

## ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι - ηλιακή ενέργεια



### επιδιωκόμενοι στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η Ηλιακή Ενέργεια ως Ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος, καθώς και εφαρμογές εκμετάλλευσης αυτής. Ο στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να δώσει στον αναγνώστη τη δυνατότητα:

- Να γνωρίζει τι είναι Ανανεώσιμοι Ενεργειακοί Πόροι.
- Να γνωρίζει ποιες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας εξαρτώνται από την Ηλιακή Ενέργεια και με ποιο τρόπο γίνεται αυτό.
- Να γνωρίζει τι είναι “Έντροπία” και να αναφέρει παραδείγματα.
- Να περιγράφει τη φύση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Να μπορεί να περιγράψει τρόπους εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.
- Να γνωρίζει τα είδη των ηλιακών συστημάτων για εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας.
- Να γνωρίζει την τεχνολογία μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και να γνωρίσει εφαρμογές της.

## 8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

“**ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**”: Μία μορφή ενέργειας που βοήθησε τον άνθρωπο από την πρώτη κιόλας στιγμή της ύπαρξής του στη Γη. Το κρύο κατά τη διάρκεια της νύκτας, η υγρασία και η σκοτεινιά μείωναν -φυσιολογικά- τις ενέργειες του ανθρώπου στο ελάχιστο. Όμως οι πρώτες ακτίνες του ήλιου που έπεφταν πάνω στη Γη δρούσαν και συνεχίζουν να δρουν με έναν ευεργετικό τρόπο τόσο στον άνθρωπο όσο και στην υπόλοιπη πλάση. Η θέρμανση, η φωτοσύνθεση, ο άνεμος, τα κύματα, είναι αποτέλεσμα της ηλιακής ενέργειας. Ο άνθρωπος γνωρίζοντας σιγά-σιγά τις ευεργετικές επιδράσεις του Ήλιου έφθασε στο σημείο να τον θεοποιήσει!

Αλλά όμως ποιες είναι όλες αυτές οι ωφέλειες που απολαμβάνει ο άνθρωπος από τον Ήλιο; Πώς εμείς οι άνθρωποι μπορούμε να τις εκμεταλλευτούμε καλύτερα; Στο κεφάλαιο αυτό, αυτές οι ερωτήσεις θα απαντηθούν.

## 8.2 ΗΛΙΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

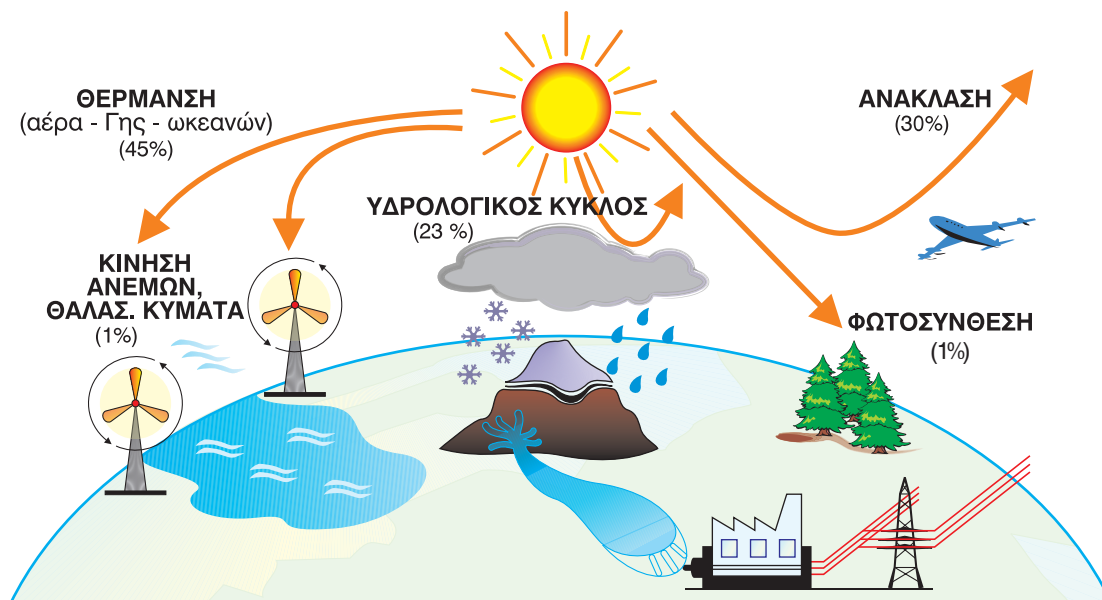
Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάστηκε η έννοια της ενέργειας και ειδικότερα η διαφορά μεταξύ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των Μη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Όπως είδαμε, ως Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας νοούνται εκείνες που από τη φύση τους ανανεώνονται και είναι διαρκώς και ασταμάτητα διαθέσιμες σε άφθονη ποσότητα και δεν πρόκειται να παύσουν να υπάρχουν (ανεξάντλητες). Τέτοιες είναι ο Ήλιος, που λάμπει συνεχώς στον ουρανό και μας προσφέρει τη φωτεινή και θερμική του ενέργεια, ο Άνεμος, η Γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια Θαλασσίων Κυμάτων κ.α.

Από τους Ανανεώσιμους αυτούς ενεργειακούς πόρους, ο Ήλιος και η ενέργεια που απορρέει από αυτόν, η ηλιακή ενέργεια, μπορεί να θεωρηθεί από τις βασικότερες, αν όχι η πιο σημαντική. Για ποιο λόγο όμως;

Στη Φύση -όπως όλοι λίγο ως πολύ έχουμε ακούσει- συμβαίνουν με μαθηματική ακρίβεια ορισμένα φαινόμενα εδώ και εκατομμύρια χρόνια! Πραγματοποιείται ένας θαυμαστός κύκλος, μια αλυσίδα γεγονότων που επιτρέπει τη ζωή στη Γη. Σε αυτή την αλληλουχία των διαδοχικών γεγονότων ο Ήλιος παίζει τον καθοριστικότερο ρόλο και φαίνεται ότι είναι η γενεσιουργός αιτία ύπαρξης πολλών από τους υπόλοιπους Ανανεώσιμους Ενεργειακούς Πόρους.

Το σχήμα 8.1 δείχνει πώς η Ηλιακή Ενέργεια ταξιδεύει από τον Ήλιο στη Γη και πώς αυτή “μεταμορφώνεται” σε διαφορετικές μορφές μέσα στην ατμόσφαιρα ή επάνω στην επιφάνεια της Γης. Όπως επίσης φαίνεται στο σχήμα, η συνολικά προσπίπτουσα πάνω στη Γη ακτινοβολία “μοιράζεται” με τον ακόλουθο περίπου τρόπο:

- Το 30% αυτής δε φτάνει ποτέ στη Γη, αλλά ανακλάται και ταξιδεύει προς το διάστημα.
- Το 45% αυτής ζεσταίνει την επιφάνεια της Γης, την ατμόσφαιρα και τις θάλασσες.
- Ένα ποσοστό της τάξης του 23% της Ηλιακής Ενέργειας που φθάνει στη Γη χρησιμοποιείται στον υδρολογικό κύκλο. Ο Ήλιος εξατμίζει το νερό των θαλασσών, των ποταμών και αφυδατώνει τα φυτά. Το εξατμισμένο νερό δε χάνεται, αλλά συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα και δημιουργεί τα σύννεφα. Αυτά με τη σειρά τους παρέχουν τη βροχή ή το χιόνι και οδηγούν το νερό πίσω στη Γη.
- Ένα μικρό ποσοστό (1%) συμβάλλει στη δημιουργία και στον καθορισμό της πορείας των ανέμων, ενώ αυτοί με τη σειρά τους κινούν τα κύματα. Αυτό περιγράφεται αναλυτικά στο κεφ. 9, αλλά με λίγα λόγια πραγματοποιείται με τον ακόλουθο τρόπο: Ο ήλιος ζεσταίνει πιο πολύ τις περιοχές κοντά στον Ισημερινό και λιγότερο τους Πόλους της Γης. Όταν ο Ήλιος θερμαίνει μια αέρια μάζα στον Ισημερινό την αναγκάζει να κινηθεί προς μεγαλύτερο υψόμετρο και προς τους Πόλους, αφού ως γνωστόν η θερμότητα ρέει από θερμότερες σε ψυχρότερες περιοχές. Έτσι, δημιουργούνται πιέσεις σε άλλες αέριες μάζες και τις



**Σχ. 8.1: Πώς η Ηλιακή Ενέργεια μετατρέπεται σε διάφορες μορφές Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων στη Γη.**

αναγκάζουν να μετακινηθούν. Αυτά σε συνδυασμό με την κίνηση της Γης είναι οι αιτίες ύπαρξης των γνωστών σε όλους μας από τα Δελτία Καιρού: “Βαρομετρικών Υψηλών ή Χαμηλών”, τα οποία εμείς αντιλαμβάνομαστε σαν ανέμους διαφόρων κατευθύνσεων και εντάσεων.

● Ένα επίσης μικρό ποσοστό (1%) απορροφάται από τα δέντρα και τα φυτά της Γης, ώστε να πραγματοποιηθεί η Φωτοσύνθεση.

Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούμε και να εκμεταλλευόμαστε τις διάφορες μορφές στις οποίες μετατρέπεται η Ηλιακή ενέργεια. Και αυτό διότι, αφού ο Ήλιος θα λάμπει για τουλάχιστον 5 δισεκατομμύρια χρόνια ακόμη, οι παραπάνω μορφές ενέργειας προφανώς θα συνεχίσουν να υπάρχουν. Θα είναι δηλαδή ανεξάντλητες και ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Με αυτό το σκεπτικό, ο άνθρωπος:

- Εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που δίνει ο Ήλιος μέσω ηλιακών συλλεκτών, για να ζεστάνει νερό για χρήση ή για τη θέρμανση χώρων.
- Συγκεντρώνει το νερό της βροχής σε φράγματα και χρησιμοποιεί ηλεκτρικές γεννήτριες, για να παράγει ρεύμα.
- Κατασκευάζει ανεμογεννήτριες, για να εκμεταλλευτεί την κινητική ενέργεια του ανέμου και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.
- Εκμεταλλεύεται με ειδικές κατασκευές την τεράστια ενέργεια των κυμάτων και των παλιρροιών.

Η απευθείας εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (σε θερμότητα ή ηλεκτρισμό) θα αναπτυχθεί σε αυτό το κεφάλαιο.

Πάντως, το συμπέρασμα είναι το εξής:

***Η Αιολική ενέργεια, η Υδρο-ενέργεια και η Ενέργεια των Κυμάτων προέρχονται από την Ηλιακή Ενέργεια!***

## 8.3 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ

**ΕΝΤΡΟΠΙΑ:** “Κάθε μορφή ενέργειας έχει την τάση να υποβαθμίζεται μετατρέπόμενη σε άλλη μορφή μέχρι τέτοιο σημείο, ώστε να μην μπορεί πλέον να παράγει έργο με περαιτέρω μετατροπή της”.

Ο παραπάνω νόμος τονίζει πως αυτό συμβαίνει για κάθε μορφή ενέργειας. Έτσι και η ηλιακή ενέργεια δεν μπορεί παρά να τον ακολουθεί. Μήπως μπορούμε να φανταστούμε παραδείγματα, για να γίνει πιο κατανοητός;

Η προηγούμενη παράγραφος (8.2) δίνει μερικά παραδείγματα πολλαπλών μετατροπών της ηλιακής ενέργειας σε άλλες μορφές. Ας ακολουθήσουμε όμως μερικά από την αρχή μέχρι το τέλος:

Ο Ήλιος στέλνει την ηλιακή ενέργεια στα φυτά - Αυτά τη μετατρέπουν σε Χημική μέσω της Φωτοσύνθεσης και μεγαλώνουν - Μετά από γεωλογικές μεταβολές τα φυτά και τα δέντρα που θάφτηκαν μέσα στη γη, γίνονται κάρβουνο - Οι άνθρωποι βρίσκουν το θαμμένο κάρβουνο το εξορύσσουν και το καίνε παράγοντας ενέργεια υπό μορφή Θερμότητας - Τη θερμότητα τη χρησιμοποιούμε και κινούμε στροβίλους που παράγουν είτε ηλεκτρική ενέργεια με διάφορους τρόπους είτε Κινητική Ενέργεια κινώντας τρένα, ατμόπλοια κ.τ.λ. - Την μεν ηλεκτρική την μετατρέπουμε τελικά σε Φωτεινή (φωτισμός) ή και πάλι σε Θερμική (μαγείρεμα, θέρμανση χώρων κ.τ.λ.), ενώ περαιτέρω εκμετάλλευσή τους δεν είναι δυνατή - Η δε Κινητική κινεί το πλοίο, ενώ, όταν πάψει να υπάρχει, το πλοίο σιγά-σιγά σταματά να κινείται.

