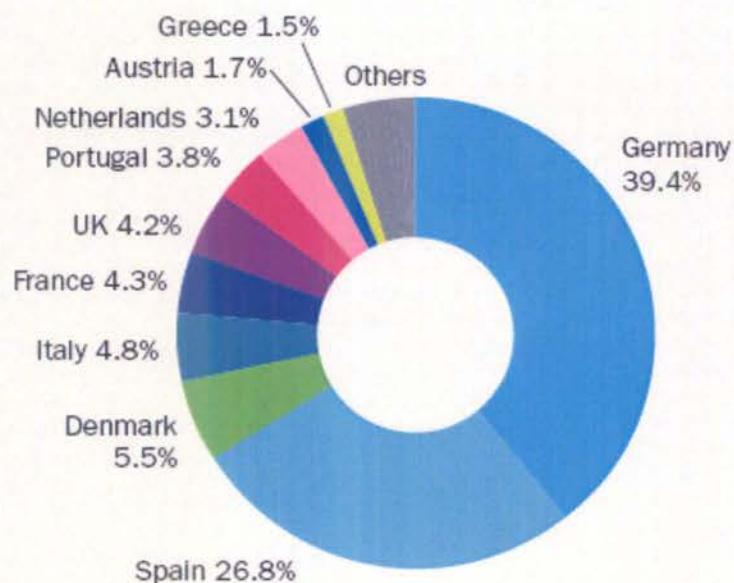
### Παγκόσμια συνολική παραγόμενη αιολική ενέργεια 1990-2007(σε

MW) Πηγή: Παγκόσμια οργάνωση αιολικής ενέργειας/ Ευρωπαϊκός οργανισμός αιολικής Ενέργειας.

Στατιστικά όπως φαίνεται πιο πάνω η Ε.Ε άρχισε σχεδόν από το μηδέν στο 1990 και μέχρι το 2007 έχοντας μια συνεχόμενη ανοδική πορεία κατάφερε να φτάσει σε υψηλότερη παραγωγή από τις υπόλοιπες χώρες.

Η Ευρωπαϊκή κοινότητα με τη σύνταξη της Λευκής Βίβλου το 1997 στόχευε να φτάσουν στην παραγωγή των 40 MW μέχρι και το 2010. Λόγω όμως της μεγάλης ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας ο στόχος επιτευχθεί 5 χρόνια νωρίτερα. Τα τελευταία 11 χρόνια η αξιοποίηση της δυναμικότητας της αιολικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 25% από το 1997 μέχρι και το 2007. (<http://www.ewe.org>)

Οκτώ χώρες στην Ε.Ε- Γερμανία, Ισπανία, Δανία, Ιταλία, Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Πορτογαλία και Ολλανδία έχουν περισσότερα από 1000 MW εγκατεστημένα. Οι τρεις κυριότερες χώρες στον χώρο η Γερμανία, Ισπανία και Δανία κατέχουν το 72% της εγκατεστημένης παραγωγής για ενέργεια και υπολογίζεται ότι το 2010 το ποσοστό θα μειώθηκε στο 62%.



#### Others

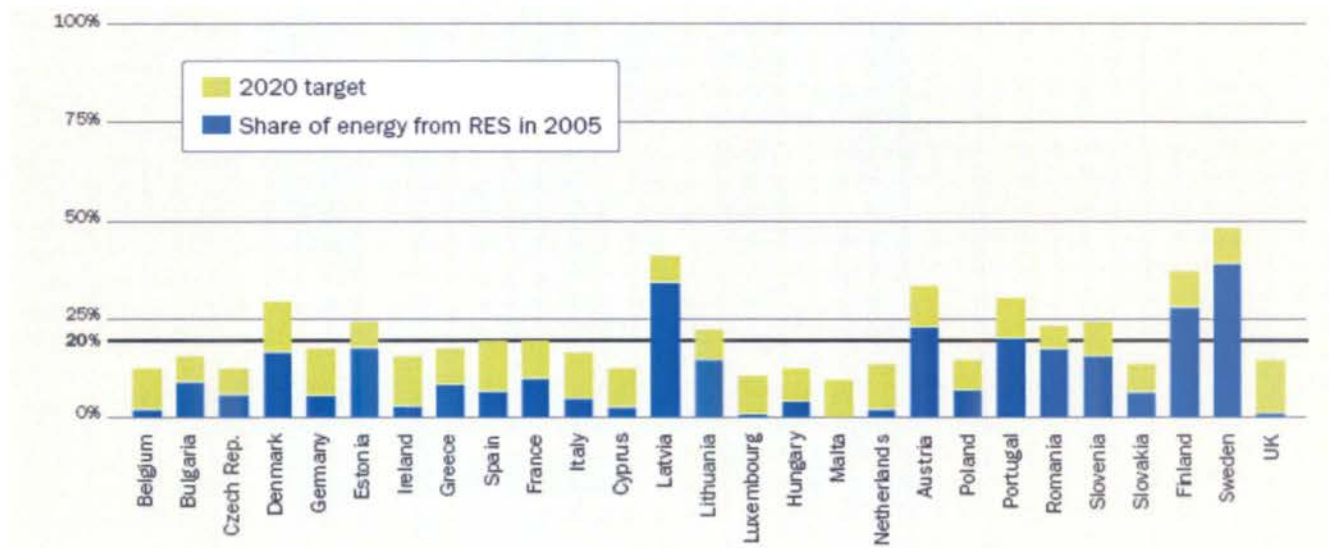
Ireland	1.4%	Lithuania	0.1%
Sweden	1.4%	Luxembourg	0.1%
Belgium	0.5%	Latvia	0.0%
Poland	0.5%	Romania	0.0%
Czech Republic	0.2%	Slovakia	0.0%
Finland	0.2%	Cyprus	0.0%
Bulgaria	0.1%	Malta	0.0%
Hungary	0.1%	Slovenia	0.0%
Estonia	0.1%		

#### **Ποσοστό παραγωγή αιολικής ενέργειας σε κάθε κράτος μέλος τέλος του 2007.**

Η Γερμανία και Ισπανία έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά παραγόμενης ενέργειας με μεγάλη διαφορά από τις χώρες που ακολουθούν. Από τις 27 χώρες κράτη μέλη οι μισές έχουν πολύ χαμηλή παραγωγικότητα ακόμη και μηδενική.

#### **Προβλέψεις για το 2020**

Ο στόχος που τέθηκε από την Ε.Ε είναι 20% παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το 2005 η χρήση των ΑΠΕ για παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας ήταν περίπου 7% και για τελική κατανάλωση το ποσοστό ήταν περίπου 8,5%.



### Παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ το 2005 και οι στόχοι για το 2020

Στο σχήμα με το μπλε χρώμα είναι η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ για κάθε χώρα και το πράσινο αντιπροσωπεύει τον στόχο που πρέπει να επιτευχθεί για κάθε χώρα ξεχωριστά για να επιτύχει το 20% της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

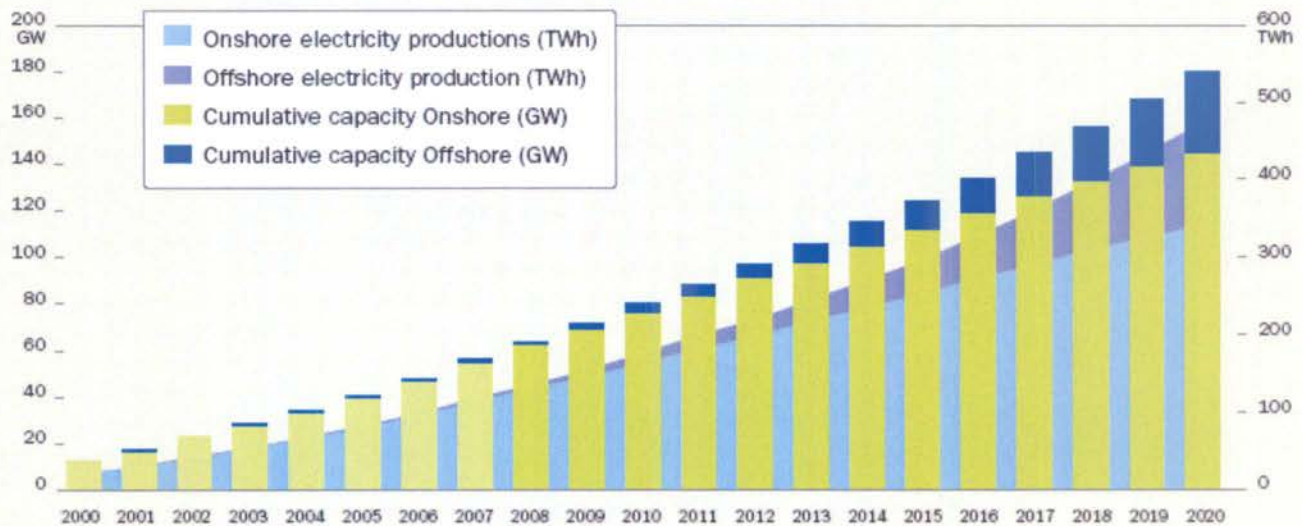
Για την επίτευξη του στόχου η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναμένει ότι το 34% της παραγωγής ηλεκτρισμού θα προέρχεται από ΑΠΕ και η αιολική ενέργεια μπορεί να προσφέρει το 12% στην παραγωγή.

Το 2007 το 15% περίπου της απαιτούμενης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καλύφθηκε από τις ΑΠΕ. Το 15% αποτελείτο περίπου το 10% από την μεγάλη υδραυλική ενέργεια και το 3,5% από την αιολική ενέργεια.

Παρουσίαση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ για το 2007 και οι προβλέψεις για το 2020.  
Σχήμα

	Today	2020
RES	8.5%	20%
Electricity	15%	34%
Wind Energy	3%	12-14%
Of which offshore	0%	3.2-4%





### **Προβλέψεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αιολική ενέργεια μέχρι το 2020.**

Στο σχήμα παρουσιάζονται η παραγωγή ηλεκτρισμού από την υπεράκτια και χερσαία εγκατεστημένη αιολική δύναμη από το 2000 μέχρι και το προβλεπόμενο 2020. Οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν την παραγωγή ενέργειας σε GW αρχίζοντας επίσης από το 2000-2020. Βλέπουμε ότι ακολουθούν μια ανοδική πορεία και αυξάνονται κατά τη διάρκεια των ετών. Σημαντική είναι η ανάπτυξη που παρουσιάζει και που προβλέπεται για την εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική ενέργεια.

### **ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

Η Ευρώπη είναι η τρίτη παραγωγός ηλιακής ενέργειας στον κόσμο βρίσκεται πίσω από την Ανατολική Ασία και την Βόρεια Αμερική. Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται για την θέρμανση και για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω των φωτοβολταϊκών Συστημάτων.

Ο τομέας εγκατάστασης ηλιακών θερμοσίφωνων αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς λόγω της κατάστασης που επικρατεί με τα συμβατικά καύσιμα. Το 2005 είχαν εγκατασταθεί ηλιακοί θερμοσίφωνες στην Ευρώπη καλύπτοντας 2 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα.

#### **Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων στην Ε.Ε το 2006**

Η Γερμανία είναι στην πρώτη θέση και κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο από όλες τις χώρες. Ακολουθούν η Ελλάδα και η Αυστρία με ένα σημαντικό αριθμό εγκαταστάσεων. Η ετήσια εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων αυξήθηκε κατά 50% το 2006 και κατά μεγαλύτερο

ποσοστό στην Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ιταλία και Ισπανία. Η Γαλλία και η Ισπανία είναι από τα κράτη μέλη με προοπτικές εξέλιξης σε αυτό το τομέα.)

### **ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε**

Η βιομάζα θεωρείται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που συμπεριλαμβάνεται μέσα στα πλαίσια δράσης της Ε.Ε για την υλοποίηση των στόχων της. Συγκεκριμένα σύμφωνα με ανακοίνωση της ευρωπαϊκής επιτροπής κοινοτήτων το σχέδιο δράσης περιλαμβάνει μέτρα για την αξιοποίηση ενέργειας που παράγεται από βιομάζα ξύλου, απόβλητων και γεωργικών καλλιεργειών σε πρώτο στάδιο. Η χρήση της βιομάζας αποσκοπεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην παροχή θέρμανσης και στις μεταφορές.

Η χρήση της βιομάζας στην Ε.Ε καλύπτει γύρω στο 6% των ενεργειακών αναγκών. Εάν αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό το ποσοστό θα μπορούσε να υπερδιπλασιαστεί μέχρι το 2010, ποσό το οποίο μπορεί να φτάσει περίπου 185 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Η ενεργειακή αυτή διαφοροποίηση αυξάνει κατά 5% του μεριδίου της βιομάζας και μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, συμβατικά καύσιμα δηλαδή από 48% σε 42%. Συνεπώς με τη μείωση αυτή θα υπάρξει και μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub>.

Η βιομάζα είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με πολλές χρήσεις. Η στερεή βιομάζα προέρχεται από την κυρίως ξυλεία, τα υπολείμματα ξυλείας, φυτικά ζωικά υπολείμματα κ.α Η παραγωγή βιομάζας καθώς και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αυτή αυξάνεται τα τελευταία έτη στην Ε.Ε. Τα οικιακά απορρίμματα θεωρούνται μια μορφή βιομάζας. Στην Ε.Ε μέσω σχεδίων αποτέφρωσης προσφέρουν ηλεκτρισμό και θερμότητα.

### **Παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από στερεή βιομάζα το 2005 στην Ε.Ε (σε εκατομμύρια τόνους)**

Ο πίνακας αναγράφει κατά σειρά παραγωγής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας ανάμεσα στα κράτη μέλη της Ευρώπης. Ο πίνακας αναφέρεται στο 2005 και πρωτοπόρος είναι η Γαλλία και ακολουθούν στις επόμενες δυο πρώτες θέσεις η Σουηδία και Γερμανία με μικρή διαφορά στην παραγωγή.

### **ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

Το 2005 η υδραυλική ενέργεια αποτελούσε το 22,2% ανάμεσα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που παράγονται στην Ευρώπη δεύτερη μετά την βιομάζα. Συγκεκριμένα το 2005 είχε επιτευχθεί παραγωγή υδραυλικής ενέργειας στα 11601MW, όπου αυξήθηκε κατά 320.9MW σε σχέση με το 2004. Η υδραυλική ενέργεια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα γεωγραφικά

χαρακτηριστικά μιας χώρας. Έτσι με αυτό το κριτήριο το 84,5% της παραγόμενης υδραυλικής ενέργειας στην Ευρώπη είναι συγκεντρωμένη σε έξι χώρες. Η Ιταλία κατατάσσεται πρώτη με παραγωγή 2405,5MW, ακολουθεί η Γαλλία (2060 MW), η Ισπανία (1788MW), Γερμανία (1584 MW), Αυστρία (1062 MW) και η Σουηδία (905 MW).

Σύμφωνα με έκθεση του Ευρωπαϊκού οργανισμού μικρής υδραυλικής ενέργειας που έγινε το 2004 στην Ευρώπη των 15 περίπου 14.000 έργα βρισκόταν υπό κατασκευή με μέσο μέγεθος 0,7 MW. Επίσης 2800 έργα αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας εγκαταστάθηκαν στα νέα 10 μέλη κράτη και περίπου 400 στις υποψήφιες χώρες.

Η υδραυλική ενέργεια (μεγάλη και μικρή) συμμετέχει στο 80% περίπου του ηλεκτρισμού που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρώπη και στο 19% (7% αντιστοιχεί στην μικρή υδρο-δύναμη) του συνολικού ηλεκτρισμού που παράγεται στην Ευρώπη. Η υδραυλική ενέργεια παρόλο που μπορεί να θεωρηθεί από τις γηραιότερες εκμεταλλεύσιμες ΑΠΕ έχει ακόμη πολλές προοπτικές ανέλιξης. Για παράδειγμα στην Γερμανία που είναι μια από τις χώρες που παραδοσιακά εκμεταλλεύονταν την υδραυλική ενέργεια έχει τα μισά έργα να χρονολογούνται μισό αιώνα πριν, ενώ χώρες όπως η Πορτογαλία, η Ελλάδα έχουν νεότερες εγκαταστάσεις.

### **ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ**

Η παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας το 2005 στην Ευρώπη αντιστοιχεί στο 5,5% και η συμμετοχή της στην παραγωγή ηλεκτρισμού ήταν στο 1,2% από το ποσοστό συμμετοχής του συνόλου των ΑΠΕ.

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δυο μορφές. Για παραγωγή ηλεκτρισμού και παραγωγή θερμότητας. Για παραγωγή ηλεκτρισμού με την χρήση γεωθερμικής ενέργειας χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες (από 150-350 βαθμούς Κελσίου) Η Ιταλία έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα γεωθερμικής ενέργειας με τις υψηλότερες θερμοκρασίες. Ακόμη τέσσερις άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης χρησιμοποιούν την γεωθερμία για παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτές είναι η Πορτογαλία, Γαλλία, Αυστρία και Γερμανία.

### **Παραγωγή ηλεκτρισμού από εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας (υψηλής Θερμοκρασίας) το 2004 και 2005.**

Η Ιταλία είναι πρώτη στην Ευρώπη στην παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω της γεωθερμικής ενέργειας. Η Πορτογαλία και Γαλλία κυμαίνονται περίπου στα ίδια επίπεδα και ακολουθούν η Αυστρία και Γερμανία με μικρά ποσοστά σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες.

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή θερμότητας κατατάσσει πρώτη στη Ευρώπη την Ουγγαρία. Η Ουγγαρία έχει εφαρμόσει τη χρήση της για τη θέρμανση δημοσίων λουτρών, πισινών, θερμοκηπίων και δικτύων θέρμανσης. Στους ίδιους τομείς ακολουθεί η Ιταλία δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στα δημόσια λουτρά και στα δίκτυα θέρμανσης. Η Γαλλία επίσης είναι μια από τις χώρες της Ευρώπης που έχει αναπτύξει τα δίκτυα θέρμανσης χρησιμοποιώντας την γεωθερμική ενέργεια.

### Παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμότητας στην Ευρωπαϊκή ένωση.

Στον πίνακα αναφέρεται η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας από την γεωθερμία στις διάφορες χώρες της Ε.Ε. Πρώτη είναι η Ουγγαρία όπως είχαμε προαναφερθεί. Βλέπουμε ότι στο σύνολο της παραγόμενης ενέργειας δεν συμμετέχουν όλα τα κράτη μέλη αλλά το σύνολο προέρχεται από 15 χώρες όπως βλέπουμε πιο κάτω αναλυτικά.

	2004		2005	
	Puissance Power (MW)	Energie prélevée Energy using (ktep/ktce)	Puissance Power (MW)	Energie prélevée Energy using (ktep/ktce)
Hungary	680,0	189,1	715,0	189,1
Italy	486,6	168,5	486,6	168,5
France	291,9	130,0	291,9	130,0
Slovakia	186,3	72,2	186,3	72,2
Germany	104,6	17,0	104,6	17,0
Greece	70,8	12,6	70,8	12,6
Poland	82,7	6,5	92,7	8,9
Austria	52,0	18,6	52,0	18,6
Slovenia	44,7	14,9	44,7	14,7
Portugal	30,4	9,2	30,4	9,2
Spain	22,3	8,3	22,3	8,3
Czech Republic	4,5	2,1	4,5	1,6
Belgium	3,9	2,6	3,9	2,6
United Kingdom	3,0	1,9	3,0	1,9
Ireland	0,4	0,5	0,4	0,5
<b>Total EU</b>	<b>2 064,1</b>	<b>654,0</b>	<b>2 109,1</b>	<b>655,6</b>

En Pologne, 92,7 MWth installés et 71 MWth en fonctionnement en 2005/In Poland: 92,7 MWth installed but 71 MWth in operation in 2005.  
Source: EurObserv'ER 2006

## Ενότητα Β.2

### ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η χώρα μας, γεωγραφικά και γεωλογικά, διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα σχετικά με την εκμετάλλευση των ΑΠΕ. Έτσι, συνυπολογίζοντας τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα που αποτελούν περίπου το 70% του συνόλου, το ποσοστό της συνολικής ενεργειακής παραγωγής της χώρας που προέρχεται από ΑΠΕ ανέρχεται σήμερα στο 11,5%. Ο στόχος για το 2020 είναι το ποσοστό αυτό να φτάσει το 20%. Ωστόσο, και οι τρεις κύριες μορφές ΑΠΕ στην Ελλάδα - υδροηλεκτρική, αιολική και ηλιακή (χρήση φωτοβολταϊκών πινάκων)- αντιμετωπίζουν προβλήματα στην προώθησή τους, με αποτέλεσμα 9 μήνες μετά την ψήφιση του νόμου για τις ανανεώσιμες πηγές, η αγορά να παραμένει μουνδιασμένη.

Συγκεκριμένα, σχετικά με τα υδροηλεκτρικά, οι αναμενόμενες παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας συνεπάγονται μείωση της απόδοσης των έργων. Στο μέτωπο της αιολικής ενέργειας, τα μεγάλα έργα δεν προχωρούν, ενώ δεν υπάρχουν κίνητρα για τοποθέτηση ανεμογεννητριών από οικιακούς καταναλωτές. Όσο για το πολύ αναμενόμενο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ, βρίθκει ασαφειών, ιδιαίτερα όσον αφορά τις «ζώνες αποκλεισμού» όπου απαγορεύεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Τέλος, όσον αφορά τα Φωτοβολταϊκά, οι ελαφρύνσεις που προσφέρει η ΔΕΗ στους καταναλωτές που τοποθετούν πίνακες (έως 700 ευρώ) θεωρούνται ανεπαρκείς, ενώ επίσης παρατηρούνται τεράστιες καθυστερήσεις (ως και 9 μηνών) στη διαδικασία σύνδεσης των εγκατεστημένων πινάκων με το δίκτυο της ΔΕΗ.

## Ενότητα Β.3

### Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Ανάμεσα στις πολιτικές που η Ε.Ε. θεωρεί ως ικανές να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις της βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι η πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια που θα επιτρέψει την παράλληλη μείωση της εξωτερικής ενεργειακής εξάρτησης και των εκπομπών του CO<sub>2</sub>. Συγκεκριμένα η εξοικονόμηση στα κτίρια μπορεί να επιτύχει μείωση κατά 40% της ενεργειακής κατανάλωσης ανεξαρτήτως ηλικίας ή

χρήσης βάσει μέτρων όπως φορολογικών κινήτρων ή διατάξεων κανονιστικού χαρακτήρα που κάθε κράτος μέλος πρέπει να αναπτύξει και να εφαρμόσει.

Η χώρα μας, προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της έχει ξεκινήσει τη μελέτη και σχεδίαση πολιτικής και μέτρων μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> για όλους τους τομείς της. Σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών προβλέπεται μείωση 17% σε σχέση με το Σενάριο Αναμενόμενης Εξέλιξης και αύξηση 23% σε σχέση με το έτος βάσης 1990. Ειδικότερα για τον οικιακό και τριτογενή τομέα προβλέπεται μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 30%. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι με άμεσες και χαμηλού κόστους επεμβάσεις στα κτίρια της δημόσιας διοίκησης υπάρχει δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας της τάξης του 15% που αντιστοιχεί σε ένα ετήσιο οικονομικό όφελος της τάξης των 7,5 εκ. Ευρώ. Ήδη στην Ελλάδα έχουν εφαρμοστεί μεταξύ άλλων, επενδυτικά προγράμματα για τις ΑΠΕ σε κτίρια, όπως το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργεια και το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟ**

#### **(Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη μείωσή της)**

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς κατανάλωσης ενέργειας και σε ημερήσια βάση η παγκόσμια πρωτογενής κατανάλωσή του ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο τομέας των κτιρίων απορροφά κατά μέση τιμή, το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανά χώρα κύμανση ποικίλει από 20% για την Πορτογαλία έως 45% για την Ιρλανδία, ενώ η Ελλάδα κυμαίνεται στο 30%. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο σε επίπεδο άνεσης όσο και σε επίπεδο παραγωγικότητας. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και η εκτεταμένη χρήση ηλεκτρικών συσκευών στα μεγάλα αστικά κέντρα έχουν συντελέσει στην κατακόρυφη αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας, που σε πολλές περιπτώσεις είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη σε εκτός πόλεως περιοχές.

Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Παράλληλα η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των σύγχρονων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων, με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων. Μετρήσεις σε κτίρια γραφείων και νοσοκομεία στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών έδειξαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων καθώς και αυξημένα ποσοστά παθολογίας των ενοίκων.

Τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων, καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της ενέργειας με ποσοστό 40%. Η τελική κατανάλωση των κτιρίων είναι της τάξης των 350 Mtoe (1 Mtoe: μετρικός τόνος ισοδύναμου πετρελαίου) ανά έτος. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο με ποσότητα 116 Mtoe, από το πετρέλαιο με 99 Mtoe και ακολουθούν ο ηλεκτρισμός και τα στερεά καύσιμα με 91 και 11 Mtoe αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου 1 Mtoe ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe και αντιστοιχούν περίπου 0.55 Mtoe ανά κάτοικο το έτος, ποσότητα που είναι το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην Ευρώπη. Οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται σε 70% της συνολικής κατανάλωσης ενώ η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152

Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	<b>299</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>407</b>
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273
<b>Πίνακας 1.</b> Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.					

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον.

Η ειδική ενεργειακή των διαφόρων τύπων κτιρίων στην Ελλάδα, μετρήθηκε στα πλαίσια πρόσφατου ερευνητικού προγράμματος. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής επέτρεψαν την γνώση της τελικής κατανάλωσης ανά χρήση.

Όπως παρατηρείται η θέρμανση των χώρων αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση για όλα τα κτίρια στην χώρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παραμέτρους που σχετίζονται με το πλήθος των εγκαταστημένων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού το είδος της προστασίας των κτιρίων κατά την διάρκεια του χειμώνα και του θέρους, καθώς και στο γεγονός ότι για τον δροσισμό των χώρων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και συσκευές με συντελεστή απόδοσης κατά πολύ μεγαλύτερο της μονάδας.

