



# Υβριδικά ηλιακά συστήματα και εφαρμογές τους στην Ελλάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΙΣΤΙΑΝΝΑ ΜΑΝΩΛΙΤΣΗ**



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**  
ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

---

## Περιεχόμενα

---

Περιεχόμενα .....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	6
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
1.1 ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	7
1.2 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	9
<b>2.ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	
2.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	11
2.1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ .....	11
2.1.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ .....	11
2.1.3 Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	12
2.1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	14
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ .....	15
2.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	16
2.3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ.....	16
2.3.2 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	17
2.3.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	18
2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ .....	19
2.5 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	20
2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	20
2.5.2 ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ .....	21
2.5.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ .....	24
<b>3.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	28
3.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	29
3.2.1 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	29
3.2.2 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων .....	30
3.2.2.1. Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.....	30

3.2.2.2	Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.....	33
3.2.3	Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης .	34
3.2.4	Επιλογή παθητικού συστήματος θέρμανσης .....	35
3.2.5	ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ .....	35
3.2.5.1	Τεχνικές φυσικού δροσισμού.....	36
3.3	ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	37
3.3.1.	ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	37
3.3.1.1	Επίπεδοι Συλλέκτες .....	37
3.3.1.2	Συλλέκτες κενού .....	38
3.3.1.3	Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες .....	39
3.3.2	Ηλιακοί θερμοσίφωνες .....	39
3.4.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	41
3.4.1	Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων .....	42
3.4.1.1.	Αυτόνομα Φ/Β Συστήματα .....	42
3.4.1.2	Υβριδικά Φ/Β Συστήματα .....	43
3.4.2	Αρχή Λειτουργίας του φωτοβολταϊκού κυττάρου.....	43
3.5	Θερμική Αποθήκευση .....	46
3.5.1	Εισαγωγή .....	46
3.5.2	Αποθηκευτικά Μέσα.....	46
<b>4.ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b>		
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	48
4.2	Φωτοβολταϊκά – Αιολικά υβριδικά συστήματα .....	49
4.3	Φωτοβολταϊκά – Βιομάζα .....	50
4.4	Φωτοβολταϊκά – Συμβατικά .....	50
4.5	Φωτοβολταϊκά – Θερμικά υβριδικά συστήματα .....	51
4.6	Φωτοβολταϊκά - Γεωθερμία.....	55
4.7	Ηλεκτροδότηση Περιοχών .....	55
4.8	Οικιακά υβριδικά συστήματα .....	58
4.9	Αφαλάτωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών .....	60
4.9.1	Τι είναι η αφαλάτωση .....	60
4.9.2	Χρήση ηλιακής ενέργειας για αφαλάτωση.....	61

## 5. ΜΕΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1	Ενεργειακά Υβριδικά Συστήματα Θέρμανσης και Ζεστών Νερών Χρήσης με Συνδυασμό Ηλιακής Ενέργειας και Τεχνολογίας Συμπύκνωσης .....	63
5.2	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ (COMBI)-ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΠΕ. ....	65
5.2.1	Εισαγωγή .....	65
5.2.2	Η Εγκατάσταση στο ΚΑΠΕ .....	66
5.2.3	Συμπεράσματα.....	68
5.3	Συνδυασμός Ενεργητικών και Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων – Ηλιακό Χωριό στη Πεύκη .....	70
5.4	Συγκρότημα Βιοκλιματικών Κατοικιών στην Καλαμάτα .....	74
5.5	Παράδειγμα Ηλεκτροδότησης Κατοικίας Με Υβριδικό Ηλιακό Σύστημα.....	76
5.6	Κύθνος .....	77
5.6.1	Εμπειρίες Λειτουργίας του Υβριδικού Συστήματος Κύθνου. ....	81
5.7	Εφαρμογές Υβριδικών Συστημάτων Αφαλάτωσης .....	83
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	86
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εισάγει τις βασικές αρχές που διέπουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με κύρια κατεύθυνση την ηλιακή ενέργεια εφόσον υπάρχει σε αφθονία στην χώρα μας. Καθώς και να παρουσιάσει κάποιες από τις από τις διαθέσιμες τεχνολογίες αξιοποίησης των υβριδικών ηλιακών συστημάτων. Με τον όρο υβριδικά ηλιακά συστήματα ορίζονται τα συστήματα που συνδυάζουν την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε συνδυασμό με κάποια άλλη μορφή ενέργειας, όπως για παράδειγμα αιολική, βιομάζα, γεωθερμία ή ακόμα και συμβατικές μορφές ενέργειας όπως παραγωγή ενέργειας από γεννήτρια πετρελαίου. Στον όρο υβριδικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνεται επίσης ο συνδυασμός δύο διαφορετικών τεχνικών αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, όπως για παράδειγμα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική ή ακόμα και τον συνδυασμό Φωτοβολταϊκών πλαισίων με θερμικά συστήματα. Τέλος μια ξεχωριστή κατηγορία υβριδικών ηλιακών συστημάτων αποτελεί η χρήση ηλιακών συλλεκτών για αφαλάτωση. Η εργασία ολοκληρώνεται με συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογών υβριδικών ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα.

## ABSTRACT

---

The purpose of this thesis is to introduce the basic principles of renewable energy sources, mainly headed for solar energy, which exists in abundance in our country. The second objective is to present some of the available utilization technologies of hybrid solar systems. The term hybrid solar systems are defined as systems that combine the use of solar energy in combination with some other form of energy, such as wind, biomass, geothermal or even conventional forms of energy such as energy from a diesel generator. The term hybrid solar systems also include a combination of two different techniques utilizing solar energy, such as passive and active solar systems in bioclimatic architecture or even the combination of photovoltaic modules with thermal systems. Finally a class of hybrid solar systems is the use of solar panels for desalination. The thesis concludes with specific application examples of hybrid solar systems in Greece.

---

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [1]

---

Ως Πηγή Ενέργειας ορίζεται κάθε ύλη (στάσιμη ή κινούμενη), σύστημα ή διάταξη, από όπου μπορεί να αποληθφεί ενέργεια για την τελική προμήθεια θερμότητας, φωτός ή ισχύος. Στη σημερινή εποχή η ανθρωπότητα καταναλώνει με εντατικούς ρυθμούς πηγές ενέργειας που διαθέτει η φύση, οι οποίες μπορεί να απαιτούν εκατομμύρια ετών για να δημιουργηθούν ξανά (π.χ. πετρέλαιο, λιγνίτες), ή να σχηματίζονται άμεσα ώστε να διατίθενται πρακτικά αμείωτες (για παράδειγμα η ενέργεια του ήλιου των ανέμων). Διακρίνουμε έτσι – σύμφωνα με το σχετικό βαθμό αναδημιουργίας και κατανάλωσής τους- δύο βασικές κατηγορίες πηγών ενέργειας:

A) **Ανανεώσιμες** (ή μη αναλώσιμες ή ήπιες ή εναλλακτικές):

Είναι πηγές ενέργειας που ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως επιτρέποντας έτσι τη σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους. Ενδεικτικά αναφέρονται: ηλιακή, αιολική, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα και η ενέργεια των υδατοπτώσεων, των κυμάτων και των παλιρροιών.

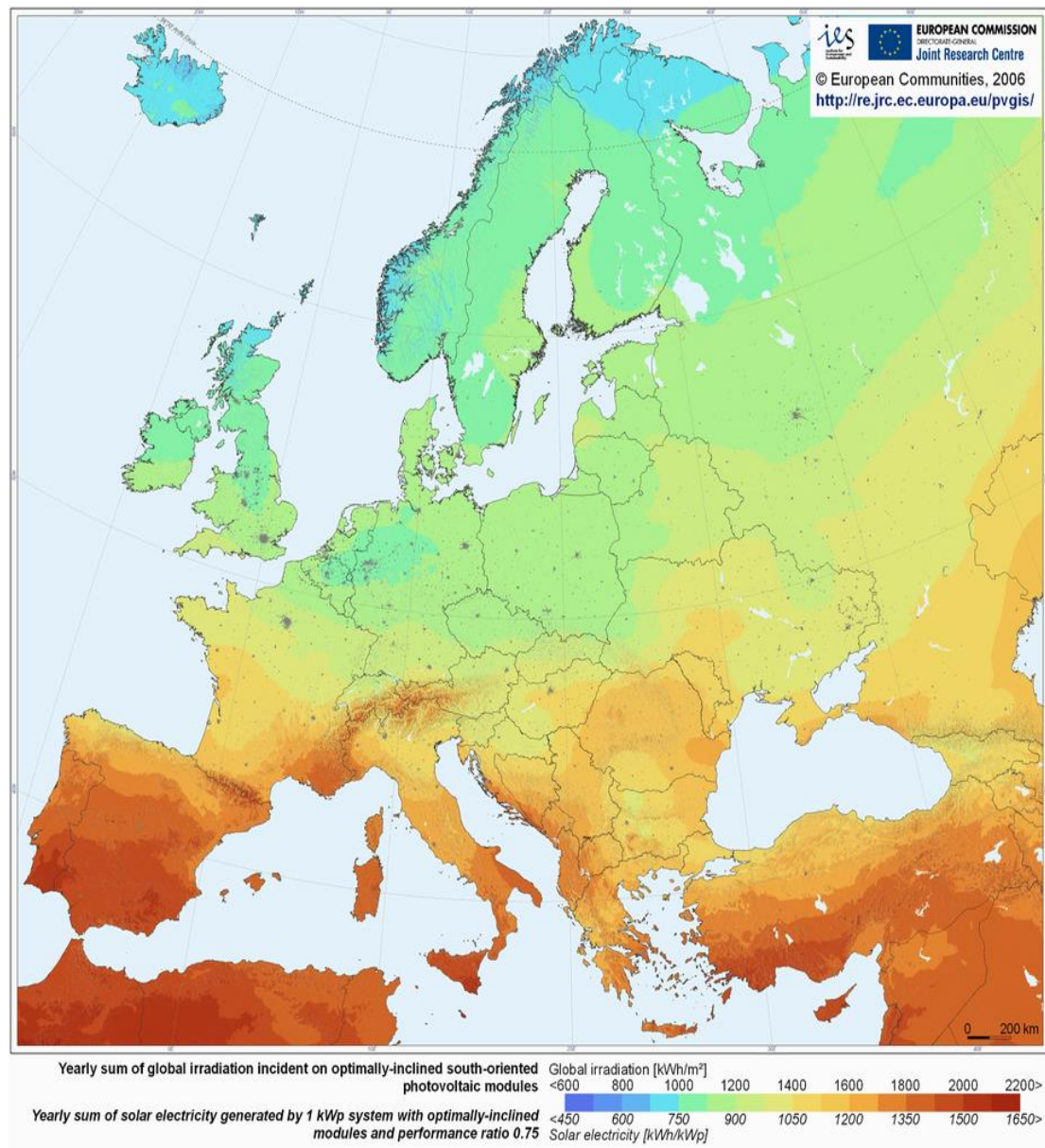
B) **Αναλώσιμες** (ή συμβατικές ή μη ανανεώσιμες ή εξαντλήσιμες) : Κάθε πηγή ενέργειας που δε μπορεί να υπαχθεί στις ανανεώσιμες. Ενδεικτικά αναφέρονται: το πετρέλαιο και τα παράγωγά του, το φυσικό αέριο, τα πυρηνικά καύσιμα κ.ά.

Επίσης, ανάλογα με την επεξεργασία που έχουν υποστεί και τη διαθεσιμότητα τους για τελική χρήση, οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς και χρήσιμες ενέργειες.

- i. **Πρωτογενείς πηγές ενέργειας**: Συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι ενέργειας που δημιουργούνται κυρίως από τον ήλιο στον φλοιό της γης. Είναι δηλαδή η ενέργεια που προέρχεται από τη φύση πριν από οποιοδήποτε μετασχηματισμό.
- ii. **Δευτερογενείς πηγές ενέργειας**: Συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι ενέργειας που παρασκευάζονται από πρωτογενείς πηγές

ενέργειας γενικά με μηχανικά, χημικά, θερμικά μέσα ή πυρηνική αντίδραση, για να μετασχηματιστούν σε χρήσιμη ενέργεια (ορίζονται και ως ενδιάμεσες ενέργειες). Είναι δηλαδή η ενέργεια που έχει προέλθει από έναν οι περισσότερους μετασχηματισμούς αλλά δεν έχουν φτάσει ακόμα στη τελική μορφή για χρήση της.

- iii. **Χρήσιμη ενέργεια** είναι η ενέργεια με την επιθυμητή μορφή για τον καταναλωτή όπως μηχανικό έργο, θερμότητα, φωτισμός κλπ.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 : ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ



## 1.2 Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι Α.Π.Ε μπορεί να έχουν σημαντική συμβολή στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών του θερμοκηπίου, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές CO<sub>2</sub>. Τα οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των Α.Π.Ε. δεν είναι μόνο περιβαλλοντικής φύσης. Οι αξιοποίησή τους μπορεί να επιφέρει σημαντικά κοινωνικά και οικονομικά οφέλη στην περιφερειακή και την τοπική ανάπτυξη. Παρά το γεγονός ότι απαιτείται ένα σημαντικό κεφάλαιο για την αρχική τους εγκατάσταση και τον εξοπλισμό, το λειτουργικό τους κόστος είναι αμελητέο και τα αποτελέσματά τους ιδιαίτερα σημαντικά.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι τα εξής:

- Πρακτικά είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους πόρους (κυρίως ορυκτά καύσιμα).
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε τοπικό περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, παρέχοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι το σύστημα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες κατά τη μεταφορά ενέργειας.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις τις διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των Α.Π.Ε συμβάλλουν στη δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο. Έτσι μπορούν να αποτελέσουν πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

### Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.

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

---

## 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

---

### 2.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

---

#### 2.1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ [1]

---

Η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται με το βάθος, και ο εσωτερικός πυρήνας της φθάνει μια μέγιστη θερμοκρασία περίπου 4000 °C. Προκαλείται έτσι μια ροή θερμότητας που απελευθερώνεται με αργό ρυθμό προς τα εξωτερικά στρώματα και τελικά στην επιφάνεια της γης. Αυτή η ροή θερμότητας λαμβάνει χώρα κυρίως με αγωγή, ενώ σε λίγες περιπτώσεις πραγματοποιείται με κυκλοφορία μάγματος ή ύδατος.

Γεωθερμική ενέργεια είναι ακριβώς η θερμότητα που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Η ενέργεια αυτή είτε εμπεριέχεται στο εσωτερικό της Γης, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας της, είτε παράγεται –πάλι από το εσωτερικό της γης- από την πυρηνική διάσπαση στοιχείων και από χημικές αντιδράσεις. Το μεγαλύτερο ποσοστό οφείλεται στην ήδη αποθηκευμένη ενέργεια καθώς οι λοιπές αντιδράσεις έχουν εξαιρετικά αργό ρυθμό.

#### 2.1.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

---

Η γεωθερμική ενέργεια απελευθερώνεται σε όλη την επιφάνεια της Γης με αργούς ρυθμούς, εκτός από περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που ονομάζονται **γεωθερμικά πεδία** όπου [1]:

- Η ενέργεια απελευθερώνεται με ταχύτερους ρυθμούς
- Διαπιστώνονται υψηλότερες γεωθερμικές βαθμίδες και
- Είναι απολήψιμη με ακόμα μεγαλύτερους από τους φυσικούς ρυθμούς ροής της.

Η **γεωθερμική βαθμίδα** ορίζεται ως ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας της γης σε συνάρτηση με το βάθος, μέσα στο γήινο

φλοιό. Σε βάθη που είναι προσβάσιμα με τις σύγχρονες γεωτρητικές μεθόδους, δηλαδή μέχρι τα 10.000 m, η μέση γεωθερμική βαθμίδα κυμαίνεται περίπου στους 2,5-3°C/100 m.

Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους [α]:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m<sup>2</sup>

β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Ανάλογα με το θερμοκρασιακό τους επίπεδο τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να έχουν διάφορες χρήσεις και διακρίνονται σε [α] :

- Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

### 2.1.3 Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ [α]

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμειυτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν του 100° C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η

ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΟΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (2009)

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής (5 και 2 αντίστοιχα). Στην

Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 °C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350° C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι την τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα.

Στην Βόρεια Ελλάδα η γεωθερμία προσφέρεται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λ.π. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότροπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηρόκαστρο και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75 °C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και παροχής. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο Μαγγάνων Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C και σε πολύ οικονομικά βάθη παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82 °C.

Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Στην Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100 μ. συνάντησαν νερά της τάξης των 100° C.

#### **2.1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [2],[3]**

---

Γενικά, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας. Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγεται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδροθείου). Για όλα τα παραπάνω προβλήματα υπάρχει τρόπος αντιμετώπισής τους.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Συνεχής παροχή ενέργειας, με υψηλό συντελεστή λειτουργίας (load factor), >90%.
- Μικρό λειτουργικό κόστος, αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας.
- Μηδενικές ή μικρές εκπομπές αερίων στο περιβάλλον.
- Μικρή απαίτηση γης.
- Αποτελεί τοπική μορφή ενέργειας με συνέπεια την οικονομική ανάπτυξη της γεωθερμικής περιοχής.
- Συμβολή στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

## 2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

Η **Υδροηλεκτρική Ενέργεια** είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η δυνατότητα (από)ταμίευσης ενέργειας ως (υδρο) δυναμικής (και όχι ως θερμικής - με τα γνωστά προβλήματα απωλειών-, ή ηλεκτρικής, καθώς επίσης η ανανεωσιμότητά της καθιστούν την υδροηλεκτρική ενέργεια σημαντική εναλλακτική / συμπληρωματική λύση στο ενεργειακό- περιβαλλοντικό πρόβλημα, δεδομένης και της "καθαρότητάς" της.



ΕΙΚΟΝΑ 2.2: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ [ζ]

### **i. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΥΔΑΤΟΠΤΩΣΕΙΣ**

Αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει. Επιπλέον οι υδατοπτώσεις είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται και για άλλες ανάγκες: ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, διαχείριση υδάτων, συντήρηση υδροβιότοπων, αναψυχή, αθλητισμό.

### **ii. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΠΑΛΛΙΡΟΙΕΣ**

Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την βαρυτική έλξη της σελήνης και της γης και η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη κατά τη διαφορά του ύψους της επιφάνειας της στάθμης των νερών- άμπωτη και πλημμυρίδα. Ο εν λόγω τρόπος παραγωγής ενέργειας δεν είναι πολύ συνηθισμένος , ενώ οι γεννήτριες που χρειάζονται μπορεί να αποδειχθούν δαπανηρές ως προς την εγκατάσταση. Μακροπρόθεσμα, όμως , μπορούν να παράγουν φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια

### **iii. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ**

Η τεχνολογία αυτή παράγει με πηγή την ενέργεια των κυμάτων, Ηλεκτρική, Θερμική και Μηχανική ενέργεια. Οι δύο τελευταίες ενέργειες είναι χρήσιμες για την αφαλάτωση του νερού αλλά και την άντληση θαλασσίου ύδατος

### **iv. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ**

Υπάρχει και η δυνατότητα εκμετάλλευσης της διαφοράς των θερμοκρασιών μεταξύ πυθμένα και της επιφάνειας της θάλασσας, ιδιαίτερα στα τροπικά κλίματα. Με την υπάρχουσα όμως τεχνολογία δεν προβλέπεται ελπιδοφόρα εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

## **2.3 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

---

### **2.3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ**

---

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό



και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί αν γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

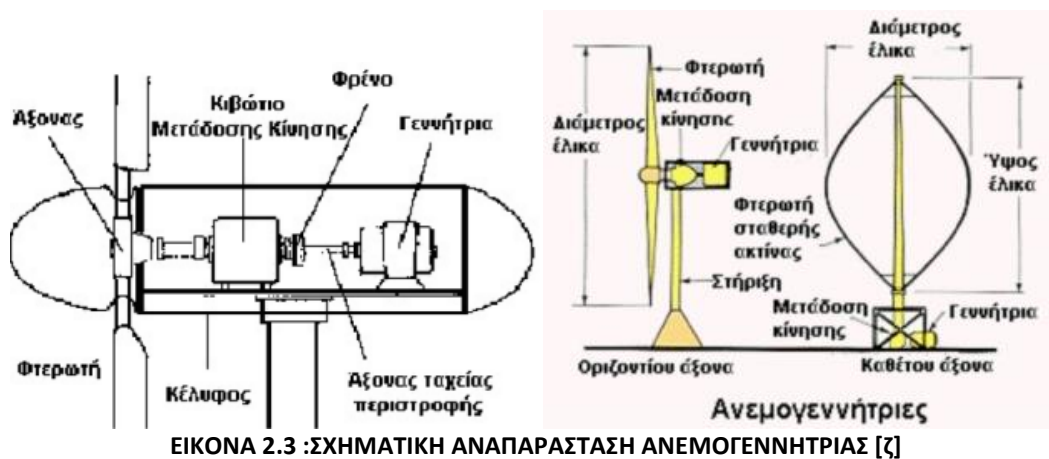
### **2.3.2 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ**

---

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15Kph για να μπορέσει η μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300KW η κάθε μια. Καθώς η

γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρικό ρεύμα τάση 25.000Volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από έναν Μ/Σ στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000Volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση. Τα σύρματα της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή αλουμίνιο για να υπάρχει μικρότερη αντίσταση στη μεταφορά του ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος τόσο πιο πολύ θερμαίνεται το καλώδιο. Έτσι κάποιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται επειδή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Τα σύρματα μεταφοράς καταλήγουν σε ένα υποσταθμό όπου οι Μ/Σ του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 :ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ [ζ]

### 2.3.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [1]

Μερικές από τις χρήσεις της αιολικής ενέργειας μπορεί να είναι:

- I. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο είτε για την κάλυψη ιδίων αναγκών ή για την πώληση του ρεύματος στην εταιρία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή).
- II. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία :
  - α) μόνες τους με συσσωρευτές (stand-alone)
  - β) σε συνδιασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ (diesel- windgenerator autonomous system).
- III. Για την παραγωγή ύδατος (αφαλάτωση).
  - α) Με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης, όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται για την

κίνηση των αντλιών προώθησης του προς αφαλάτωση ύδατος μέσω των ημιπερατών μεμβρανών.

β) Με τη μέθοδο συμπίεσης ατμών, όπου η περιστροφική κίνηση του δρομέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την κίνηση του συμπιεστή ατμών.

- IV. Για την θέρμανση, π.χ. σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα με τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης ή με τη χρήση αντλιών θερμότητας.
- V. Σε παραδοσιακές χρήσεις, όπως άλεση, άντληση, άρδευση.