Ο Ήλιος εξατμίζει με θερμότητα το νερό ή την υγρασία που υπάρχει στη Γη - Δημιουργούνται πυκνά νέφη υδρατμών - Βροχή ή Χιόνι πέφτει στη Γη και η Δυναμική Ενέργεια γίνεται Κινητική και Δυναμική μαζί λόγω ταχύτητας και ύψους - Δημιουργούνται ποταμοί - Ο άνθρωπος χτίζει φράγματα και συγκεντρώνει το νερό σε κάποιο ύψος αποθηκεύοντας έτσι Δυναμική Ενέργεια - Στην έξοδο του φράγματος αφήνει το νερό να κυλήσει από ψηλά μετατρέποντας έτσι τη Δυναμική ενέργεια σε Κινητική - Εκεί τοποθετεί γεννήτρια και μετατρέπει την Κινητική ενέργεια σε Ηλεκτρική, την οποία και χρησιμοποιεί, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα.

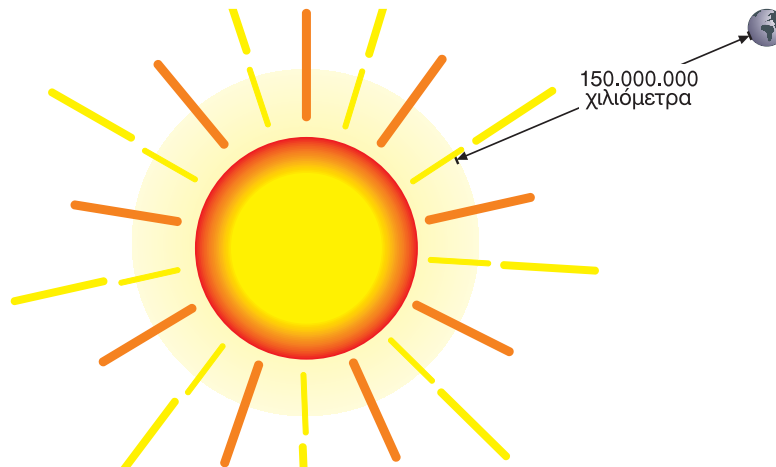
## 8.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για να αντιληφθεί κανείς πώς παράγεται η ηλιακή ενέργεια, πρέπει καταρχήν να γνωρίζει μερικά πράγματα για την πηγή της: τον Ήλιο!

### 8.4.1 Ο Ήλιος

Ο Ήλιος είναι ένα ουράνιο σώμα του γαλαξία μας. Δώδεκα πλανήτες μεταξύ των οποίων και η Γη μας περιστρέφονται γύρω από αυτόν με μία θαυμαστή, αδιάκοπη αρμονία. Το μέγεθός του είναι πράγματι -σε σχέση με τη Γη- πολύ μεγάλο: η διάμετρός του είναι 110 περίπου φορές μεγαλύτερη από της Γης. Συγκεκριμένα είναι 1.390.000 χιλιόμετρα, ενώ της Γης μόλις 12.700. Το σχήμα 8.2 δείχνει αναλογικά αυτή τη διαφορά. Ο Ήλιος -όπως φαίνεται στο σχήμα- εκπέμπει ηλιακή ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις. Καταλαβαίνει έτσι κανείς πως ένα πολύ μικρό ποσοστό (μόλις ένα στα δύο δισεκατομμύρια) από τις ακτίνες του προσπίπτει στη Γη, ενώ το υπόλοιπο ταξιδεύει προς άλλους πλανήτες και Γαλαξίες. Τα 150.000.000 χιλιόμετρα που διανύουν οι λιγοστές ακτίνες που έχουν κατεύθυνση τη Γη δε φαίνεται να τις επηρεάζουν καθόλου, αφού το ταξίδι τους ως εδώ γίνεται μέσω του καθαρού και σχεδόν χωρίς απώλειες διαστημικού χώρου.

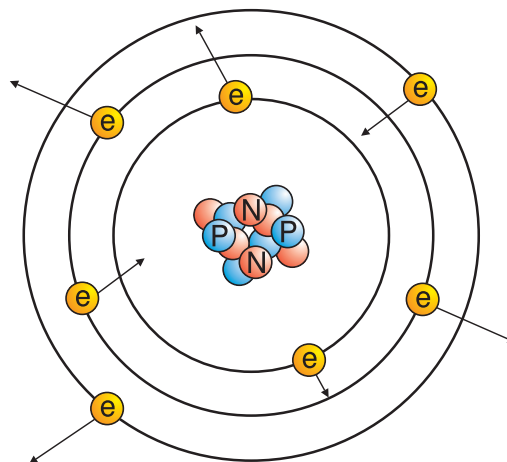
Μπορεί, λοιπόν, να φαντασθεί κανείς τα τεράστια ποσά ενέργειας που εκπέμπει ο Ήλιος, αν αναλογιστεί ότι ακόμη και αυτό το 1:2.000.000.000 ποσοστό που προσπίπτει στη Γη είναι ΥΠΕΡ-αρκετό για τις ενεργειακές ανάγκες όλου του πλανήτη, με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι θα μπορούσαμε να το εκμεταλλευτούμε πλήρως. *Φαντασθείτε ότι, εάν μπορούσαμε να συλλέξουμε την Ηλιακή Ενέργεια που προσπίπτει στη Γη σε διάστημα μόλις 15 ημερών, τότε θα είχαμε ενέργεια, όση όλα τα αποθέματα καυσίμων απολιθωμάτων της Γης...*



Σχ. 8.2: Σχέση μεγέθους Ήλιου και Γης.

### 8.4.2 Η παραγωγή

Ο Ήλιος αποτελείται κυρίως από Υδρογόνο. Η θερμοκρασία στο κέντρο του φθάνει τους  $15.000.000^{\circ}\text{C}$ , άρα και η πίεση είναι τεράστια. Λόγω της αφάνταστα υψηλής θερμοκρασίας τα ηλεκτρόνια και οι πυρήνες τους κινούνται με πολύ μεγάλες ταχύτητες. Όλα αυτά σημαίνουν ότι συντρέχουν όλες οι αναγκαίες συνθήκες που επιτρέπουν το φαινόμενο της **Πυρηνικής Σύντηξης**. Οι πυρήνες του Υδρογόνου συγκρούονται τόσο δυνατά μεταξύ τους, που συντήκονται (βλέπε αναλυτικότερα στο κεφ.14). Ηλεκτρόνια κινούμενα με μεγάλες ταχύτητες αποκολλώνται από τις στιβάδες τους και είτε ανεβαίνουν στιβάδα είτε ξεφεύγουν από το άτομο και προσκολλώνται σε άλλο, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.3. Όμως, αλλαγή ενεργειακής στάθμης (στιβάδας) σημαίνει εκπομπή ή απορρόφηση μεγάλων ποσών ενέργειας. Μια τέτοιου είδους ενέργεια είναι η εκπεμπόμενη από τον Ήλιο Ηλιακή Ενέργεια.



Σχ. 8.3: Αλλαγή ενεργειακής στάθμης (στιβάδας) σημαίνει εκπομπή ή απορρόφηση ενέργειας. Τέτοια είναι η Ηλιακή Ενέργεια.

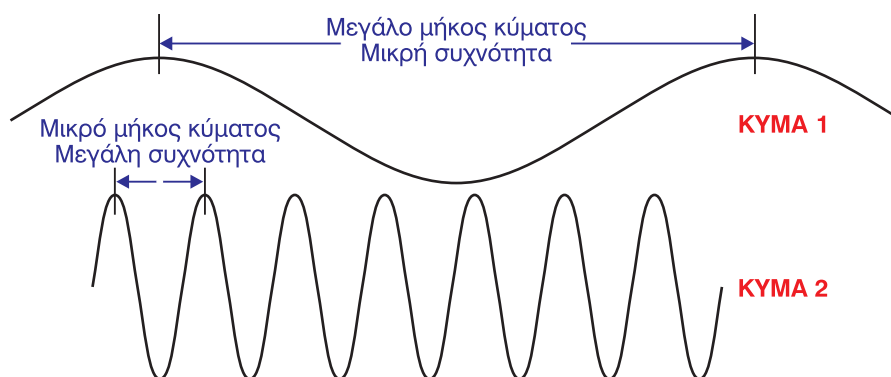


### 8.4.3 Η διάδοση

Η Ηλιακή Ενέργεια που προέκυψε από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που είδαμε προηγουμένως, γίνεται αντιληπτή στη Γη από εμάς τους ανθρώπους ως **Θερμότητα** και **Φως**. Ταξιδεύει στο διάστημα με τη μορφή **Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας**. Αμέσως θα δούμε τι είναι αυτό!

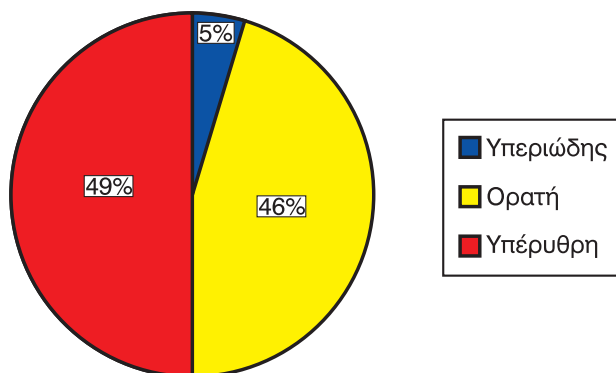
Η ίδια η λέξη προδίδει ότι πρόκειται για Ηλεκτρική και Μαγνητική Ενέργεια. Αυτή μεταδίδεται με μορφή κυμάτων. Όλοι έχουμε ακούσει για ραδιοφωνικά ή ερτζιανά κύματα ή ακόμη και μικροκύματα. Όλα αυτά είναι για την ακρίβεια ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των κυμάτων είναι ο ρυθμός (το πόσο συχνά δηλαδή) τα κύματα αυτά φθάνουν στο δέκτη. Αυτό λέγεται **συχνότητα**. Όσο πιο συχνά πέφτουν πάνω στο δέκτη, τόσο πιο κοντά είναι το ένα από το επόμενο. Δηλαδή όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα, τόσο πιο μικρό είναι το μήκος του κάθε στοιχειώδους κύματος.

Αυτό φαίνεται στο σχήμα 8.4.

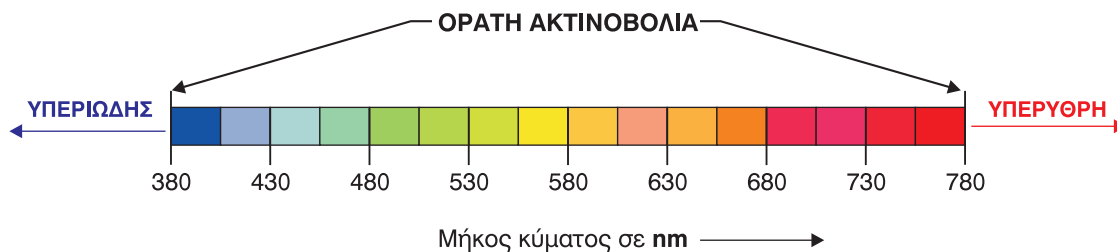


Σχ. 8.4: Μήκος κύματος και συχνότητα δύο κυμάτων.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπει ο Ήλιος είναι ένας συνδυασμός ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που έχουν διαφορετικές συχνότητες (ή μήκη κύματος). Το σχήμα 8.5 (α) δείχνει την κατανομή της ακτινοβολίας αυτής, όπου: το 5% είναι υπεριώδης ακτινοβολία, το 46% είναι το ορατό φως και το 49% είναι υπέρυθρη, την οποία δε βλέπουμε (όπως το ορατό φως), αλλά την αισθανόμαστε με τη μορφή θερμότητας. Το ορατό φως αποτελείται από όλα τα χρώματα που βλέπουμε στη φύση με τα μάτια μας. Το κάθε χρώμα έχει το δικό του μήκος κύματος, τη δική του συχνότητα. Στο σχήμα 8.5 (β) βλέπουμε το φάσμα του ορατού φωτός. Η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκεται αριστερά από το μπλε (γιαυτό λέγεται και υπερ-ιώδης), ενώ η υπέρυθρη ακτινοβολία στα δεξιά από το κόκκινο (γιαυτό λέγεται και υπ-έρυθρη). Ο ανθρώπινος οφθαλμός βλέπει όλες τις ακτινοβολίες με μήκη κύματος από 380 nm (βαθύ μπλε) έως 780 nm (βαθύ κόκκινο), ενώ δεν βλέπει τις υπεριώδεις και τις υπέρυθρες.



Σχ. 8.5: (α) Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας.



