



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**  
**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**  
**και Βιομηχανικού Σχεδιασμού**

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

**“Σχεδιασμός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος”**



**Του: Ιωάννη Κασάπογλου**

Επιβλέπων καθηγητής: Κακούλης Κωνσταντίνος

Κοζάνη 2020

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	2
Περίληψη.....	3
Κεφάλαιο 1- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	4-31
1.1 Εισαγωγή.....	4-5
1.2 Η ιστορία της ηλιακής ενέργειας.....	
1.2.1 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	6-7
1.2.2 Η πρώτη ηλιακή μονάδα και η εξήγηση του ηλιακού φαινομένου από τον Einstein.....	8-9
1.2.3 Η πρώτη ηλιακή κυψέλη της Bell Labs και η ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας.....	10-11
1.3 Το ηλιακό σύστημα.....	12-17
1.3.1 Ήλιος και ηλιακή ενέργεια.....	12-13
1.3.2 Οι περιοχές του ήλιου.....	13-16
1.3.3 Πως ο ήλιος παράγει ενέργεια.....	16-17
1.4 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	18-26
1.4.1 Οι ηλιακές κυψέλες.....	18-19
1.4.2 Τι είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	20-22
1.4.3 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	23-26
1.5 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	27-28
1.6 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	29
1.7 Ερωτήματα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	30-31
Κεφάλαιο 2- Σχεδιασμός του Συστήματος.....	32-45
2.1 Η ιδέα.....	32-33
2.2 Σχέδια Κατασκευής.....	34-45
Κεφάλαιο 3- Κατασκευή της βάσης στήριξης.....	46-53
3.1 Λίστα Υλικών.....	46
3.2 Κοπές-Προετοιμασία Υλικών.....	47-53
Κεφάλαιο 4- Κατασκευή του φωτοβολταϊκού Πάνελ.....	54-61
4.1 Τα φ/β στοιχεία.....	54
4.2 Η καλωδιωτική διασύνδεση.....	54
4.3 Τα υλικά για την κατασκευή του πάνελ.....	54
4.4 Κατασκευή πάνελ βήμα προς βήμα.....	55-61
Βιβλιογραφία.....	62

## Περίληψη

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για προσωπική χρήση. Άξονες σχεδιασμού του αποτέλεσαν η απλότητα της κατασκευής της βάσης στήριξης , η αντοχή , η εύκολη πρακτικότητα και η εύκολη λειτουργικότητα , το μειωμένο κόστος και τέλος η επεκτασιμότητα.

Αρχικά γίνεται μια εκτενής αναφορά στην ιστορία των φωτοβολταϊκών συστημάτων , το πότε κατασκευάστηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό σύστημα καθώς και η εξέλιξη τους μέχρι και σήμερα. Το πώς λειτουργεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα και το γιατί να προτιμήσει κάποιος ένα τέτοιο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη συνέχεια περιγράφεται mind map και αναδεικνύονται οι επιμέρους ιδέες και οι πηγές έμπνευσης. Ακολούθως περιγράφονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με στοιχεία σχετικά με το υλικό, τις διαστάσεις και το κόστος. Στην συνέχεια περιγράφεται η κατασκευή και παρατίθενται σχετικές φωτογραφίες. Τέλος στα συμπεράσματα αξιολογείται το αποτέλεσμα με γνώμονα τη συμμόρφωσή τους στους βασικούς άξονες το σχεδιασμού του.

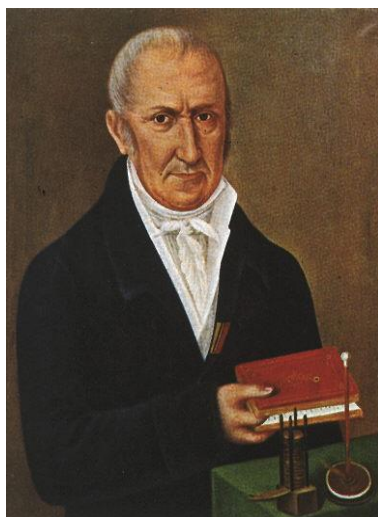
## Κεφάλαιο 1-Τα φωτοβολταϊκά συστήματα

### 1.1 Εισαγωγή

Η λέξη φωτοβολταϊκό είναι μια σύνθετη λέξη και προκύπτει από την σύνδεση δυο λέξεων. Της λέξης φως και της λέξης βολτ. Η λέξη φως παρουσιάζεται με πολλές έννοιες και στην συγκεκριμένη περίπτωση εννοούμε την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα στο ορατό φάσμα και διακρίνεται με τον οφθαλμό δηλαδή το μάτι του ανθρώπου . Η λέξη βολτ είναι μια λέξη με γαλλικές ρίζες και εκφράζει την μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης και προέρχεται από τον Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta ιταλό φυσικό ο οποίος έγινε γνωστός για την εφεύρεση της πρώτης ηλεκτρικής μπαταρίας το 1800.