## 2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ [β]

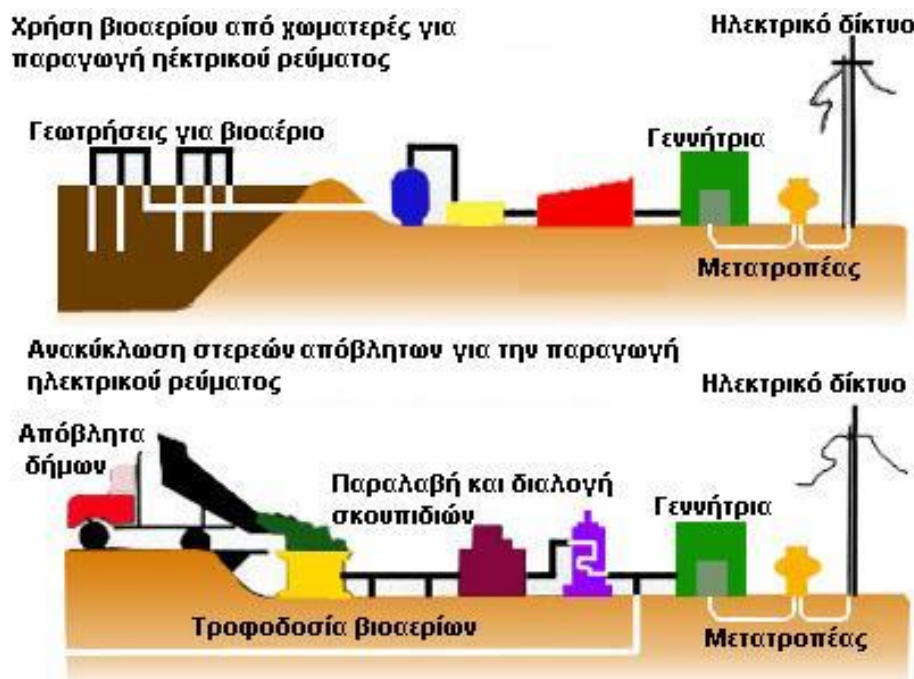
Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

Οι χωματερές και οι μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, παράγουν βιοαέριο, που μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροπαραγωγή. Στη χώρα μας τέτοιες μονάδες είναι εγκατεστημένες στη Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Χανιά και Ψυτάλλεια

Αττικής με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 8000 KW, ενώ το 12% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας έχει ως πηγή τη βιομάζα.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

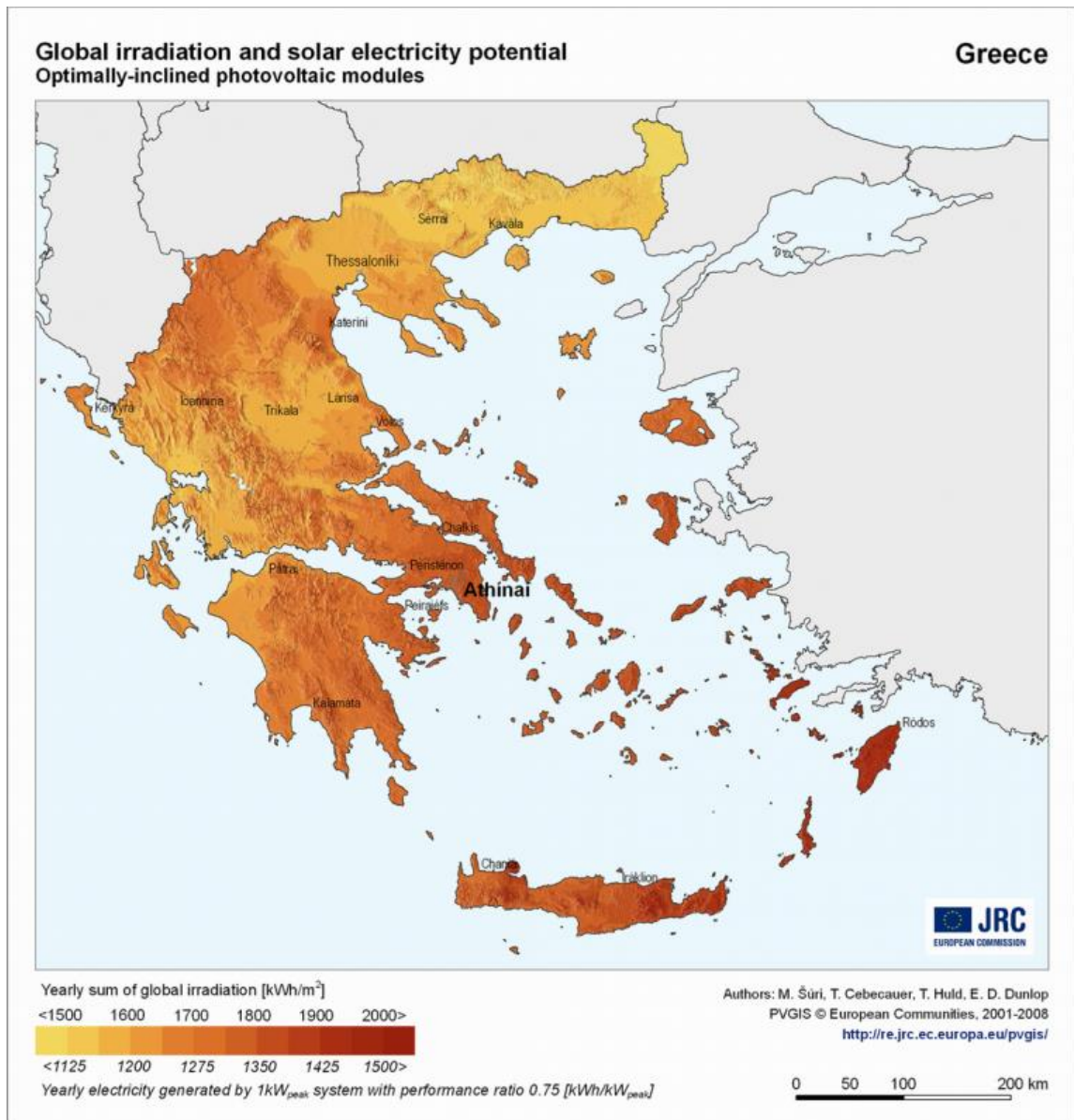
## 2.5 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως ηλιακή ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που φθάνει από τον ήλιο στη γη. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται από τον ήλιο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του και μεταδίδεται μέσα από το διάστημα με ακτινοβολία. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη είναι κατά μέσο όρο  $173 \cdot 10^{15} \text{ W}$  και είναι κατά τάξεις μεγαλύτερη της μέσης ισχύος που απαιτεί η ανθρωπότητα ( $7 \cdot 10^{12} \text{ W}$ ). Πέραν αυτού όμως, η ηλιακή ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τη βασική ενεργειακή πηγή στη γη, καθώς σε αυτή οφείλεται ο σχηματισμός ή η διαθεσιμότητα της πλειονότητας των ενεργειακών πόρων, εξαντλήσιμων και μη, με εξαιρέσεις την πυρηνική ενέργεια, τη γεωθερμική και την παλιρροιακή.

Για την πιο αποδοτική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, πρέπει να λάβουμε υπόψη πώς μεταβάλλεται η θέση του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους. Στις χώρες του βορείου ημισφαιρίου, όπως η Ελλάδα, οι επιφάνειες που είναι

προσανατολισμένες στο νότο δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης, το καλοκαίρι, ο ήλιος είναι ψηλά ως προς τον ορίζοντα, ενώ το χειμώνα είναι χαμηλά.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

## 2.5.2 ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία.

### Ηλιακή σταθερά $G_{sc}$

Ως ηλιακή σταθερά ορίζεται η ροή της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στο όριο της ατμόσφαιρας:

$$G_{sc}=1353 \text{ W/m}^2 \quad (\text{ή } 1395 \text{ W/m}^2 \text{ κατά τους Γελεγένη-Αξαόπουλο})$$

Λόγω της μεταβολής της απόστασης ήλιου-γης κατά την διάρκεια του έτους χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση για τον υπολογισμό της διαχρονικής μεταβολής της ηλιακής σταθεράς:

$$G_{on}= G_{sc}\left[1+0.0033 \cos \frac{360 n}{365} \right]$$

Όπου:  $n$  οι ημέρες του έτους  $n=1,2,3,\dots,365$

$G_{on}$ : ακτινοβολία που δέχεται επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας και κάθετο στις ακτίνες του ήλιου.

### Γεωγραφικό πλάτος $\phi$

Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου εκφράζει τη γωνία που σχηματίζει ο τόπος με τον ισημερινό και είναι:  $-90^\circ < \phi < 90^\circ$

### Γεωγραφικό μήκος $\lambda$

Γεωγραφικό μήκος ενός σημείου στην επιφάνεια της γης είναι η δίεδρη γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του μεσημβρινού που διέρχεται από το εν λόγω σημείο με το επίπεδο του πρώτου μεσημβρινού (Greenwich). Το γεωγραφικό μήκος χαρακτηρίζεται Ανατολικό Α (East E) ή Δυτικό Δ (West W) ανάλογα σε ποιο ημισφαίριο βρίσκεται το σημείο. Το γεωγραφικό μήκος μετράται σε μοίρες και υποδιαιρέσεις αυτών, πρώτα και δεύτερα από  $0^\circ - 180^\circ$  Α ή  $0^\circ - 180^\circ$  Δ.

### Απόκλιση του ήλιου $\delta$

Κατά τη διάρκεια ενός έτους, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης ( $\delta$ ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στη ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες τιμές είναι  $+23.450$  στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και  $-23.450$  στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο).

Η απόκλιση του ήλιου δίνεται από την εξίσωση:

$$\delta = 23.45 \sin \left( \frac{360(284+n)}{365} \right)$$

Άμεση συνέπεια των διαφορετικών τιμών της απόκλισης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι κυκλικές τροχιές που διαγράφονται βορειότερα στο ουρανό το καλοκαίρι, με νωρίτερη ανατολή και αργότερη δύση στο βόρειο ημισφαίριο, ενώ το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Παράλληλα διαμορφώνονται οι αντίστοιχες μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε διάφορες εποχές του έτους.

Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη για τη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε ένα τόπο, είναι η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει το μέσο όρο των ωρών που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Επίσης, ο αριθμός των ημερών με ηλιοφάνεια, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, που ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.

Η ακτινοβολία  $A_{ολ}$  που καταλήγει σε μία επιφάνεια κάθετη στην ηλιακή ακτινοβολία, έρχεται άμεσα από τον ήλιο  $A_{\alpha}$  ή καταλήγει σε αυτήν από τη διάχυση της ακτινοβολίας  $A_{\delta}$  σε σύννεφα ή σκόνη της ατμόσφαιρας.  $A_{ολ}=A_{\alpha}+A_{\delta}$

Η ετήσια λαμβανόμενη ακτινοβολία είναι :

$$H_{ολ}=\int (A_{\alpha} \times \cos \theta + A_{\delta}) dt,$$

όπου  $\theta$  είναι η γωνία πρόσπτωσης, δηλαδή αυτή που σχηματίζεται από τη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας και από την κάθετη στην επιφάνεια συλλογής.

### Ύψος και αζιμούθιο ήλιου

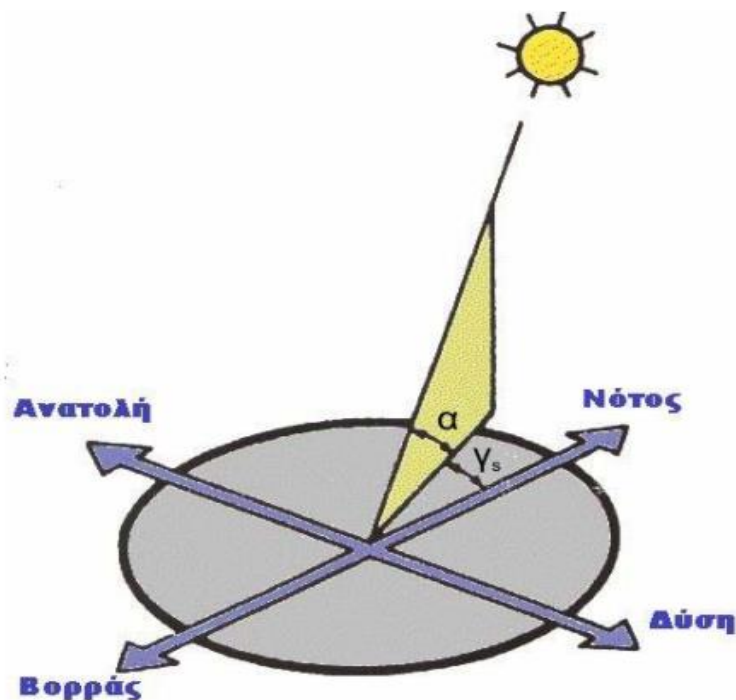
Η θέση του ήλιου στον ουρανό ενός τόπου περιγράφεται συνήθως με δύο γωνίες : το ύψος του ήλιου ( $\alpha$ ) και το αζιμούθιο του ήλιου ( $\gamma$ ). Το ύψος του ήλιου ( $\alpha$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στον ορίζοντα.(εικόνα )

Αζιμούθιο  $\gamma$  είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στη προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά - νότου. Προς τα δεξιά από τον νότο, το ηλιακό αζιμούθιο παίρνει θετικές τιμές, και προς τα αριστερά αρνητικές τιμές. Κατά την διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται συνεχώς καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.

Το αζιμούθιο είναι:

- ☒ Για νότιο προσανατολισμό  $\gamma=0$
- ☒ Για γωνίες δυτικά από το νότο παίρνει θετικές τιμές.

- ☒ Για γωνίες ανατολικά από το νότο παίρνει αρνητικές τιμές.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6 : ΤΟ ΥΨΟΣ (Α) ΚΑΙ ΤΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ (Γ)

### Ζενίθια γωνία του ήλιου

Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική του γωνία, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στην κατακόρυφο, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενίθια γωνία) του ήλιου ( $\theta_z$ ). Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου.

### Ωριαία γωνία του ήλιου

Ορίζεται ως ωριαία γωνία ( $\omega$ ) του ήλιου η γωνιακή απόσταση του ηλίου από την ηλιακή μεσημβρία λόγω περιστροφής της γης περί τον άξονά της. Στην ηλιακή μεσημβρία  $\omega=0^\circ$  ενώ κάθε ώρα η  $\omega$  μεταβάλλεται κατά  $15^\circ$ . Τις πρωινές ώρες η  $\omega$  είναι θετική (+) και κατά τις απογευματινές γίνεται αρνητική (-).

$$\omega = \pm 0,25 \cdot (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι})$$

### 2.5.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

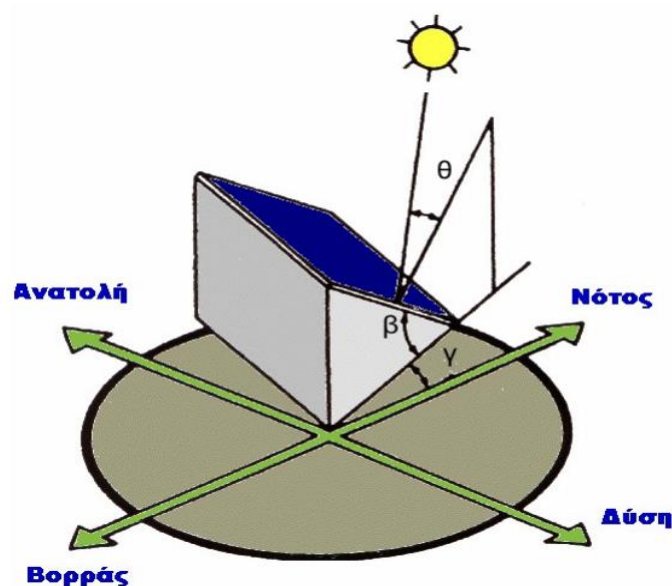
Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο



προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες : την κλίση και την αζιμούθια γωνία. Η κλίση του συλλέκτη ( $\beta$ ) είναι η δίεδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον οριζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από  $0^\circ$  μέχρι  $180^\circ$ .

Για γωνίες  $\beta > 90^\circ$  το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω (Εικόνα ). Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη ( $\gamma$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από  $-180^\circ$  μέχρι  $+180^\circ$ . Η γωνία  $-180^\circ$  (που συμπίπτει με την  $+180^\circ$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία  $-90^\circ$  προς την ανατολή, η γωνία  $0^\circ$  προς το νότο και η γωνία  $+90^\circ$  προς τη δύση.

Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης ( $\theta$ ) είναι  $0^\circ$ . Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους.



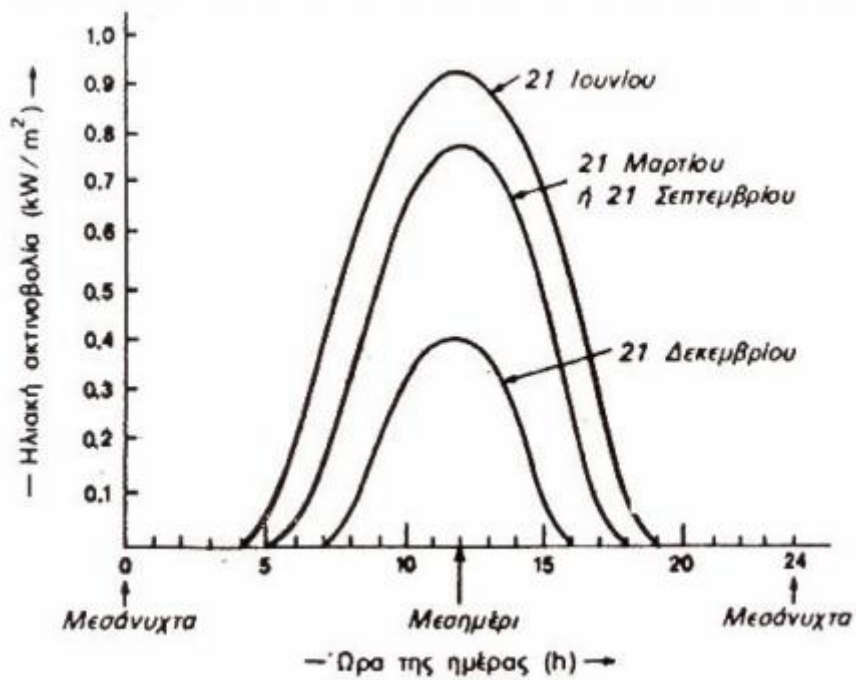
ΕΙΚΟΝΑ 2.7: Η ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ( $\beta$ ), ΤΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ( $\gamma$ ) ΚΑΙ Η ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ΣΤΟ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ( $\theta$ )

Οι επίπεδοι συλλέκτες χρησιμοποιούν την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία και συνήθως τοποθετούνται υπό σταθερή κλίση και προσανατολισμό κατά τη διάρκεια του έτους. Η επιλογή του ευνοϊκού προσανατολισμού και της κλίσης του συλλέκτη είναι το σημαντικότερο μέτρο για τη βελτίωση του ηλιακού κέρδους. Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση) επηρεάζει την απόδοσή του κατά δύο τρόπους. Πρώτα επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Ακόμα η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων και τον συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα, αφού οι δύο συντελεστές είναι συναρτήσεις της γωνίας, που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

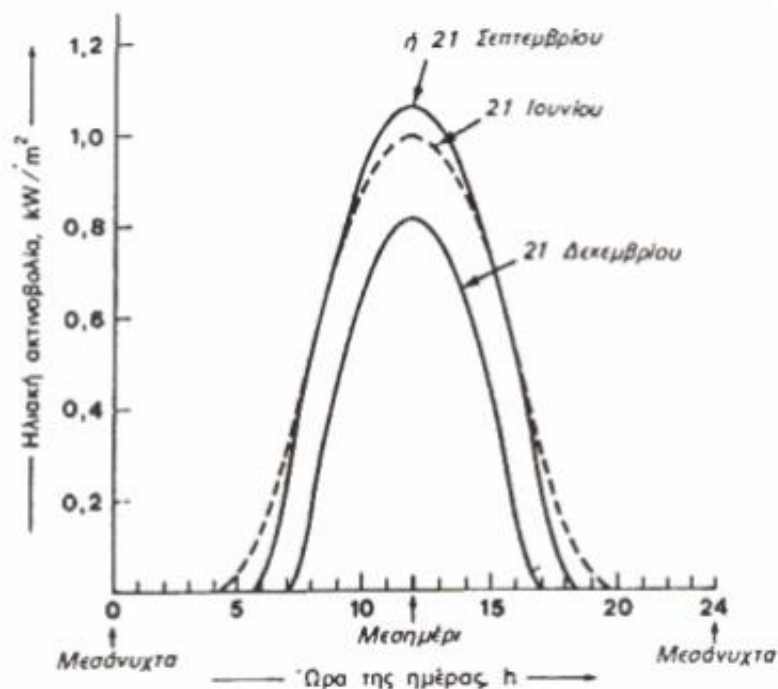
Ο συλλέκτης τοποθετείται ώστε να κοιτά τον ισημερινό (με νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο και βόριο προσανατολισμό για το νότιο ημισφαίριο). Για μεγιστοποίηση της ετήσιας ακτινοβολίας τοποθετείται με κλίση  $\beta$  ίση προς το γεωγραφικό πλάτος  $\phi$  της θέσης.

Γενικότερα, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη μπορεί να δίδεται από τις εξής σχέσεις [1]:

- $\beta = 0,86(\phi + 1)$  εάν μας ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση της ετήσιας απολαμβανόμενης ακτινοβολίας
- $\beta = 0,82\phi + 25$  εάν μας ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση της απολαμβανόμενης ακτινοβολίας τον χειμώνα
- $\beta = \phi - 17$  εάν μας ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση της απολαμβανόμενης ακτινοβολίας το καλοκαίρι



ΕΙΚΟΝΑ 2.8: ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΧΕΤΑΙ ΜΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΡΙΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΟΙ ΩΡΕΣ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΗΛΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ)



ΕΙΚΟΝΑ 2.9: ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΟΝ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΣΕ ΚΛΙΣΗ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΤΟΠΟΥ

---

## 3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

---

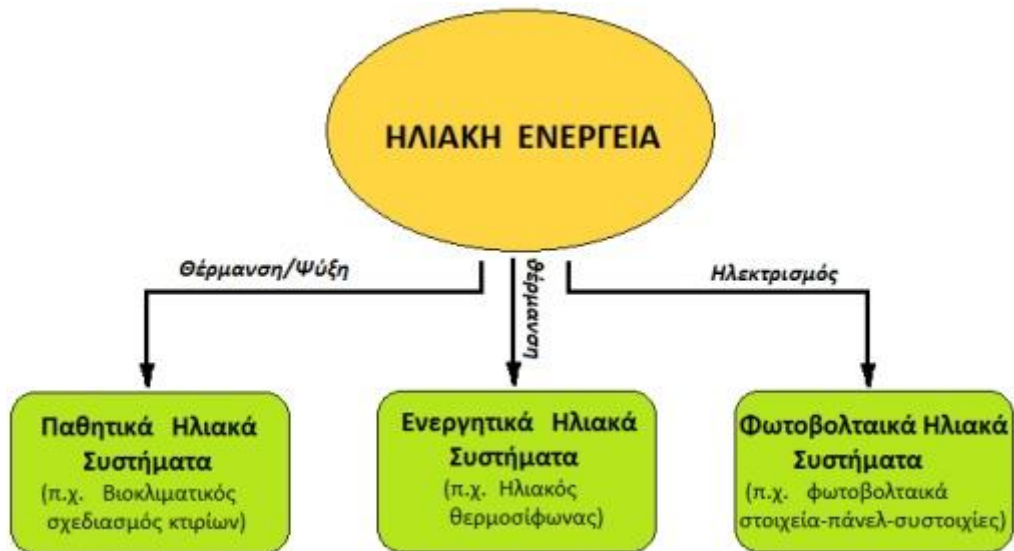
### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Ανάλογα με τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας για τελική χρήση της, τα συστήματα αξιοποίησής της διακρίνονται σε:

- i. παθητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία συμβαίνει άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς προηγούμενη μετατροπή της.
- ii. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, όπου συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία με μετατροπή της σε θερμότητα, η οποία και αξιοποιείται.
- iii. Φωτοβολταϊκά συστήματα, στα οποία η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό για περαιτέρω χρήση της.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ενσωματώνονται κυρίως στις κατασκευές κτιρίων για την εξυπηρέτηση των θερμικών φορτιών το χειμώνα και συνιστούν εξελιγμένες και οικονομικές τεχνολογίες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούνται τόσο σε οικιακές όσο και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Στο βιομηχανικό τομέα διακρίνονται εφαρμογές θέρμανσης με χαμηλή ή εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία (ηλιακοί φούρνοι με τη χρήση συγκεντρωτικών κατόπτρων), αφαλάτωσης (με τη χρήση ηλιακών αποστακτών ή συνήθων μεθόδων απόσταξης σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες ή ηλιακές λίμνες) ή ηλεκτροπαραγωγής με τη χρήση συγκεντρωτικών κατόπτρων.



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 3.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Είναι τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου.

#### 3.2.1 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων

Προϋπόθεση για την εφαρμογή σ' ένα κτήριο παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θερμομόνωσή του, ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση, κ.ά.). Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή και στο χώρο που θα θερμανθεί.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο.

Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της:

- ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον

- ένα ποσοστό, που είναι το τμήμα που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας -φωτεινή ακτινοβολία- διαπερνά τον υαλοπίνακα, και
- ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξαρτάται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά του:

$$g + \rho + \alpha = 1$$

Όπου: g: διαπερατότητα,  
ρ: ανακλαστικότητα, και  
α: απορροφητικότητα

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο είναι μικρού μήκους κύματος (0.4-0.8 μm). Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και, αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέραστα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτό τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένα «αποθήκη θερμότητας» και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου.

### 3.2.2 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

#### 3.2.2.1. Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι **διαφανή υλικά** (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

- Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα). Όταν οι τιμές για τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού δε δίνονται από τον κατασκευαστή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σχετικοί συντελεστές που αναφέρονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» και στην ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των όψεων του κτηρίου και η οποία συνδέεται και με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού, (π.χ. συντελεστής ηλιακής ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας).
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

- Οι υαλοπίνακες
- Τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά)
- Η διαφανής θερμομόνωση

**Οι υαλοπίνακες** είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση, εκτός εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας -τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με

υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεψιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτηρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτηρίου σε φυσικό φως.

**Τα σκληρά πλαστικά** ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά.

Τα πολυκαρβονικά (polycarbonate-PC) είναι σκληρά και διαφανή, με αντίσταση στη φωτιά και χαρακτηρίζονται από ευκολία στη διεργασία τους για να σχηματίζουν καμπύλες μορφές. Ο συντελεστής της θερμικής τους αγωγιμότητας κυμαίνεται από 0,190 έως 0,220 W/mK και η διαπερατότητά τους στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,40 έως 0,80, αναλόγως με το χρωματισμό τους. Είναι σχετικά ελαφρά υλικά (με πυκνότητα τάξης μεγέθους των 1200 kg/m<sup>3</sup>). Χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή σε ρηγμάτωση -η οποία μπορεί να συμβεί λόγω μηχανικών καταπονήσεων, έκθεση σε οργανικά υγρά και σε περιβαλλοντικούς παράγοντες-που μπορεί όμως να περιορισθεί με την κατάλληλη διεργασία. Όταν δέχονται αρκετά αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία αλλοιώνεται η χρωματική τους εμφάνιση και η ρητίνη τους μπορεί να διαβρωθεί, σε βάθος 25μm από την εκτιθέμενη επιφάνεια (Legrand & Bendler, 2000).

Τα πολυακρυλικά PMMA (γνωστά ως πλεξιγκλάς) ανήκουν επίσης στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Πρόκειται για σκληρά, διαφανή και αρκετά ελαφριά υλικά (πυκνότητα της τάξης μεγέθους των 1150-1190kg/m<sup>3</sup>). Η διαπερατότητά τους στο ορατό φως είναι της τάξης του 0.92 και η θερμική τους αγωγιμότητα της τάξης των 0,200 W/mK. Έχουν μεγαλύτερη σταθερότητα στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, σε σχέση με τα πολυκαρβονικά, και μικρή αντίσταση σε διαλύτες και σε αρκετές χημικές ενώσεις (Mc Keen, 2008).