### (β) Μήκη κύματος και χρώματα ορατής ακτινοβολίας.

Εφόσον η υπέρυθη ακτινοβολία εκπέμπεται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, συνεπάγεται ότι έχει μικρότερη συχνότητα. Αντίθετα η υπεριώδης έχει μεγαλύτερη συχνότητα. Σημειώνεται ότι όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα ενός κύματος, τόσο πιο πολύ ενέργεια μπορεί αυτό να μεταφέρει. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ενέργειας αποτελείται από κύματα μεγάλης συχνότητας (μικρού μήκους κύματος).

## 8.5 ΤΑ ΕΙΔΗ ΚΑΙ Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η Ηλιακή Ακτινοβολία φθάνει μετά από ένα ταξίδι 500 μόλις δευτερολέπτων -τρέχοντας με 300.000 χιλιόμετρα/δευτερόλεπτο- στην ατμόσφαιρα της Γης, σχεδόν αναλλοίωτη σε σχέση με το πώς έφυγε από τον Ήλιο. Από τη στιγμή όμως που μπαίνει στη Γήινη ατμόσφαιρα συναντά μόρια του αέρα, νέφη και αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία την ανακλούν ή την σκεδάζουν ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.

Η **προσπίπτουσα (άμεση) ακτινοβολία** χαρακτηρίζει το ποσό της ισχύος ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης σε μία δεδομένη στιγμή, ανά μονάδα επιφάνειας. Εκφράζεται σε  $\text{Watt/m}^2$ . Αποτελεί το 60-80% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το υπόλοιπο 20-40% αυτής ανακλάται (βλέπε σχήμα 8.1) και δεν επιστρέφει ποτέ στη Γη.

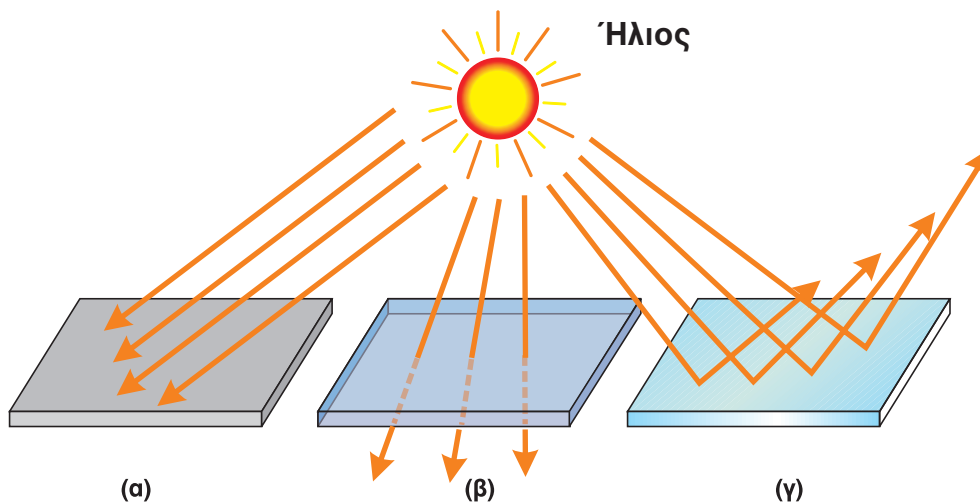
Η **διάχυτη (έμμεση) ακτινοβολία** είναι η ακτινοβολία που σκεδάζεται από μόρια του αέρα, νέφη και αιωρούμενα σωματίδια. Όλοι έχουμε παρατηρήσει αραιές νεφώσεις μεγάλου πλάτους που φωτοβολούν με ομοιόμορφο τρόπο σε όλη τους την επιφάνεια, ενώ παράλληλα είναι σχεδόν αδύνατο να βρει κανείς πού είναι κρυμμένος ο Ήλιος! Όποτε υπάρχει πυκνή νέφωση, όλη (εκτός της διάχυτης) η ακτινοβολία απορροφάται ή ανακλάται από τα σύννεφα.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπέσει σε κάποιο υλικό στη Γη, είναι δυνατόν να συμβούν τρία διαφορετικά πράγματα (βλέπε σχήμα 8.6):

α) Το υλικό μπορεί να απορροφήσει την ενέργεια και να τη μετατρέψει σε θερμοδυναμική (εσωτερική) ενέργεια. Τότε τα μόρια του υλικού κινούνται γρήγορα και η θερμοκρασία του αυξάνεται. Το υλικό αυτό, εάν το βάλουμε σε ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας, μπορεί να μεταβιβάσει στο περιβάλλον του θερμότητα.

β) Το υλικό εξαιτίας ειδικών ιδιοτήτων της επιφάνειάς του, μπορεί να ανακλάσει όλη την ακτινοβολία ή μέρος της στον αέρα.

γ) Το υλικό μπορεί να επιτρέψει στην ακτινοβολία να περάσει μέσα από αυτό και να διαδοθεί στο γύρω χώρο ή σε άλλο αντικείμενο.



Σχ. 8.6:

*α) Απορρόφηση της Ηλιακής Ακτινοβολίας και αποθήκευση της Ηλιακής ενέργειας ως θερμοδυναμική (εσωτερική) ενέργεια από σκούρες, ανώμαλες, τραχιές επιφάνειες.*

*β) Διείσδυση Ηλιακού φωτός μέσα από διαφανή υλικά.*

*γ) Ανάκλαση της Ηλιακής Ακτινοβολίας γίνεται πάνω σε λεία, γυαλιστερά υλικά.*

Όπως είδαμε, η Ηλιακή Ακτινοβολία δρα με διαφορετικούς τρόπους σε κάθε υλικό, ανάλογα με τα εσωτερικά και τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του.

Ως εξωτερικά ονομάζουμε τα χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με το χρώμα και το είδος της επιφάνειας. Για παράδειγμα μία σκούρα και τραχιά επιφάνεια απορροφά ασύγκριτα περισσότερη ακτινοβολία από ό,τι μία λεία και ανοιχτόχρωμη.

Ως εσωτερικά χαρακτηριστικά εννοούμε την ικανότητα του υλικού να απορροφά θερμότητα τόσο από πλευράς ταχύτητας, όσο και από πλευράς ποσότητας απορρόφησης. Μάλιστα, πιο σημαντικό είναι η ποσότητα απορρόφησης. Για αυτό το λόγο ορίστηκε ένα μέγεθος που ονομάζεται **ειδική θερμότητα μάζας**. Το μέγεθος αυτό για κάθε υλικό δηλώνει πόση θερμότητα σε θερμίδες ή Joule πρέπει να απορροφήσει ένα γραμμάριο από το υλικό, για να καταφέρει να ανεβάσει τη θερμοκρασία του κατά  $1^{\circ}\text{C}$ .

**⇒ Ποιο υλικό νομίζετε ότι έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα;**

Η απάντηση είναι το Νερό! Έχει πολλαπλάσια ειδική θερμότητα από όλα τα άλλα υλικά. Αυτό φαίνεται στον πίνακα 8.1, όπου τα υλικά είναι τοποθετημένα ανάλογα με το πόσο μεγάλη ειδική θερμότητα έχουν. Σε περίπτωση που θέλουμε να δηλώσουμε την ικανότητα ενός κτιρίου να απορροφά θερμότητα, αναφερόμαστε στην **ειδική θερμότητα όγκου** του κτιρίου. Σε αυτή την περίπτωση αντικαθιστούμε τη μονάδα του βάρους σε μονάδα όγκου (από kg σε  $\text{m}^3$ ). Έτσι το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε  $\text{Joule}/\text{m}^3\cdot^{\circ}\text{C}$ . Αυτό φαίνεται στην 3<sup>η</sup> στήλη του πίνακα 8.1, που προέκυψε πολλαπλασιάζοντας την 2<sup>η</sup> επί την πυκνότητα του κάθε υλικού. Οι διαφορετικές πυκνότητες των υλικών είναι ο λόγος που δεν τηρείται η “ιεραρχία” της 2<sup>ης</sup> στήλης.



**Πίνακας 8.1:**  
**Ειδική θερμότητα κατά βάρος**  
**και κατά όγκο ορισμένων δομικών υλικών σε σύγκριση με το νερό.**

ΥΛΙΚΟ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (μάζας) (J/kg·°C)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (όγκου) (J/m <sup>3</sup> ·°C)
Νερό	4,19	4190
Ξύλο (πεύκου)	2,81	1200
Σκυρόδεμα (μπετόν)	1,13	2500
Γύψος	1,09	1300
Αέρας (24°C)	1,01	1200
Άσφαλτος	0,92	1900
Μάρμαρο	0,88	2600
Τούβλο	0,84	1800
Άμμος	0,80	1200

## 8.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Είναι πραγματικά εκπληκτικό το ποσό ισοδυνάμου ισχύος που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης: περίπου 120.000.000.000 MW. Εάν μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε έστω ένα πολύ μικρό ποσοστό της ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στην ηπειρωτική επιφάνεια της Γης, τότε θα είχαμε λύσει το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη. Μπορούμε, όμως, να αποθηκεύουμε ηλιακή ενέργεια και να τη χρησιμοποιούμε αργότερα. Όλα τα συστήματα ηλιακής ενέργειας που υπάρχουν σήμερα στηρίζονται στην παγίδευση και συγκράτηση της ενέργειας μέσα στην ύλη για μια ορισμένη χρονική περίοδο.

Γενικά, υπάρχουν δύο τρόποι αποθήκευσης μέρους της ηλιακής ενέργειας:

1) Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα. Αυτό γίνεται είτε άμεσα με απευθείας έκθεση στον ήλιο ενός υλικού (η μετατροπή αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση, αφού δεν υπάρχουν ενδιάμεσα στάδια μετατροπής και συνεπώς περαιτέρω απωλειών, όπως είδαμε στα παραδείγματα της εντροπίας) είτε με μεταφορά ζεστού αέρα και θέρμανση του υλικού.

Χρησιμοποιούνται δύο συστήματα για την επίτευξη της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα:

- ☐ Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.
- ☐ Τα Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα.

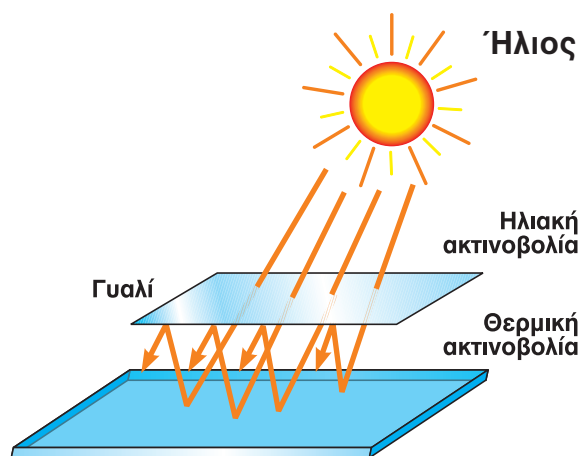
2) Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αυτό γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων και αποθήκευση της ηλεκτρικής σε συσσωρευτές (μπαταρίες).

## 8.7 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων (π.χ. κτίρια, θερμοκήπια κ.τ.λ.) καθώς και για το φυσικό φωτισμό χώρων.

Οι αρχές λειτουργίας των παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι απλές. Βασίζονται στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων μετάδοσης της θερμότητας και του φωτός που παρατηρούνται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε διαφανείς επιφάνειες τις οποίες διαπερνά. Η Ηλιακή Ενέργεια απορροφάται απευθείας από το κτίριο και παγιδεύεται μέσα σε αυτό. Έτσι μειώνεται η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση των χώρων του κτιρίου. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούν κυρίως αέρα, για να μεταφέρουν και να κυκλοφορήσουν τη συλλεχθείσα ενέργεια. Αυτό συνήθως γίνεται χωρίς τη χρήση ανεμιστήρων ή αντλιών.

Όλοι έχουμε παρατηρήσει πόσο ζεστός γίνεται ο εσωτερικός χώρος ενός αυτοκινήτου με κλειστά τζάμια, όταν αυτό δέχεται τις ακτίνες του ήλιου. Παρόλο που έξω από το αυτοκίνητο μπορεί να έχει καύσωνα, μέσα είναι αδύνατο να καθίσουμε ή ακόμα και να αναπνεύσουμε αφού η θερμοκρασία του μπορεί να έχει φθάσει και τους 70°C! Αυτό λέγεται **φαινόμενο του θερμοκηπίου** και είναι το φαινόμενο στο οποίο κυρίως στηρίζεται η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στην ιδιότητα του γυαλιού (εδώ: τζάμι του αυτοκινήτου) να επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά, όταν αυτή μετατραπεί σε θερμική μέσα στο αυτοκίνητο, να μην την αφήνει να βγει! Την ιδιότητα αυτή του γυαλιού την αναπαριστά το σχήμα 8.7. Το όνομα του φαινομένου το δανειστήκαμε από τα γνωστά θερμοκήπια, όπου σκοπό έχουν την αύξηση της θερμοκρασίας τους, ώστε να επιτευχθεί η γρήγορη ανάπτυξη των φυτών που καλλιεργούνται μέσα σε αυτά. Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου ολόκληρης της Γης θα μας απασχολήσει στο κεφ. 14.