Γεννήθηκε και σπούδασε στο Κόμο (Como) του Πελεντριου. Οι γονείς του Φίλιππος Βόλτα (*Filippo Volta*) και η Μαρία Μανταλένα Ινζάγκι (*Maria Maddalena Inzaghi*), τον έστειλαν σε χριστιανικό σχολείο με σκοπό να γίνει δικηγόρος. Το 1774 έγινε καθηγητής της φυσικής στο γυμνάσιο του Κόμο. Το πάθος του ήταν πάντα η μελέτη της ηλεκτρικής ενέργειας και ενώ ακόμα ήταν νέος σπουδαστής έγραψε και ποίημα στα λατινικά σε αυτήν την συναρπαστική νέα ανακάλυψη. Το πρώτο επιστημονικό έγγραφό του, είχε τον τίτλο *De vi Attractive ignis electrici ac phaenomenis inde pendentibus*. Πολύ νέος δημοσίευσε την πρώτη του πραγματεία πάνω στη «λουγδουνική λάγηνο», έναν νέο βελτιωμένο τύπο ηλεκτροσκοπίου. Το επίτευγμα αυτό του χάρισε τον τίτλο του καθηγητή φυσικής στη γενέτειρά του, το Κόμο, αλλά και τον τίτλο του επίτιμου μέλους της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου. Το 1778 ανακάλυψε και απομόνωσε το αέριο μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ). Η επόμενη επινοήσή του ήταν το «ηλεκτροφόρο», δηλαδή δύο μεταλλικές πλάκες, η μία από εβονίτη και η άλλη με μονωτική λαβή που αλληλοφορτίζονταν θετικά και αρνητικά. Κατ' ουσία αυτή ήταν η πρώτη μπαταρία. Ακολούθησαν οι ανακαλύψεις του ευδιόμετρου, του «ηλεκτρικού πιστολιού», της άσβηστης «λυχνίας υδρογόνου» και ως επακόλουθο η έδρα φυσικής το 1779 στο πανεπιστήμιο της Παβίας . Το 1780 ο Λουίτζι Γκαλβάνι, φίλος του Βόλτα, ανακάλυψε ότι η επαφή δυο διαφορετικών μετάλλων, μέσω του ιστού ενός βατράχου, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Ο Βόλτα άρχισε να πειραματίζεται το 1794 χρησιμοποιώντας μόνο τα μέταλλα και διαπίστωσε ότι ο ζωικός ιστός δεν ήταν απαραίτητος για την παράγωγη του ηλεκτρικού ρεύματος και το 1800 κατάφερε να κατασκευάσει την πρώτη ηλεκτρική (βολταϊκή) στήλη (μπαταρία) Το 1801 παρουσίασε την ηλεκτρική στήλη του στο Μέγα Ναπολέοντα, ο οποίος τον ανακήρυξε Κόμη και Γερουσιαστή στο Βασίλειο της Λομβαρδίας. Το 1815 ο αυτοκράτορας της Αυστρίας τον όρισε διευθυντή της Φιλοσοφικής Σχολής του Πανεπιστημίου της Πάντοβα. Ο Βόλτα εισήγαγε τις έννοιες του δυναμικού (τάσης) και της ηλεκτρικής χωρητικότητας. Εφηύρε τη βολταϊκή στήλη (ηλεκτρική μπαταρία), το ηλεκτρόμετρο και το ευδιόμετρο.

Αργότερα μαζί με τους Λαβουαζιέ και Λαπλάντ συμμετείχε σε πειράματα για τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό, ενώ με τον Γκαλβάνι πειραματίστηκε πάνω στον ζωικό ηλεκτρισμό. Διαμάχη, όμως, με τον τελευταίο οδήγησε τον Βόλτα σε πυρετώδεις προσωπικές μελέτες, που του έδωσαν το δικαίωμα το 1800 να ανακοινώσει τη σπουδαιότερη ανακάλυψη της πρώτης πηγής συνεχούς ρεύματος, της περίφημης «βολταϊκής στήλης» με ηλεκτρόδια από χρυσό (+) και ψευδάργυρο (-) και ηλεκτρολύτη θεικό οξύ. Ο Μέγας Ναπολέων για να τον τιμήσει του απένειμε τον τίτλο του κόμη της Λομβαρδίας, ενώ πολύ αργότερα, το 1881, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έδωσε προς τιμήν του το όνομα βολτ στη μονάδα τάσης του ρεύματος.