Μια πλέον ρεαλιστική εικόνα της πραγματικής σημασίας κάθε επιμέρους κατανάλωσης δίνεται εάν η σύγκριση περιορισθεί μόνο για τα κτίρια που διαθέτουν ταυτόχρονα σύστημα θέρμανσης και δροσισμού.

Στοιχεία μια τέτοιας σύγκρισης δίνονται και για τα σχολικά κτίρια. Όπως παρατηρείται η ύπαρξη συστημάτων μηχανικού κλιματισμού αυξάνει δραματικά την συνολική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Μέση κατανάλωση	2	67	16	8	93



των Σχολείων					
Κατανάλωση των Σχολείων με θέρμανση και κλιματισμό	42	99	30	9	180
Κατανομή της άμεσης ενεργειακής κατανάλωσης των σχολικών κτιρίων, καθώς και των συγκροτημάτων με παράλληλη εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.					

Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι η κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών επιφέρει αύξηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά 40 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο και έτος. Η κατανάλωση αυτή αποτελεί και την μέση ενεργειακή κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών στην χώρα.

#### **Εξοικονόμηση και Υποκατάσταση Ενέργειας στα κτίρια:**

Η επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων είναι ο πρωταρχικός στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού. Η έννοια της θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα κύρια με διαδικασίες μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Θετικό θερμικό ισοζύγιο αντιστοιχεί σε αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ αρνητικό ισοζύγιο προκαλεί το αίσθημα κρύου.

Στην περίπτωση όπου το φυσικό περιβάλλον του κτιρίου δεν εξασφαλίζει την θερμική ουδετερότητα του ατόμου, τότε επιβάλλεται η μεταβολή των παραμέτρων, προσωπικών ή κλιματικών, χωρίς να είναι απαραίτητη κατ' ανάγκη η προσθήκη η αφαίρεση θερμότητας από τον χώρο.

Η επίτευξη των βέλτιστων τιμών των κλιματικών παραμέτρων στο κτίριο και κύρια της εσωτερικής θερμοκρασίας σχετίζεται πλέον με το ενεργειακό ισοζύγιο του ίδιου του κτιρίου.

Μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου επιτυγχάνεται κύρια με την μείωση της μεραφερόμενης θερμότητας δια μέσω του κελύφους και την ανάκτηση θερμότητας κατά τον αερισμό. Η θερμική προστασία του κελύφους με χρήση θερμομόνωσης εξασφαλίζει την μείωση των απωλειών μέσω του κελύφους, ενώ η χρήση ειδικών εναλλακτών θερμότητας μειώνει δραματικά τις απώλειες μέσω αερισμού.

Η αύξηση της εισερχόμενης στο κτίριο ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου συντελεί στην βελτίωση του θερμικού ισοζυγίου του και την μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο κτίριο μέσω των διάφανων ανοιγμάτων και αποθηκεύεται στην μάζα του κτιρίου η οποία την επαναεκπέμπει με την μορφή θερμικής ακτινοβολίας που πλέον δεν μπορεί να διαφύγει από κτίριο (φαινόμενο θερμοκηπίου). Το φυσικό αυτό φαινόμενο αποτελεί την σχεδιαστική αρχή των λεγόμενων παθητικών ηλιακών κτιρίων.

Η οπτική άνεση σε ένα χώρο απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων επιμέρους προϋποθέσεων:

1. Την επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο.
2. Την αποφυγή οπτικής θάμβωσης
3. Την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον
4. Την οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο

Τα κτίρια αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ευρώπη, καλύπτοντας το 40% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της. Παράλληλα, ο κτιριακός χώρος, σαν πλήρες στοιχείο του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος επηρεάζεται από τα σύγχρονα προβλήματά του και συντελεί στην διαμόρφωσή τους. Η ένταση των προβλημάτων του εξωτερικού περιβάλλοντος έχει διαμορφώσει ένα πλαίσιο προβλημάτων για το κτίριο όπου τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού κλίματος και περιβάλλοντος καθώς και τα ποσοτικά προβλήματα κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας, συμπλέουν και απαιτούν κοινή αντιμετώπιση και προοδευτική αντίληψη αντιμετώπισης.

Η σημαντική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία χρόνια έχει επιτρέψει την ανάπτυξη επιστημονικών μεθόδων, τεχνικών και τεχνολογιών που αφενός εξασφαλίζουν βέλτιστο εσωτερικό περιβάλλον καθώς και την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας. Οι τεχνικές αυτές που κατά βάση κάνουν χρήση ηλιακής ενέργειας καθώς και των άλλων πηγών του περιβάλλοντος έχουν ήδη αποδείξει σε πρακτικό επίπεδο ότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικές τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Η ευρύτερη εφαρμογή τους αποτελεί αίτημα για ένα καλύτερο κτιριακό περιβάλλον, εντός του οποίου βέβαια διαβιώνουμε το 80% περίπου της όλης μα ζωής.

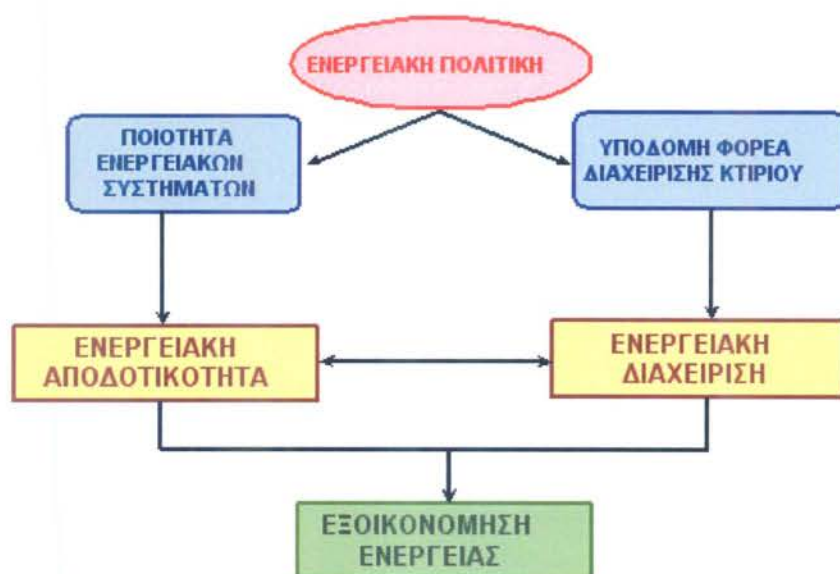
### **Ενεργειακή Διαχείριση Κτιρίων**

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των ενοίκων.

Η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου, είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων και στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτίρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, και συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού.

Οι δράσεις αυτές έχουν ως κριτήρια :

- Την οικονομική αποδοτικότητα και αύξηση του κέρδους των διαφόρων φορέων διαχείρισης κτιρίων από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
- Την διατήρηση ή βελτίωση της ασφάλειας και ποιότητας ζωής και παροχής υπηρεσιών στα κτίρια
- Την διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος
- Τον έλεγχο του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους και όχι απλά της καταναλισκόμενης ποσότητας καυσίμων



Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση. Βασικά

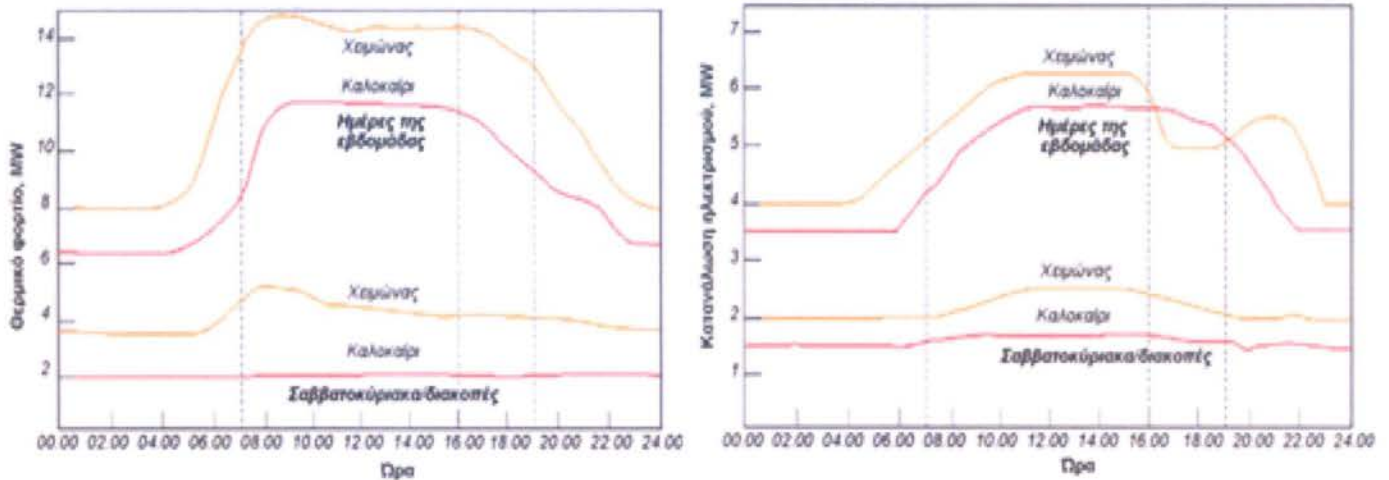
εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πρέπει να περιλαμβάνει :

- Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης
- Μελέτες τεχνοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π.χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κ.α.)
- Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.
- Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων-αναφορών, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς τον φορέα διοίκησης-διαχείρισης
- Έλεγχο της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτιρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος Ε.Δ. και σχετικά με την συμμετοχή του σε αυτό.
- Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του.
- Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων.

- Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους

Η αντικατάσταση ολόκληρων συστημάτων είναι η πιο δαπανηρή δράση και θα πρέπει να αποφεύγεται (εκτός εάν είναι απολύτως απαραίτητη), καθώς πέρα από το κόστος που συνεπάγεται, μπορούν να ανακύψουν και άλλα προβλήματα.



### Ενσωμάτωση ΑΠΕ στα κτίρια

Η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού και η ενσωμάτωση των ενεργειακά αποδοτικότερων τεχνολογιών στα κτίρια είναι προϋπόθεση για την πλήρη αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού για κάθε κτίριο και σε κάθε τόπο. Η μέγιστη αξιοποίηση αυτή του δυναμικού, έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιριακού συνόλου. Προς την κατεύθυνση αυτή, η αξιοποίηση ενός συνδυασμού τεχνολογιών και συστημάτων βασισμένο στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελεί προϋπόθεση για τη βελτίωση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών συνθηκών ενός τόπου.

Σήμερα, υπάρχουν πολλά και διαφορετικά ενεργειακά συστήματα τα οποία είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στα κτίρια με σκοπό την μερική ή ολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Φωτοβολταϊκά συστήματα (Photovoltaic energy systems)
- Ηλιακά θερμικά συστήματα (Solar thermal systems)
- Αιολικά συστήματα (Wind energy systems)
- Γεωθερμικά συστήματα (Geothermal energy systems)

- Συστήματα συμπαραγωγής (CHP systems)
- Συστήματα αξιοποίησης βιομάζας (Biomass systems)

### Υβριδικά Συστήματα

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μορφές ενέργειας βάσει των οποίων είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας χωρίς σημαντικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν τα συστήματα αυτά είναι η διακύμανση στην παραγωγή ενέργειας. Συστήματα όπως τα ηλιακά ή αιολικά συστήματα εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, γεγονός που επηρεάζει την παραγωγή ενέργειας καθώς αυτές μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του χρόνου. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο η αναζήτηση λύσεων με σκοπό τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Προς την κατεύθυνση αυτή, τα υβριδικά ενεργειακά συστήματα (hybrid energy systems) αποτελούν έναν τομέα ο οποίος είναι δυνατόν να προσφέρει μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση. Τα συστήματα αυτά, προκύπτουν από τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων διαφορετικών αλλά συμπληρωματικών πηγών παραγωγής ενέργειας. Το μέγεθος των υβριδικών ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή ενώ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το είδος της τάσης στις γραμμές μεταφοράς. Ειδικότερα τα υβριδικά συστήματα ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

#### **1. Συστήματα με γραμμές μεταφοράς συνεχούς τάσης (DC bus lines):**

Στα συστήματα αυτά, τα επιμέρους τμήματα συνδέονται με γραμμές μεταφοράς συνεχούς τάσης, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Επίσης απαιτείται η χρήση ενός ελεγκτή φόρτισης για τον έλεγχο και την προστασία της μπαταρίας καθώς επίσης και ένας μετατροπέας τάσης DC/AC για την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος προς τις συσκευές κατανάλωσης.

#### **2. Συστήματα με γραμμές μεταφοράς εναλλασσόμενης τάσης (AC bus lines):**

Στην περίπτωση αυτή η παραγόμενη ενέργεια τροφοδοτείται απευθείας στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο. Και σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατή η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες με τη χρήση ενός κεντρικού μετατροπέα.

### **3. Συστήματα σε σύζευξη με γραμμές μεταφοράς συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης (AC/DC bus lines):**

Σε αυτήν την περίπτωση τα επιμέρους συστήματα παραγωγής ενέργειας συνδέονται στις αντίστοιχες γραμμές μεταφοράς ενώ ένας κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχει την παροχή ενέργειας τόσο προς τα φορτία κατανάλωσης όσο και προς την μπαταρία.

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν κατάλληλα για πολλές εφαρμογές και σε διαφορετικά μεγέθη. Η κυριότερη εφαρμογή των συστημάτων αυτών σήμερα είναι παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε αγροτικές εφαρμογές. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλους τομείς όπως ο κτιριακός τομέας (αστικά κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία), σε απομακρυσμένα χωριά, σε συστήματα αφαλάτωσης και σε φάρμες.

#### **Είδη υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους**

Ένα κοινό υβριδικό σύστημα αποτελείται συνήθως από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

1. Μία πρωτογενής πηγή ενέργειας (π.χ. ανανεώσιμη πηγή ενέργειας)
2. Μία δευτερογενής πηγή, η οποία προσφέρει πρόσθετη ενέργεια στο σύστημα υπό κανονικές συνθήκες και κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας σε περιπτώσεις όπου η πρωτογενής πηγή είναι εκτός λειτουργίας.
3. Ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (για μη διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα) για τη διασφάλιση της σταθερότητας της παροχής ενέργειας.
4. Ένας ελεγκτής φόρτισης.
5. Το υλικό εγκατάστασης ( καλώδια, κουτιά ασφαλείας κτλ)
6. Οι συσκευές κατανάλωσης ενέργειας

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί μια πληθώρα υβριδικών συστημάτων αποτελούμενα από διαφορετικά ενεργειακά συστήματα. Οι σημαντικότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων είναι:

- **Φωτοβολταϊκά/Γεννήτρια πετρελαίου (PV/Diesel)**

Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών και μιας γεννήτριας πετρελαίου προσφέρει μια απλή λύση και είναι κατάλληλο για περιοχές με υψηλό ηλιακό δυναμικό.

Σε σύγκριση με τις κοινούς τρόπους παραγωγής ενέργειας εκτός δικτύου, η χρήση αυτού του είδους το υβριδικό σύστημα μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με αυτά τα συστήματα έχουν δείξει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να αγγίξει το 80% σε σχέση με τα μικρά αυτόνομα συστήματα με γεννήτριες πετρελαίου λαμβάνοντας υπόψη και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες αλλά και τον σχεδιασμό του συστήματος.

#### - **Ανεμογεννήτρια/Γεννήτρια πετρελαίου (WT/Diesel)**

Το υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια (Α/Γ) και γεννήτρια πετρελαίου μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως σε περιοχές όπου η μέση ταχύτητα ανέμου είναι μεγαλύτερη από 3.5 m/s. Στην περίπτωση που η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική, η ανεμογεννήτρια παρέχει την απαραίτητη ενέργεια ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται αποθήκευση αυτής σε μπαταρίες. Σε χρονικές περιόδους με χαμηλές ταχύτητες ανέμου, η γεννήτρια πετρελαίου αντικαθιστά την Α/Γ προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο συνεχή παροχή ενέργειας προς κατανάλωση.

#### - **Φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια (PV/WT) και Φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια /Γεννήτρια πετρελαίου (PV/WT/Diesel)**

Σε κάποιες περιοχές η αξιοποίηση του αιολικού και ηλιακού δυναμικού μπορεί να προσφέρει μία ικανοποιητική λύση στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή η μια πηγή ενέργειας συμπληρώνει την άλλη, γεγονός που οδηγεί στην παραγωγή ενέργειας καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Ενώ στα άλλα υβριδικά συστήματα τα οποία περιέχουν γεννήτρια πετρελαίου το αντικείμενο σχεδιασμού είναι η μέγιστη εκμετάλλευση της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, στην περίπτωση αυτού του είδους υβριδικού η κατάσταση είναι διαφορετική.

Προτεραιότητα στα συστήματα αυτά είναι η διασφάλιση της ποιότητας και αξιοπιστίας αφού μπορεί να υπάρξουν χρονικές περιόδους (χαμηλές ταχύτητες και ανέμου και νεφώσεις) στις οποίες δεν είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμός και η επιλογή τέτοιων συστημάτων απαιτεί προσεκτική μελέτη. Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε υβριδικά



συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν και γεννήτρια πετρελαίου τα οποία λειτουργούν πιο αποδοτικά σε σχέση με υψηλότερο ωστόσο κόστος κατασκευής.

### **Άλλα είδη υβριδικών συστημάτων**

Εκτός από τα παραπάνω συστήματα, υπάρχει μια ποικιλία άλλων υβριδικών συστημάτων τα οποία προφέρουν ενεργειακές λύσεις. Όπως προαναφέρθηκε, τα υβρίδια συστήματα αποτελούνται από δύο ή περισσότερα ενεργειακά συστήματα. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί υβριδικά συστήματα τα οποία είναι ένας συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών, αιολικών μηχανών και βιοαερίου (PV/Biogas ή WT/Biogas). Τα υβριδικά συστήματα αυτά είναι παρόμοια σε κάποιο βαθμό με εκείνα που χρησιμοποιούν γεννήτριες πετρελαίου. Σημαντικό ρόλο στην απόδοση των συστημάτων αυτών έχει η χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης του βιοαερίου καθώς και η ενεργειακή διαχείριση του συστήματος.

Ένα άλλο είδος υβριδικών συστημάτων είναι εκείνο το οποίο περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια και ηλιακό θερμικό σύστημα. Το θερμικό σύστημα φροντίζει για τη θέρμανση του νερού χρήσης που απαιτείται ενώ η ανεμογεννήτρια παρέχει ηλεκτρική ενέργεια. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα συστήματα που περιλαμβάνουν γεωθερμικά συστήματα με ταυτόχρονη ύπαρξη φωτοβολταϊκών γεννητριών ή ανεμογεννήτριας.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού φωτοβολταϊκών γεννητριών ή αιολικών μηχανών με μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες είναι κινητήρες που έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλής ροής του νερού, γεγονός που τα καθιστά ιδανική επιλογή για εφαρμογές σε οικίες κοντά σε ποτάμια ενώ με τον συνδυασμό τους με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη ενεργειακή πρόταση.

### **Σύντομη αναδρομή στις εργασίες για τα υβριδικά συστήματα PV/WT και**

#### **Thermal/WT**

Η ιδέα για τα υβριδικά συστήματα και ειδικότερα για τα συστήματα PV/WT και Thermal/WT δεν είναι καινούργια αφού βρίσκεται στο προσκήνιο για πάνω από μία δεκαετία. Συστήματα ΑΠΕ όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι αιολικές μηχανές ή τα ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις για παραγωγή ενέργειας.

Η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος PV/WT απαιτεί μελέτη σχετικά με τα

κριτήρια που πρέπει να τηρούνται για την άρτια λειτουργία των συστημάτων αυτών. Προς αυτήν την κατεύθυνση, ο Celik (2002) πρότεινε μία τεχνική για την εφαρμογή υβριδικών συστημάτων PV/WT χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα από προγράμματα προσομοίωσης καιρικών συνθηκών. Οι Ding και ο Buckeridge(2000) παρουσίασαν μια θεωρητική μελέτη για το επιθυμητό υβριδικό σύστημα με δύο ή περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το οποίο να παρουσιάζει εξαιρετική σταθερότητα. Επίσης ο Khan και ο Iqbal (2005) δημοσίευσαν μια έρευνα σχετικά με τον σχεδιασμό και την ανάλυση υβριδικού συστήματος για ένα οικιστικό σύνολο. Οι δύο ερευνητές συλλέξαν δεδομένα ταχύτητας ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας και κατανάλωσης για ένα χρόνο, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη του υβριδικού συστήματος.

Σημαντικό ρόλο στην αποδοτική λειτουργία ενός υβριδικού συστήματος έχει το μέγεθος των μονάδων από τις οποίες αποτελείται το σύστημα. Σε αυτόν τον τομέα, πολλοί ερευνητές πρότειναν διάφορες μεθόδους για τον καθαρισμό της χωρητικότητας κάθε υποσυστήματος. Οι Rahman και Chehid (1996) παρουσίασαν τον σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος PV/WT τόσο για αυτόνομες εφαρμογές όσο και για εφαρμογές συνδεδεμένες με το ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτοί πρότειναν μια τεχνική που είχε ως σκοπό την ελάττωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτοντας τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες λαμβάνοντας υπόψη στο σχεδιασμό περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Επίσης ο Markvart (1998) περιέγραψε μια διαδικασία για τον καθορισμό του μεγέθους των φωτοβολταϊκών πλαισίων και της αιολικής μηχανής για ένα υβριδικό σύστημα PV/WT. Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας ηλιακά και αιολικά δεδομένα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, παρουσίασε γραφικά τη συσχέτιση του φωτοβολταϊκού και αιολικού συστήματος καθορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το τον βέλτιστο συνδυασμό των συστημάτων αυτών με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Οι Elhadidy και Shaahid (1999α, 2004β) μέσα από μια σειρά εργασιών υπολόγισαν την βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών που απαιτούσε ένα υβριδικό σύστημα μελετώντας την επιρροή της μεταβολής της μπαταρίας στην παραγωγή ενέργειας. Επίσης ο Yang (2007) ανέπτυξε ένα νέο μοντέλο βάσει του οποίου καθορίζεται το μέγεθος ενός υβριδικού συστήματος PV/WT το οποίο στηρίζεται στη μελέτη της απαιτούμενης χωρητικότητας των μπαταριών σε ένα αυτόνομο σύστημα.

Για την βελτιστοποίηση ενός υβριδικού συστήματος PV/WT έχουν αναπτυχθεί πολλές υπολογιστικές τεχνικές χρησιμοποιώντας γραμμικό και δυναμικό προγραμματισμό, πιθανολογικές προσεγγίσεις και επαναληπτικές διαδικασίες. Οι Kattikai Khedkar (2007) ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο χρησιμοποιώντας μέσες ωριές τιμές της ταχύτητας του ανέμου, της ηλιακής ακτινοβολίας και κατανάλωσης με σκοπό τον αποδοτικότερο σχεδιασμό ενός

συστήματος PV/WT. Προς την ίδια κατεύθυνση οι Koutroulis et al. (2006) δημοσίευσαν μία εργασία, η οποία αναπτύσσει μια μεθοδολογία για τον βέλτιστο σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος PV/WT χρησιμοποιώντας γενετικούς αλγόριθμους με εφαρμογή σε κατοικία. Επιπλέον η Shahirinial et al. (2006) συγκρίναν τα αποτελέσματα δύο τεχνικών βελτιστοποίησης βασισμένες σε αλγόριθμους και παρουσίασαν μια μέθοδο βασισμένη στην πιθανότητα απώλειας φορτίου (Loss of load probability-LOLP) λαμβάνοντας υπόψη το κόστος των επιμέρους συστημάτων και το επίπεδο αυτονομίας.