**Σχ. 8.7: Η ιδιότητα του γυαλιού να επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και να εγκλωβίζει τη θερμική.**

**Άρα, λοιπόν, εάν μπορέσουμε να αποθηκεύσουμε την πολύ σημαντική ποσότητα ενέργειας που προσπίπτει και εγκλωβίζεται σε ένα χώρο, τότε έχουμε φτιάξει ένα παθητικό ηλιακό σύστημα!**

Λαμβάνοντας υπόψη την ειδική θερμότητα (θερμοχωρητικότητα) του κάθε δομικού υλικού (βλ. πίνακα 8.1), επιλέγουμε τα υλικά του χώρου με τέτοιο τρόπο, ώστε να πετύχουμε τη μέγιστη δυνατή αποθήκευση θερμότητας.

⇒ **Υποθέτοντας τώρα ότι το κάναμε και αυτό, πώς γίνεται η μετάδοση της θερμότητας από αυτά τα υλικά στο χώρο;**

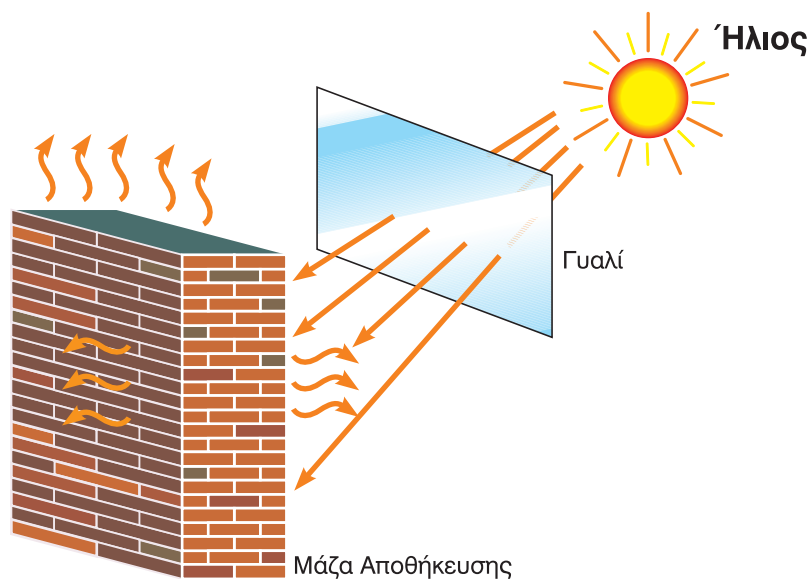
Η μετάδοση της θερμότητας μεταξύ των εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος γίνεται μέσα από τα δομικά υλικά κατασκευής του κελύφους του κτιρίου. Η θερμότητα μεταδίδεται με **αγωγή**, ρέει

μέσα στα δομικά υλικά (από τις μεγαλύτερες προς τις μικρότερες θερμοκρασίες), με **μεταφορά** (φυσική ή εξαναγκασμένη) και με **ακτινοβολία**.

Με την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας (υπό μορφή θερμικής) από το δομικό υλικό του κτιρίου αυξάνεται η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειάς του. Παρουσιάζεται με αυτόν τον τρόπο μία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής πλευράς του υλικού, με αποτέλεσμα τη μετάδοση της θερμότητας από την υψηλή θερμοκρασία προς τη χαμηλή. Η μετάδοση γίνεται μέσω του υλικού με **αγωγή**. Σημειώνεται ότι οι σκουρόχρωμες επιφάνειες έχουν μικρό συντελεστή ανάκλασης, ενώ οι ανοιχτόχρωμες σχετικά υψηλότερο.

Η απόδοση θερμότητας από τον τοίχο προς τον εσωτερικό αέρα γίνεται με **φυσική μεταφορά θερμότητας**. Ο θερμός αέρας, αφού είναι πιο ελαφρύς, αρχίζει να κινείται προς τα επάνω δημιουργώντας έτσι μια φυσική κυκλοφορία του αέρα. Για να καταλάβετε τι σημαίνει αυτό, κρεμάστε μία κόλλα χαρτί πάνω από ένα ζεστό καλοριφέρ και θα την δείτε να κινείται! Ο κρύος αέρας τώρα που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια απάγει πάλι τη διαθέσιμη θερμότητα και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται συνεχώς.

Κάθε επιφάνεια, ανάλογα με τη θερμοκρασία που έχει, **ακτινοβολεί θερμότητα**. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της, τόσο περισσότερη θερμότητα ακτινοβολεί προς κάθε κατεύθυνση. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 8.8.



**Σχ. 8.8: Παθητική Ηλιακή Θέρμανση.**

*Η ηλιακή ενέργεια περνά μέσα από το τζάμι - η θερμική ενέργεια αποθηκεύεται σε δομικό υλικό του κτιρίου - η μάζα αυτή μεταδίδει τη θερμότητα στο χώρο.*

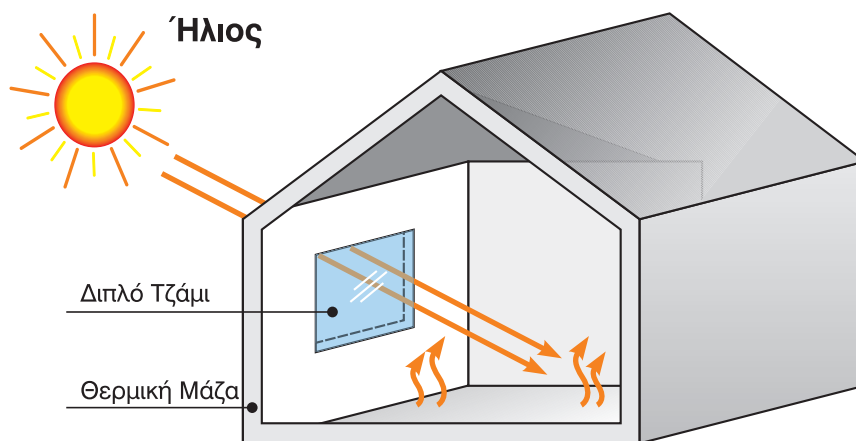
Εάν θελήσουμε να εφαρμόσουμε τις παραπάνω αρχές, για να θερμάνουμε ένα χώρο, τότε μπορούμε να το πετύχουμε με τους δύο επόμενους τρόπους:

- 1) Με ένα παθητικό ηλιακό σύστημα **άμεσου** ηλιακού κέρδους.
- 2) Με ένα παθητικό ηλιακό σύστημα **έμμεσου** ηλιακού κέρδους.

### 8.7.1 Παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα αυτά είναι τα απλούστερα και τα λιγότερο δαπανηρά, αφού δε χρησιμοποιούν παρά μόνο τις βασικές αρχές που διατυπώθηκαν παραπάνω. Ο θερμαινόμενος χώρος δέχεται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου μεγάλων γυάλινων παραθύρων. Ο προσανατολισμός αυτών παίζει μεγάλο ρόλο. Πρέπει να είναι προσανατολισμένα προς το **Νότο**, ώστε ο Ήλιος κατά τη διάρκεια της ημέρας να τα βλέπει διαρκώς.

Τα δομικά υλικά του δωματίου που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να έχουν επιλεχθεί προσεκτικά, ώστε να αποθηκεύουν τη μεγαλύτερη δυνατή θερμότητα. Τέτοια υλικά είναι τα ξύλινα πατώματα, τα τούβλα, το σκυρόδεμα, οι πέτρες, κ.α., όλα σε σκούρες αποχρώσεις. Αφού τα υλικά αυτά “ρουφήξουν” τη θερμική ακτινοβολία από τον ήλιο, θα αρχίσουν να τη μεταδίδουν προς τον ψυχρότερο αέρα του δωματίου, όταν αυτό αρχίσει να ψύχεται (αναμενόμενο, αφού η θερμότητα πηγαίνει από το ζεστότερο στο ψυχρότερο). Έτσι, θα έχουμε ζεστό δωμάτιο, και όταν ο ήλιος θα έχει δύσει... Όλα αυτά όμως αναπαρίστανται στο σχήμα 8.9.



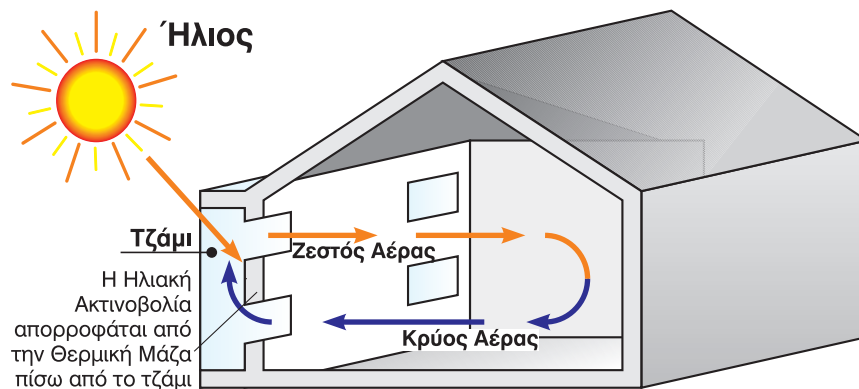
Σχ. 8.9: Παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους.

Συνήθως, το πάχος τοίχων και πατωμάτων αποθήκευσης θερμότητας είναι μεταξύ 20 και 40 εκατοστών, ανάλογα με τις ανάγκες και την περιοχή.

### 8.7.2 Παθητικό ηλιακό σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Η ηλιακή ενέργεια είναι δυνατόν να αποθηκευτεί προσωρινά σε μη ενεργό (λειτουργικό) χώρο του προς θέρμανση χώρου, όπως είναι ένας τοίχος με Νότιο προσανατολισμό. Ο τοίχος αυτός γενικά κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης ειδικής θερμότητας (π.χ. νερό, μπετόν κ.τ.λ.). Ένα διαφανές πλαίσιο τοποθετείται μπροστά από αυτόν και χρησιμεύει για τον εγκλωβισμό της θερμικής ακτινοβολίας ανάμεσα σε αυτό και στον τοίχο, η οποία εν τέλει εισέρχεται και αποθηκεύεται μέσα στον τοίχο. Κατόπιν ο “υπέρθερμος” τοίχος αποδίδει στον εσωτερικό χώρο τη θερμότητα που συνέλεξε.

Μια βελτιωμένη έκδοση του παραπάνω αποθηκευτικού τοίχου, η οποία χρησιμοποιείται συχνά, είναι ο τοίχος Trombe, όπως αυτός παρουσιάζεται στο σχήμα 8.10. Ένας τέτοιος τοίχος, εκτός από το διαφανές (γυάλινο) προπέτασμα που τον περιβάλλει, έχει και κάποια στόμια (ανοίγματα) στο πάνω και στο κάτω μέρος του. Ο ζεστός αέρας που βρίσκεται μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου ανέρχεται προς τα επάνω αφού είναι ελαφρύτερος. Μην έχοντας άλλη επιλογή εισέρχεται διαμέσου των στομιών στο εσωτερικό του χώρου και τον ζεσταίνει. Εφόσον ο ζεστός αέρας πιέζει και μπαίνει στο χώρο, είναι αυτονόητο ότι “σπρώχνει” τον υπόλοιπο αέρα του χώρου, και ειδικά αυτόν που βρίσκεται χαμηλά (τον κρύο δηλαδή), να περάσει μέσω των κάτω στομιών στο εξωτερικό μέρος του τοίχου. Αυτός τότε θερμαίνεται και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται κυκλικά. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **Θερμοσιφωνισμός**.