**Εικόνα 1.1.1 Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta**

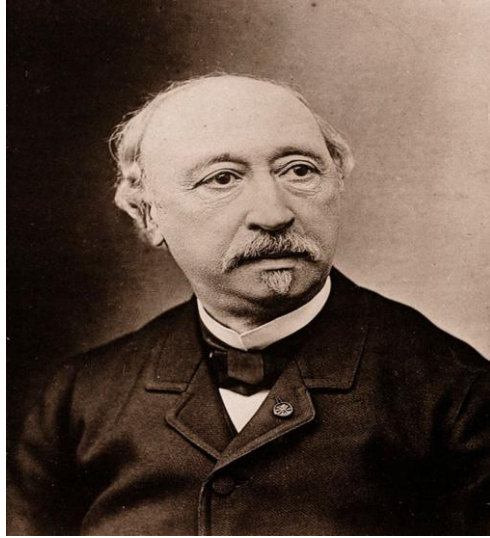
Ανακοινώνοντας την ανακάλυψη του βολταϊκού σωρού, ο Βόλτα αποδίδει φόρο τιμής στις επιρροές των Γουίλιαμ Νίκολσον, Τιβέριο Καβάλο, και Αβραάμ Μπένετ.

Η μπαταρία που δημιουργήθηκε από τον Βόλτα πιστώνεται ως το πρώτο ηλεκτροχημικό κελί. Αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια: ένα κράμα ψευδάργυρου και το άλλο από **χαλκό**. Ο ηλεκτρολύτης είναι είτε θεικό οξύ που αναμειγνύεται με νερό ή άρμη. Ο ηλεκτρολύτης υπάρχει με τη μορφή  $2\text{H}^+$  και  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ο ψευδάργυρος, που είναι υψηλότερος στην ηλεκτροχημική σειρά τόσο από τον χαλκό και τον υδρογόνο, αντιδρά με το αρνητικά φορτισμένο θεικό άλας ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Τα θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια) συλλαμβάνουν ηλεκτρόνια από το χαλκό, σχηματίζοντας φυσαλίδες αερίου υδρογόνου,  $\text{H}_2$ . Ωστόσο, αυτή κυψελίδα έχει επίσης μερικά μειονεκτήματα. Δεν είναι ασφαλής στην χρήση, δεδομένου ότι το θεικό οξύ, έστω και αραιωμένο, μπορεί να είναι επικίνδυνο. Επίσης, η ισχύς του κυττάρου ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου, επειδή το αέριο υδρογόνο δεν απελευθερώνεται. Αντ' αυτού, συσσωρεύεται στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου ψευδαργύρου και σχηματίζει ένα φραγμό μεταξύ του μετάλλου και του διαλύματος του ηλεκτρολύτη.

## 1.2 Η ιστορία της ηλιακής ενέργειας

### 1.2.1 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η ανάπτυξη της ηλιακής τεχνολογίας ξεκίνησε το 1839 με την έρευνα του Γάλλου φυσικού Alexander Edmond Becquerel (1820-1891). Ο Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο PV ενώ πειραματίστηκε με ένα στερεό ηλεκτρόδιο σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Στην ηλικία των 19 ετών, στο εργαστήριο του πατέρα του το χλωριούχο άργυρο τοποθετήθηκε σε όξινο διάλυμα και φωτίστηκε ενώ συνδέθηκε με ηλεκτρόδια πλατίνας.



Εικόνα 1.2.1 Alexander Edmond Becquerel

Κατά τη διάρκεια του πειράματος ο Becquerel αναγνώρισε ότι μια τάση είχε αναπτυχθεί όταν το φως έπληξε το ηλεκτρόδιο. Το φωτοβολταϊκό εφέ καλείται μερικές φορές το εφέ Becquerel.

Ο Willoughby Smith (1828-1891) ήταν ένας Άγγλος ηλεκτρολόγος μηχανικός που ανακάλυψε τη φωτογραφική αγωγιμότητα του στοιχείου σελήνιο. Αυτή η ανακάλυψη οδήγησε τελικά στην εφεύρεση φωτοηλεκτρικών κυττάρων. Το 1848 άρχισε να εργάζεται για την εταιρεία Gutta Serena στο Λονδίνο όπου ανέπτυξε σύρματα σιδήρου και χαλκού μονωμένα για χρήση ως σύρματα κάτω από νερό. Το 1849 ο Σμιθ επέβλεψε την κατασκευή και τοποθέτηση 30 μιλίων υποβρύχιου καλωδίου τηλεγραφίας από το Ντόβερ της Αγγλίας στο Calais της Γαλλίας.