Η σκέψη για την ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων που αξιοποιούν την αιολική ενέργεια και παράλληλα την ηλιακή για θέρμανση (Hybrid Thermal/WT systems) άρχισε να αξιοποιείται στα τέλη της δεκαετίας του 70. Οι Manwell και McGowan (1981) ανέπτυξαν ένα θεωρητικό μοντέλο για τη μηνιαία πρόβλεψη της απόδοσης ενός συστήματος θέρμανσης νερού χρήσης με τη βοήθεια μιας αιολικής μηχανής. Έδειξαν ότι η πλεονάζουσα παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αιολική μηχανή ήταν δυνατόν να αξιοποιηθεί τροφοδοτώντας μια αντίσταση για τη θέρμανση νερού χρήσης σε μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού. Προς την ίδια κατεύθυνση, οι Bell και McGowan (1984) παρουσίασαν μια τεχνο-οικονομική ανάλυση για ένα σύστημα σε μια οικία με ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα σε συνδυασμό με μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού με σκοπό την κάλυψη τόσο των ενεργειακών αναγκών των ηλεκτρικών συσκευών όσο και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Έδειξαν ότι η εγκατάσταση παρόμοιων συστημάτων σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό με μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών απαιτήσεων μιας οικίας. Οι Darkazalli και McGowan (1978) δημοσίευσαν παρουσίασαν τα αποτελέσματα ενός υβριδικού συστήματος το οποίο περιελάμβανε ανεμογεννήτρια, ηλιακό θερμικό συλλέκτη και μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Ειδικότερα μελέτησαν την συμπεριφορά του συστήματος έχοντας ως παραμέτρους την διάμετρο της ανεμογεννήτριας και το εμβαδό του ηλιακού θερμικού συλλέκτη. Οι Twidell et al. (1990) δημοσίευσαν τα αποτελέσματα από την κατασκευή και μελέτη ενός υβριδικού συστήματος το οποίο αξιοποιεί την αιολική και ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρου μιας κατοικίας σε μια νησιωτική κοινότητα. Πιο συγκεκριμένα μια ανεμογεννήτρια και μια σειρά από ηλιακοί συλλέκτες εγκαταστάθηκαν με τελικό σκοπό την θέρμανση της απαιτούμενης ποσότητας νερού για την θέρμανση της κατοικίας. Ο Kilkis (1999) παρουσίασε ένα ολοκληρωμένο σύστημα θέρμανσης-αερισμού-κλιματισμού (HVAC) σε συνδυασμό με μια ανεμογεννήτρια και μια γεωθερμική αντλία θερμότητας (GSHP). Το σύστημα HVAC φρόντιζε για την επίτευξη των κατάλληλων κλιματικών συνθηκών εντός της κατοικίας ενώ η ανεμογεννήτρια τροφοδοτούσε την γεωθερμική αντλία θερμότητας με σκοπό την παραγωγή ζεστού νερού. Η μελέτη αυτού του υβριδικού συστήματος έδειξε ότι μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη λύση για περιοχές με υψηλό

αιολικό δυναμικό και ιδιαίτερα σε τοποθεσίες με μεσογειακό κλίμα καθώς οι απαιτούμενες ηλεκτρικές ανάγκες μεταξύ του χειμώνα και του καλοκαιριού βρίσκονται σχεδόν στα ίδια επίπεδα. Οι Y. Tripanagnostopoulos και S. Tselipis (2003) δημοσίευσαν μια εργασία στην οποία συνδυάζεται μια ανεμογεννήτρια, φβ πλαίσια και υβριδικοί φωτοβολταϊκοί συλλέκτες με σκοπό την αύξηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος. Παράλληλα παρουσίασαν μια μελέτη σχετικά με το κόστος των συστημάτων αυτών. Οι Liliana Licea-Jimenez, Sergio A. Perez-Garcia et al (2004) παρουσίασαν μια θεωρητική και πειραματική ανάλυση για υβριδικά συστήματα αποτελούμενα από διαφορετικούς συνδυασμούς θερμικού συλλέκτη, φωτοβολταϊκών και ανεμογεννήτριας. Επιπλέον εφάρμοσαν τα παραπάνω υβριδικά συστήματα σε μια αγροτική κατοικία. Οι Sateikis et al. (2006) παρουσίασαν μια μελέτη που σχετίζεται με την εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος με ανεμογεννήτρια και θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες σε μια κατοικία σε αγροτική περιοχή της Λιθουανίας. Σκοπός της μελέτης ήταν η κάλυψη ενός ποσοστού των θερμικών αναγκών με τη χρήση του συγκεκριμένου συστήματος κάνοντας την υπόθεση ότι για θέρμανση 1m

2

απαιτούνται 0.25m

2

επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών και 0.40m διάμετρος ανεμογεννήτριας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό κάλυψης σε θερμικές ανάγκες μπορεί να αγγίξει το 55%, γεγονός που αποτελεί σημαντικό βήμα προς την περαιτέρω εξέλιξή του. Οι Y. Tripanagnostopoulos και M. Souliotis (2008) παρουσίασαν μια μελέτη σχετικά με τον συνδυασμό μικρών ανεμογεννητριών και θερμικών ηλιακών συλλεκτών, για πιθανή εφαρμογή σε κτίρια. Παράλληλα μελετήθηκε ο συνδυασμός των παραπάνω συστημάτων με φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Συμπερασματικά από την βιβλιογραφική μελέτη στα υβριδικά συστήματα PV/WT και Thermal/WT παρατηρήθηκε πώς η έρευνα οδήγησε στην ανάπτυξη νέων τεχνικών που έχουν ως σκοπό την αποδοτικότερη λειτουργία των υβριδικών συστημάτων με την ταυτόχρονη μείωση των απωλειών του συστήματος.

## **ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**

*Ο Ήλιος*

Ο ήλιος είναι ένας τυπικός αστέρας μάζας  $2 \times 10^{30}$  Kg, διαμέτρου  $1.39 \times 10^9$  m και

ηλικίας περίπου  $5 \times 10^9$  χρόνια. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου είναι περίπου 5800 K ενώ η θερμοκρασία στο εσωτερικό του υπολογίζεται ότι είναι 15.000.000 K. Η θερμοκρασία αυτή προκύπτει από την μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο μέσω της αντίδρασης  $4\text{H} \rightarrow 2\text{He} + \text{Ενέργεια}$ . Έχει υπολογιστεί ότι για κάθε γραμμάριο υδρογόνου που μετατρέπεται σε Ήλιο παράγεται ενέργεια ίση με  $U=1.67 \times 10^5$  kWh. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στην επιφάνεια και στη συνέχεια διαχέεται στο διάστημα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αν μελετήσει κανείς το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας θα παρατηρήσει ότι εκτείνεται σε όλα τα μήκη κύματος. Αναλυτικότερα, το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη:

το υπεριώδες φάσμα ( $\lambda < 380\text{nm}$ ),

το ορατό φάσμα ( $380 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ ) και

το υπέρυθρο φάσμα ( $\lambda > 780 \text{ nm}$ ).

Εκτός από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ο ήλιος εκπέμπει και μια ασθενής σωματιδιακή ακτινοβολία που αποτελείται από φορτισμένα σωματίδια, κυρίως πρωτόνια και ηλεκτρόνια, και ονομάζεται ηλιακός άνεμος.

### Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας

Το ποσό ενέργειας που δέχεται μία επιφάνεια εξαρτάται άμεσα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ένταση  $B$  της ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται ως το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε  $1\text{m}^2$  επιφάνειας σε 1 sec. Η σχέση υπολογισμού της έντασης,  $B$ , είναι:

$$B = \frac{dE}{dS dt} = \frac{dP}{dS} \text{ (W / m}^2\text{)} \quad (1)$$

όπου  $E$ : το ποσό της ηλιακής ενέργειας,  $P$  η ισχύς της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια,  $S$  το εμβαδό της επιφάνειας και  $t$  ο χρόνος.

Η εκπεμπόμενη ηλιακή ακτινοβολία απομακρύνεται ακτινικά από τον ήλιο προς το διάστημα και μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον τύπο:

$$Br = \frac{E_0}{4\pi R^2 t} = \frac{P_0}{4\pi R^2} \quad (2)$$

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ελαττώνεται πριν φτάσει στην επιφάνεια της Γης. Το ποσό της ελάττωσης αυτής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι από αυτούς

είναι η γεωγραφική θέση και το υψόμετρο ενός τόπου και η σύσταση της ατμόσφαιρας κάθε στιγμή καθώς επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο της απορρόφησης το οποίο μειώνει την ένταση της ακτινοβολίας.

## Τροχιά της Γης

Μια πολύ σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη κατά τη σχεδίαση των ηλιακών συστημάτων είναι η κλίση και η αξιμούθια γωνία της επιφάνειας της εγκατάστασης ως προς την φαινόμενη κίνηση του ηλίου καθώς σχετίζεται με την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το σημείο στο οποίο βρίσκεται η εγκατάσταση. Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο ακολουθώντας ελλειπτική τροχιά με πολύ μικρή εκκεντρότητα, κάνοντας μία πλήρη περιστροφή κάθε 365.25 μέρες. Το σημείο της τροχιάς της Γης που βρίσκεται πλησιέστερα στον ήλιο, σε απόσταση περίπου 147 εκατομμύρια χιλιόμετρα ονομάζεται περιήλιο και συμβαίνει στις 2 Ιανουαρίου.

Αντίθετα το σημείο της τροχιάς όπου η Γη βρίσκεται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση, περίπου 152 εκατομμύρια χιλιόμετρα, ονομάζεται αφήλιο και συμβαίνει στις 3 Ιουλίου. Η απόκλιση στην απόσταση περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$1.5 * 10^8 \left( 1 + 0.017 \left( \frac{360 * (n - 93)}{365} \right) \right) \quad (3)$$

όπου d (km) είναι απόσταση τη Γης από τον ήλιο και n είναι ο αριθμός της ημέρας με την 1η Ιανουαρίου να αντιστοιχεί στο n=1 και την 31η 2εκεμβρίου να αντιστοιχεί στο n=365.

## Ακτινοβολία ενός Ήλιου

Η ενέργεια της ακτινοβολίας και η τελική της μορφή εκτός από παραπάνω παράγοντες καθορίζεται και από τη θέση του Ήλιου στον ουρανό. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική διαδρομή που ακολουθεί η ακτινοβολία μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια στη μάζα αέρα μέσα από την οποία διέρχεται. Το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας μέχρι τη στάθμη της θάλασσας χαρακτηρίζεται από την κλίμακα μάζας αέρα AM (air mass). Το μέτρο της αέριας μάζας σχετίζεται με τη ζενίθια γωνία  $\theta$  και ορίζεται ως ο λόγος της απόστασης που διανύει η ακτινοβολία μέχρι τη στάθμη της θάλασσας από τυχαία θέση του Ήλιου προς την απόσταση που διανύει η ακτινοβολία αν ο ήλιος βρισκόταν στο ζενίθ. Η αέρια μάζα υπολογίζεται από τη σχέση

$$AM = OB/ OA = 1/ \cos\zeta.$$

Ως AM1 ορίζεται η θέση του Ήλιου που αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα. Αντίστοιχα AM1.5 είναι διαδρομή της ακτινοβολίας με τον Ήλιο να βρίσκεται υπό γωνία 45° από το ζενίθ, AM2 για γωνία του Ήλιου ίση με 60° κλπ. Η μέγιστη ένταση που μπορεί να δεχθεί μία επιφάνεια τοποθετημένη στην αρχή της ατμόσφαιρας κάθετα στις ακτίνες είναι 1350 W/m<sup>2</sup>. Η ηλιακή ακτινοβολία AM1.5 έχει ένταση 935 W/m<sup>2</sup> και ισούται με τη μέση μέγιστη ισχύ που μπορεί να δεχθεί ένα σώμα στην επιφάνεια της Γης. Συμβατικά η τιμή αυτή έχει ορισθεί ως **ακτινοβολίας ενός ήλιου** και είναι η βάση σύγκρισης της ακτινοβολίας που δέχεται ένα σώμα.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το στρώμα της γήινης ατμόσφαιρας δέχεται την επίδραση πολλών παραγόντων. Κάποιοι από αυτούς, όπως οι νεφώσεις αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ κάποιοι άλλοι όπως το όζον ή το οξυγόνο απορροφούν ένα τμήμα της. Επίσης σταγονίδια νερού ή σκόνης στην ατμόσφαιρα οδηγούν στη διασπορά της ακτινοβολία, η οποία φτάνει στο έδαφος όπου ένα μέρος της απορροφάται και ένα άλλο ανακλάται. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία  $T G$  που δέχεται ένα σώμα στην επιφάνεια του εδάφους αποτελείται από τρεις συνιστώσες :

- Άμεση ακτινοβολία (direct radiation)  $G_B$ : η ακτινοβολία η οποία προέρχεται απευθείας από τον ηλιακό δίσκο.
- διάχυτη ακτινοβολία (diffuse radiation)  $G_{diff}$ : η ακτινοβολία που προέρχεται από ανακλάσεις στον ουράνιο θόλο.
- Ανακλώμενη ακτινοβολία (albedo radiation)  $G_r$ : η ακτινοβολία που προέρχεται από ανακλάσεις του εδάφους

### Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο

Η θέση του ήλιου σε σχέση με ένα κεκλιμένο επίπεδο μπορεί να περιγραφεί χρησιμοποιώντας διάφορες γωνίες. Η γωνία πρόσπτωσης,  $i$  ή  $\theta$ , της άμεσης ακτινοβολίας στην επιφάνεια είναι η γωνία μεταξύ του διανύσματος της θέσης του ήλιου και της επιφάνειας. Αυτή η γωνία μπορεί να υπολογισθεί από την παρακάτω σχέση:

$$\cos \theta_i = \cos \beta \sin \theta_H + \sin \beta \cos \theta_H \cos(\gamma_s - \gamma_\rho) \quad (4)$$

όπου  $\beta$  είναι η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο,  $\gamma_p$  είναι η αζιμούθια γωνία του επιπέδου,  $\gamma_s$  είναι η αζιμούθια γωνία του ήλιου ορισμένη από τονότο και  $\theta_H$  είναι η γωνία που σχηματίζει ο ήλιος με το οριζόντιο επίπεδο .

Η ηλιακή ακτινοβολία  $G_T$  που δέχεται ένα κεκλιμένο επίπεδο στην επιφάνεια τουεδάφους όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελείται από τρεις συνιστώσες. Η άμεσηακτινοβολία που δέχεται ένα επίπεδο εξαρτάται από τη γωνία πρόπτωσης των ηλιακών ακτίνων ενώ διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία που δέχεται το επίπεδο δεν εξαρτάται από τον προσανατολισμό του επιπέδου ως προς τον ήλιο παρά μόνο από το τμήμα του ουρανού που “βλέπει” το επίπεδο. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητος ο υπολογισμός διορθωτικών συντελεστών για κάθε μία συνιστώσα ξεχωριστά.

$R_b$

Ο διορθωτικός παράγοντας για την άμεση ακτινοβολία είναι ο λόγος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο  $G_{b,T}$  προς αυτή στο οριζόντιο επίπεδο  $G_b$  και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_b = \frac{G_{b,T}}{G_b} = \frac{\cos\theta_s}{\cos\theta_z} \quad (5)$$

όπου  $\theta_z$  είναι η ζενίθια γωνία του ήλιου και  $\theta_s$  είναι η γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου με το κάθετο στην επιφάνεια διάνυσμα.

Ο υπολογισμός της συνιστώσας για τη διάχυτη ακτινοβολία βασίζεται στην υπόθεση ότι η διάχυτη μεταδίδεται ομοιόμορφα από τον ουράνιο θόλο. Βάσει της παραπάνω υπόθεσης ο διορθωτικός συντελεστής για τη διάχυτη ακτινοβολία  $R_d$  είναι ο λόγος της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο  $G_{d,T}$  προς αυτήν στο οριζόντιο  $G_d$ . Για ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση  $\beta$ , στην επιφάνεια της Γης, ο διορθωτικός συντελεστής είναι:

$$R_d = G_{d,T}/G_d = 1 + \cos\beta / 2 \quad (6)$$

Ο διορθωτικός παράγοντας για την ανακλώμενη ακτινοβολία  $R_r$  είναι ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο  $G_{r,T}$  προς αυτή στο οριζόντιο  $G_r$ . Η ανακλώμενη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο είναι το γινόμενο του συντελεστή ανάκλασης  $\rho$  του εδάφους της περιοχής επί την ολική ηλιακή ακτινοβολία στο



οριζόντιο επίπεδο  $G$ . Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση έτσι και εδώ βασική προϋπόθεση για το υπολογισμό του συντελεστή είναι ότι η ανακλώμενη μεταδίδεται ισότροπα. Τότε ο διορθωτικός συντελεστής για ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση  $\beta$  θα είναι:

$$= 1 - \cos\beta / 2 \quad (7)$$

Έπειτα από τα παραπάνω η ολική ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο  $I$  είναι:

$$G_r = G_b R_b + G_d R_d + G_p R_r \quad (8)$$

Αν ληφθούν υπ' όψη οι εξισώσεις (5), (6) και (7) τότε η εξίσωση (8) γράφεται:

$$G_r = G_b \cos \theta_z / \cos \theta_z + G_d \frac{(1 + \cos \theta_\beta)}{2} + G_p \frac{(1 - \cos \theta_\beta)}{2} \quad (9)$$

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση  $\beta$  με την προϋπόθεση ότι οι γωνίες  $\theta_z$  και  $\theta_\beta$  αντιστοιχούν στο μέσο της αναφερόμενης ώρας.

## ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



### Γενικά

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων (PV modules) μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα στοιχεία αυτά, είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή συνήθως δίσκου, οι οποίες όταν δεχθούν στην επιφάνεια τους ηλιακή ακτινοβολία, εμφανίζουν μία διαφορά δυναμικού. Η παραγόμενη τάση κυμαίνεται από 0.5 V

έως 1V, ενώ η πυκνότητα ρεύματος είναι μεταξύ 20 και 40 mA/cm<sup>2</sup> ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

### Ιστορία των Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων αναπτύχθηκε σε μεγάλο βαθμό μετά τα μέσα του εικοστού αιώνα, παρόλο που το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είχε παρατηρηθεί από τον Edmond Becquerel το 1839. Η πρώτη αναφορά για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο δημοσιεύτηκε το 1877 από δύο ερευνητές του πανεπιστημίου του Cambridge τους Adams και Days, ενώ το 1883 κατασκευάστηκε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο από selenium παρόμοιο με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση μικρότερη από 1%. Αργότερα, οι Chapin, Fuller και Pearson το 1954 κατασκεύασαν το πρώτο ηλιακό στοιχείο επαφής p-n με απόδοση 6%. Το 1956 διατέθηκαν στην αγορά τα πρώτα εμπορικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με κόστος 1000\$/Wp, κατασκευασμένα από κρυσταλλικό πυρίτιο και με απόδοση μεταξύ 5-10%. Σήμερα η απόδοση των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει αγγίξει το 25% για διαστημικές εφαρμογές ενώ εκείνων που προορίζονται για επίγειες βιομηχανικές και οικιακές χρήσεις δεν ξεπερνά το 16%.

### Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κατασκευάζονται από ημιαγωγά υλικά, τα οποία μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή ακόμα και άμορφα. Ανεξάρτητα από την κρυσταλλική τους δομή, όλα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία εμπεριέχουν μία δίοδο ημιαγωγού που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του στοιχείου. Συνήθως η δίοδος αυτή δημιουργείται από την επαφή ενός στρώματος τύπου-n με ένα στρώμα τύπου-p ή ακόμα από την επαφή μεταξύ ενός ημιαγωγού και ενός κατάλληλα επιλεγμένου μετάλλου (δίοδος Schottky).

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων βασίζεται στη δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού στο υλικό που δέχεται την ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ζεύγος φορέων (ενός ηλεκτρονίου στη ζώνη αγωγιμότητας και μιας οπής στη ζώνη σθένους). Από τα παραγόμενα ζεύγη φορέων, εκείνα που θα βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n

δέχονται τη δύναμη του ηλεκτροστατικού πεδίου της διόδου με σκοπό την μείωση της δυναμικής τους ενέργειας. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μετακίνηση των ηλεκτρονίων προς την επαφή τύπου-n και των οπών προς την επαφή τύπου-p, δημιουργώντας μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η παραπάνω διάταξη συμπεριφέρεται ως ορθά πολωμένη διάοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διάστημα δέχεται την ακτινοβολία. Η διαδικασία της δημιουργίας διαφοράς δυναμικού στις όψεις ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

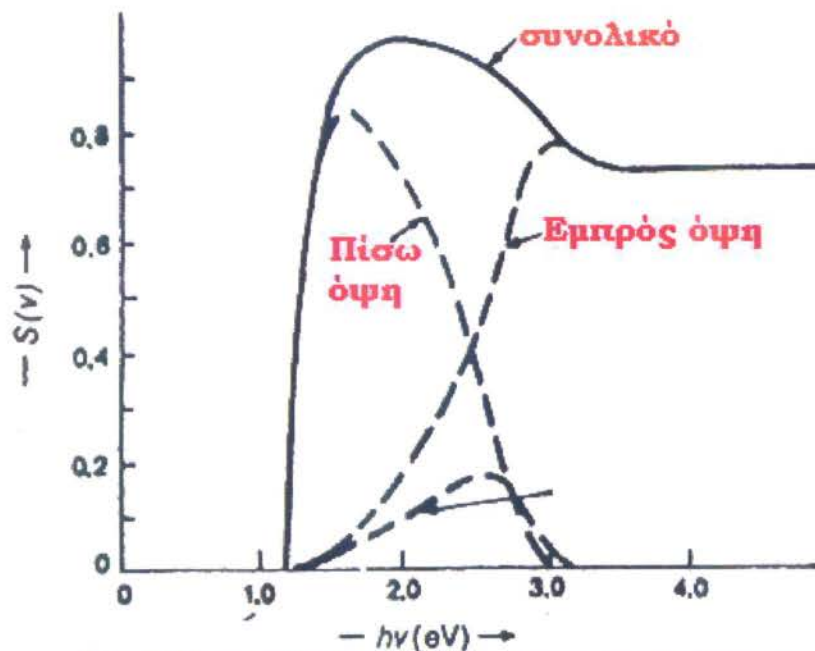
### Φωτορεύμα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου προκαλεί την διέγερσή του με αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν μετατρέπουν όλη την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια του φωτοβολταϊκού και διαχέεται προς το περιβάλλον, ενώ από το υπόλοιπο μέρος απορροφώνται ορισμένα μήκη κύματος. Τα φωτόνια που η ενέργειά τους είναι μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού χάνονται με την μορφή θερμικών απωλειών από την πίσω όψη του στοιχείου, ενώ τα φωτόνια των οποίων η ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού απορροφώνται από το υλικό παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.

Το ρεύμα αυτό  $I_{\phi}$  ονομάζεται φωτορεύμα του στοιχείου και δίνεται από τη σχέση:

$$I_{\phi} = q \int_0^{\lambda_g} S(\lambda) \cdot [1 - R(\lambda)] \cdot \Phi(\lambda) \cdot d\lambda$$

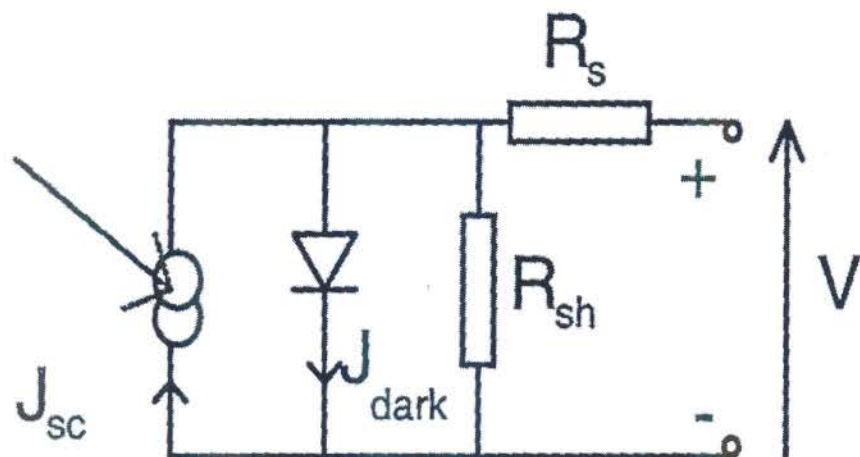
όπου  $S(\lambda)$  η φασματική απόκριση του στοιχείου,  $R(\lambda)$  ο δείκτης ανάκλασης για το κάθε μήκος κύματος,  $\Phi(\lambda)$  η φωτονική ροή και  $q$  το φορτίο του ηλεκτρονίου.



Σχ.3 Η μεταβολή της φασματικής απόκρισης  $S(\nu)$  σε συνάρτηση με την ενέργεια των φωτονίων της ακτινοβολίας, στις τρεις περιοχές ενός φωτοβολταϊκού ηλιακού στοιχείου πυριτίου : εμπρός όψη τύπου n, ζώνη εξάντλησης και πίσω όψη τύπου p.

### Μοντέλα φωτοβολταϊκών στοιχείων

Το πιο γνωστό μοντέλο που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του τρόπου λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, είναι το μοντέλο που περιέχει μία δίοδο και απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



### Μοντέλο φωτοβολταϊκού στοιχείου

Το σημαντικότερο στοιχείο του παραπάνω κυκλώματος είναι η ιδανική πηγή ρεύματος έντασης, της οποίας το φωτορεύμα  $ph I$  είναι ανάλογο της ηλιακής ακτινοβολίας. Αναλύοντας το παραπάνω κύκλωμα που αντιπροσωπεύει τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού στοιχείου εξάγεται η εξίσωση:

$$I_{PH} = I_d + I_p + I$$

Στη συνέχεια εφαρμόζοντας το νόμο των τάσεων Kirchoff και αντικαθιστώντας το ρεύμα της διόδου  $I_d$  από τη σχέση προκύπτει η εξίσωση που δίνει το ρεύμα  $I$  που διαρρέει το στοιχείο.

Κάνοντας τις εξής παραδοχές:

- Η επίδραση της  $R_p$  είναι αμελητέα ( $R_p \sim \infty$ )
- Το  $I_{PH}$  είναι ίσο με το ρεύμα βραχυκύκλωσης και
- $e^{eV+R_s I/mkT}$

Τελικά το ρεύμα που διαρρέει το στοιχείο δίνεται από τον τύπο:

$$I = I_{sc} \left[ 1 - e^{-\frac{V - V_{rs} + IR}{V_T}} \right]$$

οπου  $V = mKT/e$

### Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων

Στην χαρακτηριστική καμπύλη  $I-V$  υπάρχει ένα σημείο  $(I_m, V_m)$  στο οποίο η ισχύς λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Το σημείο αυτό ονομάζεται μέγιστο σημείο ισχύς (maximum power point, MPP). Η μέγιστη ισχύ των φωτοβολταϊκών στοιχείων δίνεται από τη σχέση:

$$P_m = I_m V_m$$

Η μέγιστη ισχύς  $P_m = I_m V_m$  δίνεται από τους κατασκευαστές μετρημένη υπό ειδικές σταθερές συνθήκες (Standard Test Condition, STC), οι οποίες αντιστοιχούν σε ακτινοβολία  $1000 \text{ W/m}^2$ , τιμή αέριας μάζας  $AM=1.5$  και θερμοκρασία  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ο παράγοντας πλήρωσης FF (fill factor). Ο παράγοντας αυτός δίνεται από το λόγο των εμβαδών του μέγιστου ορθογωνίου που μπορεί να εγγραφεί στην χαρακτηριστική καμπύλη  $I-V$ , προς το εμβαδό του ορθογωνίου που ορίζεται από τις τιμές  $V_{oc}$  και  $I_{sc}$ . Η αριθμητική του τιμή υπολογίζεται από το πηλίκο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύς  $L P$  προς το γινόμενο του ρεύματος βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$  και της τάσης ανοιχτού κυκλώματος  $V_{oc}$  και δίνεται από τη σχέση:

$$FF = \frac{L P}{I_{sc} V_{oc}}$$

Τέλος, η πιο βασική παράμετρος για την αξιολόγηση της λειτουργίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η ενεργειακή τους απόδοση  $n$ . Η απόδοση  $n$  εξαρτάται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$ , την τάση ανοιχτού κυκλώματος  $V_{oc}$  και το συντελεστή πλήρωσης FF και ισούται με το λόγο της μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος του φωτοβολταϊκού στοιχείου, προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας.