Τα πολυεστερικά χαρακτηρίζονται από την ανθεκτικότητά τους στις κλιματικές μεταβολές και στη γήρανση. Εμφανίζουν καλή συμπεριφορά στην υπεριώδη ακτινοβολία και δεν επηρεάζονται σε θερμοκρασιακό εύρος από - 40°C έως +100°C. Όταν ενισχύονται με υαλοΐνες (fiber glass) αυξάνεται η αντοχή τους, αλλά μειώνεται η διαύγειά τους.

Η **διαφανής μόνωση** (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η διαπερατότητα του TIM στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82, με αντίστοιχες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από 0,800 έως 1,100W/m<sup>2</sup>K (Platzer & Goetzberger, 1996; Kerschberger & Binder, 2006).

### 3.2.2.2 Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- **το σκυρόδεμα:** εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- **η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- **το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.

- **τα υλικά αλλαγής φάσης** (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

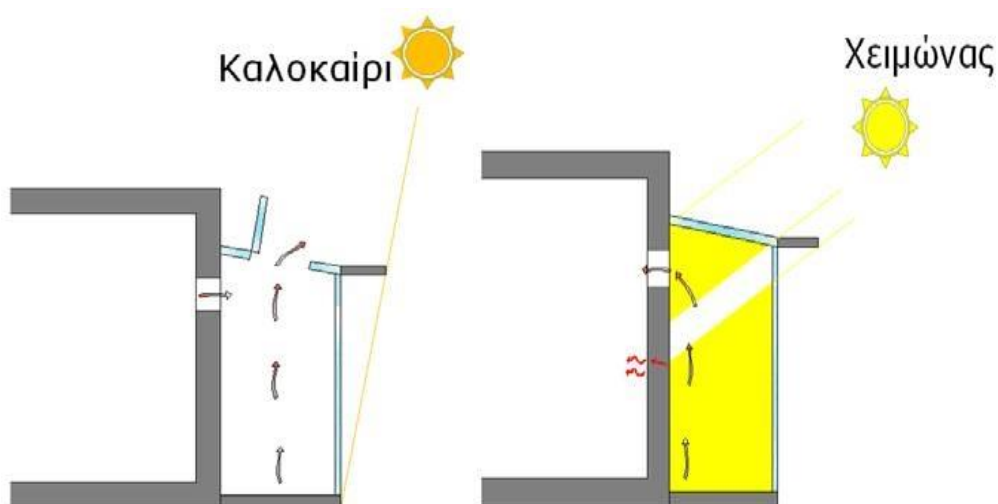
### 3.2.3 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκιάστρα.

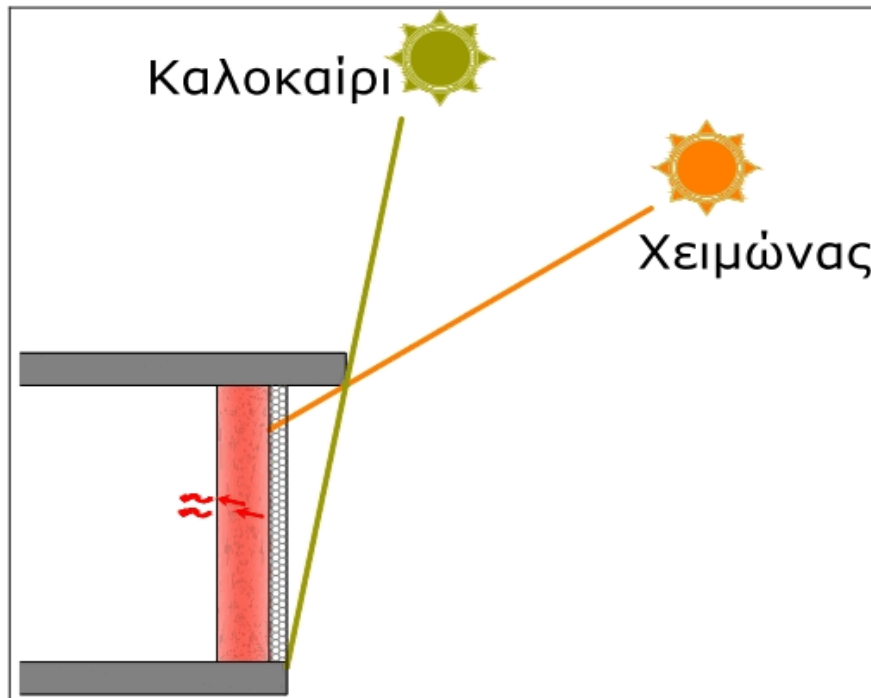
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους.

Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:

- Σύστημα άμεσου κέρδους - νότιο υαλοστάσιο
- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος
- Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος
- Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.



ΕΙΚΟΝΑ 3.2: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια



ΕΙΚΟΝΑ 3.3: Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση

### 3.2.4 Επιλογή παθητικού συστήματος θέρμανσης

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτηρίου και τα αναμενόμενα ενεργειακά αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επί πλέον δαπάνης.

Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο και για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα.

### 3.2.5 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Η στρατηγική του φυσικού δροσισμού αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου. Πρώτο βήμα για την επίτευξή της είναι η προστασία του κτηρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας.

Το επόμενο βήμα είναι η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

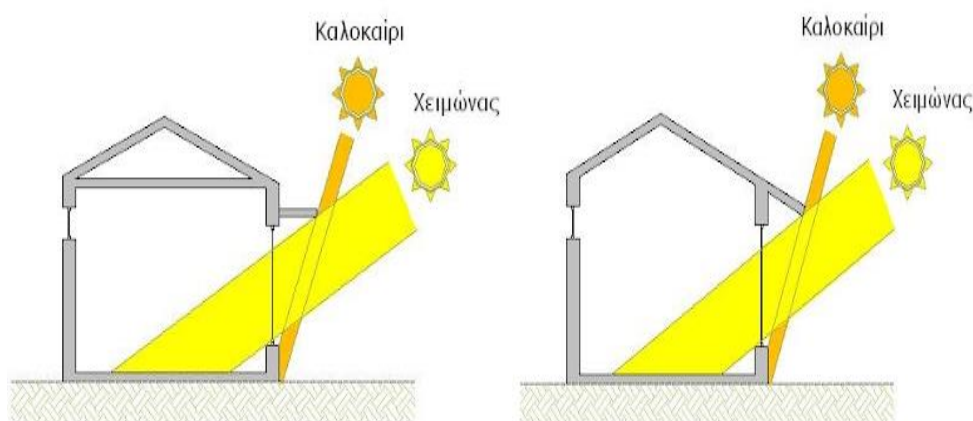
Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιχειρεί με τεχνικές και νέες τεχνολογίες να αποκαταστήσει το φυσικό δροσισμό των κτηρίων, για τους εξής κυρίως λόγους:

- για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον τη σταθεροποίησή της σε περιόδους αιχμής -καύσωνα,
- για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα,
- για περιορισμό των εκπομπών χλωροφθορανθράκων από τη διαρκώς αυξανόμενη τάση χρήσης κλιματιστικών,
- για τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτήρια.

### 3.2.5.1 Τεχνικές φυσικού δροσισμού

Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτηρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες:

1. **Ηλιοπροστασία** του κτηρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.
2. **Χρώμα και υφή** των εξωτερικών επιφανειών.
3. **Επάρκεια θερμικής μάζας** του κτηρίου, η οποία περιορίζει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα.
4. **Θερμομόνωση** του κελύφους του κτηρίου, η οποία μειώνει το ψυκτικό του φορτίο.
5. **Φυσικός αερισμός** του εσωτερικού χώρου του κτηρίου, είτε με φυσικό, είτε με εξαναγκασμένο-μηχανικό τρόπο για την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας στα δομικά του στοιχεία.
6. **Νυχτερινή ακτινοβολία** θερμότητας προς τον ουρανό.
7. **Διαμόρφωση μικροκλίματος**, βελτίωση των συνθηκών του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου, με τη χρήση βλάστησης, υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών κλπ).



ΕΙΚΟΝΑ 3.4. Οριζόντιες προεξοχές για σκίαση νότιας όψης

### 3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

---

Τα Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα, σε αντίθεση με τα Παθητικά που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, δεν βασίζονται στα φυσικά φαινόμενα θερμότητας, αλλά σε ένα συνδυασμό συστημάτων και μηχανημάτων.

Οι βασικές λειτουργίες ενός Ενεργητικού Ηλιακού Συστήματος είναι οι ακόλουθες:

- Συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και παγίδευση της θερμικής.
- Αποθήκευση της θερμικής ενέργειας.
- Χρησιμοποίηση της αποθηκευμένης ή και της απευθείας συλλεγόμενης θερμικής ενέργειας, όποτε είναι αναγκαίο.

#### 3.3.1. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

---

Ηλιακοί συλλέκτες είναι οι συσκευές που συλλέγουν και αποθηκεύουν την ηλιακή ενέργεια.

Διακρίνονται οι εξής τύποι συλλεκτών:

- Επίπεδοι συλλέκτες
- Συλλέκτες κενού
- Συγκεντρωτικοί συλλέκτες

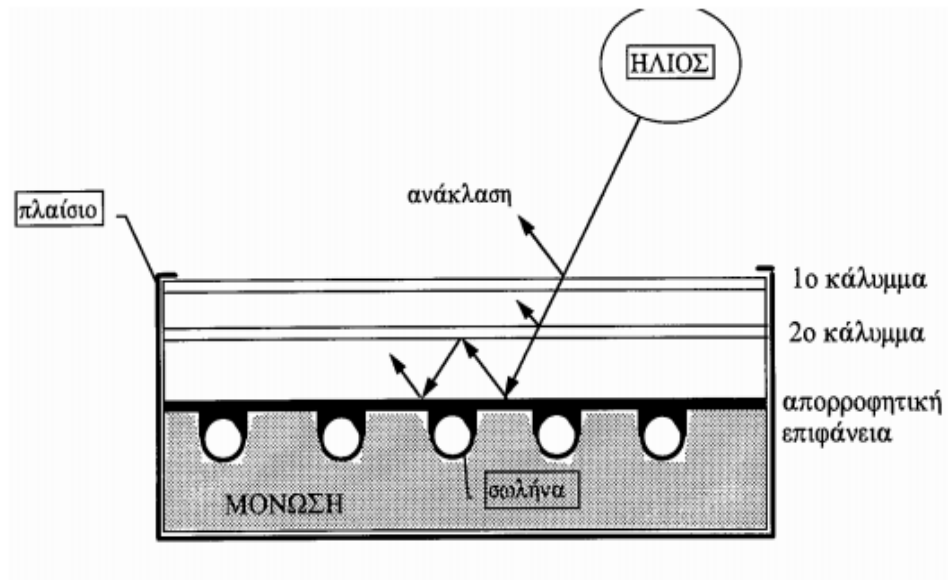
##### 3.3.1.1 Επίπεδοι Συλλέκτες

---

Η πλέον διαδεδομένη συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης. Στην ουσία είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος μετατρέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

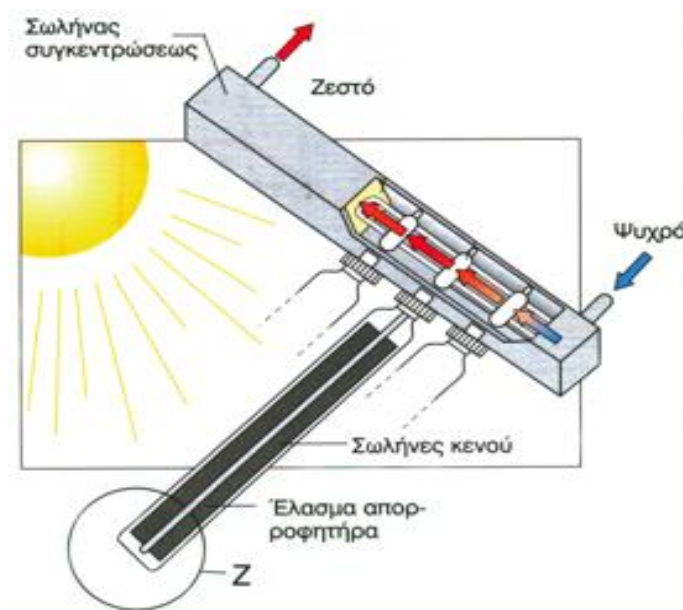
Ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης περιλαμβάνει [1]:

- a. Μια απορροφητική επιφάνεια (η πλάκα του συλλέκτη) που είναι μεταλλική ειδικά επεξεργασμένη ή βαμμένη με ειδική βαφή.
- b. Τους σωλήνες ή τους αεραγωγούς που είναι σε επαφή με την απορροφητική πλάκα και μέσα στους οποίους κυκλοφορεί ρευστό που απάγει τη θερμότητα από την πλάκα.
- c. Την μόνωση στην πίσω και στις πλάγιες πλευρές του συλλέκτη
- d. Τη διαφανή επικάλυψη προς την πλευρά που είναι εκτεθειμένη στον ήλιο και που αποτελείται από μία ή δυο γυάλινες ή πλαστικές επιφάνειες για την παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας (φαινόμενο του θερμοκηπίου)
- e. Το περίβλημα που ενοποιεί την κατασκευή και προστατεύει το συλλέκτη.



ΕΙΚΟΝΑ 3.5 : Σχηματική παράσταση επίπεδου ηλιακού συλλέκτη με δύο καλύμματα.

### 3.3.1.2 Συλλέκτες κενού



ΕΙΚΟΝΑ 3.6: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΚΕΝΟΥ

Ένας συλλέκτης κενού αποτελείται από ειδικούς σωλήνες τοποθετημένους παράλληλα. Ο κάθε σωλήνας περιέχει μέσα του έναν άλλο, ενώ ανάμεσά τους υπάρχει κενό. Ο εξωτερικός σωλήνας είναι γυάλινος, ώστε να επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο εσωτερικός σωλήνας έχει μαύρη τραχιά επιφάνεια και απορροφά την ακτινοβολία. Το κενό ανάμεσά τους εξυπηρετεί στο ότι δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας, μέσω ρευμάτων προς τα έξω, αφού δεν υπάρχει αέρας, ενώ λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η θερμότητα απάγεται και εδώ με νερό ή άλλο ρευστό που ρέει μέσα στον εσωτερικό σωλήνα. Μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες άνω των 100°C. Πρόκειται για συλλέκτη με μεγάλη απόδοση. Χρησιμοποιείται περισσότερο στη Βόρεια Ευρώπη, όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες.

### 3.3.1.3 Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες

---

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα πολύ μικρό μέρος, το οποίο και θερμαίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι συλλέκτες αυτοί μπορεί να έχουν σχήμα ομπρέλας, όπου και περνά ρευστό. Ή μπορεί να έχουν σχήμα κεραμιδιού, όπου οι ακτίνες επικεντρώνονται σε σωλήνα παράλληλο σε αυτό. Οι συλλέκτες αυτοί έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης όταν έχουμε άμεση ακτινοβολία. Για να το επιτύχουμε αυτό θα πρέπει να υπάρχει σύστημα με μηχανισμό που να στρέφει τον συλλέκτη συνεχώς προς τον ήλιο, σαν ηλιοτρόπιο. Ο μηχανισμός αυτός απαιτεί συντήρηση. Αυτό και μόνο καθιστά τα συστήματα αυτά ακατάλληλα για οικιακή χρήση.

### 3.3.2 Ηλιακοί θερμοσίφωνες

---

Πρόκειται για τα πιο διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η Ελλάδα έχει αναπτύξει σοβαρή βιομηχανία παραγωγής ηλιακών θερμοσιφώνων και μάλιστα είναι από τις πρώτες χώρες παγκοσμίως. Στα συστήματα αυτά ο ηλιακός συλλέκτης θερμαίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα το νερό χρήσης.

Διακρίνονται δύο τύποι ηλιακών θερμοσιφώνων:

- Ανοικτού κυκλώματος, όπου το ίδιο νερό κυκλοφορεί και στο συλλέκτη και στη δεξαμενή. Πλεονεκτεί στην απλότητα της κατασκευής. Όμως υπάρχει κίνδυνος παγώματος και καταστροφής του συλλέκτη.
- Κλειστού κυκλώματος, όπου υπάρχει χωριστό κύκλωμα με νερό και αναψυκτικό που κυκλοφορεί στον συλλέκτη και σε ξεχωριστό χώρο της δεξαμενής. Το νερό του κυκλώματος αυτού θερμαίνει με αγωγιμότητα το νερό χρήσεως που βρίσκεται στη δεξαμενή χωρίς να έρθει σε επαφή (εναλλάκτης θερμότητας).

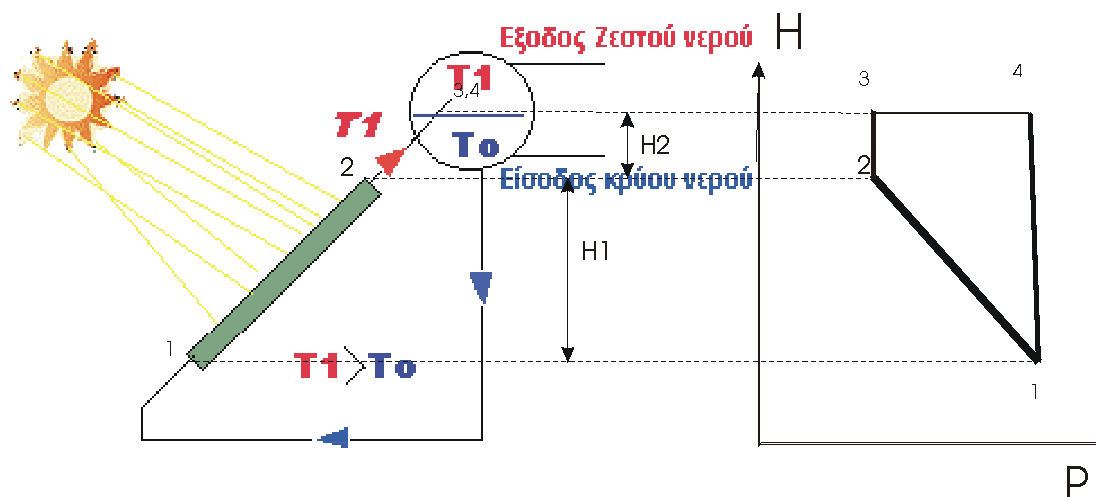
Ως προς το μέγεθος της εγκατάστασης, διακρίνουμε τα απλά συστήματα, που αποτελούνται από μια δεξαμενή αποθήκευσης και έναν ή δύο συλλέκτες. Και τα συστήματα μεγάλης κλίμακας (κεντρικά

ηλιακά συστήματα), που χαρακτηρίζονται από πολλούς ηλιακούς συλλέκτες και ποικιλία βοηθητικών διατάξεων.

Η λειτουργία του βασίζεται στις κάτωθι βασικές αρχές :

### 1. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη δέσμευση της προσπίπτουσας, στη γυάλινη επιφάνεια, ηλιακή ακτινοβολία στο μεγαλύτερο ποσοστό και στη μετατροπή της στο εσωτερικό χώρο του συλλέκτη σε θερμική ακτινοβολία. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στηρίζεται στη ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος γύρω στα 10 μικρά.



### 3.7: ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΗ ΡΟΗ

#### 2. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΟΥ (Θερμοσιφωνική ροή)

Αυξάνοντας η θερμοκρασία στο συλλέκτη, οι ζεστές μάζες νερού γίνονται ελαφρύτερες και ανεβαίνουν προς τα επάνω λόγω της διαφοράς πυκνότητας ζεστού και κρύου νερού. Αντίστοιχα κρύες μάζες νερού οδηγούνται προς την είσοδο του συλλέκτη. Έτσι έχουμε ένα σύστημα φυσικής κυκλοφορίας με τη δεξαμενή αποθήκευσης υψηλότερα από τη συλλεκτική επιφάνεια. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για οικιακή χρήση και είναι απλά σε κατασκευή.

Αντιθέτως τα ηλιακά συστήματα βεβαιασμένης κυκλοφορίας, στα οποία η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται χαμηλότερα, είναι απαραίτητη η χρήση κυκλοφορητή και διαφορικού διακόπτη. Τα



τελευταία χρησιμοποιούνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις εκτός από παραγωγή ζεστού νερού και για θέρμανση χώρων.

### 3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ

Στα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας είναι προφανής η ανάγκη ενός αυτοματισμού που θα θέτει σε λειτουργία ή θα θέτει εκτός λειτουργίας τον κυκλοφορητή ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και ακτινοβολίας . Ο διαφορικός διακόπτης δίνει εντολή στην αντλία να λειτουργήσει όταν η θερμοκρασία στην έξοδο από τους συλλέκτες είναι μερικούς βαθμούς υψηλότερη από τη θερμοκρασία μέσα στη δεξαμενή . Η θερμοκρασιακή διαφορά που είναι ικανή ώστε ο κυκλοφορητής να τεθεί σε λειτουργία καλείται  $\Delta T_{on}$ . Ενώ  $\Delta T_{off}$  καλείται η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των ιδίων σημείων, που είναι ικανή να θέσει τον κυκλοφορητή εκτός λειτουργίας . Η  $\Delta T_{on}$  είναι μεγαλύτερη από την  $\Delta T_{off}$  .

Μετά την ανατολή του ήλιου η θερμοκρασία του συλλέκτη αυξάνει σύντομα πάνω από τη θερμοκρασία της δεξαμενής. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας γίνει  $\Delta T_{on}$  ο κυκλοφορητής αρχίζει να λειτουργεί. Επειδή το κρύο νερό των σωληνώσεων και της δεξαμενής αφαιρεί θερμότητα από τους συλλέκτες δημιουργείται μία πτώση θερμοκρασίας.

Το απόγευμα η θερμοκρασία του συλλέκτη αρχίζει να πέφτει έως ότου η  $\Delta T_{on}$  γίνεται μικρότερη από την  $\Delta T_{off}$ . Ο κυκλοφορητής σβήνει και η θερμοκρασία του συλλέκτη υψώνεται πάλι. Εφόσον όμως η  $\Delta T_{on}$  έχει προκαθοριστεί αρκετά υψηλότερη από την  $\Delta T_{off}$  ο κυκλοφορητής θα παραμείνει σβηστός. Με αυτό τον τρόπο προλαμβάνεται μία ασταθής λειτουργία του κυκλώματος που φθείρει και το κυκλοφορητή και τον διαφορικό διακόπτη.

Οι διαφορικοί διακόπτες που υπάρχουν στο εμπόριο είτε έχουν προκαθορισμένα αυτά τα διαφορικά , είτε έχουν δυνατότητα ρύθμισης ανάλογα με τις συνθήκες .

### 3.4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 και χρησιμοποιήθηκε για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του '50 σε διαστημικές εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή

γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες.

### 3.4.1 Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων

---

Τα Φ/Β Συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλο εύρος εφαρμογών με κριτήριο την απαίτηση ισχύος. Το εύρος αυτό αναφέρεται στην κάλυψη ηλεκτρικής ισχύος καταναλωτικών προϊόντων χαμηλής ισχύος, όπως αριθμομηχανές και ωρολόγια, έως συστήματα μεγάλης ισχύος όπως της τροφοδοσίας απομακρυσμένων ή όχι από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα κτιριακών συγκροτημάτων ή ακόμη και νησιών. Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των Φ/Β συστημάτων σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες είναι:

1. Απομονωμένα ή εκτός δικτύου Φ/Β συστήματα (Stand-alone – Off-grid).
2. Συστήματα συνδεδεμένα σε δίκτυο (On-grid).

Τα απομονωμένα συστήματα δεν είναι συνδεδεμένα σε κάποιο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό ονομάζονται επίσης και Φ/Β συστήματα εκτός δικτύου (off-grid). Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που χρειάζεται ηλεκτρική ισχύς σε κάποιο σημείο όπου είναι αδύνατη η μεταφορά ενέργειας ή αν υπάρχει η επιθυμία πλήρους αυτονομίας ηλεκτρικής ενέργειας από κάποιο δίκτυο και έχουν τυπικές τιμές ισχύος 100 Wp έως 200 kWp.

Διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

1. Αυτόματα Φ/Β συστήματα.
2. Υβριδικά Φ/Β συστήματα.

#### 3.4.1.1. Αυτόνομα Φ/Β Συστήματα

---

Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια παράγεται αποκλειστικά από Φ/Β συστοιχίες. Η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι άμεση στους καταναλωτές ή μέσω συσσωρευτών. Επίσης, η αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενης τάσης (AC). Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των αυτόνομων συστημάτων ως εξής:

**Άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου (Direct- coupled):**

Στα συγκεκριμένα συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στο φορτίο και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στις οποίες δεν απαιτείται τακτική λειτουργία του συστήματος καθώς και σε φορτία συνεχούς ρεύματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα συστήματα άντλησης νερού.

**Με αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας:**

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Σχεδιάζονται σύμφωνα με τις επιθυμητές μέρες αυτονομίας πράγμα το οποίο καθορίζει το μέγεθος των συσσωρευτών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα Φ/Β συστήματα τροφοδοσίας φωτισμού οδών, διατάξεων πυρανίχνευσης δασικών εκτάσεων, τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού σε δύσβατες περιοχές, τροχόσπιτων και φάρων σε θαλάσσιες περιοχές.

**Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου ΦΒ συστήματος είναι:**

- Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες.
- Οι αντιστροφείς.
- Οι μετατροπείς τάσης DC/DC.
- Οι ελεγκτές φόρτισης μπαταριών.
- Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης (Τράπεζα μπαταριών).