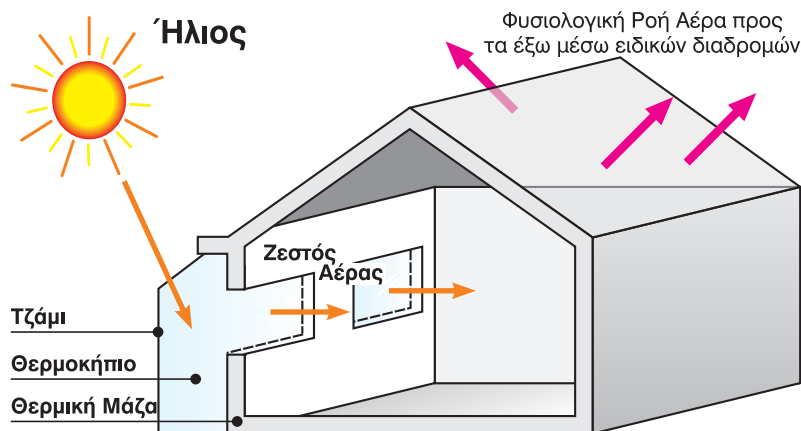


**Σχ. 8.10: Παθητικό ηλιακό σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους. Ο τοίχος Trombe.**

Η κατασκευή ενός τοίχου Trombe μπορεί να φαίνεται εύκολη υπόθεση, όμως στην πραγματικότητα απαιτεί μελέτη. Τέτοιοι τοίχοι κατασκευάζονται από συμπαγές τσιμέντο, τούβλα, τσιμεντόλιθους και γενικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Η εξωτερική πλευρά του βάφεται σκούρα, ώστε να απορροφά καλύτερα τη θερμική ακτινοβολία. Το διαφανές τζάμι που βρίσκεται μπροστά από τον τοίχο απέχει περίπου 10-15 cm από αυτόν και επιτρέπει στο μεγαλύτερο μέρος των ηλιακών ακτίνων να εισέρχεται, ενώ κατόπιν δεν επιτρέπει στη θερμική ακτινοβολία να βγει έξω. Η θερμοχωρητικότητα της Θερμικής Μάζας (δηλ. του τοίχου) εξαρτάται και από το πάχος του. Αυτή φροντίζουμε να έχει όσο πάχος πρέπει, ώστε να απολαμβάνουμε τη θερμότητα που μαζέψαμε, όταν πρέπει. Ο τοίχος δεν πρέπει να είναι τόσο παχύς, ώστε να αργεί να αποδώσει τη θερμότητα που αποθήκευσε, αλλά ούτε και πολύ λεπτός, ώστε να την αποδίδει πολύ γρήγορα και ο χώρος να ζεσταθεί υπερβολικά για λίγη ώρα και μετά να παγώσει. Πάντως το πάχος του κυμαίνεται από 20 έως 40 cm.

### 8.7.3 Παθητικό ηλιακό σύστημα τύπου θερμοκηπίου

Ένας χώρος ενός κτιρίου -και αυτός προσανατολισμένος στο Νότο, ώστε να παρακολουθεί τον Ήλιο σε όλο του το ημερήσιο ταξίδι- μπορεί να διαμορφωθεί, όπως αυτός του σχήματος 8.11, ώστε να έχουμε ένα παθητικό ηλιακό σύστημα τύπου θερμοκηπίου. Το γυαλί (τζάμι) δημιουργεί ένα μικρό χώρο σαν θερμοκήπιο γύρω από την πλευρά του κτιρίου. Εκεί συλλέγεται η ηλιακή ενέργεια. Ο αέρας είναι το μέσο μεταφοράς της θερμότητας προς το πίσω κτίριο. Η αποθήκη ενέργειας είναι το ίδιο το κτίριο, αλλά κυρίως ο τοίχος πίσω από το θερμοκήπιο.



**Σχ. 8.11: Παθητικό ηλιακό σύστημα τύπου θερμοκηπίου.**



## 8.8 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΕΗΣ)

Η Ελλάδα έχει το πλεονέκτημα να είναι η πιο ηλιόλουστη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδος είναι αξιόλογο και προσφέρεται για κάθε είδους εφαρμογή (ενεργητικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα). Η επιφάνεια εγκατεστημένων συλλεκτών στη χώρα μας ανέρχεται περίπου σε 2.000.000 m<sup>2</sup>. Με δεδομένο ότι 1 m<sup>2</sup> συλλέκτη μπορεί να εξοικονομήσει 500 kWh το χρόνο, είναι φανερό ότι η χρήση ΕΗΣ συμβάλλει αποφασιστικά στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και των άλλων ρύπων. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 kWh/m<sup>2</sup>. Περισσότερα στοιχεία παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα (σχ. 8.12).



Σχ. 8.12: Ηλιακό Δυναμικό της Ελλάδας.

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα (ΕΗΣ), σε αντίθεση με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, δε στηρίζονται στα φυσικά φαινόμενα μετάδοσης της θερμότητας αλλά σε συνδυασμό συστημάτων και μηχανημάτων. Ένα ΕΗΣ δεν αποτελεί μέρος του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού ενός κτιρίου, όπως τα παθητικά ηλιακά που προτείνουν συγκεκριμένες κτιριακές αρχιτεκτονικές, και έτσι μπορεί (με κάποιες μικρές αλλαγές) να τοποθετηθεί και εκ των υστέρων, αφού δηλαδή έχει κατασκευασθεί το κτίριο.

Ένα τέτοιο σύστημα θέρμανσης είναι, όπως θα δούμε στη συνέχεια, περισσότερο αξιόπιστο. Οι βασικές λειτουργίες ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι οι ακόλουθες:

1. Συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και παγίδευση της θερμικής.
2. Αποθήκευση της θερμικής ενέργειας.
3. Χρησιμοποίηση της αποθηκευμένης ή και της απευθείας συλλεγόμενης θερμικής ενέργειας, όπου και όποτε ζητηθεί στο κτίριο.

Τα ΕΗΣ μπορούν να σχεδιαστούν κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε συνδυασμό με άλλους τρόπους θέρμανσης να είναι δυνατόν να κατασκευαστεί ένα εντελώς αυτοδύναμο θερμικά κτίριο, όπως αυτό συμβαίνει σε πρότυπα κτίρια του Ηλιακού Χωριού στη Λυκόβρυση Αττικής (σχήμα 8.13).



**Σχ. 8.13: Ενεργητικό αυτοδύναμο ηλιακό σύστημα στο Ηλιακό Χωριό.**

Το βασικότερο στοιχείο ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι οι **ηλιακοί συλλέκτες**. Αυτοί τοποθετούνται με Νότιο προσανατολισμό ώστε να “βλέπουν” ήλιο από το πρωί (Ανατολή) έως το απόγευμα (Δύση), ενώ κανένα εμπόδιο δεν πρέπει να σκιάζει την επιφάνειά τους. Συνηθέστερη θέση είναι αυτή επάνω στις στέγες και στις ταράτσες των κτιρίων, όπως φάνηκε στο σχήμα 8.13.

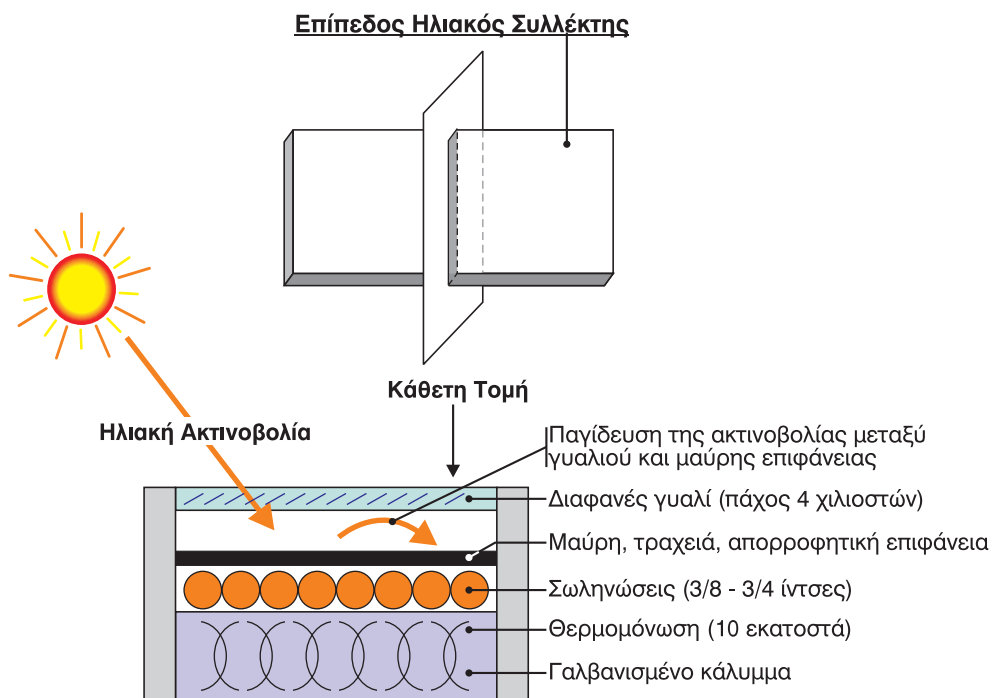
Ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα περιλαμβάνει εκτός από τους ηλιακούς συλλέκτες και άλλα εξαρτήματα, όπως: αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, δοχεία αποθήκευσης και σωληνώσεις ή αεραγωγούς με ανεμιστήρες.

## 8.8.1 Ηλιακοί Συλλέκτες

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι εκείνες οι συσκευές που συλλέγουν και παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια. Όπως είδαμε στα παθητικά ηλιακά που χρησιμοποιούν γυαλί μπροστά από τον τοίχο (τοίχος Trombe), το γυαλί έχει την ιδιότητα να αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία (μικρό μήκος κύματος) να το διαπερνά, αλλά και την “μαγική” ιδιότητα να μην αφήνει τη θερμική ακτινοβολία (μεγάλο μήκος κύματος) που εκπέμπουν οι σκούρες επιφάνειες που απορρόφησαν την ηλιακή, να το διαπεράσει και να βγει πάλι έξω. Ακριβώς το ίδιο γεγονός εκμεταλλευόμαστε και στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, κατασκευάζοντας τους ηλιακούς συλλέκτες με κατάλληλο τρόπο. Υπάρχουν τρία είδη ηλιακών συλλεκτών:

1. Επίπεδοι Συλλέκτες.
2. Συλλέκτες κενού.
3. Παραβολικοί συλλέκτες.

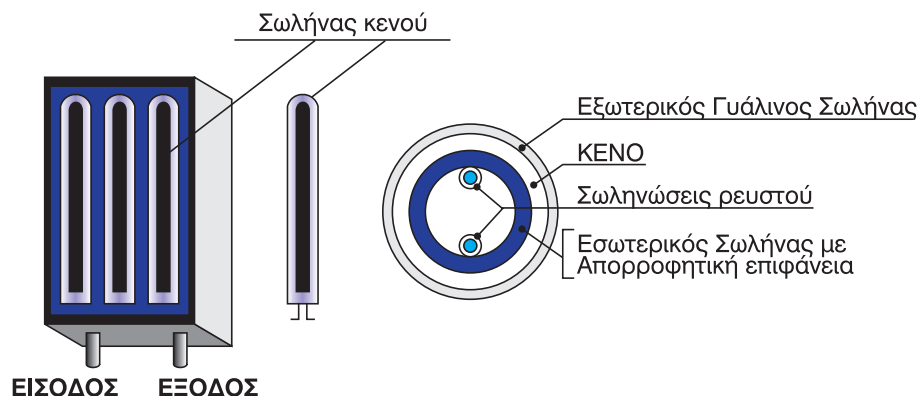
Ένας **επίπεδος ηλιακός συλλέκτης** έχει γενικά τη μορφή και τη δομή που φαίνεται στο σχήμα 8.14. Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τη γυάλινη επιφάνεια και προσπίπτει στη σκούρα, τραχιά και απορροφητική επιφάνεια, όπου και απορροφάται. Όταν εκπέμπεται από αυτήν υπό μορφή θερμικής ακτινοβολίας τότε δεν μπορεί να διαπεράσει το γυαλί για τους λόγους που αναφέραμε πιο πάνω. Όπως θα θυμάστε, το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Αυτό το εκμεταλλευόμαστε με το να τοποθετήσουμε κάτω από την απορροφητική επιφάνεια σωλήνες, μέσα στους οποίους κυλά νερό ή κάποιο άλλο ρευστό. Τέλος, το σύστημά μας θερμομονώνεται, ώστε να μην έχουμε απώλειες και χάσουμε ό,τι μαζέψαμε.



**Σχ. 8.14: Τομή ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη.**

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 προσφέρει πολύτιμες υπηρεσίες: Δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας μέσω ρευμάτων προς τα έξω (λόγω μηδενικής αγωγής), αφού δεν υπάρχει αέρας, ενώ

λειτουργεί και εδώ το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η θερμότητα απάγεται και εδώ με νερό ή άλλο ρευστό που ρέει μέσα τον εσωτερικό σωλήνα. Γενικά πρόκειται για έναν τύπο συλλεκτών με μεγάλη απόδοση. Χρησιμοποιείται περισσότερο στη Βόρεια Ευρώπη, όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες άνω των 100°C. Τα παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα 8.15.



**Σχ. 8.15: Ηλιακός συλλέκτης κενού.**

Οι **συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες**, όπως δείχνει και το όνομά τους, συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα μικρό μέρος, το οποίο και θερμαίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι συλλέκτες αυτοί είτε έχουν σχήμα ομπρέλας και επικεντρώνουν τις ακτίνες τους στον άξονα της ομπρέλας, όπου και περνά ρευστό, είτε 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 πετύχουμε αυτό θα πρέπει να υπάρχει σύστημα με σερβομηχανισμό που θα στρέφει τον συλλέκτη προς τον ήλιο συνεχώς σαν ...ηλιοτρόπιο. Κινούμενα μέρη όμως, όπως σε κάθε σύστημα που έχει τέτοια, σημαίνει συντήρηση. Αυτό και μόνο καθιστά τα συστήματα αυτά ακατάλληλα για οικιακή χρήση.