Τότε ο συντελεστής απόδοσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N = \frac{L P}{G A} \quad (16)$$

όπου  $G$  η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια  $A$  του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

### Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση

Ο συντελεστής απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν είναι σταθερός αλλά επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι η σύσταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ειδικότερα, δύο δέσμες ακτινοβολίας ίδιας ισχύος αλλά διαφορετικού μήκους κύματος οδηγούν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σε διαφορετική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η διαφορά οφείλεται κυρίως στην καταλληλότητα των φωτονίων σε σχέση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση είναι η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όπως φαίνεται από τη σχέση (16) η τάση ανοιχτού κυκλώματος εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους του ημιαγωγού, όπως το ενεργειακό διάκενο και η συγκέντρωση των φορέων. Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αντίστοιχη αύξηση της ενδογενούς συγκέντρωσης των φορέων με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται περισσότερες επανασυνδέσεις φορέων, οι οποίες οδηγούν σε μείωση της απόδοσης μετατροπής.

### Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ΦΒ μπορούν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους, αλλά και με διάφορα υλικά. Ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως σε οικιακές χρήσεις, χρησιμοποιεί την τεχνολογία thick film ενώ η δεύτερη ομάδα χρησιμοποιεί την τεχνολογία thin film. Το υλικό που χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο (Si). Φωτοβολταϊκά στοιχεία όμως κατασκευάζονται από συνδυασμό άλλων υλικών, όπως θειούχος κάδμιο (CdS), αρσενιούχο γάλλιο (GaAs), τελουριούχο κάδμιο (CdTe) και χαλκού-ινδίου-σεληνίου (CuInSe<sub>2</sub>), χαλκού-γάλλιου-δισεληνίου (CuGaSe<sub>2</sub>), χαλκού-ινδίου-θείου (CuInS<sub>2</sub>) κ.α..

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.

#### 1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ( Single-Crystalline Silicon, Sc-Si)

Το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών αυτών είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Το πάχος των υλικών αυτών είναι σχετικά μεγάλο, περίπου 300μm. Η απόδοση των

φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τη μορφή πλαισίων κυμαίνεται από 13-18% και χαρακτηρίζονται από το υψηλό κόστος κατασκευής.

## **2. Πολύ κρυσταλλικού πυριτίου ( Multi-crystalline Silicon, mc-Si)**

Η κατασκευή φωτοβολταϊκών πολύ κρυσταλλικού πυριτίου είναι πιο γρήγορη και έχει μικρότερο κόστος σε σχέση με αυτή των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία αυτά κόβονται σε τετραγωνική μορφή και αποτελούνται από λεπτά στρώματα πάχους 10 έως 50  $\mu\text{m}$ . Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού φ/β τόσο υψηλότερη απόδοση παρουσιάζει. Τα φωτοβολταϊκά αυτού του είδους έχουν αποδόσεις από 10 έως 14% υπό την μορφή πλαισίου.

## **3. Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)**

Τα ΦΒ ταινίας πυριτίου είναι κατασκευασμένα από ταινία τηγμένου κρυσταλλικού πυριτίου. Το πάχος τους είναι περίπου 3mm και η απόδοση αγγίζει το 13%. Παρόλο που η κατασκευή αυτών των στοιχείων προσφέρει μείωση 50% στη χρήση του πυριτίου, το κόστος κατασκευής είναι πολύ υψηλό.

## **4. Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon, a-Si)**

Τα φωτοβολταϊκά αυτού είδους έχουν χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα προηγούμενα είδη. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων πάχους συνήθως 10-4mm οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση πυριτίου πάνω σε ένα υπόστρωμα από γυαλί ή αλουμίνιο πάχους 1-3 mm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται από 6-8% ενώ σε εργαστηριακό περιβάλλον έχουν επιτευχθεί μεγαλύτερες αποδόσεις που αγγίζουν το 15%.

## **5. Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (Thin Film Photovoltaic )**

Στην κατηγορία αυτή εκτός από τα ΦΒ στοιχεία πυριτίου λεπτής επίστρωσης, ανήκουν και ΦΒ στοιχεία κατασκευασμένα από άλλα υλικά. Τα σημαντικότερα υλικά κατασκευής των ΦΒ αυτών είναι η ένωση  $\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$ , ο 2ισεληνοειδιούχος Χαλκός ( $\text{CuInSe}_2$  ή CIS), το Τελουριούχο Κάδμιο ( $\text{CdTe}$ ) και το Αρσενικό Γάλλιο ( $\text{GaAs}$ ). Η απόδοση των παραπάνω στοιχείων κυμαίνεται από 10 έως 25 % και παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πυρίτιο.



## Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Το μοντέλο του φωτοβολταϊκού πλαισίου (PV modules) είναι παρόμοιο με το μοντέλο ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, μόνο που οι παράμετροι του είναι προσαρμοσμένοι στο πλήθος των φωτοβολταϊκών στοιχείων από τα οποία αποτελείται.

Πιο συγκεκριμένα αυτό που καθορίζει τις παραμέτρους της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, είναι το πλήθος των παραλλήλων και εν σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Αν υποθέσουμε ότι έχουμε ένα πλαίσιο με  $M_s$  ομάδες στοιχείων σε σειρά και  $M_p$  ομάδες στοιχείων σε παράλληλη διάταξη, τότε θα ισχύουν οι σχέσεις:

$$\bullet = I$$

$$\bullet =$$

$$\bullet =$$

$$\bullet =$$

όπου  $I$  μείναι το ρεύμα του πλαισίου,  $V$  μείναι η τάση του πλαισίου,  $I_{sc}$  μείναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης του πλαισίου και  $V_{oc}$  μείναι η τάση ανοιχτού κυκλώματος του πλαισίου.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η θερμοκρασία ονομαστικής λειτουργίας (nominal cell operating temperature, NOCT). Η NOCT εκφράζει τη θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών στοιχείων υπό τις εξής συνθήκες:

- Ακτινοβολία  $800 \text{ W/m}^2$ ,
- AM 1.5,
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a = 20^\circ \text{C}$
- Ταχύτητα ανέμου  $U = 1 \text{ m/s}$

Η παράμετρος NOCT παίρνει τιμές από  $42^\circ \text{C}$  έως  $46^\circ \text{C}$  και χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της βασικής μονάδας.

## Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες ισχύος. Τα ΦΒ συστήματα είναι δυνατόν να σχεδιαστούν για ποικίλες εφαρμογές και για διάφορες λειτουργικές απαιτήσεις ενώ έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος και είναι εύκολα επεκτάσιμα. Παράλληλα χαρακτηρίζονται από την περιβαλλοντική τους συμβατότητα και την ενεργειακή τους

ανεξαρτησία καθώς η λειτουργία τους στηρίζεται στο φυσικό φως και δεν δημιουργούν κανένα θόρυβο.

Από την άλλη πλευρά, το κόστος των ΦΒ πλαισίων είναι πολύ υψηλό σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτός είναι ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, ωστόσο μελέτες δείχνουν ότι τα επόμενα χρόνια το κόστος θα μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Τέλος ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα των ΦΒ πλαισίων είναι η χαμηλή απόδοση μετατροπής του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χαμηλή απόδοση μετατροπής δεν οδηγεί μόνο σε χαμηλότερες ενεργειακές απολαβές αλλά συνδέεται άμεσα με την ανάγκη εγκατάστασης μεγαλύτερης ποσότητας ΦΒ πλαισίων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της απαιτούμενης επιφάνειας εγκατάστασης.

### **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτίριο**

Η ενσωμάτωση των *φωτοβολταϊκών* πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους. Στις λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση φβ στοιχείων στη θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των φβ πλαισίων σε ένα κτίριο:

- **Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα:** Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των φβ πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση ενώ βοηθά στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

- **Τοποθέτηση στο εξωτερικό του κτιρίου:** Σε αυτή την περίπτωση τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προσαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου το οποίο εξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη. Ο τρόπος αυτός προσφέρει καλό αερισμό των πλαισίων

- **Απευθείας τοποθέτηση:** Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε αυτή την περίπτωση τοποθετούνται στην εξωτερική οροφή του κτιρίου σε διάταξη όπως τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται

μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά.

• **Ενσωμάτωση των φβ πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου:** Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιρίου από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κτιρίου τα οποία αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

### Η ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η χρήση Φ/Β για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο θεωρείται σημαντική από περιβαλλοντική πλευρά αλλά όχι πάντα οικονομική. Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις, για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα.

Σήμερα υπάρχουν αρκετοί χρήστες, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές που χαρακτηρίζονται από έλλειψη ηλεκτρικού δικτύου, για τους οποίους τα φωτοβολταϊκά συστήματα θεωρούνται η πλέον ενδεδειγμένη και οικονομική λύση για την κάλυψη των ηλεκτρικών τους αναγκών.

Με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια  $1 \text{ m}^2$  μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 kW.

Η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και το προσανατολισμό της επιφάνειας. Για τη περιοχή της Αθήνας, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια  $1 \text{ m}^2$  κυμαίνεται περίπου στις 1.500 kWh. Με δεδομένο ότι τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας  $1 \text{ m}^2$  παράγει περίπου 110 Wp.

## **ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των Φ/Β είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης. Άλλα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας,
- μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (πάνω από 25 χρόνια)
- αθόρυβη λειτουργία,
- μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας,
- δυνατότητα ενσωμάτωσης τους σε οροφές, προσόψεις κτιρίων ως κύρια δομικά στοιχεία,
- δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί έντονο ενδιαφέρον για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια. Στις εφαρμογές αυτές τα Φ/Β συστήματα εγκαθίστανται σε κτίρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ συγχρόνως τα Φ/Β πλαίσια χρησιμοποιούνται και σαν δομικά στοιχεία για τη κάλυψη εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, όπως π.χ. σε οροφές, προσόψεις, σκίαστρα κλπ. Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν ομοίως και σε κατασκευές του ευρύτερου οικιστικού περιβάλλοντος, όπως σε υπαίθρια πάρκινγκ, στέγαστρα, ηχοπετάσματα κλπ. Τα οφέλη από τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή των Φ/Β σε κτίρια είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Η παραγωγή των Φ/Β προκύπτει κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησης, υποστηρίζοντας το σύστημα παραγωγής ενέργειας σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής. Λόγω δε της κατανεμημένης παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία ζήτησης μειώνονται οι απώλειες στο σύστημα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το κόστος των Φ/Β πλαισίων αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την ευρεία εξάπλωση της Φ/Β τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, σε αρκετές περιπτώσεις, όπως σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε περιοχές όπου το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλό, τα Φ/Β αποτελούν τη πλέον ενδεδειγμένη, τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά αποδεκτή λύση.

## **ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ**

Το κύριο όφελος για τον εγκαταστάτη Φ/Β σε κτίρια είναι η χρήση των Φ/Β και σαν δομικά στοιχεία τα οποία αντικαθιστούν άλλα υλικά της εξωτερικής επιφάνειας των κτιρίων και τα οποία πολλές φορές έχουν σημαντικό κόστος, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη προσόψεων των κτιρίων. Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αποφυγή αυτού του κόστους καθιστά οικονομικότερη τη χρήση των Φ/Β.

Οι κυριότερες εφαρμογές ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια είναι:

- η κάλυψη ολόκληρης η μέρους της οροφής του κτιρίου
- η χρήση τους σε υάλινες προσόψεις του κτιρίου
- η χρήση τους σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα, σκίαστρα.

Στις εφαρμογές πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ώστε τα Φ/Β πλαίσια να δένουν αισθητικά με την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Κατά τη φάση της σχεδίασης του Φ/Β συστήματος απαιτείται πλέον και η ενεργός συμμετοχή των αρχιτεκτόνων, ώστε να συνδυασθεί η τεχνική λύση με αποτελέσματα που πληρούν τους όρους της αισθητικής.

### Ενσωμάτωση σε κτίρια.

Για εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πλαίσια με το πλαίσιο αλουμινίου που διαθέτουν. Σε αυτήν τη περίπτωση απαιτείται μια πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή πάνω στην οποία θα πρέπει να τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια.

Για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων σε νέα κτίρια είναι προτιμότερα τα πλαίσια χωρίς το πλαίσιο αλουμινίου (τύπου 'laminate') τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωσή τους σαν δομικές επιφάνειες του κτιρίου. Η στήριξη των πλαισίων μπορεί να γίνει με ειδικά σχεδιασμένα υλικά ή με τυποποιημένα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αγορά για τη στήριξη υαλοπινάκων.

Επίσης πολλές κατασκευάστριες εταιρείες μπορούν να παράγουν Φ/Β κατά παραγγελία σε συγκεκριμένες διαστάσεις ή ακόμα και σε διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα. Για εφαρμογές ενσωμάτωσης Φ/Β πλαισίων σε κτίρια διατίθενται και πλαίσια διαφόρων χρωμάτων και βαθμού διαφάνειας, σε βάρος όμως της απόδοσης. Επίσης οι κατασκευαστές διαθέτουν και ειδικά προϊόντα όπως Φ/Β πλαίσια που μπορούν να αντικαταστήσουν απευθείας κεραμίδια, ή άλλα συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη οροφών.

Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέψει την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές των Φ/Β σε κτίρια, παρόλα' αυτά αυτό δεν είναι συνήθως δυνατό καθόσον υπάρχουν περιορισμοί από τις δεδομένες επιφάνειες του κτιρίου. Έτσι δεν γίνεται πάντα η βέλτιστη εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας, όμως οι απώλειες από το μη σωστό προσανατολισμό μπορούν να μην είναι τόσο σημαντικές, σε σχέση με τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση των πλαισίων σε αντικατάσταση άλλων δομικών στοιχείων του κτιρίου. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα, κυρίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος. Σε περιπτώσεις δε που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα Φ/Β πλαίσια, συνιστάται η σύνδεση των Φ/Β πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας. Σε μια συστοιχία με μη ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας ή σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με τη μικρότερη απόδοση.

### Ηλεκτρική σύνδεση

Η έξοδος της Φ/Β συστοιχίας συνδέεται μέσω κατάλληλων μετατροπέων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από το Φ/Β σύστημα χρησιμοποιείται για τη κάλυψη μέρους των αναγκών του κτιρίου ενώ οι υπόλοιπες καλύπτονται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι ο ιδιοκτήτης ωφελείται από τη μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Αν υπάρχουν περίοδοι που η παραγωγή από τα Φ/Β είναι μεγαλύτερη από το φορτίο του κτιρίου, το πλεόνασμα της ενέργειας μπορεί να πωλείται στο δίκτυο με τη προβλεπόμενη τιμή. Για τη σύνδεση των Φ/Β συστοιχιών με το ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιούνται μετατροπείς οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο

Η υψηλή τεχνολογία των μετατροπέων επιτρέπει τη παροχή ηλεκτρικής ισχύος εξόδου υψηλής ποιότητας, ενώ για λόγους ασφαλείας του δικτύου διακόπτουν τη λειτουργία τους σε περίπτωση που διακόπτεται η παροχή του δικτύου.

### **Εφαρμογές στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από τον μικρό αριθμό εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος τάξεως μεγέθους 1400 kWp. Οι δε εφαρμογές των Φ/Β σε κτίρια είναι ελάχιστες και συνήθως τα Φ/Β δεν είναι ενταγμένα σαν δομικά στοιχεία αλλά τοποθετούνται στην οροφή. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν ορισμένες εταιρίες που προσπαθούν να δραστηριοποιηθούν στον χώρο αυτό. Τέτοιες εταιρίες ασχολούνται συνήθως με την παραγωγή και εμπορία προφίλ αλουμινίου, ενώ μια μεγάλη κατασκευαστική εταιρία κατασκευάζει εργοστάσιο παραγωγής Φ/Β, όπου μεταξύ άλλων θα παράγει και ολοκληρωμένες οροφές κατοικιών με Φ/Β.

## **ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ**

### **Εισαγωγή**

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να παρέχουν ένα μεγάλο μέρος σε ποσότητα ζεστού νερού για οικιακή χρήση με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας. Η ποσότητα και η θερμοκρασία του ζεστού νερού που παρέχουν τα συστήματα αυτά, εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του συστήματος, την τοποθεσία εγκατάστασης και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για

την άμεση ή έμμεση θέρμανση νερού με χρήση ηλιακών συλλεκτών και την αποθήκευσή του σε θερμομονωτικά δοχεία.

### Είδη ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- (α) σε συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και
- (β) σε συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας, η κυκλοφορία του ρευστού απολαβής θερμότητας πραγματοποιείται με φυσικά κυκλοφορία χωρίς να απαιτείται εξωτερική παρέμβαση, ενώ στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας για την κυκλοφορία του νερού χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα θερμοσιφωνικά συστήματα (Thermosiphonsystems) και οι ηλιακές συσκευές ολοκληρωμένου συλλέκτη (IntegratedCollectorStorage, ICS) ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα ηλιακά θερμικά συστήματα με κύκλωμα διαφορικού ελέγχου (Differentialcontrolleroperatedpumpsystems). Στα συστήματα αυτά, οι συλλέκτες που έχουν τοποθετηθεί στην σκεπή ή την ταράτσα του κτιρίου συνδέονται με δεξαμενές νερού που βρίσκονται εντός του κτιρίου ενώ ένας διαφορικός θερμοστάτης φροντίζει για την έναρξη ή την διακοπή της κυκλοφορίας ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας του νερού μεταξύ των συλλεκτών και της δεξαμενής.

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού μπορούν να ταξινομηθούν σε ανοιχτού κυκλώματος (OpenLoop-Directsystems) ή σε κλειστού κυκλώματος (ClosedLoopIndirectsystems) ανάλογα τον τρόπο θέρμανσης του νερού. Τα συστήματα ανοιχτού κυκλώματος αποτελούνται από ένα κύκλωμα μέσα στο οποίο κυκλοφορεί νερό, το οποίο θερμαίνεται απευθείας από τον ηλιακό συλλέκτη καθώς βρίσκεται σε άμεση επαφή με αυτόν όπου στη συνέχεια αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή. Αντίθετα, στα συστήματα κλειστού κυκλώματος το νερό θερμαίνεται με αγωγιμότητα μέσω εναλλακτών θερμότητας από ένα ρευστό (συνήθως μίγμα νερού και αντιψυκτικού) το οποίο κυκλοφορεί σε χωριστό κύκλωμα στη δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης (εξωτερικό μανδύα ή σερπαντίνα). Τα κυριότερα συστήματα ανοιχτού κυκλώματος είναι οι ηλιακές συσκευές ολοκληρωμένου συλλέκτη, ενώ τα θερμοσιφωνικά συστήματα είναι κλειστού κυκλώματος. Τα διαφορικά συστήματα μπορούν να είναι είτε ανοιχτού είτε κλειστού τύπου. Παρακάτω περιγράφονται τα βασικότερα είδη ηλιακών θερμικών συστημάτων.



### **• Θερμοσιφωνικό σύστημα**

Τα θερμοσιφωνικά συστήματα (Thermosiphonsystems) είναι τα πιο διαδεδομένα θερμικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού και αποτελούνται από έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το ρευστό και απολαβής θερμότητας και μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμικά μονωμένη (εικόνα 1).

Η είσοδος του ρευστού απολαβής θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας γίνεται από το κάτω μέρος του της δεξαμενής και η έξοδος του από τον συλλέκτη οδηγείται στο επάνω μέρος της δεξαμενής. Το κύκλωμα αυτό είναι ανεξάρτητο και δεν έρχεται σε επαφή με το νερό χρήσης το οποίο εισάγεται από το δίκτυο ύδρευσης στο κάτω μέρος της δεξαμενής και αφού θερμανθεί εξάγεται από το πάνω μέρος. Η κυκλοφορία του ρευστού μέσα στο συλλέκτη και η μεταφορά θερμότητας επιτυγχάνεται με τη φυσικά κυκλοφορία που δημιουργείται όταν ο ηλιακός συλλέκτης και το ρευστό το οποίο περιέχει θερμανθούν με την ηλιακή ακτινοβολία.

Το θερμό νερό στον σωλήνα εξόδου είναι ελαφρότερο από το κρύο νερό στον σωλήνα εισόδου κάτι που δημιουργεί μια συνεχή ροή λόγω διαφοράς πυκνότητας στα δύο τμήματα. Για αυτό το λόγο στα θερμοσιφωνικά συστήματα η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετείται σε υψηλότερο σημείο από τον ηλιακό συλλέκτη. Επίσης σε ορισμένες μέσες στο δοχείο αποθήκευσης υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση για θέρμανση του νερού χρήσης στην περίπτωση που δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.

### **• Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS**

Σε μια ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή (IntegratedCollectorStorage), ο ηλιακός συλλέκτης αποτελεί ταυτόχρονα και το δοχείο αποθήκευσης του νερού. Το δοχείο αποθήκευσης είναι συνήθως κυλινδρικό για να αντέχει την πίεση του δικτύου ύδρευσης ενώ η εξωτερική του επιφάνεια βάφεται με μαύρο χρώμα ή επιστρώνεται με ειδική επιλεκτική επιφάνεια για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε πολλές περιπτώσεις, τοποθετούνται περισσότερα από ένα δοχεία σε σειρά με την έξοδο του καθενός να συνδέεται με την είσοδο του επόμενου αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την συνολική απόδοση της συσκευής. Στις συσκευές αυτές, επειδή το δοχείο αποθήκευσης είναι ταυτόχρονα και η απορροφητική επιφάνεια παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις διάφανα θερμομονωτικά υλικά, διπλά διάφανα καλύμματα ή και ακόμα χρήση κενού μεταξύ του απορροφητή και του γυάλινου καλύμματος.

## Ολοκληρωμένη ηλιακή συσκευή ICS (α) και θερμοσιφωνικό σύστημα (β) • Ηλιακά θερμικά συστήματα διαφορικού ελέγχου



Τα ηλιακά θερμικά συστήματα διαφορικού ελέγχου (Differential controller operated pumps systems) αποτελούνται από τους συλλέκτες, μία ή δύο θερμικές δεξαμενές αποθήκευσης και ένα δίκτυο διανομής του ρευστού με κυκλοφορητή. Τα συστήματα αυτά έχουν ένα διαφορικό σύστημα ελέγχου το οποίο καταγράφει τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ρευστού του συλλέκτη και του νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης. Όταν η θερμοκρασία του ρευστού του συλλέκτη είναι υψηλότερη από αυτή του νερού στην δεξαμενή, ο κυκλοφορητής τίθεται σε λειτουργία με σκοπό να κυκλοφορήσει το ρευστό έως η διαφορά θερμοκρασίας να γίνει πολύ μικρή.

Επιπλέον το διαφορικό σύστημα ελέγχου διακόπτει την λειτουργία της κυκλοφορίας σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα κέρδους ενέργειας από τον ήλιο, ενώ σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, εκκινεί μια βάνα, η οποία τροφοδοτεί τους συλλέκτες με ζεστό νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης.

Επίσης σε αυτά τα συστήματα επειδή η κυκλοφορία δεν γίνεται με φυσική κυκλοφορία, η σχετική θέση δεξαμενής-συλλεκτών δεν έχει σημασία από λειτουργικής πλευράς.

### Θερμικά Ηλιακά συστήματα διαφορικού ελέγχου

#### Κατηγορίες ηλιακών συλλεκτών

Οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού. Υπάρχουν πολλά είδη ηλιακών συλλεκτών ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους και την χρήση για την οποία προορίζονται. Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- **Συλλέκτες υγρού:** Οι ηλιακοί συλλέκτες της κατηγορίας αυτής, χρησιμοποιούν ως μέσο απολαβής της θερμότητας υγρό στοιχείο (συνήθως νερό) και χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση νερού σε σπίτια και σε πισίνες.
- **Συλλέκτες αέρα:** Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εφαρμογές για θέρμανση εσωτερικών χώρων. Αντίστοιχα με του συλλέκτες υγρού τύπου οι συλλέκτες αυτοί χρησιμοποιούν ως μέσο απολαβής θερμότητας τον αέρα.