### 3.4.1.2 Υβριδικά Φ/Β Συστήματα

---

Όταν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν καλύπτεται από τη Φ/Β συστοιχία σε αυτόνομα Φ/Β συστήματα τότε χρησιμοποιείται ο συνδυασμός της με κάποια άλλη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι πηγές μπορεί να είναι συμβατικών καυσίμων ή από Α.Π.Ε. Κυρίως χρησιμοποιούνται ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή ανεμογεννήτριες αντίστοιχα. Συχνά στα συστήματα αυτά προβλέπεται αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

### 3.4.2 Αρχή Λειτουργίας του φωτοβολταϊκού κυττάρου

---

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι φτιαγμένα από ειδικά υλικά, όπως το πυρίτιο (το πιο συνηθισμένο προς το παρόν) που λέγονται ημιαγωγοί. Όταν το φως πέσει στο κύτταρο, ένα μέρος του απορροφάται από τον ημιαγωγό. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια του φωτός μεταφέρεται στον ημιαγωγό. Η ενέργεια αυτή ελευθερώνει ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται ελεύθερα μέσα στον ημιαγωγό. Τα

φωτοβολταϊκά κύτταρα έχουν επίσης ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά πεδία που υποχρεώνουν τα ελευθερωμένα ηλεκτρόνια να κινούνται προς μία κατεύθυνση. Η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι το ηλεκτρικό ρεύμα και με την τοποθέτηση μεταλλικών επαφών πάνω και κάτω από το κύτταρο το βγάζουμε για εξωτερική χρήση. Αυτό το ρεύμα μαζί με την τάση του φωτοβολταϊκού κυττάρου (που είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικών πεδίων του κυττάρου) καθορίζει την ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει το κύτταρο.

Αυτή είναι η βασική διαδικασία, αλλά ας δούμε ένα παράδειγμα ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου. Το κύτταρο του κρυσταλλικού πυριτίου.

Το πυρίτιο έχει κάποιες ιδιαίτερες χημικές ιδιότητες στην κρυσταλλική του μορφή. Ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανεμημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι πρώτες δύο, αυτές που είναι πιο κοντά στο κέντρο, είναι συμπληρωμένες (2 και 8). Η εξωτερική όμως έχει μόνο 4 ενώ θα έπρεπε να έχει 8. Γι αυτό μοιράζεται ηλεκτρόνια με τα γειτονικά του άτομα. Έτσι τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν την κρυσταλλική μορφή του πυριτίου που είναι πολύ σημαντική για τα φωτοβολταϊκά.

Αυτό είναι το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο. Το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού αφού κανένα ηλεκτρόνιο του δεν είναι ελεύθερο να μετακινηθεί όπως τα ηλεκτρόνια στους καλούς αγωγούς, σαν το χαλκό. Αντίθετα τα ηλεκτρόνιά του είναι κλειδωμένα στην κρυσταλλική δομή του. Το Πυρίτιο σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο τροποποιείται ελαφρά έτσι ώστε να μπορέσει να δουλέψει σαν φωτοβολταϊκό κύτταρο. Το φωτοβολταϊκό κύτταρο έχει και άλλα άτομα αναμειγμένα με άτομα πυριτίου που εισάγονται σκόπιμα, π.χ με άτομα φωσφόρου, πιθανόν ένα σε κάθε εκατομμύριο άτομα πυριτίου. Ο Φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα και όχι 4 όπως το πυρίτιο. Πάλι συνδέεται με τα γειτονικά του άτομα πυριτίου αλλά ο φώσφορος έχει ένα ηλεκτρόνιο που δεν συνδέεται με κάποιο άλλο. Δεν σχηματίζει δεσμό, αλλά υπάρχει ένα θετικό πρωτόνιο στον πυρήνα του φωσφόρου που το συγκρατεί. Όταν διοχετεύουμε ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας, μερικά ηλεκτρόνια σπάζουν τους δεσμούς τους και φεύγουν από τα άτομά τους. Τότε δημιουργείται μια κενή θέση στο άτομο. Αυτά τα ηλεκτρόνια περιφέρονται τυχαία μέσα στο κρυσταλλικό πυρίτιο ψάχνοντας να μπουν σε μια άλλη θέση. Έτσι μεταφέρουν την ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα). Είναι όμως τόσο λίγα που δεν είναι πολύ χρήσιμα. Το πυρίτιο όμως με άτομα φωσφόρου είναι κάτι διαφορετικό. Χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ελευθερωθεί το επιπλέον

ηλεκτρόνιο του φωσφόρου αφού αυτό δεν σχηματίζει δεσμό με άλλα - τα γειτονικά ηλεκτρόνια δεν το συγκρατούν. Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία μίξης ατόμων κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί πυρίτιο που ονομάζεται πυρίτιο τύπου N (Negative, Αρνητικό) εξαιτίας της υπεροχής του αριθμού των ηλεκτρονίων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στην πραγματικότητα μόνο ένα μέρος του φωτοβολταϊκού κυττάρου είναι πυρίτιο τύπου N. Το άλλο μέρος είναι ανάμειξη κρυσταλλικού πυριτίου με Βόριο το οποίο έχει μόνο 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα αντί για 4, και μετατρέπεται σε πυρίτιο τύπου P. Αντί να έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια το πυρίτιο τύπου P (Positive, θετικό) έχει ελεύθερες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι ουσιαστικά απουσία ηλεκτρονίων, και έτσι μεταφέρουν αντίθετο φορτίο (θετικό) και περιφέρονται όπως και τα ηλεκτρόνια. Το ενδιαφέρον μέρος αρχίζει όταν τοποθετούμε μαζί πυρίτιο τύπου N και P. Το φωτοβολταϊκό κύτταρο έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο το κύτταρο δεν θα δούλευε. Αυτό το πεδίο σχηματίζεται όταν πυρίτιο τύπου N και P έρχονται σε επαφή. Ξαφνικά τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N που ψάχνουν για ελεύθερες θέσεις βλέπουν τις κενές θέσεις στο πυρίτιο τύπου P και τρέχουν να τις καλύψουν. Στην αρχή το πυρίτιο ήταν ηλεκτρικά ουδέτερο. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια ισορροπούσαν με τα επιπλέον πρωτόνια του φωσφόρου. Οι κενές θέσεις ισορροπούσαν με την έλλειψη πρωτονίων του βορίου. Όταν οι κενές θέσεις και τα ηλεκτρόνια αναμειγνύονται στην ένωση πυριτίου P και N η ισορροπία ανατρέπεται. Όμως όλα τα ηλεκτρόνια συμπληρώνουν τις κενές θέσεις; Όχι. Αν συνέβαινε αυτό τα φωτοβολταϊκά κύτταρα δεν θα ήταν πολύ χρήσιμα. Στην ένωση αναμειγνύονται και σχηματίζουν φράγμα κάνοντας όλο και πιο δύσκολο στα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N να περάσουν στο πυρίτιο P. Τελικά επιτυγχάνεται η ισορροπία και έχουμε ηλεκτρικό πεδίο που χωρίζει τις δύο πλευρές. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας (ακόμη και σπρώχνοντας) τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα.

Όταν το φως, με μορφή φωτονίων, πέφτει σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο η ενέργειά του ελευθερώνει ηλεκτρόνια και θέσεις. Κάθε φωτόνιο με αρκετή ενέργεια φυσιολογικά θα ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο και θα δημιουργήσει μια κενή θέση. Αν αυτό συμβεί κοντά

στο ηλεκτρικό πεδίο ή αν ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και μια ελεύθερη θέση βρεθούν κοντά το πεδίο θα στείλει το ηλεκτρόνιο στο πυρίτιο N και την κενή θέση στο πυρίτιο P. Αυτό προκαλεί μεγαλύτερη ανισορροπία στην ηλεκτρική ουδετερότητα και αν χρησιμοποιήσουμε μια εξωτερική οδό τα ηλεκτρόνια θα περάσουν μέσα από αυτή για να πάνε στην αρχική τους θέση που το ηλεκτρικό πεδίο απομάκρυνε. Η ροή αυτή των ηλεκτρονίων δημιουργεί το ρεύμα, και το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί την τάση του ρεύματος. Με ρεύμα και τάση έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα που είναι παράγωγο αυτών των δύο.

### 3.5 Θερμική Αποθήκευση

---

#### 3.5.1 Εισαγωγή

---

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων είναι συνυφασμένη με αποθήκευση της θερμότητας και αυτό διότι η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη μόνον κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ η ζήτηση θερμότητας ή ενέργειας γενικότερα εκτείνεται σε όλες τις ώρες του 24ώρου. Επιπροσθέτως, είναι δυνατόν να υπάρχουν περίοδοι όπου το επίπεδο της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας να είναι κάτω από την ωφέλιμη απόδοση.

Απαιτείται λοιπόν η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας ώστε να αποσβέννυνται οι περίοδοι της νύχτας και της χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης με την χρήση θερμικής αποθήκευσης είναι δυνατόν να μεγιστοποιηθεί η λειτουργικότητα του ηλιακού συστήματος διότι σε περιπτώσεις μεγάλης ηλιακής απολαβής, οπότε υπάρχει πλήρης κάλυψη του φορτίου, το πλεόνασμα ενέργειας το οποίο είναι δυνατόν να συλλεχθεί, δεν αποβάλλεται αλλά αποθηκεύεται, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε κάποια μελλοντική χρονική στιγμή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι δεξαμενές διεποχιακής αποθήκευσης οι οποίες είναι δεξαμενές μεγάλης μάζας νερού, οι οποίες αποθηκεύουν την θερμότητα κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και την αποδίδουν κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών οπότε η ζήτηση είναι μεγαλύτερη και η ηλιακή ενέργεια μικρότερη.

#### 3.5.2 Αποθηκευτικά Μέσα

---

Η επιλογή του αποθηκευτικού μέσου εξαρτάται από την φύση της εφαρμογής. Στις περιπτώσεις θέρμανσης ζεστού νερού η χρησιμοποίηση του νερού ως αποθηκευτικού μέσου είναι αρκετά λογική και συνήθως ενδείκνυται. Το νερό είναι ένα μέσον το οποίο έχει

γνωστή θερμοδυναμική συμπεριφορά, έχει υψηλή θερμική χωρητικότητα ( $c_p=4.2 \text{ kJ/kg K}$ ), και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές.

Στην περίπτωση ηλιακών συλλεκτών αέρα, η θερμότητα αποθηκεύεται συνήθως σε κλίνη βότσαλων. Αυτή είναι μία δεξαμενή, θερμικά μονωμένη, η οποία περιέχει βότσαλα μικρής σχετικά διαμέτρου και ο αέρας οδηγούμενος μέσα σε αυτά αποβάλλει την θερμότητα του και εξέρχεται από την έξοδο με χαμηλότερη θερμοκρασία. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι οι δεξαμενές από βότσαλα προσφέρουν θερμική διαστρωμάτωση, ενώ στις περιπτώσεις δεξαμενής νερού η θερμική διαστρωμάτωση είναι πολύ δύσκολο να διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιούνται τα ίδια τα δομικά στοιχεία ως αποθηκευτικά μέσα, ενώ στα φωτοβολταϊκά συστήματα η ενέργεια αποθηκεύεται υπό την μορφή χημικής ενέργειας. Τέλος υπάρχουν αποθηκευτικά μέσα τα οποία στηρίζονται στην αλλαγή φάσης. Αυτά κατά την διάρκεια της φόρτισης τήκονται, ενώ κατά την αποφόρτιση, όταν δηλαδή αποδίδουν την αποθηκευμένη θερμότητα, αλλάζουν φάση και στερεοποιούνται.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συστήματος αποθήκευσης θερμικής ενέργειας είναι:

- a) η χωρητικότητα ανά μονάδα όγκου ή βάρους
- b) το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας
- c) το μέσον με το οποίο γίνεται η προσαγωγή και η απαγωγή της θερμότητας
- d) η θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση στο σύστημα
- e) οι απαιτήσεις ισχύος για την προσαγωγή και απαγωγή της θερμότητας
- f) τα στοιχεία κατασκευής της δεξαμενής
- g) οι θερμικές απώλειες
- h) το κόστος

# 4. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υβριδικό σύστημα είναι ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιεί παραπάνω από μία μεθόδους παραγωγής για να καλύψει την απαιτούμενη ενέργεια. Φυσικά το υβριδικό ηλιακό σύστημα προϋποθέτει τουλάχιστον μια από τις μεθόδους παραγωγής να αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια.

Τα συγκεκριμένα συστήματα συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται κυρίως από τοπικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά, οι ανεμογεννήτριες, τα υδροηλεκτρικά συστήματα και η βιομάζα, αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής. Συχνές είναι επίσης και οι εφαρμογές, όπου χρησιμοποιούνται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δίπλα σε μια συμβατική, όπως γίνεται με τις ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου, τις μπαταρίες και τις γεννήτριες μετατροπής. Σκοπός αυτών των συστημάτων είναι ο συνδυασμός διαφορετικών πηγών ενέργειας με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει συνεχής και σταθερή τροφοδοσία ενέργειας. Τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο ή η μεταφορά καυσίμων είναι αντιοικονομικές επιλογές. Παρέχουν επιπλέον την δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με το δίκτυο και μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μια αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ακόμα και σε εξειδικευμένους καταναλωτές. Αποτελούν δυναμικά συστήματα καθώς είναι σχεδιασμένα για να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται στο ελάχιστο από εξωγενείς παράγοντες.

Ως υβριδικός σταθμός παραγωγής ενέργειας ορίζεται το εξής ([N.3468/2006, ΦΕΚ.Α'129, αρθ.2, §25](#)):

- α) Χρησιμοποιεί μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ.
- β) Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που



καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού.

γ) Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων του σταθμού ΑΠΕ δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού προσαυξημένη κατά 20%.

Ένα από τα κυριότερα οφέλη από την αξιοποίηση υβριδικών συστημάτων είναι η διασφάλιση της αξιοπιστίας του συστήματος, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαρτώνται πολύ από τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Επιπλέον, τα υβριδικά συστήματα συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών και στην απεξάρτηση από συγκεκριμένες συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Τέλος, τα υβριδικά συστήματα επιτυγχάνουν την οικονομικότερη λειτουργία των συμβατικών μονάδων, καθώς αυτές είτε δε λειτουργούν καθόλου είτε λειτουργούν σε σταθερό φορτίο. Τέτοιου είδους συστήματα παρέχουν ενέργεια όμοιας ποιότητας με εκείνης του δικτύου σε ένα εύρος από 1kW μέχρι πολλές εκατοντάδες kW, δηλαδή μπορούν να τροφοδοτήσουν από ένα πολύ μικρό σύστημα, όπως μια κεραία αναμεταδότη μέχρι και ολόκληρες περιοχές. Η ταξινόμηση των υβριδικών συστημάτων μπορεί να γίνει με γνώμονα δύο παράγοντες. Ο πρώτος αναφέρεται στο αν το σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ή αν το σύστημα θα είναι αυτόνομο, ενώ το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στο μέγεθος του έργου και στο αν αυτό αφορά σε μεμονωμένες κατοικίες ή σε ολόκληρες περιοχές. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, ένα υβριδικό σύστημα κατασκευάζεται με σκοπό την αυτονομία και κυρίως σε περιοχές που δεν είναι οικονομικά βιώσιμη ή δυνατή η σύνδεση με το δίκτυο.

#### **4.2 Φωτοβολταϊκά - Αιολικά υβριδικά συστήματα**

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν μια καθαρή και αξιόπιστη τεχνολογία. Υπερέχουν σε σχέση με άλλες τεχνολογίες καθώς απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, εφόσον δεν έχουν κινούμενα μέρη, ενώ η πηγή της ενέργειάς τους είναι το φυσικό φως. Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλλει από μερικές

εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος που συνδυάζει φωτοβολταϊκά πλαίσια με ανεμογεννήτρια, εξαρτάται άμεσα από το αιολικό και ηλιακό δυναμικό της κάθε περιοχής, τα οποία ποικίλουν τοπικά και χρονικά. Η δυναμική της μίας πηγής μπορεί να υπερκαλύψει την αδυναμία της άλλης σε μια ορισμένη χρονική περίοδο. Αυτό είναι σαφές, αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι, στις περισσότερες περιοχές, περισσότερη ηλιακή ενέργεια από αιολική είναι διαθέσιμη κατά τους θερινούς μήνες, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει κατά τους χειμερινούς. Σε τέτοιου είδους συστήματα, πολύ σημαντικό ρόλο έχει η διαστασιολόγηση τους, καθώς λόγω της έλλειψης μετεωρολογικών δεδομένων, η αξιολόγηση ειδικά του αιολικού δυναμικού είναι δύσκολη, αφού ο άνεμος επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως είναι η τοποθεσία, η μορφολογία του εδάφους, τα πιθανά εμπόδια και άλλοι τοπικοί παράγοντες. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος, μπορεί η ζήτηση ενέργειας να είναι μικρότερη από την παραγόμενη. Σε αυτή την περίπτωση, η ενέργεια που περισσεύει από την παραγόμενη της ανεμογεννήτριας μαζί με την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποθηκεύεται μέσω μετατροπέων ισχύος και ρυθμιστών φόρτισης σε μπαταρίες. Αντίθετα, αν η ζήτηση ξεπερνά την παραγωγή ενέργειας από την ανεμογεννήτρια, τότε το πλεόνασμα καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά, ενώ, αν παρ' όλα αυτά και πάλι δεν καλυφθεί το επιθυμητό φορτίο, τότε χρησιμοποιείται η αποθηκευμένη στις μπαταρίες ενέργεια.

#### **4.3 Φωτοβολταϊκά - Βιομάζα**

---

Η βιομάζα μπορεί να συνδυαστεί με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την κάλυψη των αναγκών ενός σπιτιού σε ηλεκτρισμό, αλλά και για θέρμανση χώρων, διαδικασία που συνήθως είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρχει συνδυασμός συστήματος Combi με καυστήρα βιομάζας. Μια τέτοια εφαρμογή θα δούμε πιο αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

#### **4.4 Φωτοβολταϊκά - Συμβατικά**

---

Για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα ως υβριδικό δεν είναι απαραίτητο και οι δύο μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται να είναι ανανεώσιμες. Ένα σύστημα που χρησιμοποιείται εκτενώς είναι ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών πλαισίων με συμβατικές γεννήτριες που

χρησιμοποιούν είτε βενζίνη είτε ντίζελ. Σε αυτή την περίπτωση, ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή, έτσι ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμο το έργο. Μια γεννήτρια βενζίνης είναι πιο οικονομική, αλλά έχει μικρότερο χρόνο ζωής και μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας. Αντίθετα, μια γεννήτρια diesel έχει μικρότερο κόστος αγοράς, αλλά η χρήση της είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον, λόγω των αερίων που παράγονται κατά την καύση του πετρελαίου. Χαρακτηριστικό είναι ότι, σε χαμηλό, σχεδόν μηδενικό φορτίο, η γεννήτρια πετρελαίου χρησιμοποιεί το 30% του καυσίμου που θα χρησιμοποιούσε στο μέγιστο φορτίο. Αυτό το πρόβλημα εξαλείφεται με τον συνδυασμό της με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες, ώστε να ομαλοποιείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να μειώνεται το κόστος. Για αυτούς τους λόγους προτιμάται η χρήση γεννήτριας Diesel. Έτσι κατά την κανονική λειτουργία του υβριδικού συστήματος, τα φωτοβολταϊκά παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ στο φορτίο μέσω του μετατροπέα ισχύος. Η πρόσθετη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά φορτίζει τις μπαταρίες μέσω ενός ρυθμιστή φόρτισης, μέχρι οι μπαταρίες να φτάσουν στο μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο φόρτισης. Ο κύριος σκοπός της χρήσης μπαταριών είναι η αποθήκευση ή η παροχή ενέργειας ανάλογα με τη ζήτηση σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η γεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία, μόνο εάν η ζήτηση του φορτίου δεν μπορεί να καλυφθεί από τα φωτοβολταϊκά και τις μπαταρίες.

#### 4.5 Φωτοβολταϊκά - Θερμικά υβριδικά συστήματα [7], [ε]

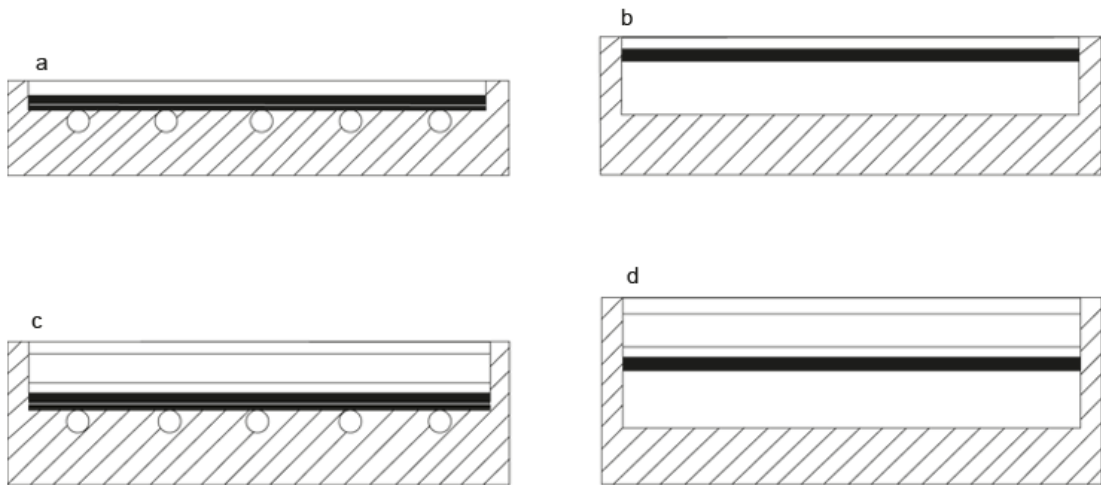
Το μεγαλύτερο μέρος της απορροφώμενης ηλιακής ακτινοβολίας από τα φβ κύτταρα δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό αλλά σε θερμότητα, η οποία και συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας τους και στη μείωση, κατά συνέπεια, της ηλεκτρικής τους απόδοσης. Η απαγωγή της θερμότητας από τα φβ βοηθά στη μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας τους και επιπλέον μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ορισμένων θερμικών αναγκών των κτιρίων, αυξάνοντας έτσι τη συνολική τους ενεργειακή απόδοση. Τα ηλιακά συστήματα που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν τόσο ηλεκτρική όσο και θερμική ενέργεια, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι τα υβριδικά φωτοβολταϊκά / θερμικά (φβ/θ) συστήματα, τα οποία αναπτύσσονται τελευταία και έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε επιδεικτικές εφαρμογές.

Τα συνήθη υβριδικά φβ/θ συστήματα αποτελούνται από φβ πλαίσια με ενσωματωμένη θερμική μονάδα απολαβής της θερμότητας από το φβ, όπου ένα κυκλοφορούν ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας αυτής του φβ θερμαίνεται ψύχοντάς το. Η χρήση του νερού ως ρευστού απολαβής της θερμότητας είναι αποδοτική όλο το έτος, κυρίως σε χώρες με ήπιο ή θερμό κλίμα. Αυτές οι υβριδικές διατάξεις μπορούν να αξιοποιηθούν για την θέρμανση του νερού σε χαμηλές θερμοκρασίες (μέχρι 40 °C), ώστε να επιτυγχάνεται παράλληλα και η διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας στα φβ πλαίσια. Η απαγωγή θερμότητας με κυκλοφορία αέρα απαιτεί απλούστερη και φθηνότερη διάταξη, αλλά η ψύξη του φωτοβολταϊκού είναι λιγότερο αποδοτική λόγω της μικρότερης πυκνότητας του αέρα. Όταν ο αέρας του περιβάλλοντος έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη των 20 °C τα φβ/θ συστήματα αέρα έχουν περιορισμένες δυνατότητες εφαρμογής (κυρίως μπορούν να συμβάλλουν στον φυσικό αερισμό των κτιρίων και στην θέρμανση αέρα για βιομηχανικές ή αγροτικές διεργασίες). Τα περισσότερα υβριδικά φβ/θ που έχουν αναπτυχθεί είναι απλού τύπου, δηλαδή επίπεδης μορφής, όπως είναι οι επίπεδοι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες, ενώ λιγότερο έχουν μελετηθεί και εφαρμοστεί τα φβ/θ συστήματα που χρησιμοποιούν σύστημα συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την μείωση του κόστους και την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων.

Στο Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας του Πανεπιστημίου Πατρών αναπτύχθηκαν διάφορες μορφές φβ/θ συστημάτων, που χρησιμοποιούν νερό ή αέρα ως ρευστό απολαβής της θερμότητας για τη βελτίωση της συνολικής τους ενεργειακής απόδοσης. Στο αντικείμενο αυτό δημοσιεύτηκαν πολλές επιστημονικές εργασίες, όπου μελετήθηκαν φβ/θ συσκευές σε συνδυασμό και με διάχυτο ανακλαστήρα για την αύξηση της συνολικής αποδιδόμενης ενέργειας. Μελετήθηκε ακόμη και μια νέα σχεδίαση φβ/θ συσκευής, όπου η απαγωγή της θερμότητας γίνεται τόσο με νερό όσο και με αέρα[4]. Επίσης, εξετάστηκε και η ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική πλευρά των υβριδικών φβ/θ συσκευών για κάποιες περιπτώσεις εφαρμογών τους με χρήση νερού ή αέρα ως ρευστού απολαβής της θερμότητας.