## 8.8.2 Συστήματα Μεταφοράς της Θερμότητας

Όπως είδαμε μέχρι τώρα, οι ηλιακοί συλλέκτες απορροφούν την ηλιακή ενέργεια. Αυτή όμως είναι άχρηστη, εάν δεν υπάρχει ένας τρόπος, για να την “απάγουμε” και να την χρησιμοποιήσουμε, όπως θέλουμε.

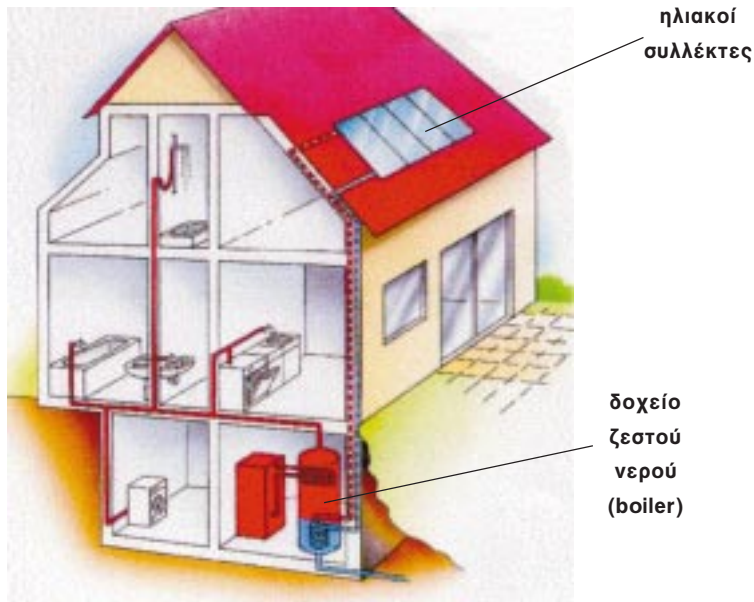
Οι τεχνικές που χρησιμοποιούμε, για να πετύχουμε αυτό το σκοπό είναι κυρίως δύο:

1. Απαγωγή και διανομή της θερμότητας με σύστημα ρευστού.
2. Απαγωγή και διανομή της θερμότητας με σύστημα αέρα.

**Η απαγωγή και η διανομή της θερμότητας με σύστημα υγρού** γίνεται ως εξής:

Αρχικά -όπως είδαμε σε παραδείγματα συλλεκτών- η θερμότητα απάγεται από το νερό ή από άλλο ρευστό που ρέει σε σωλήνες κάτω από την απορροφητική επιφάνεια. Το θερμό αυτό νερό το οδηγούμε μέσω σωληνώσεων με κατάλληλο τρόπο σε ένα δοχείο αποθήκευσης. Αυτό είναι ένα μονωμένο δοχείο, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η διαρροή θερμότητας. Όταν υπάρχει ήλιος το ζεστό νερό συγκεντρώνεται στο δοχείο αποθήκευσης. Το δοχείο συνδέεται με το υδραυλικό σύστημα του κτιρίου και μέσω αντλιών οδηγείται προς τις διάφορες καταναλώσεις (πλυντήριο, μπάνιο, κουζίνα), όπως φαίνεται στο σχήμα 8.16.



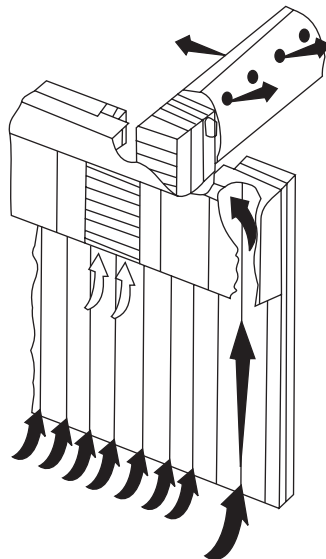


*Σχ. 8.16: Ηλιακός συλλέκτης που χρησιμοποιεί υγρό για μεταφορά θερμότητας και καλύπτει τις ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης, μιας οικίας.*

Εάν θέλουμε να θερμάνουμε το κτίριο ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, μόνο που συνδέουμε το δοχείο με το σύστημα διανομής ζεστού νερού του καλοριφέρ. Τότε όμως λογικά, οι απαιτήσεις σε ζεστό νερό είναι μεγαλύτερες και γιαυτό τοποθετούμε και ένα εφεδρικό καυστήρα diesel, ώστε να είμαστε βέβαιοι ότι θα έχουμε πάντα (και μέρες που δεν έχει πολύ ήλιο) την απαραίτητη ζέστη στο κτίριο. Προφανώς, με τον τρόπο αυτό μπορούμε να έχουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα με ζεστό νερό θέρμανσης και ζεστό νερό χρήσης.

Η απαγωγή και διανομή της θερμότητας με σύστημα αέρα γίνεται ως εξής:

Εδώ αντί για υγρό έχουμε αέρα και προφανώς, εάν ο αέρας είναι το μέσο που απάγει τη θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες, τότε το δίκτυο διανομής της θερμότητας θα πρέπει να περιλαμβάνει δίκτυο αεραγωγών (αντί σωληνώσεων), ανεμιστήρες (αντί αντλιών) και αποθήκη θερμότητας από πετρώδη υλικά (αντί για το δοχείο με το υγρό).



*Σχ. 8.17: Αρχή λειτουργίας ενός ηλιακού συλλέκτη που χρησιμοποιεί αέρα για τη θέρμανση*



Πάντα υπάρχει ένας εφεδρικός καυστήρας diesel, για να υπάρχει αξιοπιστία στο σύστημα. Οι αποθήκες με πέτρα τοποθετούνται συνήθως στο υπόγειο, ενώ οι πέτρες έχουν διάμετρο 2-4 εκατοστά. Ο ζεστός αέρας που δημιουργείται από τον συλλέκτη οδηγείται στην αποθήκη και ζεσταίνει τα πετρώδη υλικά, τα οποία λόγω υψηλής ειδικής θερμότητας την αποθηκεύουν. Η θερμότητα αυτή αποδίδεται όποτε χρειαστεί και μέσω των αεραγωγών και των ανεμιστήρων οδηγείται στο χώρο του κτιρίου. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα θέρμανσης των γραφείων γνωστής αυτοκινητοβιομηχανίας (FORD) στην Αμερική, τα οποία θερμαίνονται με ηλιακούς συλλέκτες, που χρησιμοποιούν σύστημα απαγωγής και διανομής της θερμότητας με αέρα. Συνολικά θερμαίνονται περί τα 5.000 m<sup>3</sup> χώρου.

### 8.8.3 Ηλιακοί Θερμοσίφωνες

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

1. Εσωτερική προστασία από αδιάβροχο υλικό.
2. Χαλύβδινο χιτώνιο.
3. Θερμομόνωση.
4. Γαλβανισμένο εξωτερικό περίβλημα.
5. Χάλκινος εναλλάκτης θερμότητας.
6. Βοηθητική ηλεκτρική αντίσταση.
7. Επιφάνεια συλλέκτη.
8. Κρύσταλλο μεγάλης διαπερατότητας.
9. Μόνωση.
10. Ανοδιωμένο πλαίσιο συλλέκτη.



Σχ. 8.18: Ηλιακός θερμοσίφωνα.

Επειδή είναι συνήθως προτιμότερο το νερό που χρησιμοποιούμε να μην έρχεται σε άμεση επαφή με τον ηλιακό συλλέκτη, γι' αυτό επιλέγουμε τον έμμεσο τρόπο θέρμανσης, που γίνεται με τους εναλλάκτες. Ένας εναλλάκτης είναι συνήθως ένας σπειροειδής σωλήνας μέσα στο δοχείο παροχής νερού. Καθώς το ζεστό από τους συλλέκτες υγρό διέρχεται δια του εναλλάκτη, μεταφέρεται η θερμότητα στο νερό του δοχείου που είναι προς χρήση. Έτσι, το υγρό που θερμαίνεται στους συλλέκτες δεν έρχεται σε επαφή με το νερό που χρησιμοποιούμε.

## 8.9 ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΚΕΗΣ)

Έχουν εγκατασταθεί μεγάλες εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών συστημάτων με σκοπό την κεντρική συλλογή, αποθήκευση και παροχή ζεστού νερού θέρμανσης και χρήσης για κτιριακά συγκροτήματα. Τα πλεονεκτήματα ενός ΚΕΗΣ είναι:

- Μείωση ρύπων, όπου εφαρμόζονται.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής, αξιοπιστία, καθαρή θερμική ενέργεια, που αντικαθιστά το 20-80% της θερμικής ενέργειας συμβατικών καυσίμων.
- Σε πολλές εφαρμογές είναι περισσότερο οικονομικά από τα συμβατικά συστήματα, αφού έχουν μεγαλύτερο κύκλο ζωής (20-30 έτη) με διάρκεια αποπληρωμής επένδυσης 3-10 έτη.
- Ασφάλεια σε περιόδους αυξήσεως τιμών συμβατικών καυσίμων, καθώς και ελλείψεως καυσίμων.

**Στις ΗΠΑ περισσότερα από 1.000.000 κτίρια διαθέτουν ΚΕΗΣ. Εάν κάποιος ήθελε να δει με τι αυτό ισοδυναμεί, ας αναλογιστεί ότι έτσι εξοικονομείται θερμική ενέργεια ενός πυρηνικού σταθμού!**

Τα ΚΕΗΣ βρίσκουν πλήθος εφαρμογών σε διάφορους φορείς, όπως:

- Μεγάλες Βιομηχανικές Μονάδες
- Βιοτεχνίες (πτηνοτροφεία, ιχθυοκαλλιέργειες, θερμοκήπια)
- Ξενοδοχεία & Restaurant
- Οικισμοί - Τοπική Αυτοδιοίκηση
- Πανεπιστήμια - Σχολεία

και σε εφαρμογές όπως:

- 1) Προθέρμανση Αέρα & Εξαερισμός (θέρμανση χώρων)
- 2) Παραγωγή Θερμού Αέρα
- 3) Θερμικές Διεργασίες: (πλυντήρια, στεγνωτήρια, πισίνες, μαγειρεία, καθαριότητα θερμό νερό)
- 4) Προθέρμανση Νερού
- 5) Παραγωγή Ατμού
- 6) Ψύξη & Κλιματισμός (ψύξη χώρων, παραγωγή πάγου)



**Σχ. 8.19: Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση**

Σε μεγάλα Κ.Ε.Η.Σ. (π.χ. πανεπιστήμια, βιομηχανία, μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα) το κόστος κεφαλαίου βρίσκεται στην περιοχή των 120.000 δρχ./m<sup>2</sup> συλλεκτικής επιφάνειας.

## 8.10 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Όταν ένα σώμα απορροφήσει ηλιακή ενέργεια κατά την έκθεσή του στον ήλιο, την αποδίδει υπό μορφή ακτινοβολίας στο χώρο, όταν είναι ψυχρότερος από αυτό. Αυτό το φαινόμενο δε φαίνεται δια γυμνού οφθαλμού, αφού πρόκειται για υπέρυθρη ακτινοβολία με μεγαλύτερο μήκος κύματος από αυτό που το ανθρώπινο μάτι μπορεί να αντιληφθεί. Εάν είχαμε όμως τα κατάλληλα “γυαλιά”, θα μπορούσαμε να την δούμε! Το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο τη νύχτα. Η Γη κατά τη διάρκεια της ημέρας έχει απορροφήσει την ηλιακή ακτινοβολία μετά από την έκθεσή της στον ήλιο. Τη νύχτα, που η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας πέφτει, η Γη εκπέμπει την ακτινοβολία αυτή. Αυτή η ακτινοβολία ονομάζεται Ακτινοβολία Μέλανος Σώματος. Σίγουρα θα έχετε παρατηρήσει ότι υπάρχουν χειμωνιάτικες νύχτες με καθαρό ουρανό, όπου το κρύο είναι πολύ έντονο. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν σύννεφα, για να εμποδίσουν τη διαφυγή της ακτινοβολούμενης από το έδαφος ακτινοβολίας.

Ακόμη ένα παράδειγμα, για να γίνει το φαινόμενο πιο κατανοητό, είναι το ακόλουθο: Σε ένα αυτοκίνητο που έχει ανεβάσει θερμοκρασία λόγω λειτουργίας του κινητήρα του, μπορούμε να δούμε με μία ειδική κάμερα, που ανιχνεύει τέτοια ακτινοβολία, το περίγραμμά του, ακόμα και αν αυτό έφυγε πριν λίγη ώρα! Τέτοιες προηγμένες τεχνικές ίσως έχετε δει ή ακούσει ότι βρίσκουν χρήση σε Αστυνομίες διαφόρων χωρών.