#### **Επίπεδο ηλιακοί συλλέκτες (Flatplate solar collectors)**

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης αποτελεί το πιο διαδεδομένο είδος ηλιακού συλλέκτη. Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μεταλλικό περίβλημα με διαφανές κάλυμμα μέσα στο οποίο βρίσκεται μία φωτοαπορροφητική πλάκα για την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες υγρού τύπου υπάρχει ένα δίκτυο σωλήνων σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια. Η λειτουργία του στηρίζεται στη μετάδοση θερμότητας από την απορροφητική πλάκα στους σωλήνες και στη συνέχεια στο υγρό με αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του. Στους επίπεδους συλλέκτες αέρα πίσω από την απορροφητική πλάκα υπάρχει ένας αγωγός μέσα στον οποίο ρέει με φυσική μεταφορά το ρευστό. Οι συλλέκτες αέρα σε σύγκριση με τους συλλέκτες υγρού τύπου παρουσιάζουν χαμηλότερη απόδοση λόγω του μικρότερου ποσού θερμότητας που μεταφέρεται από την πλάκα στον αέρα ενώ παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι είναι απλούστεροι στην κατασκευής τους

(α)

(β)

Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες: (α) αέρα και (β) υγρού τύπου

#### **Συλλέκτες σωλήνων κενού (Evacuated tube collectors)**

Οι συλλέκτες αυτοί αποτελούνται από ένα σύστημα με αρθρωτούς σωλήνες, στο κέντρο των οποίων βρίσκεται απορροφητική επιφάνεια σε θερμική επαφή με λεπτό μεταλλικό αγωγό. Μέσα στους σωλήνες έχει δημιουργηθεί κενό αέρος μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις θερμικές απώλειες του συλλέκτη. Σε τέτοιους συλλέκτες ο θερμικός φορέας απαγωγής θερμότητας που δημιουργείται στο στην απορροφητική επιφάνεια είναι είτε νερό είτε ρευστό αλλαγής φάσης όπως αλκοόλη. Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται οι συλλέκτες σωλήνων κενού με χρήση ανακλαστήρων για τη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και οι συλλέκτες κενού διπλών εξωτερικών σωλήνων για καλύτερη θερμική προστασία.

### **Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες (Concentrating solar collectors)**

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που επιτυγχάνονται με τους συνήθεις επίπεδους συλλέκτες. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες ταξινομούνται ανάλογα με το λόγο συγκέντρωσης που επιτυγχάνεται, το είδος των ανακλαστήρων που χρησιμοποιούνται και το είδος εστίασης που επιτυγχάνουν (για παράδειγμα σημειακή ή γραμμική).

Διάφοροι τύποι συγκεντρωτικών συλλεκτών και ο αντίστοιχος βαθμός συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

### **Υβριδικοί φωτοβολταϊκοί/θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες (Photovoltaic/Thermal solar Collectors, PV/T solar collectors)**

Οι υβριδικοί φωτοβολταϊκοί/θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες έχουν την δυνατότητα να παρέχουν τόσο ηλεκτρική όσο και θερμική ενέργεια. Τα υβριδικά φβ/θ συστήματα αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πλαίσια πίσω από τα οποία υπάρχει ενσωματωμένη θερμική μονάδα απολαβής θερμότητας όπου κυκλοφορεί το ρευστό. Οι συλλέκτες αυτοί χωρίζονται σε υβριδικούς φβ/θ συλλέκτες νερού και σε υβριδικούς φβ/θ συλλέκτες αέρα, ανάλογα με το ρευστό απολαβής θερμότητας που χρησιμοποιούν. Τα παραπάνω συστήματα εκμεταλλεύονται την θερμότητα που οφείλεται στις απώλειες των φωτοβολταϊκών πλαισίων, λόγω της περιορισμένης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την συνολική απόδοση του συστήματος.

### Μοντέλα θερμικών ηλιακών συλλεκτών

Η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη εξαρτάται από μια σειρά τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών για τη σωστή μοντελοποίηση της συνολικής λειτουργίας των θερμικών ηλιακών συλλεκτών. Όλα τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που προσεγγίζουν τη λειτουργία του συλλέκτη. Τα μοντέλα αυτά είναι:

- Μοντέλο σταθερής κατάστασης (steady-state model): Το μοντέλο αυτό, περιγράφει τη στιγμιαία συμπεριφορά ενός συλλέκτη σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, δηλαδή σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σημαντική διακύμανση τόσο στα μετεωρολογικά μεγέθη (ακτινοβολία, θερμοκρασία περιβάλλοντος) όσο και σε κάποια λειτουργικά χαρακτηριστικά του συλλέκτη ( παροχή και θερμοκρασία εισόδου του ρευστού).

- Δυναμικά μοντέλα (dynamic models): Τα δυναμικά μοντέλα προσεγγίζουν τη στιγμιαία συμπεριφορά του συλλέκτη, λαμβάνοντας υπόψη τα μεταβατικά φαινόμενα που οφείλονται στις θερμοχωρητικότητες των κατασκευαστικών υλικών ενός θερμικού ηλιακού συστήματος. Στην κατηγορία των δυναμικών μοντέλων υπάγονται και τα μοντέλα ‘quasi’ τα οποία λαμβάνουν υπόψη ορισμένα από τα θερμοχωρητικά στοιχεία ενός συστήματος.

Η βασική διαφορά των δύο μοντέλων έγκειται στις επιπτώσεις της συμπεριφοράς του συλλέκτη από τις μετεωρολογικές κυρίως μεταβολές σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας. Όταν η συνολική θερμοχωρητικότητα των υπο-συστημάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του συλλέκτη (συνηθέστερη περίπτωση), το μοντέλο σταθερής κατάστασης προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία του συστήματος. Στην περίπτωση όμως που πρόκειται για συστήματα με θερμοχωρητικότητα συγκρίσιμη με αυτή του συλλέκτη, το δυναμικό μοντέλο κρίνεται ότι είναι πιο αποτελεσματικό.

### Αποθήκευση θερμότητας σε ηλιακές δεξαμενές

Η αποθήκευση θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια θερμικών δεξαμενών, οι οποίες χωρίζονται ανάλογα με τη γεωμετρία κατασκευής τους, το θερμικό φορέα που χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικό μέσο και τον προσανατολισμό τους. Η θερμική δεξαμενή αποτελεί σημαντικό τμήμα ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού καθώς θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες του χρήστη αλλά ταυτόχρονα να φροντίζει για την μέγιστη αποδιδόμενη ενέργεια.

Οι κύριοι παράμετροι που επηρεάζουν την συμπεριφορά μιας ηλιακής δεξαμενής και κατ'έπекταση την απόδοση όλου του συστήματος είναι το μέγεθος τους, οι θερμικές απώλειες από τα τοιχώματα προς το περιβάλλον και η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση του νερού μέσα στην δεξαμενή.

Το μέγεθος μιας θερμικής ηλιακής δεξαμενής καθορίζεται από το πηλίκο του όγκου (V) περιεχόμενου νερού της δεξαμενής προς την επιφάνεια ανοίγματος (A<sub>a</sub>) του ηλιακού συλλέκτη. Για συνήθεις εφαρμογές εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας, το μέγεθος των ηλιακών δεξαμενών επιλέγεται τηρώντας μια αναλογία της τάξης των 50-100 l/m<sup>2</sup>.

Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μιας δεξαμενής εξαρτάται από το σχήμα της δεξαμενής, το πάχος της και τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής. Οιολικές θερμικές απώλειες μιας δεξαμενής εκφράζονται από τον συντελεστή θερμικών απωλειών U<sub>s</sub>, οποίος είναι συνάρτηση της μάζας, της μέσης θερμοκρασίας και της θερμοχωρητικότητας του νερού εντός της δεξαμενής.

Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία μιας ηλιακής δεξαμενής έχει προσπάθεια επίτευξης όσο το δυνατόν καλύτερης θερμοκρασιακής διαστρωμάτωσης του νερού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ενεργειακή απολαβή. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μια δεξαμενή το νερό υψηλής θερμοκρασίας που προέρχεται από το συλλέκτη και το νερό χαμηλής θερμοκρασίας που προέρχεται από δίκτυο διανομής συνυπάρχουν στην ίδια δεξαμενή με το πρώτο στο ανώτερο και το δεύτερο στο κατώτερο τμήμα αντίστοιχα. Η διατήρηση αυτού του στρώματος θερμοκρασιακής διαβάθμισης είναι από τους κυριότερους στόχους κατά τη μελέτη και κατασκευή θερμικών ηλιακών δεξαμενών.

## ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Γενικά

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Οι μετακινήσεις του αέρα, οι άνεμοι, προέρχονται από τις μεταβολές και τις διαφορετικές από τόπο σε τόπο τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι τιμές αυτές της πίεσης οφείλονται στη διαφορετική θέρμανση (απορρόφηση ενέργειας) της ατμόσφαιρας κάθε τόπου από τον ήλιο.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις από μετεωρολογικούς οργανισμούς η ισχύς του ανέμου σε παγκόσμια κλίμακα είναι  $3.6 \times 10^9$  MW ενώ ταυτόχρονα η εκμεταλλεύσιμη ενέργεια σε διάφορες τοποθεσίες του κόσμου αντιστοιχεί στο 1% και υπολογίζεται ότι είναι περίπου  $175 \times 10^{12}$  KWh.



### Ιστορία Αιολικών μηχανών

Η αιολική ενέργεια, μια από τις παλαιότερες μορφές φυσικής ενέργειας, αξιοποιήθηκε από πολύ νωρίς για την παραγωγή μηχανικού έργου και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας. Η σημασία της ενέργειας του ανέμου φαίνεται από τα αρχαία χρόνια όπου χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την μετακίνηση των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων γεγονός που συνέβαλε αποφασιστικά στην ανάπτυξη της ναυτιλίας.

Οι πρώτες μηχανές αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας ήταν οι ανεμόμυλοι. Παρόλο που φαίνεται ότι οι αρχαίοι λαοί της Ανατολής χρησιμοποιούσαν ανεμόμυλους, η πρώτη αναφορά για τέτοιες μηχανές εμφανίζεται σε έργα Αράβων συγγραφέων του 9ου μ.Χ. αιώνα. Ο ανεμόμυλος έφτασε στην Ευρώπη από τους Άραβες και χρησιμοποιήθηκε σε χώρες όπως η Γαλλία και η Αγγλία σε έργα με τη μορφή υδραυλικού τροχού.

Ο ανεμόμυλος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως ανεμογεννήτρια το 1890 όταν εγκαταστάθηκε πάνω σε χαλύβδινο πύργο ανεμόμυλος του Π. Λα Κούρ στη Δανία, με φτερά με

σχισμές και διπλά πτερύγια αυτόματης μετάπτωσης προς τη διεύθυνση του ανέμου. Μετά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο πραγματοποιήθηκαν πειράματα με ανεμόμυλους των οποίων τα φτερά έμοιαζαν με πτερύγια αεροπορικής έλικας ενώ το 1931 μια τέτοια ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε στην Κριμαία, με την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ να διοχετεύεται στο τοπικό δίκτυο της περιοχής. Πραγματικές ανεμογεννήτριες με δύο πτερύγια λειτούργησαν στις ΗΠΑ και στην Αγγλία κατά τη δεκαετία του 1940 ενώ στην Δανία ο J.Jual κατασκεύασε μια ανεμογεννήτρια με τρία πτερύγια αλληλο συνδεόμενα μεταξύ τους και με έναν πρόβολο στο μπροστινό μέρος του άξονα περιστροφής.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο πολλοί περίμεναν ότι η αιολική ενέργεια θα συνέβαλλε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά οι προσπάθειες ανάπτυξης ατόνησαν μέχρι την δεκαετία του 1970 μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973). Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατίθενται στο εμπόριο.

### Ταχύτητα ανέμου

Η κίνηση του ανέμου ακολουθεί τους νόμους της μηχανικής των ρευστών, οι οποίοι διέπουν τη τυρβώδη ροή ενός ρευστού. Συνεπώς η ταχύτητα του ανέμου είναι ένα ιδιαίτερο μεταβλητό μέγεθος, το οποίο εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις ακόμα και σε μικρά χρονικά διαστήματα.

Εξετάζοντας το πεδίο ταχυτήτων μιας περιοχής, είναι σημαντικό να καταγραφούν και οι μέγιστες τιμές της ταχύτητας του ανέμου. Συνήθως για τη στατιστική πρόβλεψη των μέγιστων ταχυτήτων του ανέμου χρησιμοποιούνται οι μέσες ωριαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου για ένα χρονικό διάστημα. Το στατιστικό παράδειγμα που προκύπτει αναλύεται με στατιστικές μεθόδους και προσδιορίζεται η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου που σχετίζεται με τη μέγιστη καταπόνηση των τμημάτων μιας αιολικής μηχανής και κατ'έκταση με το χρόνο ζωής της.

### Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος

Η ένταση του ανέμου μεταβάλλεται με την αύξηση του ύψους. Στο οποίο γίνεται η καταγραφή του αιολικού δυναμικού. Το πάχος της ατμόσφαιρας μέσα στο οποίο συμβαίνει η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου, το ορικό στρώμα, εκτείνεται από μερικά μέτρα έως και 2 km.

Για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας σε μια περιοχή με τη μεταβολή του ύψους χρησιμοποιούνται σχέσεις, οι οποίες ανάγουν την ταχύτητα του ανέμου σε ένα συγκεκριμένο



ύψος αναφοράς σε οποιοδήποτε ύψος. Στη βιβλιογραφία προτείνονται διάφορες αναλυτικές σχέσεις της μεταβολής του ανέμου με το ύψος. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

1. Η λογαριθμική σχέση (log-law) η οποία εκφράζεται σαν:

$$\frac{V_z}{V_{z1}} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z1}{z_0}\right)}$$

και δίνει την ταχύτητα του ανέμου σε ύψος " z " από το έδαφος σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου σε ένα ύψος αναφοράς "z1" .

2. Η εκθετική σχέση (powerlaw) η οποία εκφράζεται σαν:

$$\frac{V_z}{V_{z1}} = \left(\frac{z}{z1}\right)^a$$

(28)

και δίνει την ταχύτητα του ανέμου σε ύψος " z " από το έδαφος συναρτήσει της παραμέτρου " a ", της οποίας η τιμή εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και τη διεύθυνση του ανέμου. Οι τιμές αυτής της παραμέτρου κυμαίνονται μεταξύ του 0.07 για παγωμένες επιφάνειες και του 0.47 για αστικές περιοχές.

### Επίδραση εμποδίων στη ροή του ανέμου

Σημαντική επίδραση στην ταχύτητα του ανέμου έχει η παρουσία μεμονωμένων εμποδίων, π.χ. ενός δέντρου ή μιας κατοικίας, στο πεδίο ροής του ανέμου. Γύρω από ένα εμπόδιο και κυρίως, πίσω από αυτό, κατά την διεύθυνση του ανέμου δημιουργείται χώρος έντονων διαταράξεων που χαρακτηρίζεται ως σκιά του ανέμου. Η επίδραση των αναταράξεων εκτείνεται, πίσω από το εμπόδιο, σε μήκος μέχρι και δεκαπέντε φορές το ύψος του εμποδίου και πάνω από αυτό μέχρι το διπλάσιο του ύψους του (σχήμα 10). Για αυτό το λόγο σε περιοχές εγκατάστασης αιολικών μηχανών εξετάζεται ιδιαίτερα η διαμόρφωση του πεδίου ροής .

### Είδη Αιολικών Μηχανών

Οι αιολικές μηχανές έχουν ως σκοπό την αξιοποίηση του μεγαλύτερου ποσοστού της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι Α/Γ είναι οι εξής:

- Οριζοντίου άξονα (Horizontalaxis-headon): στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου.
- Οριζοντίου άξονα (Horizontalaxis-Crosswind): στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς τη επιφάνεια της γης αλλά κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου.
- Καθέτου άξονα (Verticalaxis): στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στη ροή του ανέμου.

Οι Α/Γ οριζοντίου άξονα μπορούν διαχωριστούν σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς το πύργο στήριξης και τη διεύθυνση του ανέμου. Οι Α/Γ που έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο είναι τύπου up-wind ενώ αυτές που έχουν το δρομέα πίσω από το πύργο είναι τύπου down-wind. Από την άλλη πλευρά οι πιο διαδομένες Α/Γ καθέτου άξονα είναι οι μηχανές τύπου Darrieus και οι μηχανές τύπου Savonius. Οι μοντέρνες ανεμογεννήτριες ταξινομούνται επίσης ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων τους σε ταχύστροφες και σε αργόστροφες ανάλογα με την τιμή ενός αδιάστατου μεγέθους γνωστού ως παράμετρος περιστροφής  $\lambda$  (tipspeedratio).

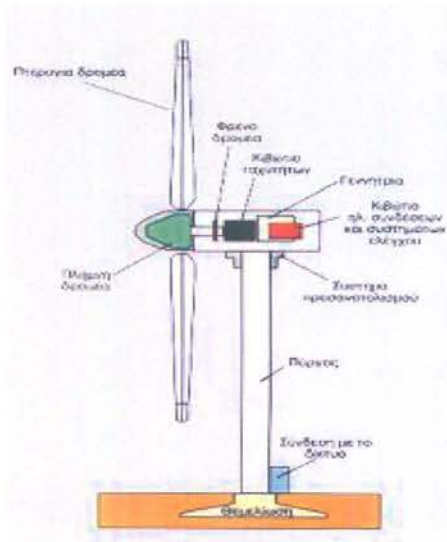
Ακόμα, οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται ανάλογα με τη μηχανική ισχύ  $N$  που παρέχουν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες.

1. Μικρές Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι μεταξύ:  $50 \text{ W} \leq N \leq 10 \text{ kW}$
2. Μεσαίες Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι μεταξύ:  $10 \text{ kW} \leq N \leq 200 \text{ kW}$
3. Μεγάλες Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι:  $200 \text{ kW} \leq N$

Τέλος μία παράμετρος που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των Α/Γ είναι η παράμετρος στιβαρότητας (solidity) της κατασκευής  $\sigma$ . Η στιβαρότητα συνήθως ορίζεται ως ο λόγος του εμβαδού όλων των πτερυγίων, προς το εμβαδό της επιφάνειας που διαγράφουν τα πτερύγια κατά την περιστροφή.

**Μια Α/Γ αποτελείται από τα παρακάτω μέρη Ρότορας (δρομέας):**

Οι πτέρυγες του δρομέα έχουν σχεδιαστεί ώστε να γυρίζουν με τον άνεμο, περιστρέφοντας στην γεννήτρια. Σε μεγάλες κυρίως Α/Γ, με σκοπό την αύξηση των στροφών της γεννήτριας συνδέεται κατάλληλα κιβώτιο ταχυτήτων.



**Πτερύγια:** Τα πτερύγια είναι το τμήμα της Α/Γ πάνω στο οποίο δημιουργείται άνοση από τον άνεμο που έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ροπής στον άξονα περιστροφής με συνέπεια την περιστροφή τους. Οι περισσότερες Α/Γ έχουν δύο ή τρία πτερύγια.

**Κέλυφος:** Το κέλυφος βρίσκεται πάνω από τον πύργο και περιλαμβάνει πολλά μηχανικά και ηλεκτρονικά τμήματα τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες υψηλής/χαμηλής ταχύτητας, την γεννήτρια και το φρένο.

**Γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρισμού:** Η γεννήτρια είναι υπεύθυνη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν η ταχύτητα του ανέμου αποκτήσει τέτοια τιμή ώστε να περιστραφούν τα πτερύγια. Οι γεννήτριες χωρίζονται σε μεγάλες κατηγορίες:

- (α) τις σύγχρονες και
- (β) τις ασύγχρονες μηχανές.

**Κιβώτιο ταχυτήτων:** Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι το τμήμα της Α/Γ που φροντίζει να αυξάνει τις στροφές του άξονα που καταλήγει στην γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

**Σύστημα διεύθυνσης και προσανατολισμού:** Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα απαιτούν ένα μηχανισμό, ο οποίος να τις στρέφει προς την διεύθυνση του ανέμου. Για αυτό το λόγο η άτρακτος της Α/Γ στηρίζεται συνήθως σε έναν μηχανικό στροφέα ο οποίος δέχεται εντολές από ένα ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης της διεύθυνσης του ανέμου.

**Σύστημα προστασίας:** Οι σύγχρονες Α/Γ διαθέτουν μηχανισμούς που τις θέτει εκτός λειτουργίας για λόγους ασφάλειας όταν η ένταση της ταχύτητας του ανέμου είναι πολύ υψηλή.

**Πύργος στήριξης:** Ο πύργος υψώνει την άτρακτο της Α/Γ σε μεγάλο ύψος ώστε να εκμεταλλευτεί τις υψηλές ταχύτητες ανέμου. Ο πύργος στήριξης απαιτεί ιδιαίτερο σχεδιασμό καθώς θα πρέπει να διαθέτει μεγάλο ύψος ενώ ταυτόχρονα να είναι γερός έτσι ώστε να αντέχει τα δυναμικά φορτία που οφείλονται τόσο στην λειτουργία της Α/Γ όσο και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

### **Μικρές Ισχύος Ανεμογεννήτριες**

Οι μικρές ανεμογεννήτριες αναφέρονται σε αιολικά συστήματα τα οποία έχουν ονομαστική ισχύ έως 10kW . Οι ανεμογεννήτριες αυτές έχουν διάμετρο δρομέα από 0.58μέως 8m και τοποθετούνται συνήθως σε πύργους με ύψος που κυμαίνεται από 10m έως τα 40m .

Οι μικρές Α/Γ χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες ανάλογα με την ονομαστική ισχύ εξόδου τους οι οποίες είναι:

- (α) Micro wind turbines με ονομαστική ισχύ  $50 \leq N \leq 1\text{kW}$  ,
- (β) Mid-range wind turbines με ονομαστική ισχύ  $1 \text{ kW} \leq N \leq 5\text{kW}$ ,
- (γ) Mini wind turbines με ονομαστική ισχύ  $5 \text{ kW} \leq N \leq 10 \text{ kW}$

### **Δομικά στοιχεία Μικρών Α/Γ**

Μια μικρή Α/Γ γενικά αποτελείται από έναν δρομέα με πτερύγια, έναν κινητήρα, έναν πύργο στήριξης και ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελείται από την απαραίτητη καλωδίωση,

ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρία), ένα ρυθμιστή φόρτισης και ένα μετατροπέα τάσης. Όπως και στις μεγάλες Α/Γ, οι μικρές Α/Γ χωρίζονται σε οριζοντίου και κατακορύφου άξονα, με τον αριθμό των πτερυγίων τους να ποικίλει.

Το μεγαλύτερο ποσοστό εγκατεστημένων μικρών Α/Γ κατέχουν οι οριζοντίου άξονα γεννήτριες και ιδιαίτερα αυτές που διαθέτουν τρία πτερύγια καθώς λειτουργούν πιο αποδοτικά σε σχέση με αυτές που διαθέτουν περισσότερα πτερύγια λόγω καλύτερης αεροδυναμικής σχεδίασης. Από την άλλη πλευρά οι μικρές Α/Γ κατακορύφου άξονα παρόλο τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς λόγω της χαμηλής απόδοσής τους και του μεγαλύτερου κόστους τους σε σχέση με τις Α/Γ οριζοντίου άξονα.

### **Πτερύγια Μικρών Α/Γ**

Τα πτερύγια είναι το τμήμα της ανεμογεννήτριας που θέτει σε κίνηση το δρομέα της Α/Γ ο οποίος με τη σειρά κινεί την γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο σχεδιασμός αυτών των πτερυγίων καθορίζεται από το μέγεθος και τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της Α/Γ καθώς από το υλικό κατασκευής τους.

Έχει παρατηρηθεί ότι η μηχανική αντοχή των πτερυγίων στη βάση στήριξης τους μειώνεται με την αύξηση του αριθμού τους. Οι μικρές Α/Γ που διαθέτουν τρία πτερύγια λειτουργούν πιο ομαλά, γεγονός που οφείλεται στην σταθερή τιμή στην ροπή σε σχέση με τη περιστροφική κίνηση της Α/Γ. Παράλληλα οι ανεμογεννήτριες αυτές παρουσιάζουν χαμηλότερο επίπεδο θορύβου και είναι οικονομικά πιο αποδοτικές. Για αυτούς τους κυρίως λόγους, οι Α/Γ με τρία πτερύγια είναι η πιο κοινή σχεδιαστική επιλογή για τους περισσότερους κατασκευαστές μικρών ανεμογεννητριών παρόλο που άλλοι εξακολουθούν να χρησιμοποιούν δύο ή και περισσότερα από τρία πτερύγια.

Τα πτερύγια των μικρών ανεμογεννητριών είναι κυρίως κατασκευασμένα από συνθετικά υλικά όπως ο υαλοβάμβακας με αφρώδη πυρήνα, ο πολυεστέρας με ενισχυμένο γυαλί, ξύλο και ανοξείδωτο σίδηρο. Αυτά τα συνθετικά υλικά έχουν το πλεονέκτημα ότι παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες και υψηλή τιμή του λόγου της ακαμψία-βάρους πτερυγίων. Επιπλέον τα υλικά αυτά είναι ανθεκτικά στην διάβρωση και συμπεριφέρονται σαν μονωτές στην διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος.

### **Προσανατολισμός Μικρών Α/Γ**

Οι περισσότερες μικρές ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα χρησιμοποιούν την “ουρά” τους για να προσανατολιστούν προς την διεύθυνση του ανέμου. Το ουριαίο τμήμα το χρησιμοποιούν κατά αντιστοιχία με τους μηχανισμούς στροφής των μεγάλων Α/Γ, οι οποίοι δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε μικρές Α/Γ κυρίως λόγω κόστους, βάρους και διαστάσεων. Στην εικόνα 7 φαίνεται μία μικρή Α/Γ με τρία πτερύγια μαζί με το ουριαίο τμήμα της.