Σχετικά με τις φβ/θ συσκευές αέρα, έγινε εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική ανάλυση για λειτουργία τους με φυσική και βεβιασμένη κυκλοφορία του αέρα, μελετώντας και ορισμένες περιπτώσεις βελτίωσης της απόδοσής τους με την προσθήκη λεπτού μεταλλικού φύλλου στο μέσον του αεραγωγού ή πτερυγίων στην απέναντι επιφάνειά του. Οι βασικοί τύποι υβριδικών φβ/θ συσκευών (νερού,

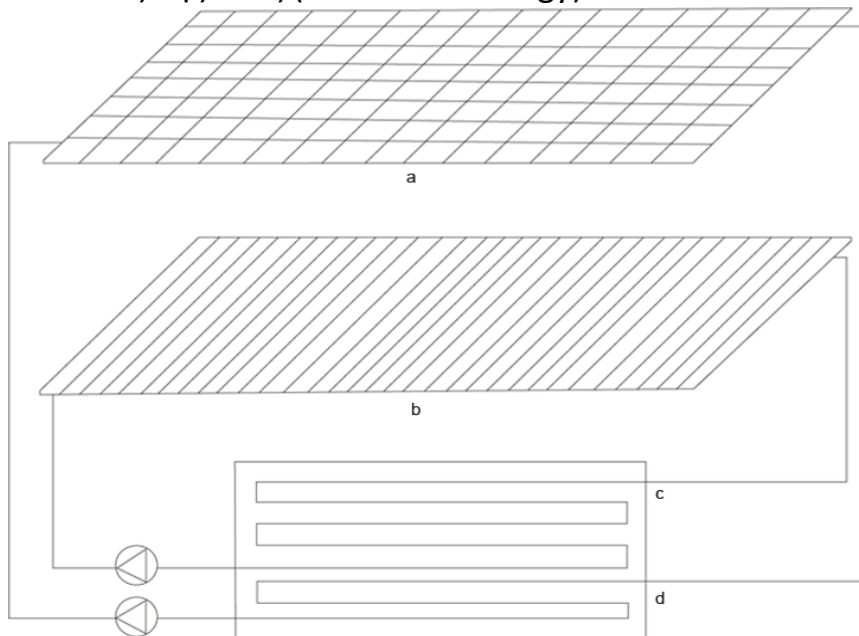
PVT/WATER ή αέρα, PVT/AIR) μπορεί να φέρουν πρόσθετο διαφανές (γυάλινο) κάλυμμα (PVT+GL), για αύξηση της θερμικής τους απόδοσης, ή και να είναι ακάλυπτοι, για να μην έχουν μείωση της ηλεκτρικής τους απόδοσης. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζονται οι προαναφερθέντες συνδυασμοί υβριδικών φβ/θ συλλεκτών. Για την αύξηση της αποδιδόμενης ενέργειας τόσο σε ηλεκτρισμό όσο και σε θερμότητα, τα υβριδικά φβ/θ συστήματα μπορούν να συνδυαστούν με διάχυτους ανακλαστήρες (PVT+REF), οι οποίοι τοποθετούνται μπροστά τους και εξασφαλίζουν μια σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών.



Εικόνα 4.1 : Υβριδικοί φβ/θ ηλιακοί συλλέκτες νερού ή αέρα, με ή χωρίς διαφανές κάλυμμα. (a. φβ νερού, b. φβ νερού με γυάλινο κάλυμμα, c. φβ αέρα, d. φβ αέρα με γυάλινο κάλυμμα)

Η ηλεκτρική απόδοση των φβ με τη χρήση των διάχυτων ανακλαστήρων μπορεί να αυξηθεί και πάνω από 50%, ενώ μια πιο οικονομική λύση, όπως π.χ. η χρήση λευκής βαμμένης επιφάνειας μπροστά από τα φβ, δίνει μια μέση ετήσια αύξηση γύρω στο 20% στην αποδιδόμενη ηλεκτρική τους ενέργεια. Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή των υβριδικών φβ/θ συλλεκτών για την βέλτιστη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων τόσο του νερού όσο και του αέρα, ως ρευστών απολαβής της θερμότητας, είναι οι διατάξεις με το διπλό σύστημα απαγωγής θερμότητας. Στις συσκευές αυτές στην πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού τοποθετείται ο εναλλάκτης θέρμανσης νερού και μετά διαμορφώνεται ο αεραγωγός, ενώ η επιλογή του είδους του ρευστού απαγωγής της θερμότητας εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες του τόπου και τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Για την αποφυγή της λειτουργίας των υβριδικών φβ/θ συλλεκτών σε υψηλή θερμοκρασία και κατά συνέπεια τη μείωση της ηλεκτρικής τους απόδοσης τόσο από την θερμοκρασία όσο και από τις οπτικές απώλειες που προέρχονται από τη

χρήση του πρόσθετου γυάλινου καλύμματος, εκτιμήθηκε πως οι συσκευές αυτές μπορούν να συνδυαστούν αποδοτικά με θερμικό ηλιακό συλλέκτη. Στις προτεινόμενες διατάξεις, η υβριδική φβ/θ ηλιακή συσκευή λειτουργεί κυρίως για την ψύξη του φωτοβολταϊκού και την προθέρμανση του νερού, ενώ η κύρια θέρμανση του νερού επιτυγχάνεται με την ηλιακή θερμική διάταξη. Στο σχήμα 2 δείχνεται η προτεινόμενη διάταξη συνδυασμού θερμοσιφωνικής συσκευής με την υβριδική φβ/θ συσκευή. Στην Εικόνα 4.2 δείχνεται ο συνδυασμός υβριδικών φβ/θ συλλεκτών και επίπεδων θερμικών ηλιακών συλλεκτών, με διπλή λειτουργία της δεξαμενής, όπου το υβριδικό σύστημα προθερμαίνει το νερό και το θερμικό σύστημα επιτυγχάνει την κύρια θέρμανσή του. Ένα ενδιαφέρον θέμα που αφορά την περιβαλλοντική διάσταση των ενεργειακών πηγών είναι και η ανάλυση του κύκλου ζωής τους (LCA methodology).



Εικόνα 4.2: Συνδυασμένο πεδίο φβ/θ συλλεκτών με επίπεδους συλλέκτες και κεντρική δεξαμενή νερού (a. Φβ/θ συλλέκτες, b. Επίπεδοι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες, c. Αποθηκευτικός συλλέκτης νερού, d. Εξαναγκασμένη ροή του θερμικά κινούμενου υγρού)

Στην περίπτωση των υβριδικών φβ/θ συσκευών που αναπτύχθηκαν, υπολογίστηκε ο χρόνος αντικατάστασης της ενέργειας που καταναλώθηκε από την αρχική φάση (υλικά και κατασκευή φβ/θ συσκευής) μέχρι και την τελική φάση (λειτουργία των φβ/θ συστημάτων) και εξετάστηκαν ορισμένες περιπτώσεις χρήσης των συσκευών που είχαν δοκιμαστεί πειραματικά στο εργαστήριο και είχαν ληφθεί αποτελέσματα για την ενεργειακή τους απόδοση σε ηλεκτρισμό και θερμότητα.

Εκτός από τις φβ/θ συσκευές εξετάστηκαν και τυπικές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών για λόγους σύγκρισης, υπολογίστηκε η εμπεριεχόμενη ενέργεια σε όλα τα τμήματα της κάθε διάταξης και προσδιορίστηκαν τα έτη ενεργειακής αποπληρωμής της. Από τα ληφθέντα αποτελέσματα βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι υβριδικές φβ/θ συσκευές παρουσιάζουν μικρότερους χρόνους ενεργειακής αποπληρωμής (2 αντί για 3 χρόνια), εφόσον λειτουργούν όμως σε χαμηλές γενικά θερμοκρασίες.

#### **4.6 Φωτοβολταϊκά - Γεωθερμία**

---

Σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ηλιακά συστήματα για την υποστήριξη του δικτύου γεωθερμίας. Τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανση χώρων μπορούν να καλύψουν από 20% - 40% τις ανάγκες μιας κατοικίας σε θέρμανση και σε ζεστό νερό χρήσης, ανάλογα με το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας, τον όγκο του θερμοδοχείου, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της κατοικίας. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιεί το θερμό νερό που προέρχεται από τα ηλιοθερμικά συστήματα ή το θερμό νερό κάποιου συστήματος, όπως αυτό της παραπάνω κατηγορίας για την τροφοδότηση του συστήματος γεωθερμίας με θερμό νερό και κατά συνέπεια για τη θέρμανση του χώρου. Μια νέα τεχνολογία που αναπτύχθηκε το τελευταίο έτος και ακόμα δεν είναι εμπορικά διαθέσιμη είναι ο συνδυασμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τη γεωθερμία. Σε αυτή την περίπτωση η πλεονάζουσα θερμότητα από την ηλιακή ενέργεια που παράγεται το καλοκαίρι μπορεί να αποθηκευτεί με τη χρήση γεωθερμικής αντλίας στο έδαφος και να επαναχρησιμοποιηθεί τους κρύους μήνες μέσω μιας θερμικής αντλίας. Με αυτό τον τρόπο, όχι μόνο αυξάνεται ο συντελεστής απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών, αλλά και διασφαλίζεται η βέλτιστη χρήση της θερμότητας.

#### **4.7 Ηλεκτροδότηση Περιοχών**

---

Τα υβριδικά συστήματα, δε χρησιμοποιούνται μόνο για την αυτονόμηση μεμονωμένων οικιών, αλλά και για την ηλεκτροδότηση ολόκληρων περιοχών. Σε αυτή την περίπτωση, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από κάποιο συνδυασμό μέσων παραγωγής και στη συνέχεια τροφοδοτείται στους καταναλωτές με χρήση κάποιου τοπικού δικτύου.

Ως υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής ορίζεται οποιοδήποτε αυτόνομο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, στο οποίο ενσωματώνονται περισσότερες από μία πηγές ενέργειας που λειτουργούν μαζί με τον απαραίτητο υποστηρικτικό εξοπλισμό, περιλαμβανομένης της αποθήκευσης της ενέργειας, με στόχο την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο ή στο σημείο εγκατάστασής του. Τα βασικά μέρη που συνιστούν ένα υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής είναι:

- α) οι μονάδες παραγωγής της ενέργειας,
- β) η μονάδα αποθήκευσης ενέργειας,
- γ) η μονάδα ελέγχου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και συντονισμού των ποικίλων διαθέσιμων επιλογών για βέλτιστη κάλυψη των αναγκών.

Οι τεχνολογίες παραγωγής που χρησιμοποιούνται πιο συχνά μπορεί να είναι ηλεκτρογεννήτριες συμβατικών καυσίμων, οι οποίες και έχουν τη δυνατότητα γρήγορης απόκρισης στο απαιτούμενο φορτίο, αν και μπορεί να είναι θορυβώδεις και μη συμφέρουσες οικονομικά. Σε περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό, σημαντικές ποσότητες ενέργειας μπορούν να παράγουν ανεμογεννήτριες. Λόγω της στοχαστικότητας του ανέμου, όμως, επιβάλλεται η διασύνδεση των ανεμογεννητριών με άλλες τεχνολογίες ή η αποθήκευση της ενέργειας για την επίτευξη σταθερής τροφοδοσίας. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε υβριδικά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι εύκολα στην εγκατάσταση και δεν απαιτούν συντήρηση και είναι ιδανικά για εγκατάσταση σε περιοχές όπου η παροχή καυσίμων μπορεί να αποτελεί πρόβλημα, αλλά απαιτούν μεγάλη έκταση για τη εγκατάσταση ενός συστήματος με ικανοποιητική ισχύ, ενώ επιπλέον η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από αυτά δεν είναι σταθερή. Τα υδροηλεκτρικά έργα παρέχουν πιο σταθερή και αξιόπιστη παροχή ηλεκτρισμού σε σχέση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα υδροηλεκτρικά, δε χαρακτηρίζονται από μεγάλες ασυνέχειες στην παροχή ενέργειας και για αυτό ακόμα και μικρά έργα (<10MW) μπορούν να είναι βιώσιμα, ιδιαίτερα αν συνδυαστούν και με κάποια άλλη πηγή ενέργειας. Επιπλέον με την χρήση και άλλων συστημάτων βιώσιμη είναι και η αξιοποίηση πολύ μικρών υδροηλεκτρικών σχηματισμών της τάξεως των 200kW ή ακόμα και μικρότερων. Σημαντική παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να προκύψει από τη χρήση βιομάζας ως καύσιμο, καθώς οι διαθέσιμες πηγές καύσιμης ύλης είναι πολυάριθμες και ποικίλλουν από αγροτικά και δασικά υπολείμματα, ενεργειακές καλλιέργειες, όπως επίσης και τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας, όπως είναι η καύση και η αεριοποίηση. Τέλος, για τη μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής



ενέργειας από υβριδικά συστήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες τεχνολογίες λιγότερο διαδεδομένες, όπως είναι οι κυψέλες υδρογόνου, τα συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα και τα συστήματα παραγωγής ενέργειας από τη θάλασσα (κυματισμός και παλίρροιες). Η μεταβλητότητα ορισμένων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα των ανανεώσιμων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μη πλήρη κάλυψη της ζήτησης από την παραγωγή αυτή καθαυτή. Επιπλέον, τυχόν γεννήτριες του συστήματος δεν είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν άμεσα σε μια απότομη αύξηση της ζήτησης. Για να ξεπεραστούν τέτοιου είδους προβλήματα πρέπει στο σύστημα να υπάρχει κάποιο μέσο αποθήκευσης της ενέργειας. Το πιο διαδεδομένο μέσο αποθήκευσης είναι οι μπαταρίες, ενώ άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν ηλεκτροχημικά συστήματα με εξωτερική αποθήκευση όπως κυψέλες καυσίμου, ηλεκτρικά συστήματα όπως πυκνωτές και μηχανικά συστήματα με χαρακτηριστικό παράδειγμα την άντληση του νερού. Η επιλογή που χρησιμοποιείται περισσότερο ιδιαίτερα σε μεγάλα υβριδικά συστήματα και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον είναι τα αντλητικά υδροηλεκτρικά συστήματα, ιδιαίτερα σε παραθαλάσσιες περιοχές ή σε περιοχές που είναι κοντά σε μεγάλο υδάτινο σώμα. Σε αυτή την περίπτωση, όταν η ανανεώσιμη πηγή προσφέρει στο σύστημα περισσότερη ενέργεια από τη ζητούμενη, νερό αντλείται από τη θάλασσα σε δεξαμενές σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Όταν η ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεγαλύτερη από την παροχή, τότε ενεργοποιείται το υδροηλεκτρικό σύστημα και το νερό από τις δεξαμενές επανέρχεται στη θάλασσα, διαμέσω στροβίλων και γεννητριών και με αυτό τον τρόπο παράγεται άμεσα ηλεκτρική ενέργεια. Με αυτό το γνώμονα κινούνται σήμερα πολλά υβριδικά έργα στην Ελλάδα. Σε πολλές περιπτώσεις, έχει χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με υδροηλεκτρικά συστήματα, ενώ δεν είναι σπάνιος και ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με φωτοβολταϊκά πλαίσια. Δύο από τα μεγαλύτερα έργα υβριδικής παραγωγής ενέργειας βρίσκονται στην Ικαρία και στο Ρέθυμνο. Πιο αναλυτικά, το υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας της Ικαρίας αποτελείται από δύο Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς (ΜΥΗΣ Προεσπέρας, ισχύος 1,05 MW και ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, ισχύος 3,1 MW), ένα αντλιοστάσιο (με 12 αντλίες των 250 KW έκαστη) και το Αιολικό Πάρκο Στραβοκουντούρας με τρεις ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2,7 MW. Η επιτυχής λειτουργία του έργου θα επιτρέψει μεγάλη αύξηση της διείσδυσης της ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές στο ηλεκτρικό σύστημα του νησιού. Το δεύτερο έργο βρίσκεται στην περιοχή Αμάρι του Ρεθύμνου και αναμένεται να έχει συνολική ισχύ

50MW και να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του Ρεθύμνου κατά 65%, ενώ είναι δυνατή και η περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση της ισχύος του υβριδικού σταθμού μέχρι τα 100MW.

Το έργο αποτελείται από 2 αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 81MW, ένα αντλιοστάσιο με 10 αντλίες των 36MW εκάστη και ένα σταθμό ελεγχόμενης παραγωγής με ικανότητα παραγωγής 50MW και άντληση 108MW. Τέλος, το έργο αποτελείται και από δύο δεξαμενές, με την μια να βρίσκεται στο δήμο Ρεθύμνου και τη δεύτερη να είναι ο ταμιευτήρας του φράγματος ποταμών στο Δήμο Αμαρίου.

#### 4.8 Οικιακά υβριδικά συστήματα

Τα συνήθη οικιακά υβριδικά συστήματα, είτε στην περίπτωση που έχουν σκοπό τους την αυτονομηση της κατοικίας, είτε όταν προορίζονται για να είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο, αποτελούνται από συνδυασμό κάποιου φωτοβολταϊκού πλαισίου, με αιολική ενέργεια, βιομάζα ή και με συμβατικές πηγές ενέργειας.

Επίσης σαν υβριδικά ηλιακά συστήματα μπορεί να οριστεί συνδυασμός ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων σε κτίρια. Τέτοια συστήματα έχουν αρκετά ευρεία εφαρμογή στην Ελλάδα. Μερικά παραδείγματα θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα μελέτη υβριδικού ηλιακού συστήματος έχει εκπονηθεί από τον Nico Hotz, από το πανεπιστήμιο Duke. Ο Hotz προτείνει ένα υβριδικό ηλιακό σύστημα, στο οποίο το ηλιακό φως θερμαίνει ένα συνδυασμό νερού και μεθανόλης σε ένα δίκτυο από σωλήνες, για την παραγωγή υδρογόνου.

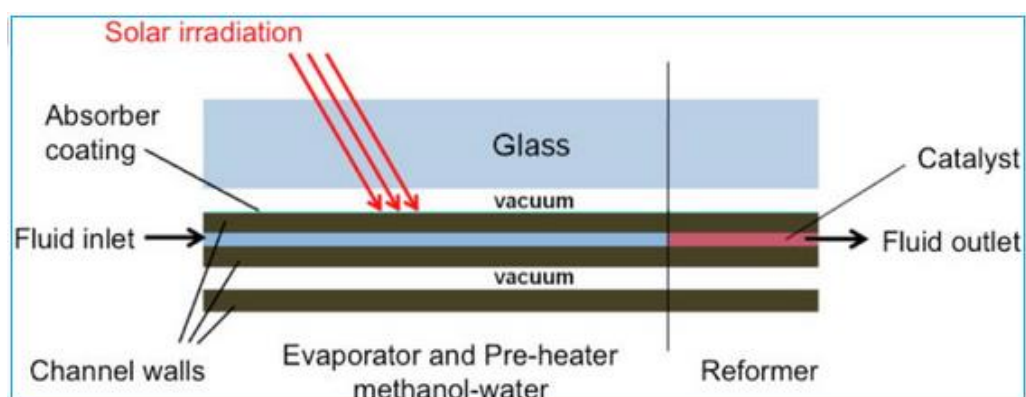
Η συσκευή είναι μια σειρά από σωλήνες χαλκού επικαλυμμένους με ένα λεπτό στρώμα αλουμινίου και οξειδίου του αργιλίου και εν μέρει είναι πληρωμένοι με νανοσωματίδια καταλύτες. Ένας συνδυασμός νερού και μεθανόλης ρέει μέσα από τους σωλήνες, οι οποίοι είναι υπό κενό.

Μόλις το εξατμιζόμενο υγρό επιτύχει υψηλή θερμοκρασία, προστίθενται μικρές ποσότητες καταλύτη, ο οποίος παράγει υδρογόνο. Το προκύπτον υδρογόνο μπορεί στη συνέχεια να κατευθύνεται άμεσα σε ένα κύτταρο καυσίμου για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Εναλλακτικά μπορεί να συμπιέζεται και αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή για την παροχή ενέργειας αργότερα.

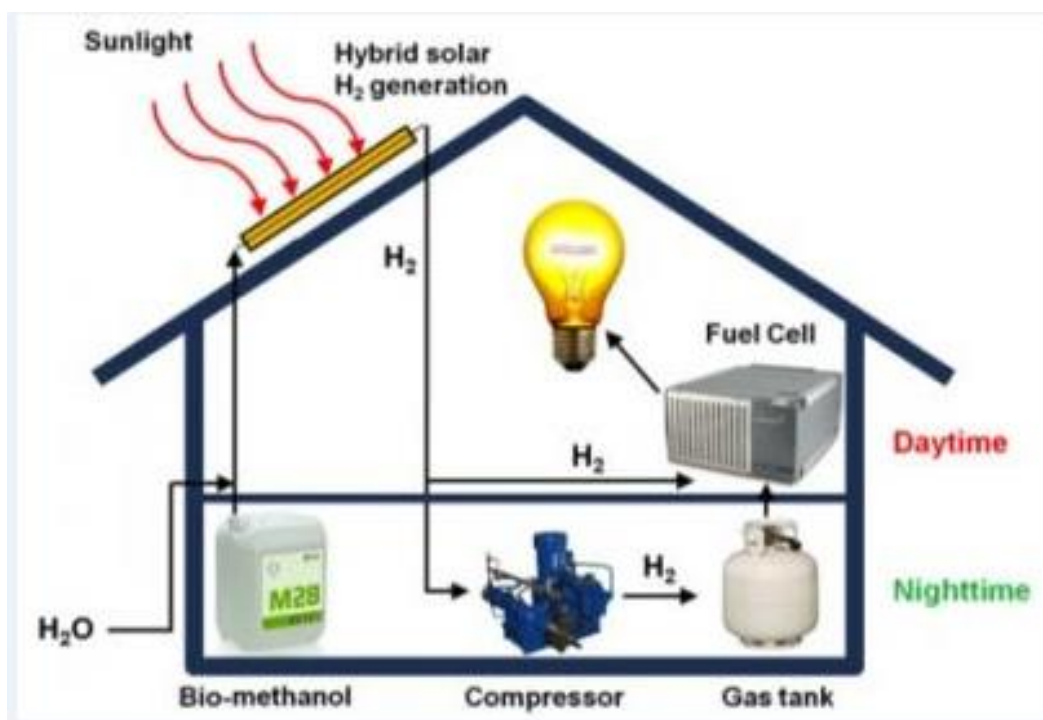
Μετά από δύο καταλυτικές αντιδράσεις, το σύστημα παράγει υδρογόνο πολύ πιο αποτελεσματικά από την τρέχουσα τεχνολογία και χωρίς σημαντικές προσμίξεις.

Σύμφωνα με τον Hotz, αυτή η διάταξη μπορεί να απορροφά το 95% της ακτινοβολίας, ενώ οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Εντός των σωληνώσεων μπορεί να επιτευχθεί θερμοκρασία έως και 200 βαθμών Κελσίου, εν συγκρίσει με ένα τυπικό ηλιακό συλλέκτη που μπορεί να θερμαίνει νερό μόνο μεταξύ 60 και 70 βαθμών Κελσίου.

Επίσης, μετά από οικονομοτεχνική ανάλυση ο Hotz ισχυρίζεται ότι το κόστος του υβριδικού συστήματος είναι μικρότερο σε σχέση με ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή ένα φωτοκαταλυτικό σύστημα.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 : ΔΙΑΤΑΞΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ HOTZ [γ]



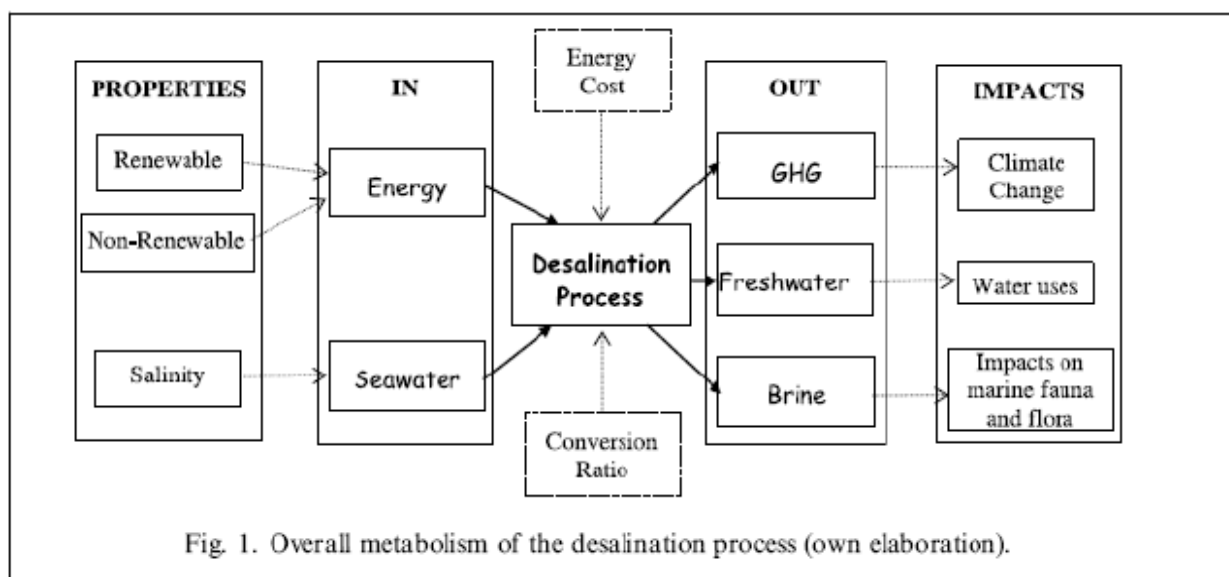
ΕΙΚΟΝΑ 4.4 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HOTZ

<http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2011/08/12/better-rooftop-hydrogen-production/>

## 4.9 Αφαλάτωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών

### 4.9.1 Τι είναι η αφαλάτωση [10]

Με τον όρο αφαλάτωση αναφερόμαστε σε κάθε επιμέρους διαδικασία απομάκρυνσης του πλεονάζοντος αλατιού και άλλων μετάλλων από το νερό, με σκοπό την παραγωγή φρέσκου νερού κατάλληλου για κατανάλωση από ζώο και άρδευση. Στην περίπτωση συνολικής απομάκρυνσης του άλατος, το παραγόμενο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ύδρευση. Το νερό το οποίο υφίσταται αφαλάτωση μπορεί να είναι θαλάσσιο, υφάλμυρο ή ακόμα και από επεξεργασμένα λύματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η διαδικασία παράγει επιτραπέζιο αλάτι ως υποπροϊόν.