## 8.11 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Η ανάγκη κάλυψης των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια στους διαστημικούς σταθμούς ήταν η αφορμή για την έρευνα και ανάπτυξη της **Φωτοβολταϊκής τεχνολογίας**, της *τεχνολογίας δηλαδή που μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική!*

Η ανακάλυψη του φαινομένου έγινε το 19ο αιώνα. Οι κυριότεροι σταθμοί στην εξέλιξη του φαινομένου της Φ/Β μετατροπής είναι:

### **1839 - Becquerel:**

Παρατήρηση του Φ/Β φαινομένου σε μεταλλικά ηλεκτρόδια (Pt, Ag) βυθισμένα σε ηλεκτρολύτες.

### **1937 - Fischer & Godden:**

Κατασκευή Φ/Β κυττάρου από PbS.

### **1941 - Ohl:**

Κατασκευή του πρώτου Φ/Β κυττάρου από Si.

### **1954 - Fuller:**

Κατασκευή Φ/Β κυττάρου από Si με σχηματισμό ένωσης p-n-p με διάχυση προσμίξεων και απόδοση 6%.

### **1956 - Εταιρεία Hoffmann:**

Εμπορική παραγωγή Φ/Β κυττάρων.

### **1958:**

Εκτόξευση αμερικανικού δορυφόρου, εξοπλισμένου με 6 μικρά στοιχεία Si ισχύος 5mW, ως βοηθητική ενεργειακή πηγή.

### **1958:**

Εκτόξευση σοβιετικού δορυφόρου με αποκλειστική τροφοδοσία από Φ/Β στοιχεία.

### **1972 - Lindmayer & Wronski:**

Κατασκευή του ώδους ηλιακού στοιχείου Si με απόδοση 14%.

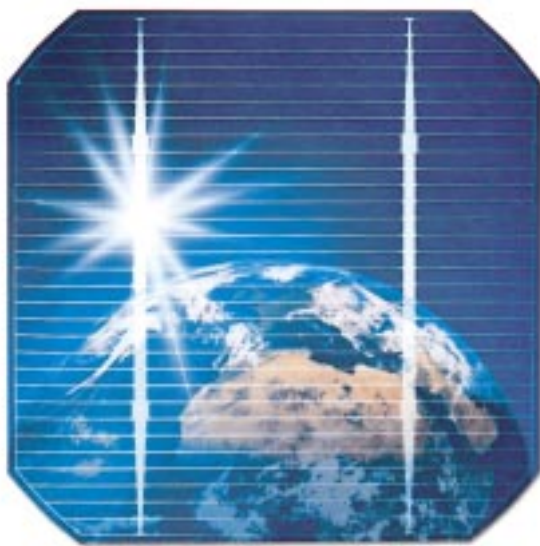
### **1977 - Kameth:**

Κατασκευή ηλιακού στοιχείου από GaAs με απόδοση 16%.

**1984 - Ιαπωνία:** Έναρξη βιομηχανικής παραγωγής Φ/Β κυττάρων (στοιχείων) από άμορφο πυρίτιο με απόδοση 5%.

**Φωτοβολταϊκό (Φ/Β) Κύτταρο** είναι το στοιχείο που μετατρέπει μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Είναι ένα ημιαγώγιμο στοιχείο, μια (κρυσταλλο)δίοδος. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία (υπό μορφή φωτονίων) προσπίπτει στην επιφάνεια ενός Φ/Β κυττάρου, διεγείρει τα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού και τους δίνει τόση ενέργεια, όση χρειάζονται, για να απελευθερωθούν από το άτομο. Μπορούν να βρουν μια άλλη κενή θέση και να την καταλάβουν, μέχρι να επαναληφθεί η διαδικασία. Εάν είχαμε δύο μεταλλικές επαφές στο επάνω και κάτω μέρος του κυττάρου, τότε μπορούμε να συλλάβουμε τα κινούμενα ηλεκτρόνια. Αυτό σημαίνει ροή ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση. Μα αυτό ακριβώς δεν είναι ηλεκτρικό ρεύμα; Αυτό ακριβώς το ρεύμα το χρησιμοποιούμε, για να τροφοδοτήσουμε ένα ηλεκτρικό φορτίο, όπως για παράδειγμα ένα λαμπτήρα.

Ένα τυπικό Φ/Β Κύτταρο φαίνεται στο σχήμα 8.20.



**Σχ. 8.20: Τυπικό Φ/Β Κύτταρο.**

Όπως και οι μπαταρίες, το ηλιακό κύτταρο είναι αθόρυβο στη λειτουργία του. Σε αντίθεση με τις μπαταρίες, το ηλιακό κύτταρο δεν αλλοιώνεται κατά τη διαδικασία της ενεργειακής μετατροπής και δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, γιατί μέσα του δεν εξελίσσεται καμία χημική αντίδραση.

Εάν τοποθετήσουμε ένα τέτοιο Φ/Β κύτταρο κάτω από τον ήλιο, παράγει 1,5W ηλεκτρικής ισχύος, ενώ δημιουργείται μεταξύ των μεταλλικών επαφών του ηλιακού κυττάρου μια συνεχής τάση, που κυμαίνεται ανάλογα με το υλικό.

Εξαιτίας του ότι η τάση στα άκρα των ακροδεκτών εξαρτάται απόλυτα από την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας, και το ρεύμα που διαρρέει το κύτταρο εξαρτάται από αυτή. Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα παραπάνω είναι ότι η ισχύς που αποδίδει το ηλιακό κύτταρο μεταβάλλεται σε μια ευρεία περιοχή, που είναι ανάλογη της ακτινοβολούμενης έντασης φωτισμού. Ως βαθμό απόδοσης ενός ηλιακού κυττάρου, θεωρούμε το επί τοις εκατό ποσοστό της φωτεινής ισχύος εισόδου, που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ εξόδου.

Τα σημερινά αποδεκτά ηλιακά κύτταρα της αγοράς έχουν βαθμό απόδοσης μεταξύ του 10% και του 20%. Στο εργαστήριο έχει επιτευχθεί βαθμός απόδοσης 25% για ηλιακά κύτταρα GaAs. Αναμένεται ότι η μέγιστη απόδοση για τις εμπορικές συσκευές πυριτίου θα συνεχίσει να αυξάνεται ελαφρά και στο μέλλον θα φθάσει το 17% έως 20% από 13% έως 15% που είναι σήμερα.

Στην πράξη δύο ή περισσότερες βαθμίδες (στρώσεις) μπορούν να διαταχθούν η μια πίσω από την άλλη.



Κάθε βαθμίδα κατασκευάζεται για ειδική φασματική περιοχή της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτά ονομάζονται κύτταρα πολλών βαθμίδων (multi-junction cells). Για κύτταρα δύο βαθμίδων η μέγιστη θεωρητική απόδοση είναι 35%. Θεωρητικά για άπειρο αριθμό βαθμίδων ο βαθμός απόδοσης μπορεί να φθάσει το 54%.

Όπως φαίνεται, η πρόοδος του ηλιακού κυττάρου στον τομέα του βαθμού απόδοσης είναι σχετικά μικρή. Ένα σημερινό τυπικό εμπορικό μοντέλο δεν έχει υψηλότερο βαθμό απόδοσης από μία καλή διαστημική συσκευή του τέλους της δεκαετίας του '60. Παρ' όλα αυτά για τους ειδικούς των φωτοβολταϊκών κυττάρων το ζήτημα της βελτίωσης του βαθμού απόδοσης αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση.

Στη σημερινή αγορά των ηλιακών κυττάρων και συστημάτων χρησιμοποιούνται τέσσερις διαφορετικοί τύποι ημιαγωγικών υλικών: το κρυσταλλικό πυρίτιο, το άμορφο πυρίτιο και μετά το 1986 τα  $\text{CuInSe}_2$  και  $\text{CdTe}$ . Το κρυσταλλικό πυρίτιο είναι το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία ημιαγωγών. Λόγω του ότι υπάρχει μαζική παραγωγή για το κρυσταλλικό πυρίτιο, καθώς επίσης και λόγω της εξαιρετικής σταθερότητας που εμφανίζει, πράγμα που εξασφαλίζει μεγάλη διάρκεια ζωής στο ηλιακό κύτταρο, κατέκτησε τα 3/4 της αγοράς.

Παράλληλα με το κρυσταλλικό πυρίτιο επεκτάθηκε τα τελευταία χρόνια και η χρήση του άμορφου πυρίτιου. Το άμορφο πυρίτιο κατέκτησε την αγορά των μικρών εφαρμογών, όπως ρολογιών, υπολογιστικών μηχανών τσέπης, όπου χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά, και μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται κρυσταλλική σιλικόνη ή  $\text{CdTe}$ . Εξαιτίας όμως του μικρού βαθμού μετατροπής και των άλυτων προβλημάτων της μακροχρόνιας σταθερότητας, δε χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερες εφαρμογές.

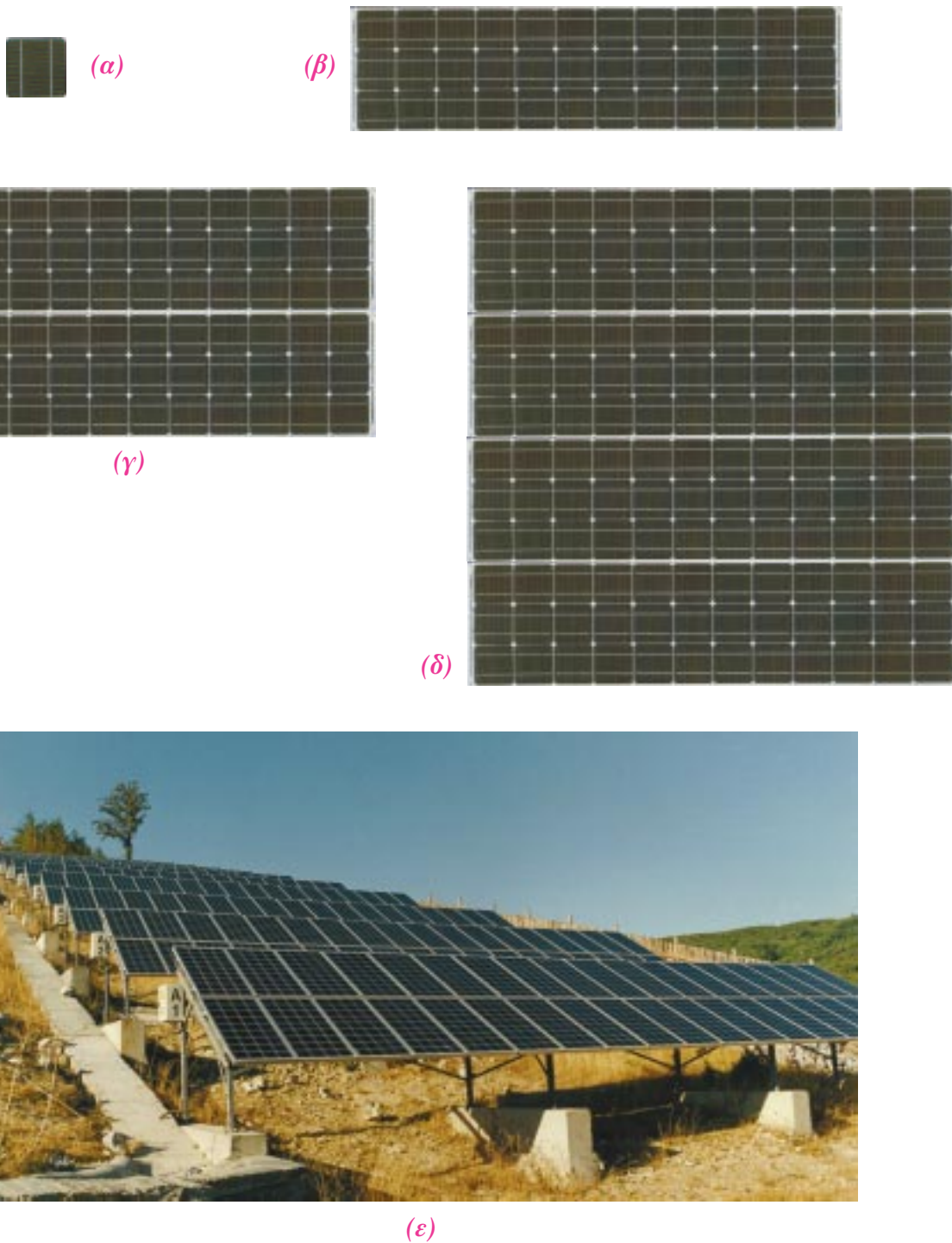
Το ηλιακό κύτταρο είναι σχετικά μικρό σε διαστάσεις, περίπου  $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ , και παράγει επίσης χαμηλή τάση. Η τάση που παράγει το Φ/Β μεταβάλλεται ελάχιστα με την ένταση της ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το παραγόμενο ρεύμα, το οποίο είναι ανάλογο της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν αυξάνεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνεται και το ρεύμα που παράγεται από το Φ/Β κύτταρο.