### Συστήματα Ελέγχου Ταχύτητας Μικρής Α/Γ

Παρόλο, που οι υψηλές ταχύτητες ανέμου οδηγούν σε αύξηση της παραγόμενης ενέργειας, είναι δυνατόν σε πολλές περιπτώσεις να προκαλέσουν ζημιά. Με σκοπό την προστασία της Α/Γ αλλά και την ασφάλεια των ανθρώπων της περιοχής εγκατάστασης, οι μικρές Α/Γ διαθέτουν διάφορους μηχανισμούς πέδησης και ελέγχου της ταχύτητας περιστροφής τους. Στα νεότερα μικρά αιολικά συστήματα χρησιμοποιούνται δύο είδη τεχνικών ελέγχου, τις παθητικές τεχνικές ελέγχου και τις ενεργητικές τεχνικές ελέγχου.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκει ο έλεγχος απώλειας στήριξης (stall control). Ο έλεγχος με βάση αυτή την τεχνική στηρίζεται στη καμπύλωση των πτερυγίων όταν η ταχύτητα του ανέμου αυξηθεί σημαντικά. Ειδικότερα, όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια προκαθορισμένη κατασκευαστικά τιμή τα πτερύγια καμπυλώνονται λόγω της μεγάλης αεροδυναμικής αντίστασης με αποτέλεσμα της μεταβολή της γωνίας προσβολής μεταξύ των πτερυγίων και του ανέμου. Αυτό έχει ως συνέπεια την εκτροπή της Α/Γ από την διεύθυνση του ανέμου με ταυτόχρονη μείωση των στροφών της πτερωτής. Σε πολλές Α/Γ μικρής ισχύος εκτροπή από την διεύθυνση του ανέμου πραγματοποιείται με την καμπύλωση της ατράκτου της Α/Γ σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου.

Οι ενεργητικές τεχνικές ελέγχου στηρίζονται στον έλεγχο του βήματος των πτερυγίων (pitch control). Στις ανεμογεννήτριες που διαθέτουν αυτόν τον έλεγχο, ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχει συνεχώς την ισχύ εξόδου, η οποία όταν γίνει πολύ υψηλή ‘δίνει’ εντολή στο δρομέα των πτερυγίων να στραφεί και υπό κάποια γωνία. Σε αυτή τη θέση, η ταχύτητα περιστροφής ελαττώνεται σημαντικά προστατεύοντας την Α/Γ. Όταν οι συνθήκες επανέλθουν σε φυσιολογικά επίπεδα, τα πτερύγια επανέρχονται στην αρχική τους θέση.

### Γεννήτριες Μικρών Α/Γ

Οι περισσότερες μικρές Α/Γ χρησιμοποιούν βηματικές γεννήτριες μόνιμου μαγνήτη (permanent magnet generators). Η λειτουργία των γεννητριών μόνιμου μαγνήτη στηρίζεται στην αντίδραση που έχει ο ρότορας (δρομέας) μόνιμου μαγνήτη της Α/Γ μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Το παραπάνω είδος γεννητριών υπάγονται στις ασύγχρονες μηχανές, κάτι που σημαίνει ότι δεν μπορούν να συνδεθούν απευθείας με το εναλλασσόμενο (AC) δίκτυο. Αυτό συμβαίνει λόγω της αστάθειας που υπάρχει στην παραγόμενη τάση και συχνότητα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μετατροπείς οι οποίοι σταθεροποιούν την τάση με σκοπό είτε την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας είτε τη σύνδεση με το υπάρχον εναλλασσόμενο δίκτυο.

### Πύργοι Στήριξης Μικρών Α/Γ

Όπως οι μεγάλες Α/Γ έτσι και οι μικρές χρησιμοποιούν πύργους στήριξης για την ανύψωση της ατράκτου της μηχανής στον αέρα. Οι πύργοι αυτοί όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω θα πρέπει να είναι αρκετά ψηλοί, ώστε η ανεμογεννήτρια να βρίσκεται ψηλότερα από την τυρβώδη ζώνη κοντά στο έδαφος αλλά ταυτόχρονα και ανθεκτικοί ώστε να αντέχουν τις δυνάμεις που δέχονται από τον άνεμο.

Οι πύργοι των μικρών Α/Γ ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά:

- (α) τους πύργους δικτυωτού πλέγματος και
- (β) τους πύργους με μονό σωλήνα.

Οι πύργοι δικτυωτού πλέγματος χρησιμοποιούν ένα δίκτυο σωλήνων σε μορφή πλέγματος σχηματίζοντας πύργο, ο οποίος στερεώνεται στο έδαφος με ειδικής κατασκευής συρματόσχοινα σε τρία σημεία διαφορετικών διευθύνσεων. Επίσης σε αυτού του είδους πύργους υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής του ύψους τους και αυτός είναι ένας από τους λόγους του υψηλού κόστους κατασκευής. Από την άλλη πλευρά, οι πύργοι μονού στύλου έχουν απλούστερο τρόπο κατασκευής ενώ διαθέτουν το πλεονέκτημα να είναι οπτικά πιο ευχάριστοι σε σχέση με τους πύργους του προηγούμενου είδους.

Οι πύργοι στήριξης των μικρών ανεμογεννητριών μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την ιδιοσυχνότητά τους σε εύκαμπτους και άκαμπτους. Στους άκαμπτους πύργους η

ιδιοσυχνότητά τους είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα περιστροφής της πτέρυγας ενώ στους εύκαμπτους πύργους η ιδιοσυχνότητα του πύργου είναι μικρότερη από τη συχνότητα περιστροφής του περυγίου.

## ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Γεωθερμία είναι η θερμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο υπέδαφος λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια (μέχρι 100-150 μέτρα) και έχει σταθερή όλο το χρόνο θερμοκρασία <25 C. Με τον όρο γεωθερμία, όσον αφορά σε κτιριακές εφαρμογές, εννοούμε την τεχνολογία κλιματισμού κτιρίων κατά την οποία γίνεται χρήση αυτής την αποθηκευμένη στο υπέδαφος ενέργειας. Σύμφωνα με αυτήν, χρησιμοποιείται αντί του κλασικού λέβητα πετρελαίου ή αερίου μια ηλεκτρική συσκευή, η αντλία θερμότητας, η οποία καταναλώνει ρεύμα και αντλεί θερμότητα από το υπέδαφος, ή τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, αποδίδοντας την στο κτίριο σε επιθυμητή θερμοκρασία για θέρμανση και ψύξη.

Για την άντληση θερμότητας από το υπέδαφος χρησιμοποιείται ένα δίκτυο σωληνώσεων που θάβονται στο υπέδαφος, σε οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη. Μέσα στις σωληνώσεις κυκλοφορεί κατάλληλο διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό σε κλειστό κύκλωμα, απορροφώντας τη θερμότητα του εδάφους και μεταφέροντάς την στη γεωθερμική αντλία θερμότητας, όπου εκεί με κατάλληλη διαδικασία ψυκτικού κύκλου, μετατρέπεται σε θερμότητα κατάλληλης θερμοκρασίας για θέρμανση και ψύξη.

Σε περίπτωση ύπαρξης υπόγειου νερού (υδροφόρος ορίζοντας) μπορεί να αντληθεί το ίδιο το υπόγειο νερό και να απορροφηθεί η θερμότητά του για τον ίδιο σκοπό.

Τα γεωθερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται τόσο για θέρμανση - ψύξη χώρων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες, πολυκατοικίες, ξενοδοχεία, εμπορικά κτίρια όσο και σε ειδικές εφαρμογές, όπως στην παραγωγή, σε θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιέργειες κ.α. με θεαματική εξοικονόμηση έναντι οποιουδήποτε άλλου συμβατικού συστήματος

Για τα κτίρια που ήδη έχουν σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή τερματικά στοιχεία νερού (fan coil units) το «γύρισμα» από κλασικό λέβητα πετρελαίου ή αερίου σε γεωθερμία είναι σχετικά εύκολο, εφόσον φυσικά υπάρχει κάποιος διαθέσιμος χώρος στο οικόπεδο για να εγκατασταθεί ο γεωεναλλάκτης, δηλ . το σύστημα σωληνώσεων άντλησης γεωθερμικής ενέργειας από το υπέδαφος.



Όμως αυτά τα κτίρια είναι η μειοψηφία στη χώρα μας. Τα περισσότερα κτίρια διαθέτουν τα κλασικά θερμαντικά σώματα. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ειδική τεχνογνωσία και ειδικές γεωθερμικές αντλίες θερμότητας προκειμένου να εφαρμοστεί το σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία. Η εταιρία μας μάλιστα, διαθέτει τόσο την απαραίτητη τεχνογνωσία όσο και τις κατάλληλες αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών για την εφαρμογή «γεωθερμίας με σώματα».

Επίσης, πολλές υφιστάμενες οικοδομές δεν διαθέτουν τον απαραίτητο ελεύθερο χώρο στο οικόπεδο για εφαρμογή γεωθερμίας. Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί αερόψυκτη αντλία ενεργειακής κλάσης A, τεχνολογίας inverter, υψηλών θερμοκρασιών.

#### **Διαφορά κόστους σε σύγκριση με σύστημα πετρελαίου.**

Η εγκατάσταση ενός συστήματος γεωθερμίας κοστίζει σαφώς περισσότερο από ένα συμβατικό σύστημα αλλά η εξοικονόμηση κατά τη λειτουργία του αποσβένει σε εύλογο χρονικό διάστημα. Το γεγονός ότι το σύστημα γεωθερμίας μπορεί και καλύπτει και τις ανάγκες ψύξης ενός κτιρίου ταυτόχρονα, το κάνει ακόμα πιο ελκυστικό. Για να γίνει αυτό αντιληπτό με νούμερα, παραθέτουμε ένα οικονομικό παράδειγμα:

#### **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:**

Μια τυπική κατοικία περίπου 200 τμ. με ετήσιες ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης 40.000 kWh θα ήθελε περίπου 2.667 ευρώ για πετρέλαιο. Οι ίδιες ανάγκες αν καλυφθούν με σύστημα γεωθερμίας με ένα COP=5 χρειάζονται ετησίως 960 ευρώ, δηλ. ετήσια εξοικονόμηση 1.700 ευρώ ή 65% MONO όσον αφορά στη θέρμανση. Αν συμπεριλάβουμε τώρα και αντίστοιχη εξοικονόμηση κατά την ψύξη το καλοκαίρι, περίπου 300 ευρώ σε σύγκριση με έναν ψύκτη, και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όλο το χρόνο, διαπιστώνουμε ότι η ετήσια εξοικονόμηση είναι πάνω από 2.000 ευρώ.

Έτσι, αν το επιπλέον κόστος κτήσης ενός γεωθερμικού συστήματος σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης με λέβητα πετρελαίου και ψύκτη αντίστοιχα είναι περίπου 10.000 ευρώ, τότε προκύπτει απόσβεση του συστήματος σε 5 χρόνια.

Επίσης, ένα τραπεζικό δάνειο για το επιπλέον κόστος κτήσης ενός γεωθερμικού συστήματος, στα πλαίσια των υπαρχόντων τραπεζικών προϊόντων ανάπτυξης ΑΠΕ με προνομιακό επιτόκιο 7,5% για 25 χρόνια θα απαιτούσε μηνιαίο τοκοχρεωλύσιο 74,76ευρώ, ενώ η αντίστοιχη μηνιαία εξοικονόμηση είναι 170ευρώ. Συνεπώς είναι φανερό το όφελος και μάλιστα με δυνατότητα 100% χρηματοδότησης από Τράπεζα, χωρίς να βάλουμε ούτε ένα ευρώ από την τσέπη μας.

### **Τα οφέλη για το περιβάλλον**

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι φιλικές προς το περιβάλλον, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καύση στο σημείο όπου χρησιμοποιείται.

Όταν η ηλεκτρική ενέργεια, που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στο σπίτι μας, παράγεται από λιγνίτη ή πετρέλαιο, τότε η ατμοσφαιρική ρύπανση από το θείο και το διοξείδιο του άνθρακα, λόγω της χρήσης γεωθερμίας στο σπίτι αυτό, μειώνεται κατά 65 έως 75%, αφού ο σταθμός παραγωγής έχει σε αυτήν την περίπτωση να παράγει μόνο το 25 με 35% του ηλεκτρισμού ή θερμότητας που θα παρήγαγε αν το σπίτι θερμαινόταν με ηλεκτρικά σώματα. Αντίστοιχη μείωση ρύπων είναι και στην περίπτωση που το ίδιο σπίτι θερμαινόταν σε λέβητα πετρελαίου.

Σε περίπτωση δε που η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος για το σπίτι αυτό προέρχεται από ΑΠΕ (π.χ. υδροηλεκτρικός σταθμός), τότε μιλάμε για μηδενικές εκπομπές ρύπων (zero emission). Ακόμα με τη χρήση γεωθερμίας έχουμε:

- ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑ. Λόγω απουσίας καύσεων δεν υπάρχουν οσμές καυσίμων, οσμές καυσαερίων.
- ΗΣΥΧΙΑ. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι αθόρυβες.
- ΑΣΦΑΛΕΙΑ. Δεν υπάρχουν καύσεις, ή σπινθήρες και δεν απαιτείται
- ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ. Οι πιέσεις που αναπτύσσονται στις ροές των ρευστών είναι μικρές, με αποτέλεσμα να είναι ένα ασφαλές σύστημα.
- Κλιματίζοντας το κτίριο με γεωθερμία είναι ένα βήμα προς τη μείωση των περιβαλλοντικών απειλών που αντιμετωπίζουμε σήμερα παγκοσμίως.

## **Η περίφημη «γεωθερμική αντλία θερμότητας».**

Το καλοκαίρι ορίζουμε θερμή δεξαμενή το περιβάλλον και ψυχρή το σπίτι μας (επιλέγοντας λειτουργία ψύξεις) και το μηχάνημα αποβάλλει τη θερμότητα του σπιτιού μας έξω.

Το χειμώνα ορίζουμε θερμή δεξαμενή το σπίτι μας και ψυχρή το περιβάλλον (επιλέγοντας λειτουργία θέρμανσης) και το μηχάνημα αποβάλλει τη θερμότητα που υπάρχει στο περιβάλλον μέσα στο σπίτι μας.

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Geothermal Heat Pump ή για συντομία GHP) αντί να χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αποβάλει (καλοκαίρι) ή να αντλήσει (χειμώνας) θερμότητα, χρησιμοποιεί τη θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας, ή ακόμα και τη θερμότητα που περικλείει το χώμα!

Έχει επαληθευτεί το γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η GHP χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο σωληνώσεων, όπου κυκλοφορεί νερό, κατάλληλα τοποθετημένων, ανταλλάζει θερμότητα με το έδαφος ή με τη θάλασσα αναλόγως την εγκατάσταση

Μπορεί να κάνει κάποιος τη σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού με αερόψυκτες εξωτερικές μονάδες, όπως π.χ. τα πολύ γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά μηχανήματα διαιρουμένου τύπου, τις εξωτερικές μονάδες των οποίων τις συναντούμε στα μπαλκόνια των διαμερισμάτων ή στα δώματα των κτηρίων.

Όλοι όσοι τα έχουμε χρησιμοποιήσει το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας (35 ή και 40 ο C), θα έχουμε προσέξει τη δραματική πτώση της απόδοσής τους και την αδυναμία τους να μας δροσίσουν ικανοποιητικά.

Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευή μας καλείτε να αποβάλλει θερμότητα σε ένα περιβάλλον ήδη κορεσμένο από θερμικό φορτίο και καταβάλλει μια μάταιη προσπάθεια καταναλώνοντας υπερβολικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

Αν όμως η κλιματιστική μας συσκευή απέβαλε τη θερμότητα σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον, όπως αυτό του εσωτερικού του εδάφους, όπου ακόμη και στις θερμότερες μέρες του

καλοκαιριού η θερμοκρασία δεν ξεπερνάει τους 20 ο C, τότε η απόδοσή της θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη και η οικονομία σε ηλεκτρική ενέργεια τεράστια.

Σε αυτή την αρχή της θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των γεωθερμικών εναλλακτών, που κατά μια έννοια «μεταφέρουν», με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας, τους 20 ο C του εδάφους μέσα στο σπίτι μας καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια.

Κατά ανάλογο τρόπο, το χειμώνα το γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 15 – 17 ο C του εδάφους μέχρι τους 20 – 22 ο C για να ζεστάνει το χώρο μας.

Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική αντλία θερμότητας αέρα.

Να σημειωθεί ότι τα συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω των 0 ο C.

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι εγκατάστασης του γεωθερμικού εναλλάκτη, τις οποίες παρουσιάζουμε παρακάτω:

### **1. Εγκατάσταση με γεωτρήσεις άντλησης και επαναφοράς υπογείων υδάτων**

Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στη γη.

Το σύστημα αυτό έχει αυξημένο κόστος κατασκευής, λόγω του εξοπλισμού που απαιτείται (υποβρύχιες αντλίες) και μικρότερη οικονομία λόγω της μεγάλης ηλεκτρικής κατανάλωσης των υποβρύχιων αντλιών.

Βασικό του πλεονέκτημα είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις σε χώρο στο οικοπέδο.

### **2. Εγκατάσταση κλειστού βρόγχου (ανακυκλοφορία του ψυκτικού) με κατακόρυφες σπείρες σωληνώσεων**

Γίνονται γεωτρήσεις σε μικρά σχετικά βάθη και εισάγονται σωλήνες που αποτελούν το γεωθερμικό εναλλάκτη.

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεγάλης εγκατάστασης όπου απαιτείτε πολύ μεγάλο μήκος σωληνώσεων και η επιφάνεια του οικοπέδου είναι μικρή.

Το κόστος είναι συγκρίσιμο με την περίπτωση 1 λόγω της αναγκαιότητας των γεωτρήσεων.

3. Εγκατάσταση κλειστού βρόγχου (ανακυκλωφορία του ψυκτικού) με οριζόντιες σπείρες σωληνώσεων

Ανοίγονται ορύγματα βάθους περίπου 1 m ή γίνεται εξολοκλήρου εκσκαφή του χώρου και τοποθετείται ο γεωθερμικός εναλλάκτης.

Χρησιμοποιείται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα όταν επαρκεί ο χώρος του οικοπέδου επειδή είναι η πιο οικονομική λύση.

Το σύστημα με GHP αποτελεί μια πρωτοποριακή μέθοδο ψύξης και θέρμανσης, ευρέως διαδεδομένη στο εξωτερικό, η οποία εκμεταλλεύεται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

### **Το κόστος λειτουργίας και εγκατάστασης**

Η εγκατάσταση της οικονομικής λύσης (3η περίπτωση εγκατάστασης) περιλαμβάνει τρία υποσύνολα:

Τον κλιματιζόμενο χώρο, το μηχανοστάσιο, όπου τοποθετείται η GHP με τον βοηθητικό της εξοπλισμό και τον περιβάλλοντα χώρο όπου βρίσκεται το υδραυλικό κύκλωμα του γεωθερμικού εναλλάκτη.

Το κόστος του παραπάνω συνόλου είναι σχεδόν ίδιο με αυτό που θα προέκυπτε από συμβατική εγκατάσταση κλιματισμού, για τον ίδιο χώρο, που περιλαμβάνει λεβητοστάσιο πετρελαίου ή αερίου και αερόψυκτο ψύκτη νερού ικανής ισχύος.

Όσον αφορά τώρα το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης, η ηλεκτρική GHP καταναλώνει ετησίως ηλεκτρική ενέργεια κόστους ίσου περίπου με το 50% του αθροίσματος του κόστους πετρελαίου για το λέβητα συν της ηλεκτρικής ενέργειας του αερόψυκτου ψύκτη της συμβατικής εγκατάστασης.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ανάλογα με την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είναι εφικτή επιδότηση της εγκατάστασης GHP ως παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή

Μπορεί κανείς να μην αρκεστεί στην οικονομία που προσφέρει η εγκατάσταση της GHP, αλλά δίνεται η δυνατότητα να συνδυαστεί και η άφθονη δωρεάν ηλιακή ενέργεια με τη GHP δημιουργώντας έτσι ένα σύστημα «Ηλιοϋποβοηθούμενης Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας».

Χάρη στη χρήση ηλιακών συλλεκτών και εξελιγμένων συστημάτων αυτοματισμών το σύστημα εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια παρέχοντας την για θέρμανση νερού χρήσης και ακόμα για την θέρμανση του χώρου προκαλώντας μείωση της απορροφώμενης από την GHP ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτό οδηγεί σε εξοικονομήσεις, αναλόγως της εκάστοτε εγκατάστασης, σημαντικά μεγαλύτερες του 50% που προσφέρουν από μόνες τους οι εγκαταστάσεις GHP.

## **ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

### **Βιοκλιματικός σχεδιασμός**

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων 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 κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων, αλλά κυρίως οι τεχνικές δόμησης των κτιρίων που βελτιώνουν τη φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους διεποχιακά.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών (γενικότερα) μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων (ΠΗΣ) επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου - περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία:

- εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ.) και

- βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτιρίου.

Ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων με βάση και την βιοκλιματική αρχιτεκτονική συνεπάγεται πολλαπλά οφέλη, όπως: ενεργειακά (εξοικονόμηση ενέργειας και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση καυσίμων και κόστους Η.Μ εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων, περιορισμός φαινομένου του θερμοκηπίου), κοινωνικά (βελτίωση της ποιότητας ζωής), ενώ η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα κτίρια δεν αυξάνει το κατασκευαστικό κόστος, εφ' όσον εφαρμόζονται απλά συστήματα και τεχνολογίες.

### Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

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

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα **άμεσου (ηλιακού) κέρδους**, το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση, με άμεσο τρόπο μέσω ανοιγμάτων κατάλληλου (νότιου) προσανατολισμού των χώρων. Εκτός από τα ανοίγματα το σύστημα αποτελείται από την απαιτούμενη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

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

- **Ηλιακοί τοίχοι:** αποτελούνται από τοιχοποιίες συνδυαζόμενες με υαλοστάσιο, τοποθετημένο εξωτερικά, σε απόσταση 5-15cm. Η τοιχοποιία είναι είτε αμόνωντος τοίχος μεγάλης θερμικής μάζας (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε θερμομονωμένος (θερμοσιφωνικό πάνελ), ενώ, το υαλοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και να φέρει μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες. Ο ηλιακός τοίχος λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης και η θερμότητα που δημιουργείται μεταφέρεται μέσω της μάζας του τοίχου ή μέσω θυρίδων στον προσκείμενο χώρο. Μια ειδική κατηγορία τοίχων θερμικής αποθήκευσης είναι ο τοίχος Trombe-Michel (τοίχος μάζας με θυρίδες), ο οποίος συνδυάζει και τις δύο λειτουργίες θερμικής απόδοσης.

- **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι):** είναι κλειστοί χώροι που προσαρτώνται ή ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή ακτινοβολία, εισερχόμενη από τα νότια υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο (αυξάνοντας τη θερμοκρασία αέρα), ενώ μέρος αυτής αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου (θερμική μάζα) και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου.
- **Ηλιακά αίθρια:** είναι οι αιθριακοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων.

Όλα τα ΠΗΣ πρέπει να συνδυάζονται με κατάλληλη θερμική προστασία, ικανή θερμική μάζα (για να αποθηκεύεται μέρος της θερμικής ενέργειας και να αποδίδεται σταδιακά στους χώρους), αλλά και με επαρκή συστήματα ηλιοπροστασίας (σκιασμού) και φυσικού αερισμού για το καλοκαίρι για την αποφυγή ανεπιθύμητων συνθηκών.

### Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

Οι πιο συνηθισμένες και απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού είναι:

1. 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.λπ.).
2. Ο **φυσικός εξαερισμός** με κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.
  - Ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυκτερινός αερισμός συνεισφέρει στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, με αποτέλεσμα την μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.
  - Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθειες (περίπου 2-3 °C),



καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.

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

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

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

### Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Κατάλληλα σχεδιασμένα συστήματα φυσικού φωτισμού αξιοποιούν το ηλιακό φως. Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές που αφορούν στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων, στις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, στα φωτομετρικά χαρακτηριστικά επιφανειών (υφή, χρώμα, φωτοδιαπερατότητα υλικών) και στη χρήση ανακλαστήρων, έτσι ώστε να υπάρχει *επάρκεια και ομαλή κατανομή φυσικού φωτός* μέσα στους χώρους. Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φυσικού φωτισμού αφορούν υαλοπίνακες με συγκεκριμένες ιδιότητες, πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία, διαφανή μονωτικά υλικά και ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες).

## Επιλογή Συστημάτων Και Τεχνικών

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια προκύπτει από το σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό, όσον αφορά στη χωροθέτηση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη θέση των ανοιγμάτων, την προστασία του κελύφους (θερμομόνωση, ανεμοπροστασία, ηλιοπροστασία), αλλά και από τη σωστή λειτουργία των συστημάτων. Προτιμότερα είναι τα συστήματα που είναι **απλά στην κατασκευή και στη λειτουργία τους** και που συνδυάζουν θερμικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εξασφάλιση επαρκούς ηλιοπροστασίας (σκίασης) και φυσικού αερισμού το καλοκαίρι. Η εξοικονόμηση ενέργειας με το βιοκλιματικό σχεδιασμό ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, το κλίμα της περιοχής και από τις επί μέρους τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. **Σε κατοικίες της Ελλάδας έχει καταγραφεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 15-40% για θέρμανση και ολική κάλυψη των αναγκών ψύξης των κτιρίων.**

## Ο ρόλος της σωστής χρήσης και κατασκευής

Η απόδοση των βιοκλιματικών κτιρίων και των παθητικών συστημάτων αυτών επηρεάζεται σημαντικά από τη σωστή κατασκευή, τη συντήρηση και τη χρήση τους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα, η απόκλιση της τελικής κατασκευής από την αρχική μελέτη του κτιρίου (κατασκευαστικά λάθη και παραλείψεις) αποτελεί τον βασικό παράγοντα στον οποίο οφείλεται η μειωμένη απόδοση των παθητικών συστημάτων. Για όλα τα ΠΗΣ και της τεχνικές κελύφους για εξοικονόμηση ενέργειας υπάρχει ως ένα βαθμό η αναγκαιότητα της συμβολής του χρήστη. Ο παράγοντας αυτός πρέπει να αποτελεί για τους μελετητές βασικό κριτήριο κατά την επιλογή των συστημάτων και τεχνικών, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις αναμένεται μειωμένη συμβολή από την απαιτούμενη κατά τη λειτουργία και χρήση του κτιρίου. Σε κτίρια του τριτογενή τομέα, συχνά η αποδοτική λειτουργία των παθητικών συστημάτων απαιτεί εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού, καθώς είναι δυσχερής η συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων. Η συντήρηση αποτελεί την τελευταία παράμετρο για εξασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης των βιοκλιματικών κτιρίων με παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές και την μείωση των προβλημάτων που συνήθως δημιουργούνται με το χρόνο και τη χρήση των συστημάτων.