ΕΙΚΟΝΑ 4.5: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ. ΕΙΣΟΔΟΥΣ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ Ή ΜΗ) ΚΑΙ ΤΟ ΑΛΜΥΡΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥΣ ΤΟ ΦΡΕΣΚΟ ΝΕΡΟ, Η ΑΛΜΗ (BRINE) ΚΑΙ ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (GHG).

**Μέθοδοι αφαλάτωσης (Desalination methods):**

- **Απόσταξη (Distillation)**

- Multi stage flash (MSF)
- Multiple effect evaporator (MED/ME)
- Συμπύκνωση ατμού (Vapor compression evaporation, VC)
- Εξαέρωση/Συμπύκνωση (evaporation/condensation)

- **Μέθοδοι με μεμβράνες (Membrane processes)**

- Ηλεκτρόλυση (Electro dialysis reversal, EDR)
- Αντίστροφη όσμωση (Reverse osmosis, RO)
- Νανόφιλτρα (Nanofiltration, NF)
- Ευθεία όσμωση (Forward osmosis, FO)
- Δύλιση με μεμβράνες (Membrane distillation, MD)

- **Πάγωμα (freezing)**

- **Γεωθερμική αφαλάτωση (Geothermal desalination)**

- **Κρυσταλλοποίηση με υδρικό αιθάνιο (Methane hydrate crystallization)**

- **Υψηλής ποιότητας ανακύκλωση νερού (High grade water recycling)**

- **Αφαλάτωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών (Solar humidification HDH, MEH)**

ΕΙΚΟΝΑ 4.6: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

**4.9.2 Χρήση ηλιακής ενέργειας για αφαλάτωση**

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας σε μια διεργασία αφαλάτωσης, είτε με τη μορφή θερμικής ενέργειας, είτε με τη μορφή ηλεκτρισμού. Η αφαλάτωση με ηλιακή ενέργεια μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες [10]:

- Έμμεσα συστήματα

Η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων συνίσταται στη χρήση δύο ξεχωριστών υποσυστημάτων: έναν ηλιακό συλλέκτη για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και μια μονάδα που χρησιμοποιεί αυτήν την ενέργεια για την παραγωγή φρέσκου νερού. Μια τέτοια μονάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε διεργασία αφαλάτωσης.

- Άμεσα συστήματα

Στα άμεσα συστήματα η συλλογή θερμότητας και η διαδικασία της αφαλάτωσης λαμβάνουν χώρα στην ίδια εγκατάσταση. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για να παράγει το αφαλατωμένο νερό απευθείας στον ηλιακό αποστακτήρα. Ο αποστακτήρας λειτουργεί ως παγίδα για την ηλιακή ακτινοβολία (φαινόμενο θερμοκηπίου). Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία περνά μέσα από το διάφανο κάλυμμα απορροφάται κατά ένα μέρος από τον απορροφητή και κατά ένα μέρος

από το αλμυρό νερό. Με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του νερού, και ως εκ τούτου η πίεση ατμών, να αυξάνεται και να γίνεται μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του καλύμματος. Το νερό εξατμίζεται στον περιβάλλοντα αέρα και ο ατμός ανεβαίνει στο κάλυμμα με φυσική συναγωγή, όπου συμπυκνώνεται και οδηγείται στη δεξαμενή συλλογής.

Δεν θα αναλυθούν περαιτέρω τα συστήματα και οι τεχνικές ασφαλάτωσης, διότι αυτό ξεπέρνα τον σκοπό της εργασίας αυτής. Αξίζει όμως να αναφερθεί ότι ο καλύτερος συνδυασμός είναι η χρήση Φωτοβολταϊκών στοιχείων με τη τεχνική της αντίστροφης όσμωσης.

Περιοχή	Ημ/νία εγκατάστασης	Κμ/ ημέρα	Νερό
Ορνός Μύκονος	1989	1,200	θαλασσινό
Ερμούπολις	1989	1,200	θαλασσινό
Σύρος	1993	800	
Κίτι	1998/99	960	
Σύρος	1993	144	θαλασσινό
Οία	1994	400	θαλασσινό
Σαντορίνη	1998	150	
Θηρασιά	1997	200 l/h	θαλασσινό
Ομηρούπολις	2000	600	υφάλμυρο
Νίσυρος	1991	300	θαλασσινό
Ιθάκη	1983	500	θαλασσινό

ΕΙΚΟΝΑ 4.7: ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΗΣΙΑ[11]

---

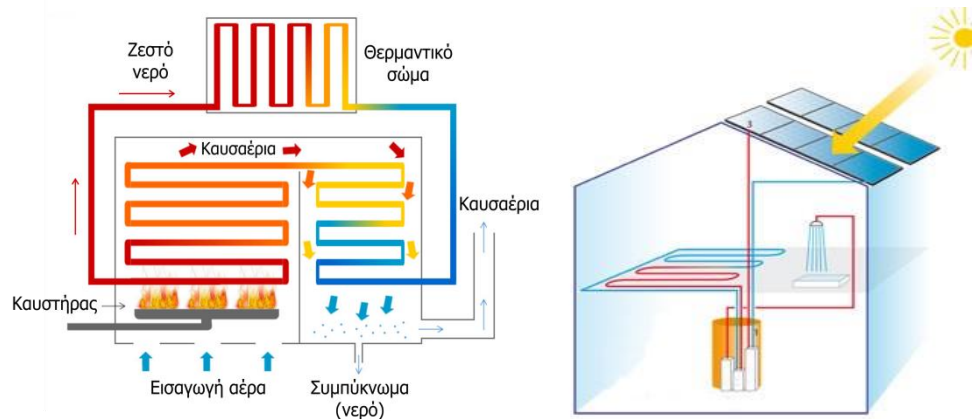
# 5. ΜΕΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

---

## 5.1 Ενεργειακά Υβριδικά Συστήματα Θέρμανσης και Ζεστών Νερών Χρήσης με Συνδυασμό Ηλιακής Ενέργειας και Τεχνολογίας Συμπύκνωσης

---

Τα ενεργειακά συστήματα θέρμανσης και ζεστών νερών χρήσης με ανανεώσιμη πηγή θερμότητας διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: ηλιοθερμικά συστήματα, γεωθερμικά συστήματα και αντλίες θερμότητας αέρα/νερού. Στη χώρα μας με τις υπάρχουσες κλιματολογικές συνθήκες και την μεγάλη ηλιοφάνεια τα ηλιοθερμικά συστήματα έχουν την καλύτερη σχέση κόστους/οφέλους. Τα τελευταία χρόνια και τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης καθίστανται ενεργειακά ενσωματώνοντας τεχνολογικές εξελίξεις εξοικονόμησης ενέργειας. Μία από αυτές είναι η τεχνολογία συμπύκνωσης. Το νερό που επιστρέφει από τα θερμαντικά σώματα ή την ενδοδαπέδια θέρμανση προθερμαίνεται από τα καυσαέρια του καυστήρα με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης να ανέρχεται έως 108%. Ένας συμβατικός λέβητας φυσικού αερίου, με ονομαστικό βαθμό απόδοσης 90%, όταν καταναλώσει 1 m<sup>3</sup> καυσίμου, παράγει:  $8.130 \times 0,9 = 7.317$  Kcal. Ο πλέον σύγχρονος λέβητας με τεχνολογία συμπύκνωσης και ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου μέσω των ηλεκτρονικά μεταβαλλόμενων στροφών του ανεμιστήρα, έχει αντίστοιχο βαθμό απόδοσης έως και 95%, άρα με το ίδιο 1 m<sup>3</sup> φυσικού αερίου παράγει:  $8.130 \times 0,95 = 7.723$  Kcal. Επιπλέον παράγει και άλλα 1.032 Kcal από την ψύξη και συμπύκνωση των καυσαερίων του και συνεπώς η συνολική παραγωγή θερμότητας είναι:  $7.723 + 1.032 = 8.755$  Kcal. Συνεπώς έχει συνολική "συμβατική" απόδοση:  $8.755/8.130 = 1,08$  ή 108%.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: (α)ΑΡΧΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ ΑΕΡΙΟΥ

(β)ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Πρόσθετα πλεονεκτήματα των λεβήτων με τεχνολογία συμπύκνωσης είναι ότι οι γενικότερες απώλειες από την καμινάδα και τα τοιχώματα του λέβητα είναι πολύ μικρότερες από εκείνες ενός συμβατικού λέβητα, λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας (45-50 °C) που βρίσκονται τα καυσαέρια του και δεν απαιτείται κτιστή ή ανοξείδωτη καμινάδα. Έτσι, ο λέβητας συμπύκνωσης επιτυγχάνει μια σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με έναν συμβατικό λέβητα σε κάθε τύπο εγκατάστασης: έως 15% σε παραδοσιακά συστήματα με θερμαντικά σώματα υψηλών θερμοκρασιών (70-80 °C), έως 20% σε μεικτά συστήματα και έως 35% σε συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης (40-50 °C).

Δύο επιπλέον τεχνολογικές εξελίξεις έχουν προσθέσει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης και ζεστών νερών χρήσης:

- ο συνδυασμός σε ένα σύστημα δύο πηγών ενέργειας, της ηλιακής (μέσω ηλιακών συλλεκτών) με λέβητα αερίου τεχνολογίας συμπύκνωσης, καθιστώντας έτσι το σύστημα υβριδικό, και
- η ενσωμάτωση των δύο αυτών πηγών θερμότητας στο boiler του ζεστού νερού καθιστώντας έτσι το σύστημα compact.

Με αυτόν τον συνδυασμό, ως πρώτη πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται ο ήλιος και όταν απαιτείται τίθεται σε λειτουργία ο λέβητας συμπύκνωσης αερίου. Επιτυγχάνεται έτσι σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Η ενσωμάτωση του boiler με τις δύο πηγές θερμότητας σε ένα σύστημα compact περιορίζει τις θερμικές απώλειες και εξοικονομείται χώρος.



## 5.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ (COMBI)-ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΠΕ. [8]

---

### 5.2.1 Εισαγωγή

---

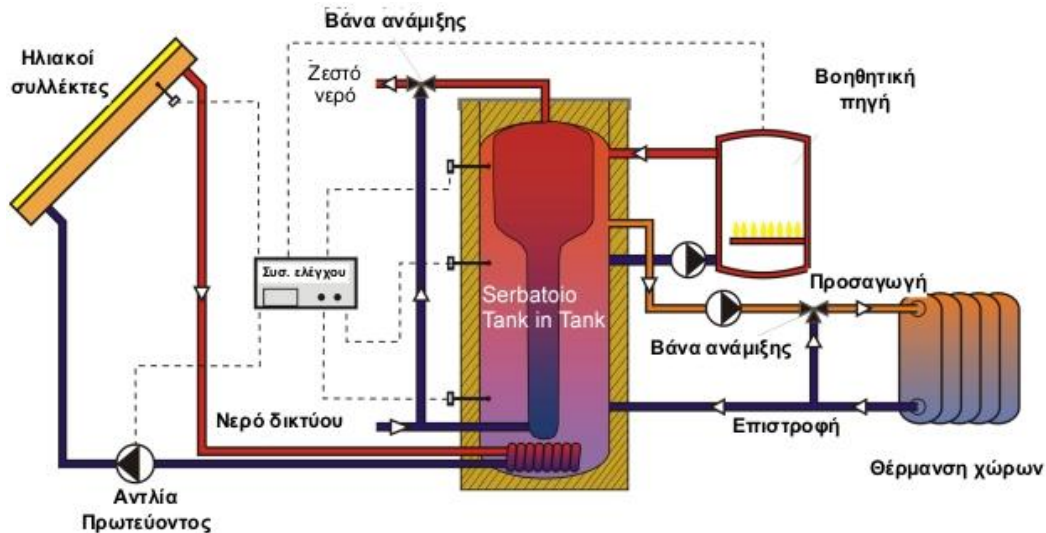
Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) είναι ο εθνικός φορέας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (ΟΧΕ) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ). Με το Νόμο 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας") και το Νόμο 2702/99 το ΚΑΠΕ ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

Από το 1992, το ΚΑΠΕ στεγάζεται σε ιδιόκτητες εγκαταστάσεις, στο 19ο χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος, στο Πικέρμι Αττικής.

Στο ΚΑΠΕ στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού έργου SOLLET - *European network strategy for combined solar and wood pellet heating systems for decentralized applications* - , έχει εγκατασταθεί μια υβριδική μονάδα θέρμανσης ηλιακών / βιομάζας για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης μέρους γραφείων του κέντρου. Η μονάδα σχεδιάστηκε να καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης των γραφείων 100% από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή ενέργεια – βιομάζα), δίνοντας προτεραιότητα στην ηλιακή ενέργεια. Η βιομάζα δρα υποβοηθώντας το ηλιακό σύστημα, όταν αυτό δεν μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη θερμότητα λόγω δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών.

Ο όρος “solar combi-systems” ή απλά “combi” αναφέρεται στα ηλιακά συστήματα τα οποία παράλληλα με την παραγωγή νερού χρήσης υποβοηθούν τη θέρμανση χώρων. Σύμφωνα με τους Α. Αηδόνη, Β. Δρόσου και Μ. Καραγιωργά [8] , οι προσομοιώσεις για τον Ελληνικό χώρο έδειξαν ότι τα συστήματα combi μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά συστήματα θέρμανσης, δίνοντας αξιόλογα ενεργειακά αποτελέσματα και καλύψεις του συνολικού θερμικού φορτίου που φτάνουν το 40 με 50%. Ανάλογα ενθαρρυντικά αποτελέσματα υπήρξαν και από την μελέτη του Α.Αργυρίου[9], σε προσομοίωση τριών συστημάτων στην Βόρεια Ελλάδα (Σάπες).

Η εικόνα 5.2 αποτελεί ένα ενδεικτικό σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος combi. Όπως φαίνεται, τα γενικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος combi είναι τα ίδια με αυτά ενός κοινού κεντρικού ηλιακού συστήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 5.2: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ COMBI

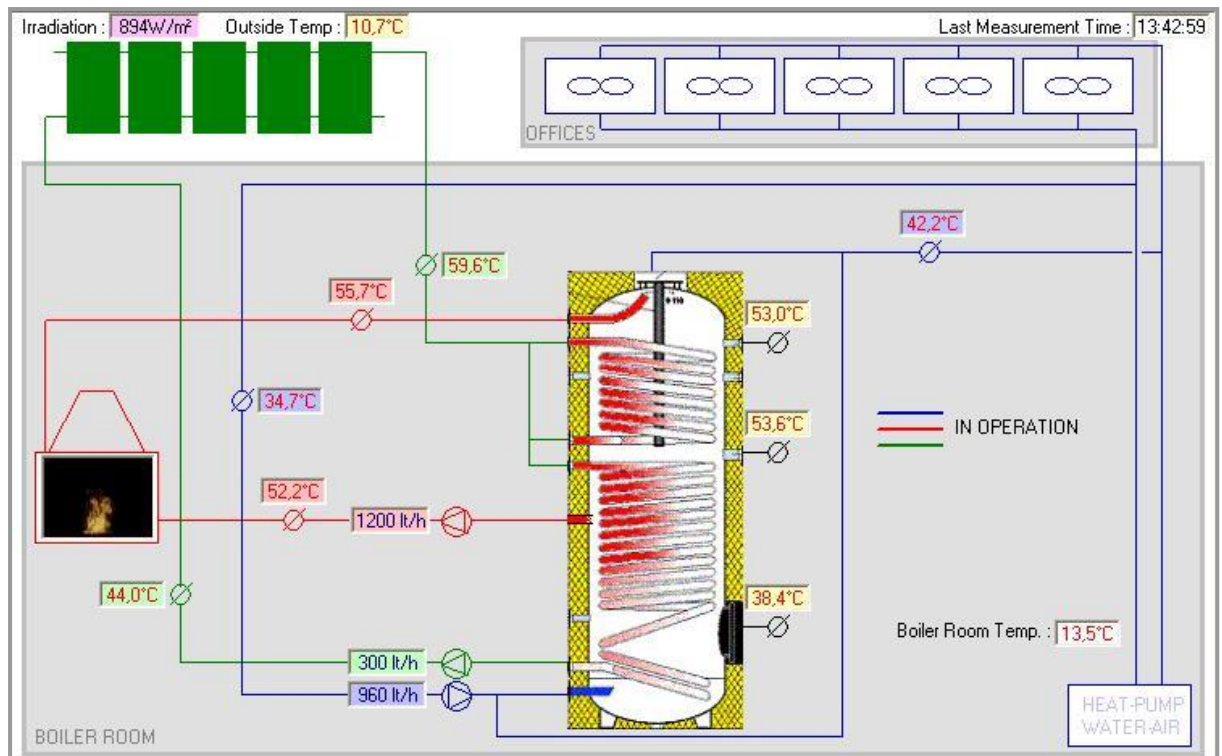
Στην συγκεκριμένη διάταξη, χρησιμοποιούνται δύο δοχεία αποθήκευσης· αυτό του ζεστού νερού χρήσης είναι εμβαπτισμένο στο μεγαλύτερο δοχείο (στο οποίο κυκλοφορεί το ίδιο υγρό –νερό– με αυτό του δικτύου θέρμανσης, δηλ. των καλοριφέρ).

### 5.2.2 Η Εγκατάσταση στο ΚΑΠΕ

Το σχηματικό διάγραμμα του συστήματος που έχει εγκατασταθεί στα γραφεία του ΚΑΠΕ φαίνεται στην εικόνα 5.3. Η χρήση του συγκεκριμένου συστήματος για θέρμανση μόνο του χώρου και όχι νερού χρήσης, δεν το εντάσσει στα συστήματα combi. Η σύνδεση στο δίκτυο ζεστού νερού χρήσης δεν κρίθηκε εφικτή δεδομένης της τεχνικής πολυπλοκότητας και της εξαιρετικά μικρής κατανάλωσης.

Τα βασικά στοιχεία του συστήματος είναι:

1. Καυστήρας βιομάζας ονομαστικής ισχύος 35 kW με δυνατότητα να κάψει πυρηνόξυλο, κουκούτσια, θρυμματισμένο ξύλο, συσσωματώματα (pellets) και καυσόξυλα.
2. Ηλιακοί συλλέκτες συνολικής μκτής επιφάνειας 13.5 m<sup>2</sup>.
3. Θερμοδοχείο χωρητικότητας 500 lt, με εσωτερικό σπειροειδή εναλλάκτη, Ελληνικής κατασκευής.



**ΕΙΚΟΝΑ 5.3: ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ/ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΚΑΠΕ. ΌΛΑ ΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται από τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες τοποθετημένους σε νότιο προσανατολισμό και υπό κλίση  $60^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω του εμβαπτισμένου εναλλάκτη στο νερό θέρμανσης, που είναι αποθηκευμένο στο θερμοδοχείο. Τις ημέρες που η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή, γίνεται υποβοήθηση του συστήματος από τον καυστήρα βιομάζας. Ο καυστήρας απαιτεί χειροκίνητη έναυση και χειροκίνητη απομάκρυνση στάχτης. Η θέρμανση του νερού μέσω βιομάζας γίνεται απευθείας χωρίς την χρήση εναλλάκτη. Η συνολική επιφάνεια θέρμανσης των γραφείων είναι  $60\text{m}^2$ . Η έξοδος του ζεστού νερού για την θέρμανση αυτών, έχει παρεμβληθεί σε προϋπάρχον σύστημα πέντε fan coils (πηνίο θέρμανσης ή ψύξης+ανεμιστηρας) που τροφοδοτούνταν από αντλίες θερμότητας. Η τροφοδοσία του νερού θέρμανσης γίνεται μέσω μιας τριόδου βάνας αναμείξεως ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία προσαγωγής σταθερή στους  $40^\circ\text{C}$  (ή επιλεκτικά στους  $50^\circ\text{C}$ ). Βασική προϋπόθεση στην εγκατάσταση στο ΚΑΠΕ, ήταν όλα τα υλικά να είναι διαθέσιμα στην Ελληνική αγορά.

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στην διαστασιολόγηση του δοχείου διαστολής της εγκατάστασης, για την αντιμετώπιση του φαινομένου της στασιμότητας κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου δεδομένου της σύμπτωσης μηδενικού φορτίου και μέγιστης ηλιακής απολαβής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η πρωτεύουσα πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο έλεγχος του ηλιακού κυκλώματος γίνεται μέσω ενός κοινού διαφορικού θερμοστάτη. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής εισόδου του ζεστού νερού από τα ηλιακά σε όλο ή στο κάτω μέρος του εναλλάκτη.

Ο έλεγχος του κυκλώματος βιομάζας γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού θερμοστάτη ρυθμιζόμενης υστέρησης, τοποθετημένο στα  $\frac{3}{4}$  του θερμοδοχείου. Τις μέρες με χαμηλή ηλιοφάνεια, όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από το κατώτατο όριο ( $45^{\circ}\text{C}$ ), ο κυκλοφορητής του κυκλώματος βιομάζας ενεργοποιείται για την υποβοήθηση του συστήματος, μέχρι το νερό στο θερμοδοχείο να φτάσει τους  $68^{\circ}\text{C}$ . Ένας τοπικός θερμοστάτης στον καυστήρα βιομάζας κρατάει το σύστημα εναλλαγής του καυστήρα στους  $70^{\circ}\text{C}$ .

Για την παρακολούθηση του συστήματος, ένα μετρητικό σύστημα καταγράφει την ροή και τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου κάθε κυκλώματος, τις θερμοκρασίες σε τρία σημεία της δεξαμενής νερού, την εξωτερική θερμοκρασία και την θερμοκρασία στο χώρο αποθήκευσης. Επίσης καταγράφονται, η ηλιακή ακτινοβολία καθώς και ο χρόνος καύσης του καυστήρα βιομάζας.

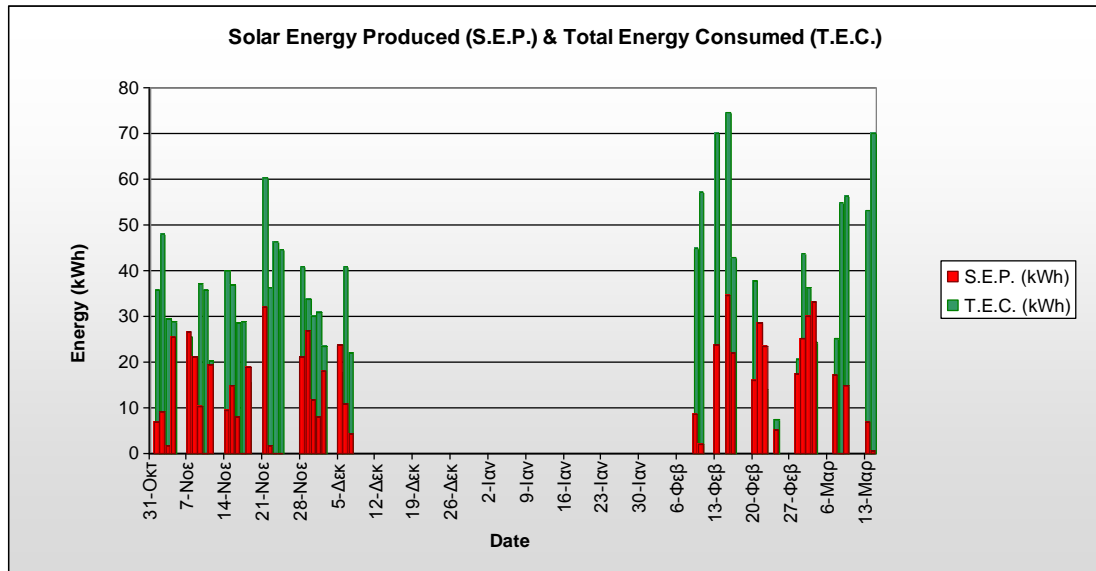
### 5.2.3 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά όσον αφορά το τεχνικό και ενεργειακό επίπεδο: η κάλυψη των αναγκών της θέρμανσης χώρων από τους ηλιακούς συλλέκτες συχνά ξεπερνά το 40%. Η εξοικονόμηση  $\text{CO}_2$  από τη χρήση του συστήματος μέχρι τις αρχές Μαρτίου υπολογίζεται στα 753 kg. Για την εκτίμηση των συμπερασμάτων είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, αφορούν μόνο την θέρμανση χώρου. Επιπροσθέτως η χρήση αφορά συγκεκριμένες ώρες / ημέρες λειτουργίας γραφείων που αποκλείουν την λειτουργία στα σαββατοκύριακα. Στην περίπτωση που το σύστημα θέρμαινε και νερό χρήσης, η απόδοσή του θα αυξανόταν σημαντικά, όπως έχει και θεωρητικά επαληθευτεί από προηγούμενους ερευνητές [8].