Τα Φ/Β κύτταρα είναι σκούρα στο χρώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απορροφούν μεγαλύτερα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας και να αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας όμως, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της τάσης που δημιουργείται στα άκρα του Φ/Β κυττάρου. Πάνω από τους  $25^\circ\text{C}$  για κάθε ένα παραπάνω βαθμό υπάρχει αντίστοιχη μείωση της απόδοσης κατά 0,4%.

Για να εξασφαλίσουμε τις επιθυμητές τιμές τάσης και ρεύματος, τοποθετούμε αντίστοιχα πολλά Φ/Β κύτταρα σε σειρά και παράλληλα. Για παράδειγμα, εάν ένα Φ/Β στοιχείο έχει τάση 0,6V και συνδέσω 20 τέτοια στοιχεία σε σειρά, τότε η δημιουργούμενη τάση στα άκρα είναι 12V.

Οι συνδέσεις των κυττάρων μεταξύ τους γίνονται πίσω από μία γυάλινη επιφάνεια, πάνω στην οποία τοποθετούνται τα κύτταρα. Η γυάλινη πλάκα ενισχύεται με ένα πλαίσιο από αλουμίνιο ή από ευγενή χάλυβα που βελτιώνει τη σταθερότητά της. Αυτό λέγεται **ηλιακή γεννήτρια ή Φ/Β πλαίσιο**. Το συνηθέστερο μέγεθος μιας ηλιακής γεννήτριας κυμαίνεται μεταξύ του 0.25 έως 1  $\text{m}^2$ . Για μεγαλύτερη ισχύ χρειαζόμαστε περισσότερες ηλιακές γεννήτριες συνδεδεμένες μεταξύ τους. Μια τέτοια σύνθεση λέγεται **Φ/Β Πανέλο**. Πολλά τέτοια σε σειρά ή παράλληλα μας κάνουν μια **Φ/Β Συστοιχία**. Πολλές τέτοιες μαζί διαμορφώνουν ένα **Φ/Β Πάρκο ή Φ/Β Σύστημα**. Όλα αυτά απεικονίζονται στο σχήμα 8.21.





Σχ. 8.21:

α) Φ/Β κύτταρο β) Φ/Β πλαίσιο του εμπορίου, γ) Φ/Β πάνελ,  
δ) Φ/Β Συστοιχία και ε) Φ/Β Πάρκο.

Χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίου:  $V_m = 17.3 \text{ V}$ ,  $I_m = 2.31 \text{ A}$ ,  $P_m = 40 \text{ Wp}$

Χαρακτηριστικά Φ/Β πάνελ:  $V_m = 69.2 \text{ V}$ ,  $I_m = 2.31 \text{ A}$  εάν τα 4 πλαίσια συνδεθούν σε σειρά &  $V_m = 17.3 \text{ V}$ ,  $I_m = 9.24 \text{ A}$  εάν τα 4 πλαίσια συνδεθούν παράλληλα

Γενικά, τα Φ/Β Συστήματα εμφανίζονται σε τρεις διαφορετικού τύπου εφαρμογές:

## 1. Αυτοδύναμα ή Αυτόνομα Φ/Β Συστήματα

Τέτοιου είδους Φ/Β συστήματα είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο και όπου είναι δύσκολη η μεταφορά καυσίμου σε περίπτωση που χρησιμοποιούνταν μία γεννήτρια ντίζελ. Τα συστήματα αυτά απαιτούν μπαταρίες για την εξασφάλιση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις νυκτερινές ώρες ή σε μέρες συννεφιάς.

## 2. Φ/Β Συστήματα Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο

Τα συστήματα αυτά βρίσκονται εγκατεστημένα κοντά σε ήδη υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο και παρέχουν την ηλεκτρική τους ισχύ σε αυτό.

## 3. Φ/Β σε Υβριδικά Συστήματα

Τα Υβριδικά συστήματα αποτελούνται από διάφορες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας ανανεώσιμες και συμβατικές.

Για παράδειγμα, αναφέρεται το Φωτοβολταϊκό Σύστημα των 20MW στην Αυστραλία από την BP Solar Australia. Ας σημειωθεί, ότι αυτό και μόνο μπορεί να καλύψει τις ανάγκες 10.000 σπιτιών, ενώ το κάρβουνο που θα καιγόταν, για να τις καλύψει, θα απελευθέρωνε περί τους 8.000 τόνους CO<sub>2</sub> το χρόνο!

**Τα πλεονεκτήματα των Φ/Β Συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:**

- Παράγουν “**δωρεάν**” ηλεκτρική ενέργεια από τον Ήλιο.
- Δεν έχουν κινούμενα μέρη και **παράγουν ισχύ αθόρυβα**.
- **Δε ρυπαίνουν** το περιβάλλον με αέρια ή με άλλα κατάλοιπα.
- Μπορούν να λειτουργήσουν **αυτόνομα** και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε **απομονωμένες περιοχές**.
- Δεν **καταναλώνουν** καύσιμο.
- Μπορούν εύκολα να λειτουργήσουν **παράλληλα** με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Λειτουργούν **χωρίς προβλήματα** κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
- Είναι **επεκτάσιμα** ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο.

**Τα μειονεκτήματα των Φ/Β συνοψίζονται στα ακόλουθα:**

- **Υψηλό κόστος** των Φ/Β Κυττάρων αλλά και των μπαταριών, των μετατροπών και των φορτιστών.
- Απαίτηση χρήσης σχετικά **μεγάλων επιφανειών** για την εγκατάστασή τους λόγω της μικρής απόδοσης.

Συνεπώς, η εφαρμογή και η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική για όλες τις αναπτυσσόμενες χώρες, άρα και για την Ελλάδα μας που έχει πλούσια ηλιοφάνεια. Αλλά ακόμα και για τις βιομηχανικές χώρες, τα Φ/Β συστήματα αποτελούν το κλειδί για την παραγωγή αποκεντρωμένης ενέργειας.

Τα Ελληνικά νησιά προσφέρονται για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων για τους παρακάτω λόγους:

- α) συνήθως παρουσιάζεται σημαντική έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας ιδιαίτερα το καλοκαίρι,
- β) οι περισσότερες περιοχές είναι απομονωμένες και οι τυπικές ανάγκες είναι μικρές, αφού οι οικισμοί είναι μικροί και διάσπαρτοι, και
- γ) οι συνθήκες λειτουργίας είναι πολύ καλές λόγω των υψηλών ποσοστών ηλιακής ακτινοβολίας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών από τη ΔΕΗ πλησιάζει τα 230 kWp, ενώ στο σύνολο της

χώρας η εγκατεστημένη ισχύς πλησιάζει τα 900 kWp. Οι κυριότερες εφαρμογές στην Ελλάδα έχουν γίνει στις περιοχές:

1. Κύθνος (ισχύος αιχμής 100 kWp)
2. Αρκιών (ισχύος αιχμής 25 kWp)
3. Γαύδος (ισχύος αιχμής 20 kWp)
4. Αντικύθηρα (ισχύος αιχμής 25 kWp)
5. Αγ. Ρούμελη (ισχύος αιχμής 50 kWp)

Τα Φ/Β κύτταρα υπό μορφή Φ/Β συστημάτων βρίσκουν εφαρμογή όπου υπάρχει ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια με τάση από 1-240 Volts. Είναι η ιδανική λύση για εφαρμογές μέχρι μερικά kW. Μερικές τέτοιες εφαρμογές φαίνονται στο σχήμα 8.22.



**Σχ. 8.22: Εφαρμογές Φ/Β συστημάτων: α) Τροφοδότηση τηλεπικοινωνιακού σταθμού (αναμεταδότης), β) Τροφοδότηση κατοικίας και γ) σε ιχθυοκαλλιέργεια.**

Το **κόστος** των Φ/Β μπορεί να μειωθεί μέσω δύο μηχανισμών. Αυτοί είναι:

- Ανάπτυξη νέων τεχνικών επεξεργασίας, οι οποίες θα οδηγήσουν σε μία αξιόλογη μείωση του κόστους.
- Ανάπτυξη μιας μεγάλης αγοράς, η οποία με την επίδραση του ανταγωνισμού θα οδηγήσει σε συμπίεση του κόστους.

Σήμερα, ένα Φ/Β σύστημα κοστίζει περίπου 2.500.000 δραχμές για κάθε εγκατεστημένο kW.

# Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε παρουσίαση της Ηλιακής Ενέργειας ως Ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος, καθώς και εφαρμογές εκμετάλλευσης αυτής. Για να γίνει αυτό αναλύθηκε πρώτα η φύση της ηλιακής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι τρόποι διάδοσης και μεταφοράς της. Την Ηλιακή ενέργεια είναι δυνατόν να την εκμεταλλευτούμε άμεσα με δύο κυρίως τρόπους:

A. Εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό γίνεται με τα παθητικά και με τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Παρουσιάστηκαν διάφορες εφαρμογές ηλιακών συστημάτων με σκοπό τη θέρμανση χώρων από την ηλιακή ενέργεια. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται σήμερα σε όλο τον κόσμο.

B. Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αυτό γίνεται πραγματικότητα με τα Φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα που αποτελούνται από Φ/Β κύτταρα. Γίνονται τεχνολογικές προσπάθειες με σκοπό τη σταδιακή μείωση του κόστους και τη βελτίωση της απόδοσής τους. Αυτό θα τα καταστήσει ανταγωνιστικά των άλλων αυτόνομων συστημάτων.

Είναι μεγάλη ανάγκη για βελτίωση των υπάρχοντων και εξεύρεση νέων τεχνικών εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και κυρίως της ηλιακής ενέργειας. Η ανάγκη έγκειται στην απαίτηση ενός καθαρού και οικολογικά αποδεκτού περιβάλλοντος, καθώς και στην προοπτική εξάντλησης των συμβατικών ενεργειακών αποθεμάτων (πετρέλαιο, κάρβουνο). Όλα δείχνουν ότι η αγορά για όλες τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας θα πρέπει να επεκταθεί περισσότερο στο μέλλον. Οι αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου παγκοσμίως πριν την αυγή της νέας χιλιετίας συνηγορούν υπέρ της αναγκαιότητας της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## Ερωτήσεις

- 1) Αναφέρατε Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας που προέρχονται μερικά ή ολικά τον Ήλιο. Περιγράψτε πώς γίνεται αυτό.
- 2) Τι είναι εντροπία; Δώστε δύο παραδείγματα.
- 3) Πώς γίνεται η παραγωγή και η διάδοση της ηλιακής ενέργειας;
- 4) Αναφέρατε τα είδη της ηλιακής ακτινοβολίας και περιγράψτε τη φύση της.
- 5) Τι είναι ειδική θερμότητα και ποια η μονάδα μέτρησής της; Ποιο υλικό έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα;
- 6) Με ποιους τρόπους αποθηκεύουμε και εκμεταλλευόμαστε την ηλιακή ενέργεια;
- 7) Περιγράψτε τις αρχές λειτουργίας των Παθητικών ηλιακών συστημάτων.
- 8) Περιγράψτε αναλυτικά: Παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους.
- 9) Περιγράψτε αναλυτικά: Παθητικό ηλιακό σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους.
- 10) Περιγράψτε αναλυτικά: Παθητικό ηλιακό σύστημα τύπου θερμοκηπίου.
- 11) Περιγράψτε τις αρχές λειτουργίας των Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.
- 12) Περιγράψτε τη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών (επίπεδων και κενού).
- 13) Με ποιους τρόπους γίνεται η μεταφορά θερμότητας; Περιγράψτε τις βασικές αρχές που τους διέπουν.
- 14) Πού βρίσκουν εφαρμογή τα ΚΕΗΣ;
- 15) Τι είναι ακτινοβολία μέλανος σώματος;

- 16) Πώς, με ποιο μέσο και τρόπο γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική;
- 17) Ορίστε την απόδοση ενός Φ/Β κυττάρου.
- 18) Ποια είναι τα μέρη ενός Φ/Β Πάρκου;
- 19) Αναφέρατε τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Φ/Β Συστημάτων.
- 20) Αναφέρατε εφαρμογές Φ/Β συστημάτων.

## Εργασίες

- α) Κατασκευάστε μία διάταξη που να μπορεί να εκμεταλλευτεί τη θερμική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας.
- β) Προμηθευτείτε ένα Φωτοβολταϊκό Κύτταρο και κάντε διάφορα πειράματα παράγοντας φως και κίνηση με ένα λαμπάκι και ένα μικρό μοτέρ. Προσαρμόστε το σε μία μικρή, χάρτινη κατασκευή με ρόδες...