## Εφαρμογές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν τουλάχιστον 180 εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού, εκ των οποίων οι δύο αφορούν οικιστικά σύνολα (το Ηλιακό Χωριό στην Αττική και ένας οικισμός στην Καλαμάτα). Περίπου το 75% των εφαρμογών αφορά κατοικίες, ενώ οι υπόλοιπες αφορούν κυρίως γραφεία και εμπορικά κτίρια, εκπαιδευτικά κτίρια, ξενοδοχειακές και νοσηλευτικές εγκαταστάσεις

## ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αστικών χώρων περιλαμβάνει την κλίμακα του κτιρίου, του οικοδομικού τετραγώνου ή και της ίδιας της πόλης. Στόχος είναι η δημιουργία πολεοδομικών συνόλων με ευνοϊκό μικροκλίμα, άνετους εξωτερικούς χώρους, καθώς και η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιριακού τομέα για θέρμανση και ψύξη. Σχεδιαστικές παρεμβάσεις και αναπλάσεις μπορούν να γίνουν στις διαφορετικές κλίμακες και στους υπαίθριους χώρους, κοινόχρηστους και ιδιωτικούς.

## Μικροκλίμα και δόμηση

Το μικροκλίμα μιας περιοχής επηρεάζεται κατ' αρχάς από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες: θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου και υγρασία, οι οποίες παρουσιάζουν τόσο εποχιακές όσο και ημερήσιες διαφοροποιήσεις. Το δομημένο περιβάλλον, ο προσανατολισμός και η γεωμετρία των κτιρίων, η τοπογραφία, η κάλυψη του εδάφους με βλάστηση διαφόρων ειδών, τα υλικά, ακόμα και τα χρώματα προσδιορίζουν τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του χώρου και διαμορφώνουν το μικροκλίμα της περιοχής, καθορίζοντας τις συνθήκες άνεσης στο χώρο και την ενεργειακή κατανάλωση των γύρω κτιρίων.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε πολεοδομική κλίμακα απαιτεί καθορισμένο προσανατολισμό και χωροθέτηση των κτιριακών συνόλων, καθώς και διάταξη και πλάτος των δρόμων. Παράλληλα, απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και επιλογή βλάστησης για τον ανάλογα με την εποχή ηλιασμό ή ηλιοπροστασία, και αντίστοιχα έκθεση στον άνεμο ή ανεμοπροστασία του πολεοδομικού συνόλου, με στόχο τη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής.

Σημαντική παράμετρος είναι και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτίρια, δρόμους και πεζοδρόμια, τα οποία επηρεάζουν το μικροκλίμα, τις συνθήκες άνεσης σε υπαίθριους χώρους και την ενεργειακή κατανάλωση των γύρω κτιρίων. Τεχνικά χαρακτηριστικά όπως, ο συντελεστής ανακλαστικότητας και ο συντελεστής εκπομπής στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία των εξωτερικών επιφανειών. Ανοιχτόχρωμες επιφάνειες απορροφούν μικρό ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς αντανακλούν το μεγαλύτερο μέρος, και επομένως οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι μειωμένες, συμβάλλοντας στη μείωση της υπερθέρμανσης του γύρω χώρου και των κτιρίων, σημαντικός παράγοντας κατά τη θερινή περίοδο.

### **Βλάστηση**

Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και η βλάστηση επηρεάζει σημαντικά το μικροκλίμα της περιοχής. Ο πιο σημαντικός ρόλος της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον είναι η συνεισφορά της στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος χώρου τη θερινή περίοδο, αποτέλεσμα του σκιασμού της περιοχής και της απώλειας θερμότητας μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και εξάτμιση. Καθώς το φυτό διαπνέει, εξατμίζεται νερό από τα φύλλα του και παγιδεύεται θερμική ενέργεια από το περιβάλλον, ώστε να δροσίζονται τα φύλλα και ο αέρας που τα περιβάλλει, με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου. Συνεπώς, ο αέρας κοντά στο έδαφος σε δεντροφυτεμένες περιοχές είναι πιο δροσερός από άλλες δομημένες περιοχές.

Διαφορετικές μελέτες και πειράματα μετρήσεων της θερμοκρασίας που έχουν γίνει μεταξύ δεντροφυτεμένων περιοχών και του δομημένου περιβάλλοντος, έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 °C, επηρεάζοντας θετικά το μικροκλίμα της περιοχής. Γενικά, ακόμα και στον ίδιο χώρο είναι αναμενόμενη διαφορά θερμοκρασίας της τάξεως των 2 °C στην περιοχή όπου επηρεάζεται από τη βλάστηση. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι αποτέλεσμα της χαμηλότερης θερμοκρασίας των φυτών και του εδάφους, η ακτινοβολία μεγάλου κύματος που εκπέμπεται από τα φύλλα και το έδαφος είναι μειωμένη σε σχέση με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από επιφάνειες οι οποίες είναι εκτεθειμένες στον ήλιο. Επομένως, το επακόλουθο θερμικό φορτίο στον άνθρωπο είναι πολύ μικρότερο, βελτιώνοντας σημαντικά τις συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Όταν η βλάστηση χρησιμοποιείται κοντά σε κτίρια για ηλιοπροστασία, μπορεί να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου, ενώ συστηματικά αυξάνοντας τη βλάστηση στην πόλη, μπορεί να υπάρξει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στο αστικό περιβάλλον.

Η βλάστηση επηρεάζει και το πεδίο ανεμοροής της περιοχής, μειώνοντας την ταχύτητα του ανέμου. Ομαδοποιώντας συστάδες δέντρων, είναι δυνατή η δημιουργία ανεμοφραχτών, παρέχοντας προστασία στα κοντινά κτίρια, ελαττώνοντας την ταχύτητα των ανέμων προς αυτήν την κατεύθυνση. Ανάλογα με τις ανάγκες, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δεντροφυτεύσεις και για την ανακατεύθυνση του ανέμου και δημιουργία ρευμάτων γύρω από το κτίριο, με στόχο το δροσισμό του κτιρίου.

Άλλα οφέλη της βλάστησης αφορούν τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις πόλεις και τη μείωση του θορύβου. Η μείωση του θορύβου γίνεται λόγω της απορρόφησης, ανάκλασης, και διάθλασης του ήχου από το φύλλωμα. Τα φυτά ανάλογα με τη διάταξή τους δρουν και ως αποτελεσματικό φράγμα ήχου, με τη δημιουργία ζώνης ανάσχεσης. Το φράγμα ήχου μπορεί να μειώσει το θόρυβο μέχρι και 10 dBA, εάν είναι τοποθετημένο πολύ κοντά στην πηγή του θορύβου, ενώ σημαντικός είναι και ο ψυχολογικός παράγοντας με τον οπτικό διαχωρισμό και πιθανή απόκρυψη της πηγής του θορύβου.

### Σχεδιαστικές εφαρμογές

Η ένταξη της βλάστησης στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό γίνεται τόσο στην κλίμακα μεμονωμένων κτιρίων όσο και σε επίπεδο πόλης. Σε μεμονωμένα κτίρια περιλαμβάνει δέντρα σε μικρή απόσταση από το κτίριο, αναρριχώμενα φυτά και πέργκολες προσκείμενες σε τοίχους του κτιρίου, φυτεμένα δώματα, κτλ. Ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου, συστήνεται διαφορετικό είδος πρασίνου, με σκοπό τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών και τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου.

Στην αστική κλίμακα, η βλάστηση εντάσσεται σε δρόμους, πάρκα, άλση, κήπους, παιδικές χαρές και άλλους χώρους αναψυχής, βελτιώνοντας το μικροκλίμα της περιοχής και το δυναμικό αερισμού της πόλης. Σε δημόσιους χώρους, ο σκιασμός ολόκληρων δρόμων είναι εφικτός, παρέχοντας θερμική και οπτική ανακούφιση. Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου με τον κατάλληλο σχεδιασμό της βλάστησης, περαιτέρω βοηθάει στην ανακατεύθυνση του ανέμου και ανεμοπροστασία, ανάλογα με το ύψος και την πυκνότητα των δέντρων.

### Εφαρμογές στην Ελλάδα

Εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού σε πολεοδομικό επίπεδο δεν υπάρχουν ακόμα. Είναι όμως δυνατή η αναβάθμιση του δομημένου χώρου με κατάλληλες αναπλάσεις με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης στο δομημένο περιβάλλον, βελτιώνοντας ακόμα και την ποιότητα ζωής στα πυκνοδομημένα αστικά κέντρα.

### ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με την βοήθεια κάποιας αντλίας συστήματος.

Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα, συλλέγει, αποθηκεύει και διανέμει την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτών. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση πισίνων κ.λπ.

## Κατηγορίες θερμικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθος τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, κ.λπ. Η ποικιλία που παρουσιάζουν οι διατάξεις των συστημάτων αυτών οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό.

Οι τύποι των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι δύο: Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Τα πρώτα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Τους συμπαγείς θερμαντήρες ή, όπως ονομάζονται αλλιώς, τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης, που αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με την διαφανή πλευρά να βλέπει προς τον ήλιο.

2. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται επάνω από το συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς την δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας συστήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Υπάρχουν δυο τύποι τέτοιων συστημάτων:

1. Τα συστήματα ανοικτού βρόχου, τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες (κυκλοφορητές), για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους συλλέκτες.

2. Τα συστήματα κλειστού βρόχου, που αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, όπως είναι π.χ. ένα αντιπηκτικό μίγμα γλυκόλης και νερού, μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι γενικά πιο αξιόπιστα, ευκολότερα στη συντήρηση και ενδεχομένως μεγαλύτερης διάρκειας ζωής από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

## Εφαρμογές

## **1. Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση**

Οι ηλιακοί θερμαντήρες ζεστού νερού κάθε τύπου μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο ποσοστό των αναγκών των νοικοκυριών σε ζεστό νερό χρήσης, μειώνοντας ταυτόχρονα τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια. Η ποσότητα του ζεστού νερού που αποδίδει η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος, το κλίμα και την ποιότητα της περιοχής όσον αφορά την ηλιοφάνεια.

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εφαρμόζονται σε σύνολα κατοικιών. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, η οποία παρέχει ζεστό νερό στις μεμονωμένες κατοικίες (π.χ. διαμερίσματα), μέσω δικτύου αγωγών. Με το σύστημα αυτό η ζήτηση θερμού νερού είναι ομαλότερα κατανομημένη κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και έτσι μειώνονται οι θερμικές απώλειες του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των απαιτήσεων του συνόλου των κατοικιών. Ένα τέτοιο σύστημα έχει εφαρμοστεί το Ηλιακό Χωριό, στην Πεύκη Αττικής.

## **2. Θέρμανση και δροσισμός χώρων**

Η ηλιακή θέρμανση χώρων αντιπροσωπεύει μια εν δυνάμει πολύ μεγάλη αγορά, αν και οι δυνατότητες για την διάδοση αυτής της τεχνολογίας σε υφιστάμενα κτήρια πυκνοκατοικημένων αστικών περιοχών, ειδικότερα στα πολυώροφα, είναι μάλλον περιορισμένες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων βασίζονται σε εξαρτήματα όπως οι συλλέκτες στέγης για τη συλλογή και τη διανομή της θερμότητας. Χρησιμοποιούν αέρα ή ένα υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και, στη συνέχεια, μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς και συστήματα ελέγχου, και μπορούν να θερμάνουν τον αέρα ενός σπιτιού χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται συνήθως θερμική αποθήκευση, για παράδειγμα κάποιο δοχείο με χαλίκια ή μικρές πέτρες. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες, τις δεξαμενές αποθήκευσης, τις αντλίες, τις σωληνώσεις, τους εναλλάκτες θερμότητας (στα συστήματα κλειστού βρόχου) και τα συστήματα ελέγχου.

Εξαιτίας της σύμπτωσης στη ζήτηση του δροσισμού ή της ψύξης με την μέγιστη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, ο ηλιακός δροσισμός εμφανίζεται ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που ίσως ανοίξει μια ραγδαίας ανάπτυξης αγορά. Η ψύξη κύκλου απορρόφησης είναι η πρώτη και παλιότερη από τις τεχνολογίες κλιματισμού. Ένα κλιματιστικό κύκλου απορρόφησης δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά υπό πίεση το ψυκτικό μέσο.



Αντί γι' αυτό χρησιμοποιείται μια πηγή θερμότητας όπως ένας μεγάλος ηλιακός συλλέκτης για να εξατμιστεί το ήδη βρισκόμενο υπό πίεση ψυκτικό ρευστό από ένα μίγμα απορροφητή/ψυκτικού μέσου.

### **3. Αφαλάτωση**

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαλάτωση θαλασσινού νερού με κόστος που επιτρέπει τη χρήση του νερού σε αγροτικές εφαρμογές. Δεδομένου ότι οι πολλές άνυδρες περιοχές είναι κοντά στη θάλασσα, το αφαλατωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναμόρφωση τους.

### **4. Θέρμανση πισίνας**

Σε μια πισίνα απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας για να διατηρηθεί το νερό γύρω στους 27°C. Η μικρή διαφορά μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μιας μη θερμαινόμενης πισίνας και της θερμοκρασίας που είναι επιθυμητή κατά της κολύμβηση επιτρέπει την χρήση πολύ απλών, αλλά ταυτόχρονα και αποδοτικών συλλεκτών. Στα συστήματα αυτού του είδους δεν απαιτείται η ύπαρξη ξεχωριστής δεξαμενής αποθήκευσης, δεδομένου ότι η ίδια η πισίνα χρησιμεύει ως αποθήκη θερμότητας.

## **Δυνατότητες της αγοράς – Προώθηση ηλιακών συστημάτων**

Μεταξύ των συστημάτων εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα με την μεγαλύτερη διείσδυση στην αγορά. Η σχετική κατασκευαστική δραστηριότητα άρχισε κατά την δεκαετία του '70 και από τότε έχει προχωρήσει σημαντικά, ενώ στα αποτελέσματα της περιλαμβάνονται προϊόντα με υψηλή αξιοπιστία και ανταγωνιστικές τιμές των οποίων η αρτιότητα εξελίσσεται συνεχώς.

Όσον αφορά τις διάφορες εφαρμογές, με εξαίρεση τους ακάλυπτους συλλέκτες που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση νερού σε πισίνες, η μεγάλη πλειοψηφία των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων που παράγονται και που πωλούνται στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται για την παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Τα μεγάλα συλλεκτικά ηλιακά συστήματα που προορίζονται για την θέρμανση ή την προθέρμανση του νερού στις εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης επιφάνειας συλλεκτών και αφορούν κυρίως εγκαταστάσεις ξενοδοχείων, νοσοκομείων κ.λπ.

## Εφαρμογές στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει πολύ μεγάλο αριθμό εφαρμογών ενεργητικών ηλιακών συστημάτων. Περισσότερα από 600.000 νοικοκυριά καλύπτουν μεγάλο μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιακούς θερμοσίφωνες. Οι δε πωλήσεις ηλιακών θερμοσιφώνων στην Ελλάδα ανέρχονται σε 50.000 ετησίως. Επί πλέον υπάρχει σημαντικός αριθμός εφαρμογών κεντρικών ηλιακών συστημάτων εγκαταστημένα σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.ά. Στο Ηλιακό Χωριό στην Πεύκη Αττικής είναι εγκατεστημένο κεντρικό ηλιακό σύστημα για τη θέρμανση νερού χρήσης των κατοικιών, ενώ στο Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας έχει γίνει εγκατάσταση 300 τετρ. μέτρων επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, που καλύπτουν τις ανάγκες του κόσμου που χρησιμοποιεί ζεστό νερό χρήσης. Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών συστημάτων του ΣΕΦ έχει επιβεβαιωθεί από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το ΚΑΠΕ με τη μέθοδο της τηλεμέτρησης για μεγάλο χρονικό διάστημα.

## ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Τηλεθέρμανση είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο μονωμένων αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια.

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από:

α) Το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ).

β) Το δίκτυο διανομής του θερμαίνοντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό, από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια.

γ) Τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης.

δ) Τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ).

## Πλεονεκτήματα

- Εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίηση ενός εγχώριου ενεργειακού πόρου.
- Επίτευξη μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης. Η συνήθως πλημμελής συντήρηση των καυστήρων και των λεβήτων των κεντρικών θερμάνσεων των κατοικιών μειώνει σημαντικά το βαθμό απόδοσης

του συστήματος, ενώ σε κεντρικά συστήματα ο βαθμός απόδοσης έχει υψηλές τιμές λόγω της συνεπούς συντήρησης, με άμεσο αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

- Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, καθώς επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα θέρμανσης, ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν τοπικές θερμάνσεις (τζάκια, ξυλόσομπες κλπ.), ενώ ο καταναλωτής εξασφαλίζει τη θέρμανσή του χωρίς πρόσθετες δικές του φροντίδες (προμήθεια πετρελαίου ή καυσόξυλων, συντήρηση καυστήρα κλπ).
- Μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- Εξοικονόμηση σημαντικού ποσού συναλλάγματος, λόγω της μείωσης των εισαγόμενων συμβατικών καυσίμων.
- Ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφενός εξαιτίας της χρησιμοποίησης ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας σωστά συντηρούμενου, αντί πολλών λεβήτων διασκορπισμένων στα κτίρια, και αφετέρου εξαιτίας της χρήσης βιομάζας σαν καύσιμο, αντί του πετρελαίου. Οι εκπομπές  $SO_x$  είναι ελάχιστες, οι εκπομπές  $NO_x$  πολύ μικρότερες από αυτές των συμβατικών καυσίμων, ενώ επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση  $CO_2$ .

### Σημαντικότερες τεχνολογίες

Στο σταθμό παραγωγής θερμότητας είναι εγκατεστημένοι ειδικοί λέβητες στους οποίους καίγεται βιομάζα και παράγεται θερμό νερό. Συνήθως χρησιμοποιούνται λέβητες με εστίες κινούμενων εσχαρών.

Η βιομάζα τροφοδοτείται προς τους λέβητες με πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα τροφοδοσίας.

Τα καυσαέρια καθαρίζονται με ειδικές διατάξεις όπως πολυκυκλώνες, σακκόφιλτρα ή ηλεκτροστατικά φίλτρα και στη συνέχεια οδηγούνται στην καμινάδα και από εκεί στην ατμόσφαιρα.

Οι αγωγοί του δικτύου διανομής είναι προμονωμένοι και αποτελούνται από εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό, μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα πολυαιθυλενίου. Οι προμονωμένοι αγωγοί τοποθετούνται απευθείας στο έδαφος. Στη μόνωση πολυουρεθάνης είναι τοποθετημένα σύρματα (συνήθως χάλκινα) προκειμένου να εντοπίζονται τα σημεία εμφάνισης υγρασίας κατά μήκος του δικτύου, μέσω ειδικού ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου. Η εμφάνιση υγρασίας μπορεί να οφείλεται είτε σε διαρροή του χαλύβδινου αγωγού, είτε σε είσοδο της υγρασίας του εδάφους στη μόνωση.

Το θερμό νερό ανακυκλοφορεί στο δίκτυο διανομής με τη βοήθεια αντλιών.

## **ΤΕΧΝΙΚΑ**

Η τεχνολογία είναι ώριμη τόσο σε ότι αφορά την παραγωγή θερμού νερού από καύση βιομάζας σε λέβητες, όσο και σε ότι αφορά τη διανομή του θερμού νερού από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα συνδεδεμένα κτίρια μέσω δικτύου προμονομένων αγωγών. Εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα υπάρχουν εν λειτουργία διεθνώς για πάνω από 25 χρόνια (Δανία, Φινλανδία, Αυστρία κλπ).

## **ΜΗ ΤΕΧΝΙΚΑ**

Οι εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα είναι επενδύσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του υψηλού απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου.

Το κόστος του καυσίμου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων τηλεθέρμανσης, με συνέπεια η οικονομικότητα τέτοιων επενδύσεων να είναι ευαίσθητη στις μεταβολές του.

Σημαντικό πρόβλημα που θα πρέπει να έχει επιλυθεί πριν από την έναρξη υλοποίησης ενός έργου τηλεθέρμανσης, είναι η εξασφάλιση προμήθειας των απαιτούμενων ποσοτήτων βιομάζας και σε συμφωνημένες τιμές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μακροχρόνια συμβόλαια και συμφωνίες με τους αγρότες, τους δασικούς συνεταιρισμούς, τα Δασαρχεία κλπ. Επίσης, σημαντική είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης εναλλακτικού καυσίμου, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να είναι εξασφαλισμένη η τροφοδοσία του συστήματος με καύσιμο σε κάθε περίπτωση.

Σημαντικός παράγοντας για τη βιωσιμότητα μιας επένδυσης τηλεθέρμανσης είναι ο αριθμός των κτιρίων που συνδέονται με το σύστημα, προκειμένου να προμηθεύονται από αυτό θερμότητα. Έτσι, προκειμένου να επιτευχθεί η άμεση σύνδεση του μεγαλύτερου δυνατού αριθμού κτιρίων στο σύστημα όταν το έργο κατασκευασθεί, απαιτείται πλήρης και σφαιρική ενημέρωση των κατοίκων του οικισμού, δηλ. των δυνητικών καταναλωτών, πριν ακόμα αποφασισθεί η υλοποίηση του έργου, για τα οφέλη που θα αποκομίσουν αυτοί από την εγκατάσταση του συστήματος τηλεθέρμανσης (οικονομικά, περιβαλλοντικά, ποιότητας ζωής κλπ), αλλά και για τις πιθανές επιβαρύνσεις (π.χ. από την ανέγερση του λεβητοστασίου). Αυτή η δράση μπορεί να υλοποιηθεί με ημερίδες, ενημερωτικά φυλλάδια κλπ.

Η επιχείρηση διαχείρισης του συστήματος τηλεθέρμανσης πρέπει να καθορίσει με ιδιαίτερη προσοχή την τιμολογιακή της πολιτική. Προκειμένου να είναι ανταγωνιστική η τιμή της

θερμικής ενέργειας που θα πωλείται από την επιχείρηση του συστήματος προς τους καταναλωτές, θα πρέπει αυτή να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την εναλλακτική περίπτωση της χρησιμοποίησης τοπικού λέβητα πετρελαίου, έτσι ώστε να υπάρχει ένα ισχυρό κίνητρο για τους καταναλωτές να συνδεθούν με το δίκτυο.

### Εφαρμογές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σήμερα δεν υπάρχει σε λειτουργία σύστημα τηλεθέρμανσης με βιομάζα.

Έχουν εκπονηθεί ορισμένες μελέτες για οικισμούς, με αξιοποίηση της διαθέσιμης δασικής και γεωργικής βιομάζας στην περιοχή.

Αυτή τη στιγμή είναι υπό κατασκευή σύστημα τηλεθέρμανσης με βιομάζα στο Δήμο Μεγαλόπολης Ν. Αρκαδίας.

### ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Συμπααραγωγή είναι η διαδοχική (ταυτόχρονη) παραγωγή και εκμετάλλευση δύο μορφών ενέργειας, ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής, από ένα σύστημα μηχανών με τη χρήση του ίδιου καύσιμου.

Με την συμπααραγωγή γίνεται ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας του καυσίμου και ανάλογη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Είναι εφαρμόσιμη σε βιομηχανίες και κτίρια με ταυτόχρονη ζήτηση σε ηλεκτρισμό και θερμότητα και, συνήθως, όταν οι ετήσιες ώρες λειτουργίας ξεπερνούν τις 4000.

Σε έναν συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (θερμικό, υδροηλεκτρικό, πυρηνικό κλπ) η μέση αποδοτικότητα είναι 37%. Οι απώλειες μεταφοράς του ηλεκτρισμού στους καταναλωτές (περίπου 8%). Η αποδοτικότητα μειώνεται στο 34%. Στην Ελλάδα η αποδοτικότητα είναι αρκετά χαμηλότερη κυρίως λόγω του λιγνίτη. Συνεπώς, το 66% της ενέργειας του καυσίμου χάνεται υπό μορφή θερμότητας στο περιβάλλον.

Η συνολική αποδοτικότητα των σταθμών ΣΗΘ είναι της τάξης του 85%. **Καύσιμο 100 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ 13 30 55 2 Απώλειες Θερμότητας Θερμότητα Ηλεκτρισμός Απώλειες Μεταφοράς**

### Πλεονεκτήματα συμπααραγωγής

Η επιτυχής εγκατάσταση ΣΗΘ οδηγεί σε μείωση κατανάλωσης καυσίμου – της τάξεως του 25%. Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ανάλογη. Με την χρήση επίσης του φυσικού αερίου μηδενίζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub>, και αιθάλης.

Στο επίπεδο του χρήστη τα οφέλη είναι καθαρά οικονομικά, διότι το κόστος ενέργειας μειώνεται σε σχέση με τις "συμβατικές" μονάδες. Σε επιτυχημένες εγκαταστάσεις ΣΗΘ η μείωση των τιμών είναι 20-30%.

Αυξάνεται η αξιοπιστία ενεργοδότησης. Ο σταθμός ΣΗΘ ενωμένος με το ηλεκτρικό δίκτυο, όπου δίνει ή παίρνει ηλεκτρισμό εγγυάται απρόσκοπτη λειτουργία σε επίπεδο μονάδας, σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας του σταθμού ή ηλεκτροδότησης από το δίκτυο. Σε επίπεδο χώρας, μειώνει την ανάγκη εγκατάστασης μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και αυξάνει την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας.