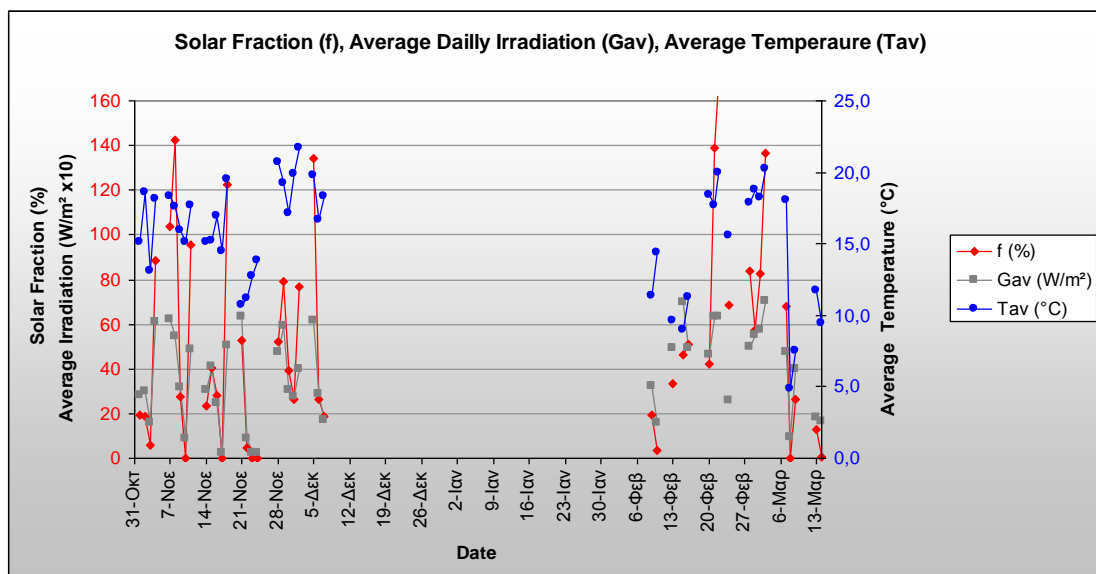
Το βασικό προτέρημα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακά/βιομάζα είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με συμβατικά θερμαντικά σώματα και επομένως μπορεί να παρεμβληθεί σε ένα ήδη εγκατεστημένο σύστημα αντικαθιστώντας την συμβατική πηγή ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο) με τα παρελκόμενα (καυστήρας – λέβητας).

Ο συνδυασμός των συστημάτων combi με καύση βιομάζας, αποτελεί ενεργειακά μια ενδιαφέρουσα και εφικτή προοπτική. Αποτελεί μια εξ ολοκλήρου ανανεώσιμη λύση για θέρμανση χώρου και παραγωγή

ζεστού νερού. Η μορφή pellets, επιτρέπει ευκολία στην χρήση όμοια με αυτή των συμβατικών καυσίμων (μεταφορά, αποθήκευση). Επιπροσθέτως, η προώθηση της τοπικής παραγωγής μπορεί να φέρει σημαντική μείωση στην τιμή της καθώς και ενίσχυση της τοπικής οικονομίας.



ΕΙΚΟΝΑ 5.4 : ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ(S.E.P.) ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(T.E.C.)



ΕΙΚΟΝΑ 5.5: ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ (SF %) , ΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (GAV), ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (TAV) ΟΙ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΙ ΑΠΟ ΤΙΣ 6:00 ΕΩΣ ΤΙΣ 20:00

Συνοπτικά μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

- Η διαστασιολόγηση και ο τύπος του καυστήρα είναι πολύ σημαντικά για την οικονομική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος. Λόγω της μη ύπαρξης εναλλακτικού καυστήρα στην Ελληνική αγορά κατά την διάρκεια της επιλογής του εξοπλισμού,

ο καυστήρας που χρησιμοποιήθηκε, αφενός είναι υπερδιαστασιολογημένος και αφετέρου έχει χαμηλή απόδοση στην καύση pellets αφού είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί γενικά με όλα τα διαθέσιμα καύσιμα βιομάζας. Σήμερα κυκλοφορούν και στην Ελληνική αγορά εξειδικευμένοι καυστήρες για pellets με υψηλές αποδώσεις (~90%) σε μεγάλο εύρος μεγεθών.

- Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαστασιολόγηση του δοχείου διαστολής της εγκατάστασης, για την αντιμετώπιση του φαινομένου της στασιμότητας κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου δεδομένου της σύμπτωσης μηδενικού φορτίου και μέγιστης ηλιακής απολαβής.
- Για την μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος, ο έλεγχος του κυκλώματος βιομάζας πρέπει να γίνει με θερμοστάτη που να επιτρέπει την ρύθμιση μεγάλου βαθμού υστέρησης. Με αφορμή αυτό το ειδικό συμπέρασμα, αξίζει να σημειωθεί μια γενικότερη παρατήρηση. Θα είναι σημαντικό, για την επιτυχή διάδοση των συστημάτων σαν αυτό που εξετάστηκε στο παρόν άρθρο, να εμφανιστούν τα συστήματα αυτά στην αγορά αφού οριστούν και ολοκληρωθούν διαδικασίες δοκιμών και, ενδεχομένως, τυποποίησης. Αυτό θα περιορίσει το κίνδυνο τεχνικών ατοπημάτων, τα οποία, αν και εύκολα στην επίλυσή τους, θα μπορούσαν να πλήξουν την αξιοπιστία της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

### **5.3 Συνδυασμός Ενεργητικών και Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων - Ηλιακό Χωριό στη Πεύκη**

---

Το Ηλιακό Χωριό βρίσκεται στην Πεύκη Αττικής, στα Βόρεια Προάστια της Αθήνας, σε απόσταση 18 χλμ. από το κέντρο της πόλης. Πρόκειται για ένα οικιστικό συγκρότημα 435 “ηλιακών” κατοικιών οι οποίες στεγάζουν δικαιούχους του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας (ΟΕΚ). Ο σχεδιασμός και η ανέγερση του Ηλιακού Χωριού έγιναν με τη συνεργασία του ΥΒΕΤ (σημερινού Υπουργείου Ανάπτυξης), του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας (ΟΕΚ) και του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας της Ομοσπονδιακής Γερμανίας. Το έργο κατασκευάστηκε το 1984 βάσει μελέτης του γραφείου μελετών Α.Ν. Τομπάζη.

Στο έργο υλοποιήθηκε η πειραματική εφαρμογή ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων προηγμένης τεχνολογίας για παροχή

θέρμανσης και ζεστού νερού για οικιακή χρήση, με κύριο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Εκτός από τη μεγάλη ποικιλία ηλιακών συστημάτων, ο οικισμός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας (μονώσεις πάχους 10 εκ. διπλά τζάμια, νυχτερινές μονώσεις, νότιες μεγάλες γυάλινες προσόψεις, κ.ά.).



ΕΙΚΟΝΑ 5.6: ΗΛΙΑΚΟ ΧΩΡΙΟ ΠΕΥΚΗΣ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός των παθητικών συστημάτων (εξωτερικά κελύφη κτιρίων) και των ενεργητικών συστημάτων (συστήματα παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης) του Ηλιακού Χωριού στηρίζεται στη μελέτη και αξιοποίηση των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής.

Οι βασικοί κανόνες που εφαρμόστηκαν στον πολεοδομικό και αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων του Ηλιακού Χωριού είναι:

- Κατάλληλη διάταξη των κτιριακών όγκων, που λειτουργούν σαν φράγμα προστασίας από τους χειμερινούς ανέμους και που να εξασφαλίζουν το μέγιστο χειμερινό ηλιασμό, αλλά και τον θερινό σκιασμό.
- Ελαχιστοποίηση των βορινών, ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων και χρήση νότιων ανοιγμάτων.
- Εκμετάλλευση της μάζας των υλικών του κελύφους των κτιρίων και ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών με μονώσεις των τοίχων και των ορόφων και με διπλά υαλοστάσια.

Σε 34 σπίτια του Ηλιακού Χωριού εφαρμόστηκαν συνδυασμοί των επικρατέστερων παθητικών ηλιακών συστημάτων, που «αιχμαλωτίζουν» τον ήλιο χωρίς καμιά κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.

Οι κύριοι συνδυασμοί **παθητικών ηλιακών συστημάτων** που εφαρμόστηκαν είναι:

1. Άμεσης απολαβής (πάγκος νερού).
2. Έμμεσης απολαβής (τοίχοι Trombe, τοίχοι νερού).
3. Εκτεταμένης έμμεσης απολαβής (θερμοκήπιο, τοίχοι trombe ή αποθήκευση νερού).
4. Απομονωμένης απολαβής , (θερμοσιφωνικά πανέλλα αέρα)
5. Εκτεταμένης απομονωμένης απολαβής (θερμοκήπιο, συλλέκτες φυσικής κυκλοφορίας).

#### **Ενεργητικά Συστήματα**

Στο "Ηλιακό Χωριό» έχουν εγκατασταθεί 6 βασικοί τύποι ενεργειακών συστημάτων. Η θέρμανση χώρων και η παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης γίνεται από 17 συνολικά διαφορετικούς συνδυασμούς αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών. Η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται μεταξύ 45-90% ανάλογα με το σύστημα.

Μετά το πέρας της κατασκευής και για ένα διάστημα λειτουργίας έγιναν συστηματικές μετρήσεις στα κτίρια, με στόχο την διαπίστωση της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων και εν γένει, των κτιρίων. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψαν συμπεράσματα όχι μόνο για την απόδοση των συστημάτων, αλλά και για τη συμπεριφορά των χρηστών και την επίδρασή τους σ' αυτά, καθώς η ενεργός συμμετοχή του ενήμερου χρήστη παίζει καθοριστικό ρόλο στη σωστή λειτουργία των συστημάτων αλλά και στο σύνολο του οικισμού.

Η επιστημονική ομάδα του Εργαστηρίου Οικοδομικής του Α.Π.Θ., η οποία έκανε τις μετρήσεις και επί τόπου παρατηρήσεις, διαπίστωσε την εν γένει, κακή ενεργειακή συμπεριφορά χρηστών. Ακολουθούν ορισμένα μόνο χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της συμπεριφοράς:



- Μια ψυχρή θερινή ημέρα με πλήρη ηλιοφάνεια, οι μισές τέντες ηλιοπροστασίας των κτιρίων είναι κατεβασμένες, ενώ ρούχα απλωμένα ή κουρτίνες κλειστές καλύπτουν τις νότιες προσόψεις μην αφήνοντας τον ήλιο να μπει και να θερμάνει τα διαμερίσματα.
- Έπιπλα τοποθετημένα στους νότιους τοίχους “κλείνουν” και απομονώνουν τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που υπάρχουν σε ορισμένα κτίρια.
- Ορισμένα από τα τζάμια τις ψυχρές μέρες του χειμώνα μένουν ανοιχτά για αερισμό ολόκληρο το πρωινό, ενώ για το σκοπό αυτό θα αρκούσε μόνο μισή ώρα.

Από τις μετρήσεις, προκύπτουν συνοπτικά τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Τα διαμερίσματα με παθητικά ηλιακά συστήματα εν γένει συμπεριφέρονται καλύτερα από τα συμβατικά, αν και έχουν περισσότερες εκτεθειμένες επιφάνειες.
- Η σπουδαιότερη παράμετρος που επηρεάζει την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων είναι η ενεργειακή συμπεριφορά των κατοίκων. Παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή χρήσης του χώρου του θερμοκηπίου σε χώρο μόνιμης παραμονής, η οποία ουσιαστικά μηδένισε την απόδοση του τοίχου νερού που είναι μεταξύ θερμοκηπίου και εσωτερικού χώρου, ή ακόμη ο εκτεταμένος αερισμός των χώρων καθώς και το κατέβασμα της τέντας στις νότιες όψεις των διαμερισμάτων την περίοδο θέρμανσης.

Η επίδραση της συμπεριφοράς του χρήστη φαίνεται χαρακτηριστικά από τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται σε πέντε διαμερίσματα του Ηλιακού Χωριού τα οποία μετρήθηκαν και τα οποία είναι ιδιαίτερα ανόμοια μεταξύ τους. Από την ενεργειακή ανάλυση 6 κτιρίων του οικισμού, προέκυψε ότι η ενεργειακή συμπεριφορά των ενοίκων, κατά τη φάση λειτουργίας των κτιρίων είναι δυνατόν να ανατρέπει κάθε πρόβλεψη ως προς τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Ειδικότερα, από την ενεργειακή μελέτη προέκυψε ότι σε δύο διαμερίσματα η ενεργειακή κατανάλωση που προκύπτει από τις πραγματικές συνθήκες χρήσης είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή σε ιδανικές συνθήκες χρήσης (εάν υπήρχε επαρκής ηλιασμός των κτιρίων, εάν ήταν σωστά ρυθμισμένος ο θερμοστάτης και εάν δεν γινόταν υπερβολικός αερισμός), σε ένα κτίριο η κατανάλωση ενέργειας είναι στα ίδια

επίπεδα, ενώ σε δύο είναι χαμηλότερη, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι χρήστες πιθανώς να μην απολαμβάνουν πλήρεις συνθήκες άνεσης. Συνεπώς, αποδεικνύεται ότι αδράνεια ή λανθασμένη, από μέρους των ενοίκων, ενεργειακή συμπεριφορά οδηγεί είτε σε αυξημένη κατανάλωση είτε σε έλλειψη θερμικής άνεσης.

Σημειώνεται ότι, τόσο η εσωτερική θερμοκρασία των χώρων, όσο και ο αερισμός τους θεωρούνται από τις πιο βασικές παραμέτρους, που καθορίζονται από την ενεργειακή συμπεριφορά των ενοίκων. Η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας λόγω αυξημένης εσωτερικής θερμοκρασίας από τους ενοίκους καθώς και λόγω αλόγιστου αερισμού των χώρων, οδηγεί, εκτός από τη χωρίς λόγο συνεχή αύξηση των δαπανών για θέρμανση και στη μη αποδοτικότητα όλων των πρόσθετων επενδύσεων για εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων ή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

#### **5.4 Συγκρότημα Βιοκλιματικών Κατοικιών στην Καλαμάτα**

---

Ο οικισμός αυτός, πέραν της αισθητικής σύνδεσης με τα παραδοσιακά κτίσματα στα Βορειοδυτικά και τα νέα κτίρια στα Ανατολικά, είχε ως στόχο τον σχεδιασμό των κατοικιών με την εφαρμογή των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, όπως τον παθητικό δροσισμό, την εφαρμογή ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Όλες οι κατοικίες έχουν την πρόσοψη τους στραμμένη στο Νότο και είναι ομαδοποιημένα σε σειρές οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 8 μέτρα όπου υπάρχουν διώροφα κτίρια και 10,5 μέτρα όπου υπάρχουν τριώροφα κτίρια, επιτρέποντας τον ηλιασμό και τον φυσικό δροσισμό των κατοικιών. Τα τριώροφα κτίρια είναι τοποθετημένα, κυρίως, στην περίμετρο του οικισμού περιβάλλοντας τα διώροφα κτίρια ούτως ώστε να δημιουργούν μία ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς βόρειους ανέμους τον χειμώνα.

Τέλος, το μικροκλίμα της περιοχής και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κατοικιών βελτιώνεται με την κατάλληλη δενδροφύτευση του οικισμού.

Τα στοιχεία και οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στον παθητικό σχεδιασμό των κτιρίων είναι αυξημένη μόνωση (επιπλέον των προδιαγραφών), διπλά τζάμια, αεριζόμενες επικλινείς κεραμοσκεπές πάνω από δώματα, εξωτερικά σκίαστρα (ρολά), τέντες, πρόβολοι, διαμπερής αερισμός και τέλος τοίχοι μάζας. Οι οροφές είναι τύπου δώματος με μόνωση πάχους 10 εκατοστών. Τα βατά σημεία είναι

καλυμμένα με πλάκες τσιμέντου ενώ τα μη βατά καλύπτονται με κροκάλες. Πάνω από τα μη βατά σημεία υπάρχουν επικλινείς κεραμοσκεπές. Αυτή η τεχνική όχι μόνο προσφέρει επιπλέον θερμομόνωση αλλά επιτρέπει και τον διαμπερή αερισμό της στέγης και προσφέρει καλύτερες θερμοκρασίες χώρων κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

Οι τοίχοι είναι μονωμένοι επίσης με μόνωση πάχους 10 εκατοστών. Στη νότια όψη των κτιρίων υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα τα οποία καλύπτονται με διπλά υαλοστάσια για την μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών και του φυσικού φωτισμού και την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών. Επίσης, μέρος της νότιας επιφάνειας, πίσω από τα υαλοστάσια, έχουν κατασκευαστεί τοίχοι μάζας. Εξωτερικά των υαλοστασίων υπάρχουν ρολά για τον σκιασμό των εσωτερικών χώρων. Για τον σκιασμό των κτιρίων έχουν επίσης ενσωματωθεί πρόβολοι και έχουν τοποθετηθεί τέντες. Τέλος για τον καλύτερο δροσισμό των κατοικιών ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται ο διαμπερής και κατακόρυφος αερισμός των χώρων.

Όσον αφορά τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, για κάθε κατοικία έχει εγκατασταθεί ηλιακός συλλέκτης για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για τη βοηθητική θέρμανση των χώρων επιλέχθηκαν ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

Στον οικισμό πραγματοποιήθηκαν από το ΚΑΠΕ μετρήσεις για μία περίοδο 14 μηνών (Απρίλιος 1996 - Ιούνιος 1997). Με βάση την ανάλυση των μετρήσεων το έργο αυτό κρίνεται ως επιτυχές. Η ανάλυση έδειξε ότι η ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών που εξετάστηκαν είναι ικανοποιητική κατά τη διάρκεια και της χειμερινής και της θερινής περιόδου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα τα παθητικά ηλιακά συστήματα του κτιρίου εκτιμάται ότι εξοικονομούν 35% ως 65% ενέργεια. Η αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι από 7,8 ως 18,5 τόνους ανά έτος για την κάθε κατοικία. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα οι εσωτερικές θερμοκρασίες των κατοικιών είναι εντός ή πλησίον των ορίων άνεσης (μέχρι 30 °C). Επομένως η θερινή ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών κρίνεται ικανοποιητική.

Η ικανοποιητική ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι οι ένοικοι είναι ικανοποιημένοι με το εσωτερικό περιβάλλον αυτών.

## 5.5 Παράδειγμα Ηλεκτροδότησης Κατοικίας Με Υβριδικό Ηλιακό Σύστημα

---

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτόνομου υβριδικού συστήματος (συνδυασμός συστοιχίας Φωτοβολταϊκών γεννητριών, Ανεμογεννήτριας και εφεδρικής γεννήτριας φυσικού αερίου) για την ηλεκτροδότηση κατοικίας σε περιοχή της Αττικής περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

Το εν λόγω σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες οικίας με τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατά τη διάρκεια του χειμώνα : 14.369 Wh
- κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού : 29.819 Wh

Η διαστασιολόγηση του συστήματος έγινε με βάση τα εξής κριτήρια:

- Σπονδυλωτή δομή του συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας με πλήρη δυνατότητα επεκτασιμότητας του, οποιαδήποτε στιγμή μετά την αρχική εγκατάσταση.
- Εξοικονόμηση καυσίμου και μείωση των παραγόμενων ρύπων και θορύβου από το Η/Ζ (γεννήτρια καυσίμου).
- Πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με ταυτόχρονα μέγιστη αξιοπιστία και τρόπο όσο το δυνατόν φιλικότερο προς το περιβάλλον.

Με δεδομένες τις παραπάνω απαιτήσεις ενέργειας και το ηλιακό-αιολικό δυναμικό της συγκεκριμένης περιοχής σχεδιάστηκε το ακόλουθο υβριδικό σύστημα που αποτελείται από :

- A) 18 φωτοβολταϊκές γεννήτριες ισχύος 110 Wp έκαστη
- B) 1 ανεμογεννήτρια ισχύος 900 W – 12,5 m/s
- Γ) 3 αντιστροφείς ισχύος 3000W, 230V, 50 Hz ημιτονικής κυματομορφής
- Δ) 12 συσσωρευτές χωρητικότητας 960Ah / C12
- E) 2 Ρυθμιστές φορτίσεως 45A.
- ΣΤ) 1 φορτιστή συσσωρευτών από γεννήτρια 24V/100A
- Z) 1 Αυτοματισμό - Σύστημα διαχείρισης ενέργειας και καταγραφής ενεργειακών δεδομένων.

Η χρήση των Φωτοβολταϊκών και υβριδικών συστημάτων αποτελεί την ιδανικότερη λύση στις περιπτώσεις ηλεκτροδότησης απομονωμένων κατοικιών, αντλητικών συστημάτων και λοιπών εφαρμογών.

Το κόστος ενός αυτόνομου εγκατεστημένου, αμιγώς φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 1 kW, ανέρχεται κατά προσέγγιση στο ποσό των 9.000 € πλέον ΦΠΑ.

Η κατά μέσον όρο ενεργειακή απολαβή αυτού, για τα ηλιακά δεδομένα της Ελλάδος, προσδιορίζεται σε 4 kWh/ημέρα.

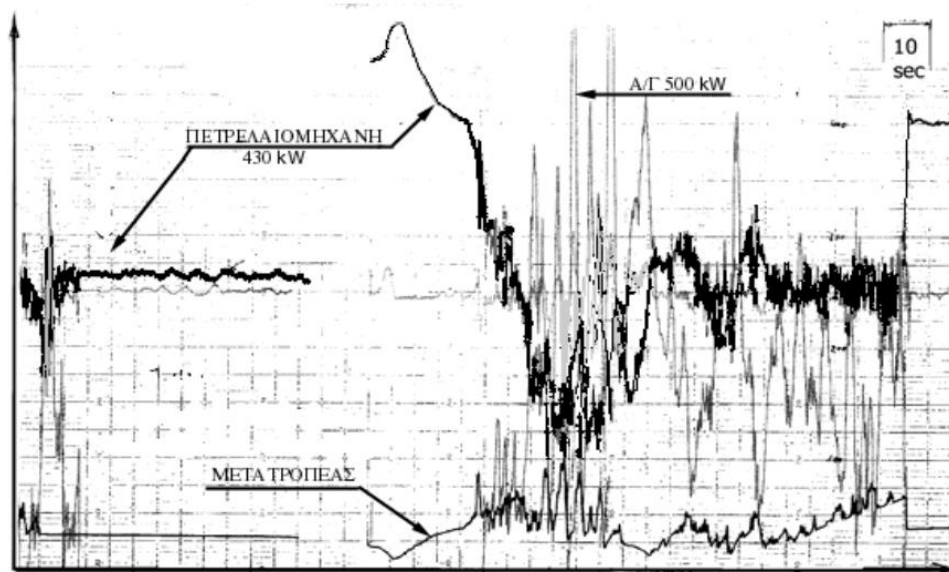
Προκύπτει ότι ο χρήστης Φ/Β συστήματος αποσβένει την αρχική δαπάνη σε περίπου 3 έτη εγκαθιστώντας ένα σύστημα φιλικό προς το περιβάλλον (μηδενικοί εκπεμπόμενοι ρύποι με απουσία ηχητικής όχλησης) και μεγάλης αξιοπιστίας (ενδεικτικά οι σύγχρονες Φ/Β γεννήτριες συνοδεύονται με 25ετή εγγύηση καλής λειτουργίας).

## 5.6 Κύθνος [η]

Στην Κύθνο λειτουργούσαν μέχρι τον Ιούνιο του 2000 ο πετρελαϊκός σταθμός ισχύος 2.120 kW, το Α/Π ισχύος 165 kW και ο Φ/Β σταθμός ισχύος 100 kWp. Στο νέο υβριδικό σύστημα ενσωματώθηκε ο παραπάνω εξοπλισμός και επιπλέον μια πρόσθετη Α/Γ ισχύος 500 kW, περιστρεφόμενος πυκνωτής 600 kVA, ειδικές μπαταρίες χωρητικότητας 400 kWh, μετατροπείς συνεχούς-εναλλασσόμενου και εναλλασσόμενου-συνεχούς ρεύματος 500 kW (DC/AC και AC/DC), αντιστάσεις απόρριψης φορτίου 500 kW (αρχικά ήταν 150 kW και στα μέσα Ιουνίου αυξήθηκε στα 500 kW) και σύστημα εποπτικού ελέγχου και διαχείρισης ισχύος.