Η συμπαραγωγή μπορεί να επιτευχθεί με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. βιομάζα) υποκαθιστώντας συμβατικά καύσιμα.

### Τεχνολογίες Συμπαραγωγής

Το βασικότερο μέρος μιας εγκατάστασης ΣΗΘ είναι η μηχανή, η οποία παράγει θερμότητα και ηλεκτρισμό.

Οι βασικές γνωστές τεχνολογίες είναι:

1) **Αεριοστρόβιλος** (κύκλος Brayton). Γνωστός από τη χρήση του στα αεροπλάνα. Ο αέρας συμπιέζεται μέχρι τον θάλαμο καύσης και ακολούθως εκτονώνεται

2) **Ατμοστρόβιλος** (κύκλος Rankine). Εκτονώνει ατμό υψηλής ενθαλπίας, και παράγει μηχανικό έργο καθώς και ατμό χαμηλότερης ενθαλπίας

3) **Συνδυασμένος κύκλος**. Συνδυασμός των παραπάνω, με λέβητα ανάκτησης ανάμεσα τους.

4) **Παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης** ( κύκλος Diesel ή Otto). Γνωστές από τις χρήσεις στα οχήματα. Πετρελαιομηχανές των βαρέων οχημάτων ή βενζινοκινητήρες (αεριοκινητήρες) μικρότερων αυτοκινήτων.

5) **Στοιχεία καυσίμου** (Fuel Cells). Αρχή των μηχανών αυτών είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού χωρίς καύση. Με ηλεκτροχημικές διεργασίες στο καύσιμο (κυρίως φυσικό αέριο) διασπάται και από τις χημικές αντιδράσεις παράγεται θερμότητα και ηλεκτρισμός (υπό μορφή ιόντων).

Οι μηχανές 1-4 παράγουν ηλεκτρισμό με σύνδεση γεννήτριας στον άξονα τους. Η θερμότητα παράγεται από λέβητες ανάκτησης με ή χωρίς συμπληρωματική καύση. Η ψύξη, παράγεται με τον κύκλο απορρόφησης ή προσρόφησης.

### **Εκλογή Συστήματος**

Το πρώτο στάδιο στην απόφαση εγκατάστασης συστήματος ΣΗΘ είναι η καταγραφή των ενεργειακών απαιτήσεων της μονάδας. Η επιλογή του συστήματος θα γίνει αφού έχουν ληφθεί όλα τα άλλα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Καταγράφονται αναλυτικά τα καύσιμα που καταναλώθηκαν κατά τα προηγούμενα έτη, ζεστό νερό ή ατμός που χρησιμοποιείται. Ημερήσιες καμπύλες δίνουν την δυνατότητα αξιοποίησης της μονάδας. Γίνονται προβλέψεις για μελλοντικές καταναλώσεις και χρήσεις.

Από τα παραπάνω υπολογίζεται ο λόγος θερμότητας/ηλεκτρισμού που αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια επιλογής μηχανής.

### **Οικονομική ανάλυση**

Η οικονομική ανάλυση είναι αυτή που θα δώσει ένδειξη για το αν η συμπαραγωγή είναι αποδεκτή και ποια τεχνολογία θα εφαρμοστεί.

Το σύστημα ΣΗΘ θα είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Στο δίκτυο αυτό ο σταθμός ΣΗΘ θα:

- 1) Παρέχει (πουλάει) περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας
- 2) Απορροφά (αγοράζει) αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια.

Το κόστος μιας εγκατάστασης αποτελείται από:

**Κόστος επένδυσης.** Είναι το άθροισμα του κόστους των βασικών μηχανημάτων παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καυσίμου, των πιθανών φίλτρων καθαρισμού απαερίων καύσης, των εργατικών, των κτιριακών εγκαταστάσεων, σωληνώσεων, καλωδιώσεων, των συστημάτων ελέγχου και τέλος των μηχανολογικών μελετών και επιβλέψεων.

**Κόστος λειτουργίας και συντήρησης.** Το κόστος καυσίμου της κύριας μηχανής ΣΗΘ αποτελεί το βασικότερο λειτουργικό κόστος. Προστίθενται έσοδα από την πώληση ηλεκτρισμού στο δίκτυο και αφαιρούνται έξοδα αγοράς ηλεκτρισμού από το δίκτυο. Εκτιμάται το κόστος εργατικό και των ανταλλακτικών για την περιοδική συντήρηση του συστήματος ΣΗΘ και προστίθενται τα λειτουργικά έξοδα.

Με βάση όλα τα παραπάνω υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες από τους οποίους προκύπτει αν η συμπαραγωγή είναι οικονομικά συμφέρουσα λύση ή όχι. Ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας.

### **Νομικό πλαίσιο - Χρηματοδότηση**

Ο βασικός νόμος ο οποίος ορίζει τις εφαρμογές της ΣΗΘ είναι ο 2244/94. Η αρχική εξέταση γίνεται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), και ακολουθεί το ΥΠΙΑΝ με το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Η εγκατάσταση μιας μονάδας ΣΗΘ απαιτεί μεγάλες επενδύσεις κεφαλαίων κατά την αρχική περίοδο. Τα κεφάλαια αυτά μπορούν να αντληθούν από τραπεζικά δάνεια ή χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς με την μέθοδο της "χρηματοδότησης από τρίτους".

### **Υπάρχουσα κατάσταση**

Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα περίπου 20 μονάδες σε βιομηχανικές κυρίως εγκαταστάσεις, με συμμετοχή 2% στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας. Η εγκατάσταση νέων μονάδων προχωρά με αργούς ρυθμούς.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

### **ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΜΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τόσο στον τομέα των συστημάτων αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) όσο και στον τομέα των στατικών μετατροπέων ισχύος γίνεται δυνατή η πραγματοποίηση αξιόπιστων λύσεων ηλεκτροδότησης οικισμών αποκλειστικά με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για την εφαρμογή τέτοιων τεχνικών αναγκαία προϋπόθεση είναι να υπάρχει πρόσβαση σε μία ή περισσότερες πηγές ΑΠΕ. Βασικές πηγές μπορούν να θεωρηθούν η ηλιακή και η αιολική ενέργεια αλλά και η υδραυλική (μικρά υδροηλεκτρικά) καθώς επίσης η βιομάζα και η γεωθερμία. Συνδυάζοντας διάφορες πηγές με μετατροπείς ισχύος και με κατάλληλο έλεγχο εξασφαλίζεται η ποιότητα στην παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύ.

Τα συστήματα ΑΠΕ, εκτός από την αυτόνομη ηλεκτροδότηση οικισμών, συνιστάται να χρησιμοποιούνται και σε συνεργασία με υπάρχοντα συμβατικά συστήματα ηλεκτροδότησης οικισμών είτε αυτά είναι τοπικά δίκτυα, είτε υπάρχει πρόσβαση στο εθνικό δίκτυο και να παρέχουν μέρος ή όλη την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια.



Σημαντικό θέμα επίσης αποτελεί και η δυνατότητα εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και η συνολική ενεργειακή διαχείριση σε επίπεδο οικισμών, έτσι ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη, ορθολογικότερη και οικονομικότερη κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από ΑΠΕ.

### Πλεονεκτήματα

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων αξιοποίησης των ΑΠΕ για ηλεκτροδότηση οικισμών είναι η ενεργειακή αυτονομία και η δυνατότητα παραγωγής κοντά στο σημείο χρήσης. Επίσης ρυπαίνουν λίγο έως μηδενικά την ατμόσφαιρα, έχουν σχετικά αθόρυβη λειτουργία, μικρό κόστος συντήρησης και δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις. Αποτελεί την καλύτερη, και από οικονομικής πλευράς λύση, για οικισμούς απομακρυσμένους που δεν είναι συνδεδεμένοι στο εθνικό δίκτυο.

Η χρήση ΑΠΕ για την ηλεκτροπαραγωγή γίνεται δε ιδιαίτερα ελκυστική όταν συνδυάζεται και με την παραγωγή και θερμικής ενέργειας (συστήματα συμπαραγωγής).

### Τεχνολογίες

Τα συστήματα ηλεκτροδότησης οικισμών αξιοποιούν την ενέργεια των ΑΠΕ, τη μετατρέπουν σε χρήσιμη ηλεκτρική και στη συνέχεια τροφοδοτούν το δίκτυο του οικισμού.

Τα συστήματα ΑΠΕ χρησιμοποιούν συμβατικές μονάδες μετατροπής της ενέργειας όπως φωτοβολταϊκές γεννήτριες, ανεμογεννήτριες κτλ. Στην Ελλάδα αλλά και σε πολλές άλλες χώρες η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι οι πηγές που αξιοποιούνται από συστήματα αξιοποίησης ΑΠΕ. Η αιολική ενέργεια είναι ευμετάβλητη στο χώρο και ότι η εφαρμογή της υπόκειται σε πολεοδομικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Αντίθετα, η ηλιακή ενέργεια είναι σχεδόν σταθερή και με ελάχιστους περιορισμούς. Συνεπώς η ηλιακή ενέργεια αποτελεί τη βασική ενεργειακή συνιστώσα στα συστήματα ΑΠΕ για ηλεκτροδότηση των περισσότερων οικισμών.

Επειδή τόσο η ηλιακή ακτινοβολία, όσο και η ταχύτητα του ανέμου, μεταβάλλονται σε ημερήσια, αλλά και σε εποχιακή βάση, είναι αναγκαία η αποθήκευση της ενέργειας. Η αποθήκευση γίνεται συνήθως υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές.

Για τη μετατροπή των παραμέτρων της ηλεκτρικής ισχύος σε παραμέτρους που είναι συμβατοί με τις συσκευές των χρηστών καθώς και για τον έλεγχο των συσσωρευτών χρησιμοποιούνται ειδικοί μετατροπείς ισχύος. Ο έλεγχος συνολικά της ροής της ενέργειας του

συστήματος γίνεται από ειδική μονάδα. Για λόγους αυξημένης αξιοπιστίας το σύστημα πιθανόν να συμπληρώνεται με ηλεκτρο-παραγωγό ζεύγος (Πετρελαιογεννήτρια).

Διακρίνουμε δύο τοπολογίες συστημάτων:

Στην πρώτη τοπολογία, όλες οι πηγές συνδέονται με τους συσσωρευτές μέσω ελεγκτών φόρτισης και, στη συνέχεια, ένας ή περισσότεροι μετατροπείς ισχύος μετατρέπουν τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη με κατάλληλες παραμέτρους (230/400 V, 50 Hz) και παρέχουν ισχύ στο δίκτυο του οικισμού.

Στη δεύτερη τοπολογία, κάθε μονάδα συνδέεται και παρέχει την παραγόμενη ισχύ, μέσω κατάλληλου μετατροπέα, στο δίκτυο του οικισμού του οποίου οι παράμετροι της ισχύος εξασφαλίζονται από μετατροπέα που συγχρόνως ελέγχει και το φορτίο των συσσωρευτών.

Η διαχείριση της ενέργειας πραγματοποιείται από τη μονάδα ελέγχου του συστήματος, η οποία προγραμματίζεται κατάλληλα με στόχο την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας των πηγών ΑΠΕ, την ποιότητα της ισχύος και την αξιοπιστία του συστήματος.

### Επιλογή Τεχνολογίας

Η επιλογή του συστήματος και της τεχνολογίας βασίζεται στις συνθήκες του τόπου της εφαρμογής και τις απαιτήσεις σε ποιότητα ισχύος και αξιοπιστίας. Στην Ελλάδα οι πιο πιθανές ανανεώσιμες πηγές που μπορούν να αξιοποιηθούν είναι η ηλιακή και η αιολική, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας και των δυνατών ανέμων που επικρατούν στη χώρα, χωρίς αυτό να αποκλείει την αξιοποίηση ενέργειας από άλλες πηγές όπως από γεωθερμία, βιομάζα και μικρά υδροηλεκτρικά όπου αυτό είναι δυνατό. Σε περίπτωση που αξιοποιείται βιομάζα ή γεωθερμία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας κατά την μετατροπή αποτελεί σοβαρό οικονομικό πλεονέκτημα.

Όσον αφορά στην επιλογή της τοπολογίας η δεύτερη τοπολογία έχει πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την πρώτη, όμως βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της ανάπτυξης. Σύντομα θα τελειοποιηθεί και θα υπάρχουν στην αγορά μονάδες που θα μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα με μικρές παρεμβάσεις. Η πρώτη τοπολογία είναι αυτή που εφαρμόζεται ευρέως, αποτελεί όμως μια ακριβή λύση λόγω των υψηλών τιμών των εξαρτημάτων συνεχούς τάσης και ρεύματος.

Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές είναι το πιο αδύνατο σημείο του συστήματος, (κακό βαθμό απόδοσης, συντήρηση και αντικατάσταση). Εναλλακτική λύση αποτελεί η κατασκευή αντλητικού υδροηλεκτρικού σταθμού, η λειτουργία του οποίου βασίζεται

στην άντληση νερού, στις περιπτώσεις χαμηλών φορτίων, από μία δεξαμενή σε δεύτερη που βρίσκεται σε υψομετρική διαφορά και στην απόδοση της ενέργειας όταν αυτό ενδείκνυται.

Σημαντικό στοιχείο στον σχεδιασμό του συστήματος αποτελεί η μονάδα ελέγχου. Ο βέλτιστος τρόπος διαχείρισης της ενέργειας συντελεί, μεταξύ άλλων, στην καλύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, στην ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος και στην αύξηση της ζωής του συστήματος.

### **Εφαρμογές στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη συστημάτων ηλεκτροδότησης για τους εξής λόγους:

- υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας και μεγάλο αιολικό δυναμικό σε πολλές περιοχές
- ύπαρξη πολλών νησιωτικών ή άλλων απομακρυσμένων περιοχών που χαρακτηρίζονται από έλλειψη ηλεκτρικού δικτύου ή ως περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (αρχαιολογικοί χώροι, κλπ.)
- χρήση συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (πετρελαιογεννήτριες) σε νησιωτικές περιοχές με υψηλό κόστος συντήρησης και ρύπανση του περιβάλλοντος
- αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ (ιδιαίτερα με φωτοβολταϊκά συστήματα) την περίοδο με τη μεγαλύτερη ζήτηση (καλοκαίρι)

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν εφαρμογές που τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια οικισμούς με ΑΠΕ, όπως αυτή της νήσου Γαύδου. Υπάρχει επίσης σημαντικός αριθμός αυτόνομων συστημάτων για ηλεκτροδότηση μεμονωμένων κατοικιών ή άλλων κτιρίων που χρησιμοποιούν παρόμοια τεχνολογία.

Για τα μικρά νησιά του ελλαδικού χώρου, που στην πλειοψηφία τους δεν είναι συνδεδεμένα στο εθνικό δίκτυο, η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποτελεί βιώσιμη εναλλακτική λύση για την ηλεκτροδότησή τους.

### **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ**

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου ή μιας βιομηχανίας και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των ενοίκων (όσον αφορά τα κτίρια).

Η Ενεργειακή Διαχείριση του κτιρίου, είναι μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Η **ενεργειακή διαχείριση** στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτίρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, και βασίζεται στην συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού.

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση, (βλ. το παρακάτω σχήμα). Βασικά εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται.

Η ενεργειακή διαχείριση μπορεί να επιτευχθεί μέσω:

- της βελτιστοποίησης των εκκινήσεων και των διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού,
- της διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού στις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης και, κατά συνέπεια, χαμηλής απόδοσης,
- της κλιμακωτής εκκίνησης του εξοπλισμού, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι αιχμές,
- του καθορισμού του σημείου λειτουργίας σύμφωνα με άλλα στοιχεία (χρονοδιάγραμμα, απασχόληση, εξωτερική θερμοκρασία),
- της μείωσης των αιχμών κατανάλωσης με την επιλεκτική διακοπή της λειτουργίας των συστημάτων σε περιόδους που υπερβαίνεται το μέγιστο επίπεδο.

### **Ενεργειακή επιθεώρηση**

Η **ενεργειακή επιθεώρηση** είναι μία μελέτη που σκοπό έχει τον ακριβή καθορισμό των ενεργειακών ροών μιας εγκατάστασης και απάντά στα ακόλουθα τέσσερα ερωτήματα:

- Πόση ενέργεια από κάθε διαθέσιμο είδος χρησιμοποιείται και πόσο κοστίζει;
- Για ποιο σκοπό χρησιμοποιείται η ενέργεια αυτή;
- Τι επιλογές υπάρχουν (και πόσο κοστίζουν) αυτές, για να μειωθεί η χρήση της ενέργειας;
- Ποια είναι τα οικονομικώς αποδοτικότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας;

Διακρίνονται δύο είδη επιθεωρήσεων, η συνοπτική και η εκτενής. Η συνοπτική επιθεώρηση βασίζεται σε παρελθόντα στοιχεία και δεδομένα, όπως είναι οι λογαριασμοί κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και προμήθειας καυσίμων, το μέγεθος και το είδος του κτιρίου / βιομηχανικής μονάδας, τα στοιχεία διαθεσιμότητας των ενεργειακών συστημάτων κλπ. Αυτού

του είδους η επιθεώρηση βασίζεται σε υπολογισμούς και δεν περιλαμβάνει κανενός είδους επιτόπιο έλεγχο. Από την άλλη, η εκτενής επιθεώρηση βασίζεται σε επιτόπιους ελέγχους και ακριβείς καταγραφές των συνθηκών και των ενεργειακών καταναλώσεων.

### **Ενεργειακή παρακολούθηση**

Η παρακολούθηση της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων αποτελεί ουσιαστική διαδικασία για την αποδοτική χρήση της ενέργειας. Με την **ενεργειακή παρακολούθηση** οργανώνεται, καταγράφεται και εξετάζεται η χρήση της ενέργειας σε ολόκληρο το κτίριο, χωρίζοντας τα ενεργειακά δεδομένα ανάλογα με την χρήση και την πηγή της ενέργειας. Επίσης επιτρέπει το διαρκή έλεγχο του πόση ενέργεια καταναλώνεται πού και για ποιο σκοπό, και βοηθά τον ενεργειακό διαχειριστή να γνωρίζει διαρκώς την κατάσταση των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου / της μονάδας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες, π.χ. ο λόγος της ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα κτίριο προς τον όγκο ή την επιφάνειά του ο οποίος πέρα από την ενεργειακή παρακολούθηση του κτιρίου χρησιμοποιείται και για την ενεργειακή του κατάταξη.

### **Συντήρηση**

Τα ενεργειακά συστήματα που δεν συντηρούνται σωστά καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα άνεσης. Η προληπτική συντήρηση διατηρεί χαμηλά το κόστος λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνεται η ποιότητα των υπηρεσιών, καθώς τα συστήματα αποδίδουν καλύτερα και μειώνονται οι ώρες μη λειτουργίας τους λόγω βλαβών. Για παράδειγμα, η κακή συντήρηση ενός λέβητα μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητά του περισσότερο από 10%. Η περιοδική συντήρηση του εξοπλισμού πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Έτσι μπορεί να προλαμβάνεται η μη αποδοτική λειτουργία, αντί να χρειαστεί να επιδιορθωθεί. Πρέπει να ακολουθούνται κάθε φορά οι οδηγίες του κατασκευαστή, καθώς είναι πολύ πιθανό οι ανάγκες σε συντήρηση να αλλάζουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Υπάρχουν διάφορα επίπεδα στα ενεργειακά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν ανάλογα με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Μπορούν να εξεταστούν τόσο χαμηλού ή και μηδενικού κόστους μέτρα, για τα οποία απαιτείται η **πληρέστερη οικονομική ανάλυσή τους πριν εφαρμοσθούν**

### *Μέτρα χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους*

- Διακοπή των πηγών ενέργειας (θέρμανση, φωτισμός) όταν δεν είναι αναγκαίες.
- Κινητοποίηση των ενοίκων για αποδοτική χρήση της ενέργειας (αυτό μπορεί να απαιτεί εκπαίδευση για τη βελτίωση του επιπέδου ενημέρωσης τους).

### *Μέτρα που περιλαμβάνουν κάποιο επίπεδο αρχικής επένδυσης*

- Εισαγωγή συστημάτων ελέγχου – κεντρικά συστήματα θέρμανσης, σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης.
- Βελτιώσεις στο κτίριο ή σε θέματα σχεδιασμού κάποιου νέου κτιρίου.
- Βελτιώσεις στο φωτισμό.
- Χρήση συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Βελτίωση στον κλιματισμό / εξαερισμό
- Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

Όταν εξετάζονται μέτρα αυτού του είδους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Τα οφέλη που θα επιτευχθούν.
- Η επένδυση κεφαλαίου που απαιτείται και ο χρόνος για να αποσβεσθεί.
- Το επίπεδο ενόχλησης που θα προσκληθεί αρχικά και τα θέματα συντήρησης.
- Το απαιτούμενο επίπεδο των τεχνικών γνώσεων.

### **Ενεργειακή διαχείριση σε κτίρια του τριτογενούς τομέα**

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης (Ε.Δ.) ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων του τριτογενούς δημόσιου και εμπορικού τομέα, πρέπει να περιλαμβάνει :

- Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.

- Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης

- Μελέτες τεχνοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π.χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και

ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κ.α.)

- Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.
- Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων-αναφορών, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς τον φορέα διοίκησης-διαχείρισης
- Έλεγχο της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτιριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτιρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος Ε.Δ. και σχετικά με την συμμετοχή του σε αυτό.
- Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του.
- Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων.

Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους

### **Πρόγραμμα δράσης**

Όταν εντοπισθούν πιθανές δυνατότητες εξοικονόμηση ενέργειας, θα πρέπει να καταστρωθεί και να δρομολογηθεί ένα κατάλληλο σχέδιο δράσης. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση των δράσεων και διασφαλίζει ότι δεν θα ξεχαστούν κάποιες από αυτές στην πορεία, ενώ διευκολύνει και την εκ των υστέρων εκτίμηση των ενεργειακών οφελών που επιτεύχθηκαν χάρη στην κάθε δράση ξεχωριστά. Ένα τυπικό πρόγραμμα δράσης ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνει τα εξής:

- Απαιτείται μία ενεργειακή επιθεώρηση για την εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης του κτιρίου.
- Πρέπει να εκτελούνται πρωτίστως τα απλά μέτρα εξοικονόμησης και η σωστή συντήρηση. Με αυτά είναι ενδεχόμενο να εξαλειφθεί ένα μεγάλο ποσοστό από τις πιο δαπανηρές δράσεις.
- Τα μέτρα αυξημένου κόστους πρέπει να αποδεικνύουν ότι είναι οικονομικώς βιώσιμα, πριν από την εφαρμογή τους. Ειδιάλλως, τα χρήματα μπορούν να διοχετευθούν σε κάποια άλλη κατεύθυνση, όπου θα είναι πιο χρήσιμα.

- Η αντικατάσταση ολόκληρων συστημάτων είναι η πιο δαπανηρή δράση και θα πρέπει να αποφεύγεται (εκτός εάν είναι απολύτως απαραίτητη), καθώς πέρα από το κόστος που συνεπάγεται, μπορούν να ανακύψουν και άλλα προβλήματα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

<http://el.wikipedia.org/>

[www.ec-asean-greenippnetwork.net](http://www.ec-asean-greenippnetwork.net)

<http://ec.europa.eu/>

[www.esha.be](http://www.esha.be)

<http://www.ewea.org>

Εφημερίδες, ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα. Εκδόσεις ΚΑΠΕ 2006

Μπελεσιώτης Βασίλης, “Θερμοϋδραυλική προσομοίωση θερμικών ηλιακών εγκαταστάσεων με ένταξη διεποχιακής αποθήκευσης“, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 2006.

Κάραλης Κ. Ευθύμιος, “Λειτουργία και Έλεγχος Συστήματος Ανεμογεννήτριας με Μηχανή Επαγωγής σε Διάταξη Διπλής Τροφοδότησης ”, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2008.

Χατζηγιάννου Αλέξης, ‘Βελτιστοποίηση υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών στοιχείων και ανεμογεννητριών για την τροφοδοσία συστημάτων αφαλάτωσης’, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2006.

Καγκαράκης Κ., “Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία”, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992

Καλδέλλης Ι. Κ., “Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας” , Εκδόσεις Αθανάσιος Σταμούλης , Αθήνα 1999

Ζερβός Α., “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ”, Πολυτεχνικές Εκδόσεις, Αθήνα 2005.  
Φραγκιαδάκης Ι.Ε., “Φωτοβολταϊκά Συστήματα”, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Δεύτερη έκδοση, Θεσσαλονίκη 2006.

Αθηνάς Στέγγου Σαγιά “Διαχείριση της Ενέργειας”, Αθήνα 2006

Α. Στέγγου-Σαγιά, Κ. Α. Αντωνόπουλος, Χ. Αγγελουπούλου “Θερμική άνεση και ενεργειακή χρήση

Χρήστης και ενεργειακή κατανάλωση, Ερευνητικό Θέμα, Παναγιώτου Γεωργία, Π.Θ. Ακαδημαϊκό έτος 2009-2010

ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Συγγραφέας: ΛΙΩΚΗ - ΛΕΙΒΑΔΑ, ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Εκδότης: ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ & ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ, Συγγραφέας: ΚΡΗΤΙΚΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Εκδότης: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών Έτος Έκδοσης: 2010

Φωτοβολταϊκά, αιολικά υδροηλεκτρικά, Συγγραφέας: Κάπος, Μιλτιάδης  
Μ. Εκδότης: Κάπος Μιλτ. Μ. Έτος Έκδοσης: 2009

Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Συγγραφέας: ΚΑΓΚΑΡΑΚΗΣ  
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, Εκδότης: ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ Έτος Έκδοσης: 1992

Ηλιακή Ενέργεια Συγγραφέας: Α. Μοσχάτος, Εκδότης: Τεχνικό Επιμελητήριο  
Ελλάδας Έτος Έκδοσης: 1992.