Τη φροντίδα για την ευστάθεια του δικτύου που μέχρι τότε την είχαν οι πετρελαϊκές μονάδες του ΤΣΠ αναλαμβάνουν στο νέο σύστημα, για όσο χρονικό διάστημα αυτές θα είναι εκτός λειτουργίας, ο περιστρεφόμενος πυκνωτής (ρύθμιση ενεργού και άεργου ισχύος και σταθερότητα τάσης) και ο μετατροπέας συνεχούς-εναλλασσόμενου ρεύματος (σταθερότητα συχνότητας). Με τον τρόπο αυτό, και αυτή είναι η καινοτομία του συστήματος, καθίσταται πλέον περιττή η παράλληλη με τις Α/Γ λειτουργία πετρελαϊκών μονάδων, όταν το φορτίο του νησιού είναι μικρότερο από ή ίσο με την Η/Ε που παράγεται από τις Α/Γ και το Φ/Β σταθμό. Έτσι ενώ με το παλαιό σύστημα το δίκτυο της Κύθνου πολλές φορές δεν μπορούσε να απορροφήσει την ενέργεια, που ήταν δυνατό να παραχθεί από τις 5 Α/Γ και το Φ/Β σταθμό συνολικής ισχύος 265 kW, τώρα ανάλογα με τις ανεμολογικές συνθήκες,

θα είναι σε θέση να απορροφά ενέργεια από τις ΑΠΕ μέχρι 765 και το κυριότερο με το νέο σύστημα αντιστράφηκαν οι όροι και αντί των Α/Γ βγαίνουν πλέον εκτός λειτουργίας οι πετρελαϊκές μονάδες. Η διεύθυνση των ΑΠΕ αναμένεται να είναι κατά μέσο όρο πάνω από 25% και αν αυξηθεί η ισχύς των Α/Γ στα 1500kW θα ξεπεράσει το 50% έναντι 10% περίπου που ήταν μέχρι σήμερα, ενώ στις περιπτώσεις που οι ανάγκες της ζήτησης καλύπτονται από τις ΑΠΕ, όπως αυτό φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 5.8 είναι 100% αφού διακόπτεται η λειτουργία όλων των πετρελαϊκών μονάδων.



ΕΙΚΟΝΑ 5.7: ΕΠΙΡΡΟΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ Α/Γ 500kW ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΙΣΧΥΟΣ 430 KW.

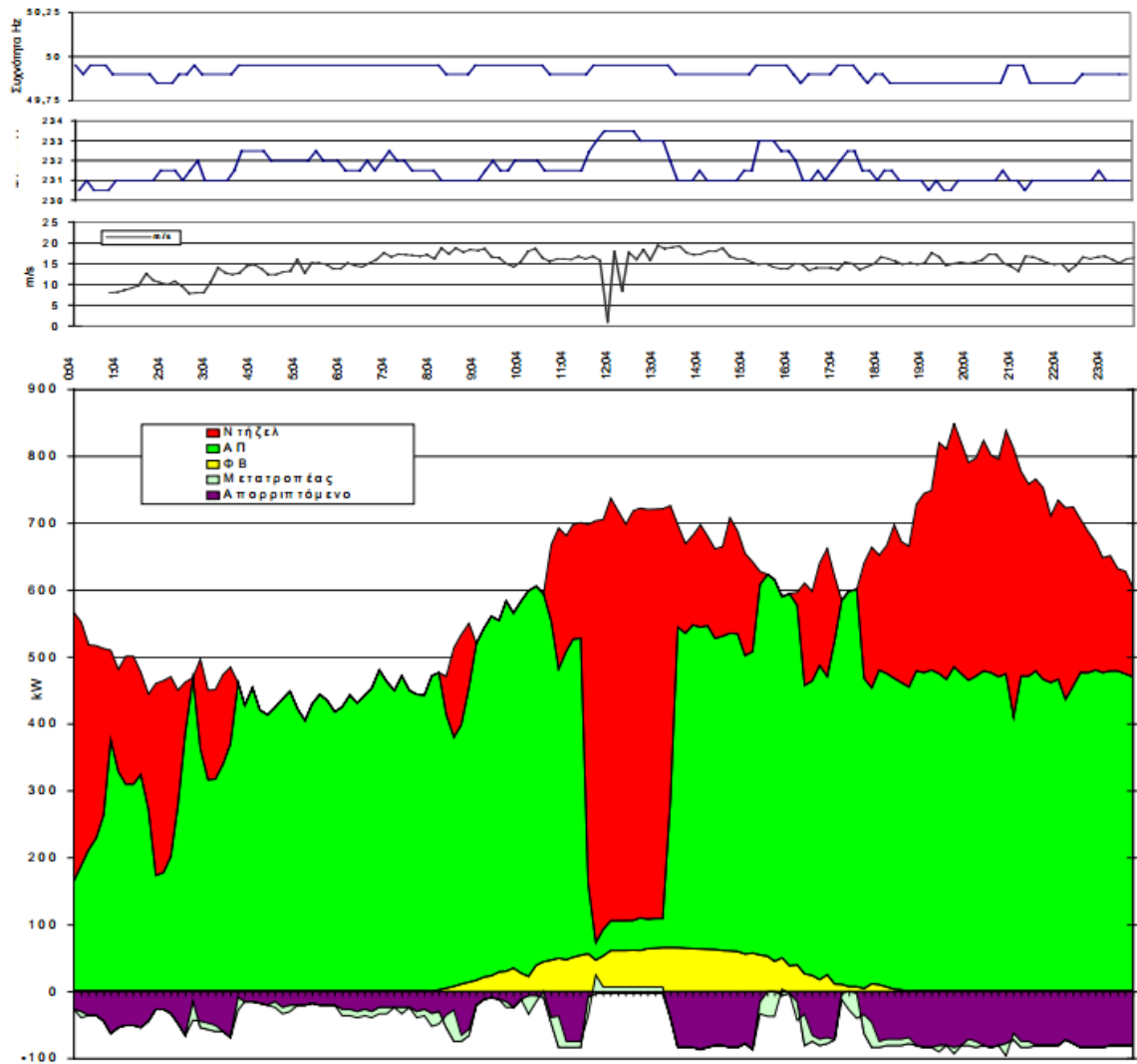


ΕΙΚΟΝΑ 5.8: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ ΜΕ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΝΗΣΙΟΥ 100 % ΑΠΟ ΑΠΕ . (ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)

Στην κατάσταση αυτή το σύστημα λειτούργησε μέχρι 12 ώρες για αρκετές φορές βλέπε π.χ. Εικόνα 5.9 που δείχνει την σύνθεση φορτίου του συστήματος της Κύθνου την 14.10.00 και την διακοπή λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων από 03:10 μέχρι 11:00 περίπου.

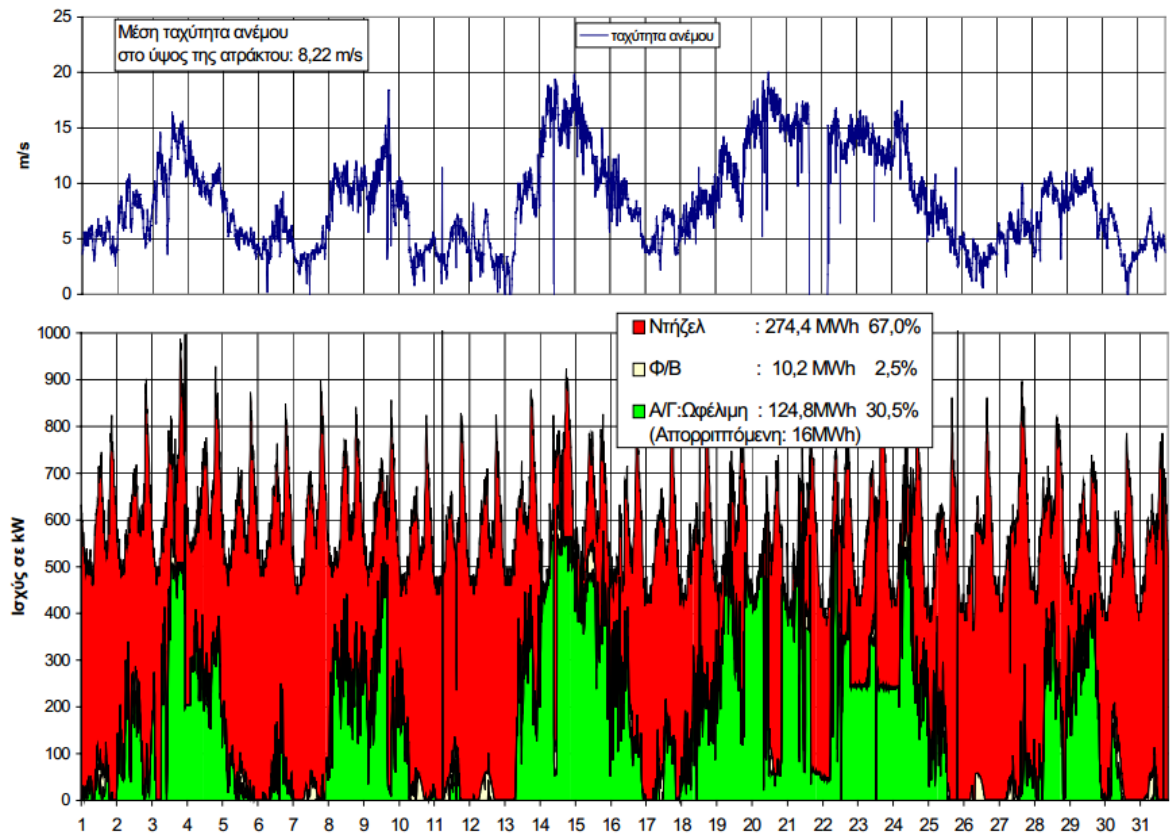
Σημειώνεται ότι η διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα της Κύθνου έφτασε τους πρώτους μήνες λειτουργίας του μέχρι 33%, βλέπε Εικόνα 5.10 που δείχνει την σύνθεση φορτίου του συστήματος τον Οκτώβριο του 2000.

Από το Νοέμβριο του 1999 μέχρι τον Ιούνιο του 2000 το σύστημα λειτουργούσε με περιορισμένη ισχύ (στα 300 kW) της Α/Γ των 500 kW λόγω των μεγάλων στιγμιαίων διακυμάνσεων της εν λόγω Α/Γ που διαταράσσουν την εύρυθμη λειτουργία των πετρελαιομηχανών (βλέπε Εικόνα 5.7). Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε οριστικά με την επαύξηση των αντιστάσεων απόρριψης φορτίου στα 500 kW τον Ιούνιο του 2000 και το σύστημα μπήκε σε πλήρη λειτουργία. Τώρα άρχισαν να φαίνονται και στην πράξη η αξιοπιστία και οι πραγματικές δυνατότητες των υβριδικών συστημάτων και άνοιξε επιτέλους ο δρόμος ευρύτερης εφαρμογής τους στα υπόλοιπα νησιά μας.



ΕΙΚΟΝΑ 5.9: ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΥΘΝΟΥ ΤΗΝ 14.10.00 ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ Α/Γ 500 ΚW (11:40)





ΕΙΚΟΝΑ 5.10: ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΥΘΝΟΥ ΤΟΝ ΟΚΤΩΒΡΙΟ ΤΟΥ 2000

### 5.6.1 Εμπειρίες Λειτουργίας του Υβριδικού Συστήματος Κύθνου. [η]

Με την έναρξη λειτουργίας του το έξυπνο υβριδικό σύστημα παραγωγής IPS (Intelligent Power System) της Κύθνου έδειξε ότι ανταποκρίνεται πλήρως στις βασικές προσδοκίες και απαιτήσεις. Με λίγα λόγια πέτυχε ο κύριος στόχος να καταστήσει την Αιολική Ενέργεια βασική πηγή ενέργειας και τις πετρελαϊκές μονάδες εφεδρικές, βελτιώθηκε σημαντικά την ευστάθεια του δικτύου και κατά συνέπεια η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος και γενικά αναβαθμίστηκε σημαντικά ολόκληρο το ενεργειακό σύστημα του νησιού. Όπως ήταν όμως αναμενόμενο, στην αρχή παρουσιάστηκαν και ορισμένες δυσλειτουργίες ή καταστάσεις που με την πάροδο του χρόνου βελτιώθηκαν ή βρίσκονται υπό παρακολούθηση. Πιο συγκεκριμένα τα βασικότερα πλεονεκτήματα του είναι :

- Η αλλαγή των ρόλων μεταξύ Α/Γ και πετρελαϊκών μονάδων είναι πλέον γεγονός και παρουσιάζεται κάθε φορά όταν η ζήτηση του νησιού είναι ίση ή μικρότερη από την παροχή των ΑΠΕ. Μέχρι σήμερα είχαμε αρκετές περιπτώσεις που η διακοπή λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων διήρκεσε μέχρι 12 ώρες βλέπε π.χ. Εικόνα 5.9.

- Η αξιοπιστία του συστήματος είναι εξαιρετικά μεγάλη. Αρκεί να αναφερθεί μόνο το περιστατικό της 14.10.00 όταν κατά την 11:30 έπεσε η ασφάλεια μίας φάσης του δικτύου μέσης τάσης και διακόπηκε απότομα η λειτουργία της Α/Γ 500 kW με ονομαστικό φορτίο την στιγμή που το φορτίο του νησιού ήταν 700 kW περίπου. Το σύστημα διαχειρίστηκε την ανωμαλία αυτή χωρίς καμία αναταραχή στην τροφοδοσία του νησιού, βλέπε Εικόνα 5.9.

- Η ευστάθεια του δικτύου (σταθερότητα συχνότητας και τάσης) και κατά συνέπεια η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος είναι σημαντικά βελτιωμένες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι διακυμάνσεις της συχνότητας και της τάσης κυμαίνονται μεταξύ 49,85 - 50,1 Hz και 230 - 234 V αντίστοιχα, βλέπε Εικόνα 5.9. Οι τιμές αυτές είναι καλύτερες και από αυτές του Εθνικού Δικτύου.

- Με το νέο σύστημα επιτυγχάνεται οικονομικότερη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων διότι αυτές φορτίζονται πλέον με σταθερότερο φορτίο και πλησίον της χαμηλότερης ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

Αυτά σε γενικές γραμμές είναι τα πλεονεκτήματα του πρώτου υβριδικού συστήματος όπως αυτό, εγκαταστάθηκε τελικά στην Κύθνο. Το σύστημα αυτό όμως όπως λειτουργεί σήμερα έχει ορισμένα βασικά μειονεκτήματα όπως π.χ.:

- Ο συγκεκριμένος τύπος της μεγάλης Α/Γ 500 kW σταθερών στροφών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις της ενεργού ισχύος, διότι δεν έχει δυνατότητα ταχείας ρύθμισης της ισχύος όπως απαιτείται από το σύστημα. Αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι οι βυθίσεις της τάσης στην γραμμή μέσης τάσης όπου είναι συνδεδεμένη η Α/Γ, έντονα μεταβατικά φαινόμενα και κίνδυνος γενικής διακοπής σε κρίσιμες καταστάσεις απότομων διακυμάνσεων της ισχύος βλέπε π.χ. Εικόνα 5.7 και η απόρριψη της ενέργειας αιχμής και της περίσσιας ενέργειας σε αντιστάσεις. Είναι ήδη ευρέως γνωστό ότι Α/Γ μεταβλητών στροφών αντιμετωπίζουν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα προβλήματα αυτά και ως εκ τούτου μόνο Α/Γ του είδους αυτού επιβάλλεται να υιοθετούνται σε αυτόνομα συστήματα.

- Η καθυστέρηση εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος για πάνω από 8 χρόνια από το χρόνο έναρξης σχεδιασμού του και 5 χρόνια περίπου από την ημέρα που ήταν έτοιμο για εγκατάσταση έχουν σαν αποτέλεσμα την δραστική μείωση της διείσδυσης των ΑΠΕ από 50% που είχε προϋπολογιστεί το 1992 στο 25-30%. Αυτό οφείλεται κύρια στην αύξηση της ελάχιστης κατανάλωσης του νησιού την χειμερινή περίοδο από 250 - 450 kW περίπου (ελάχιστη - μέγιστη) που ήταν το 1993 σε 420 - 700 kW που ήταν το 2000. Έτσι ενώ για το 1995

αναμένονταν διακοπές λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων μερικών ημερών τώρα οι διακοπές αυτές περιορίζονται μόνο μέχρι 12 ώρες.

- Η οικονομική λειτουργία του συστήματος περιορίζεται επιπροσθέτως λόγω εμφάνισης και αυξημένου αριθμού περιπτώσεων αναγκαστικής ενάρξεως λειτουργίας μιας πετρελαϊκής μονάδας όταν υπάρχει έλλειψη κάλυψης ζήτησης μερικών μόνο kW από ΑΠΕ. Το πρόβλημα στις περιπτώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα οξύ διότι η πετρελαϊκή μονάδα λόγω τεχνικών ελαχίστων πρέπει να λειτουργεί με πρόσθετο φορτίο το οποίο αφαιρείται από τις Α/Γ και απορρίπτεται (σπαταλάται) στις αντιστάσεις απόρριψης φορτίου. Βλέπε π.χ. Εικόνα 5.9 στις 8.30-9.30 περίπου.

- Η έλλειψη βραχυχρόνιας (π.χ. της τάξης των 24 ωρών) ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας περιορίζει σημαντικά την οικονομική διείσδυση της Αιολικής Ενέργειας στο νησί και κατά συνέπεια την οικονομικότερη λειτουργία του ενιαίου συστήματος.

### 5.7 Εφαρμογές Υβριδικών Συστημάτων Αφαλάτωσης [11]

Η μέχρι σήμερα έρευνα και λειτουργία πιλοτικών συστημάτων έχει αποδείξει ότι υπάρχουν “πολλά υποσχόμενες” τεχνολογίες που συνδυάζουν αφαλάτωση με χρήση Α.Π.Ε. σε κόστος συγκρίσιμο ή και χαμηλότερο από άλλες πηγές νερού. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες τεχνολογίες συνδυάζουν τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης με χρήση φωτοβολταϊκών ή ανεμογεννητριών.

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΚΑΠΕ) σε συνεργασία με δύο ελληνικές εταιρίες, τις Photovoltaic και Advice, εργάζονται επιτυχώς στην ανάπτυξη και λειτουργία μιας αυτόνομης μονάδας αφαλάτωσης θαλασσινού νερού οδηγούμενης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος. Το σύστημα αποτελείται από μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης με δυνατότητα ωριαίας παραγωγής πόσιμου νερού 1130 λίτρα, ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 900 W, φωτοβολταϊκό σύστημα 3,96 kWh, ρυθμιστές φόρτισης, συσσωρευτές ενέργειας και δύο μετατροπείς ισχύος. Στο πλαίσιο του έργου αναπτύχθηκε λογισμικό πρόγραμμα για την παρακολούθηση και τη λειτουργία του συστήματος εξ αποστάσεως. Η μονάδα έχει εγκατασταθεί στο Αιολικό Πάρκο του ΚΑΠΕ στη Κερατέα από το 2001.

Στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας, δύο από τις πιο πρόσφατες εφαρμογές που αφορούν ανάπτυξη και εγκατάσταση συστημάτων αντίστροφης όσμωσης με ΑΠΕ είναι η μονάδα στη Μήλο και στη Νήσο Ηρακλειά. Η μονάδα της Μήλου

αφορά την εγκατάσταση Αντίστροφης Όσμωσης θαλασσινού νερού με τη βοήθεια ανεμογεννήτριας. Το δεύτερο έργο στη Ν. Ηρακλεία αφορά τη κατασκευή πιλοτικής πλωτής μονάδας αντίστροφης όσμωσης με ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά, με σκοπό τη δοκιμαστική λειτουργία της και την κάλυψη μέρους των αναγκών νερού του νησιού.

Η μονάδα αντίστροφης όσμωσης έχει ονομαστική δυναμικότητα παραγωγής νερού  $3,3 \text{ m}^3/\text{h}$ . το σύστημα είναι αυτόνομο και καλύπτει τις ενεργειακές του απαιτήσεις κυρίως από μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 30 kW. Το κόστος του παραγόμενου νερού αναμένεται να είναι υψηλό λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής του συστήματος πλεύσης, αλλά και του αναμενόμενου κόστους συντήρησής του.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) είναι αναγκαία για την αντιμετώπιση του παγκόσμιου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος. Στην κατεύθυνση αυτή είναι καθοριστικής σημασίας η κάλυψη από ΑΠΕ κάποιου σημαντικού ποσοστού των ενεργειακών αναγκών των ευρωπαϊκών χωρών για το 2020, πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα έχει δεσμευτεί για κάλυψη ποσοστού 20%.

Η χώρα μας καλείται να ξεπεράσει τα εμπόδια που καθυστερούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να εκμεταλλευθεί το πλούσιο δυναμικό που της προσφέρουν οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες.

Ως προς τα νέα κτήρια, ο στόχος για το 2020, είναι να επιτυγχάνουν μηδενισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε σχέση με τη χρήση συμβατικών ενεργειακών πηγών. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την κύρια μορφή ΑΠΕ, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στα περισσότερα κτήρια. Για την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτηρίων πρέπει κατά περίπτωση να χρησιμοποιούν και άλλες μορφές ΑΠΕ (μικρές ανεμογεννήτριες, γεωθερμική αντλία θερμότητας, βιομάζα). Για την ουσιαστική συμβολή των πηγών αυτών είναι απαραίτητη η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο η ανάγκη των κτηρίων για πρόσθετη ενέργεια θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού. Τα παραπάνω αφορούν όχι μόνο κατοικίες αλλά και δημόσια κτήρια. Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η ηλιακή ενέργεια είναι ακρογωνιαίος λίθος στον οικιακό τομέα.

Ωστόσο υπάρχει ένα μειονέκτημα στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για μαζικότερη ηλεκτροπαραγωγή, δίνει λίγα kW/m<sup>2</sup> κι έτσι στην δημιουργία υβριδικών πάρκων φαίνεται προτιμότερη η χρήση της αιολικής ενέργειας σε συνδυασμό με μικρά υδροηλεκτρικά. (βλέπε κεφ.4.7).

Τέλος οφείλουμε να προσθέσουμε ότι μια εξαιρετικά σημαντική παράμετρος στην αντιμετώπιση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι η συμπεριφορά του καταναλωτή. Κι αυτό ισχύει ακόμα περισσότερο στη χρήση των ΑΠΕ, διότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό αν ο καταναλωτής επιλέξει μια φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία και πως θα την διαχειριστεί. Για παράδειγμα στην

περίπτωση των βιοκλιματικών σπιτιών, η απόδοσή τους εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον χρήστη. Είναι λοιπόν σημαντική η ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του τελικού καταναλωτή ενέργειας, ώστε να μην κάνει απλώς χρήση και συχνά σπατάλη του ενεργειακού αγαθού, αλλά να οδηγείται σε ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Η Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ) [12]:

- α) είναι η πιο φθηνή, εναλλακτική, ήπια, καθαρή και άμεσα διαθέσιμη πηγή ενέργειας,
- β) συμβάλει στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας κάθε χώρας,
- γ) συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος,
- δ) έμμεσα συμβάλει στην παγκόσμια οικονομία, την κάλυψη των κοινωνικών και αναπτυξιακών αναγκών.

---

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### **Βιβλιογραφία**

- [1] Πηγές Ενέργειας Συμβατικές και Ανανεώσιμες, Ι.Ι. ΓΕΛΕΓΕΝΗΣ, Π.Ι. ΑΞΑΟΠΟΥΛΟΣ, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2005
- [2] Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός Γιώργος Τσιλιγκιρίδης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2007
- [3] [Γεωθερμία και Τυποποίηση, Φύτικας, 2008](#), αρχείο PDF.
- [4] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010: Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων / Ανδρέας Ανδρουτσόπουλος, Δημήτριος Αραβαντινός, Θεόδωρος Θεοδοσίου, Λένα Λαμπροπούλου, Κων/νος Λάσκος, Κατερίνα Τσικαλουδάκη
- [5] Δομική Φυσική II: Ενεργειακός σχεδιασμός-Παθητικά ηλιακά συστήματα, ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΛΕΙΩ ΑΞΑΡΛΗ, Εκδοτικός οίκος αδερφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 2006
- [6] Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Φραγκιαδάκης, Εκδόσεις Ζήτη, 2006
- [7] Περιοδικό Building Green, Τεύχος 9, Οκτώβριος-Δεκέμβριος 2008/  
Ι.Τρυπαναγνωστόπουλος
- [8] Αηδόνης, Α., Δρόσου, Β., Καράγιωργας Μ., Θερμικά ηλιακά συστήματα combi για συνδυασμό θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης. 3ο Εθνικό συνέδριο για την εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - ΕΜΠ – RENES, Αθήνα, Φεβρ. 23-25, 2005, Πρακτικά Συνεδρίου.
- [9] Argiriou et al, Active solar space heating of residential buildings in northern Hellas- a case study, Energy and Buildings, 1996, p215-221.
- [10] Διπλωματική Εργασία <<Αφαλάτωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών>>, Γεώργιος Παλιεράκης, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών-Τομέας Θερμότητας, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2007

[11] Διπλωματική Εργασία <<Αφαλάτωση με χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας>>, Αθανασία Κωστάκη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Γεωγραφίας, Αθήνα 2010

[12] Διπλωματική Εργασία << Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Στην Ελλάδα Και Προώθηση Εξοικονόμησης Ενέργειας>>, Ευαγγελία Τζιάσιου, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π, Αθήνα 2012

### **Ηλεκτρονικές πηγές**

[α] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1>

[β] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288&language=el-GR#>

[γ] <http://solarenergyengineering.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1556836#DescriptionOfEntireSystem>

[δ] [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

[ε] [http://www2.buildinggreen.gr/wordpress/wp-content/uploads/2009/02/48\\_53.pdf](http://www2.buildinggreen.gr/wordpress/wp-content/uploads/2009/02/48_53.pdf)

[ζ] <http://www.allaboutenergy.gr>

[η] [http://www.eng.auth.gr/IHT/A%20Tomos/A02%20-%20energiakh%20politikh/07-Betzios\\_AJIOPOIHSH%20APE.pdf](http://www.eng.auth.gr/IHT/A%20Tomos/A02%20-%20energiakh%20politikh/07-Betzios_AJIOPOIHSH%20APE.pdf)