Το 1873 ο Σμιθ ανέπτυξε μια μέθοδο για τη συνεχή δοκιμή ενός υποβρύχιου καλωδίου καθώς είχε τοποθετηθεί. Για το κύκλωμα δοκιμής του χρειαζόταν ένα ημιαγώγιμο υλικό με υψηλή αντίσταση και επιλεγμένες ράβδους σεληνίου. Το Σελήνιο φάνηκε να κάνει τη δουλειά στο εργαστήριο, αλλά στην πράξη η συσκευή ήταν ασυνεπής. Ανακάλυψε όμως ένα εργαστηριακό πείραμα ότι η αγωγιμότητα των ράβδων σεληνίου αυξήθηκε σημαντικά όταν εκτίθεται σε ηλιακό φως. Ο Σμιθ περιέγραψε την << Επίδραση του Φωτός στο Σελήνιο κατά τη Μετάβαση ενός Ηλεκτρικού Ρεύματος >> σε ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε στο τεύχος του Φύση το 1873.

Ο καθηγητής Willam Grylls Adams του Kings College στην Αγγλία και ο μαθητής του Richard Evans Day ανακάλυψαν ότι το Σελήνιο παράγει ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτίθεται στο φως του ηλίου και απέδειξαν ότι ήταν δυνατό να μετατραπεί η ηλιακή ενέργεια χωρίς κινούμενα μέρη ή θερμότητα. Στα τέλη της δεκαετίας του 1870 υπέβαλαν σελήνιο σε πολλά πειράματα και σε μια από αυτές τις δοκιμές άναψαν ένα κερί μια ίντσα μακριά από τις ίδιες ράβδους σεληνίου που είχε χρησιμοποιήσει ο Willoughby Smith.



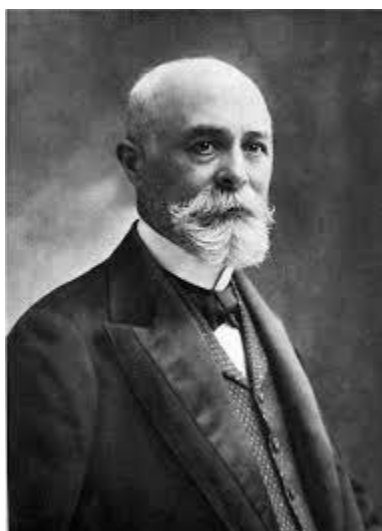
Εικόνα 1.2.2 Willam Grylls Adams

Η βελόνα στη συσκευή μέτρησης αντέδρασε αμέσως. Ο έλεγχος του σεληνίου από το φως προκάλεσε τη βελόνα να πέσει στο μηδέν αμέσως. Αυτές οι γρήγορες αποκρίσεις απέκλεισαν την πιθανότητα ότι η θερμότητα της φλόγας των κεριών παρήγαγε το ρεύμα ( γνωστό και ως θερμική ενέργεια ). Όταν εφαρμόστηκε η αποσύρθηκε θερμότητα σε θερμοηλεκτρικά πειράματα , η βελόνα παρακολούθησης ανέβαινε ή έπεφτε πάντα πολύ αργά. Αυτό προφανώς δεν συνέβαινε όταν εφαρμόστηκε κάποια μορφή φωτός. Ένωσαν σίγουροι ότι είχαν ανακαλύψει κάτι εντελώς νέο ότι αυτό το φως προκάλεσε ροή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός στερεού υλικού.

Οι Adams και Day χαρακτήρισαν το ρεύμα που παράγεται από το φως φωτοηλεκτρικό. Ωστόσο οι σύγχρονοι επιστήμονες αναφέρονται σε αυτό το φαινόμενο ως φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

## 1.2.2 Η πρώτη ηλιακή μονάδα και η εξήγηση του ηλιακού φαινομένου από τον Einstein

Η πρώτη πραγματική λειτουργική μονάδα ηλιακής ενέργειας κατασκευάστηκε το 1883 από τον Charles Edgar Fritts έναν Αμερικανό εφευρέτη, ο οποίος κατασκεύασε δομοστοιχεία με επικάλυψη μια ευρείας πλάκας χαλκού με σελήνιο και στη συνέχεια το έβαλε με ένα εξαιρετικά λεπτό ημιδιαφανές στρώμα χρυσού φύλλου. Ο Fritts ανέφερε ότι η μονάδα παρήγαγε ένα ρεύμα που είναι συνεχές σταθερό και με μεγάλη δύναμη. Το ρεύμα ανταποκρίθηκε όχι μόνο στο φως του ηλίου αλλά στο σκοτεινό φως της ημέρας και ακόμη και στο φως των κεριών. Ο Fritts πρότεινε ότι μπορεί να δούμε τη φωτοηλεκτρική πλάκα να ανταγωνίζεται με εργοστάσια ορυκτών καυσίμων. Σε υλικά όπως το σελήνιο τα μερικά φωτόνια φέρνουν αρκετή ενέργεια για να χτυπήσουν τα ηλεκτρόνια που δεν κρατιούνται καλά από τις ατομικές τους τροχιές. Όταν τα καλώδια συνδέονται με τις ράβδους σεληνίου τα απελευθερωμένα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω αυτών με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας.

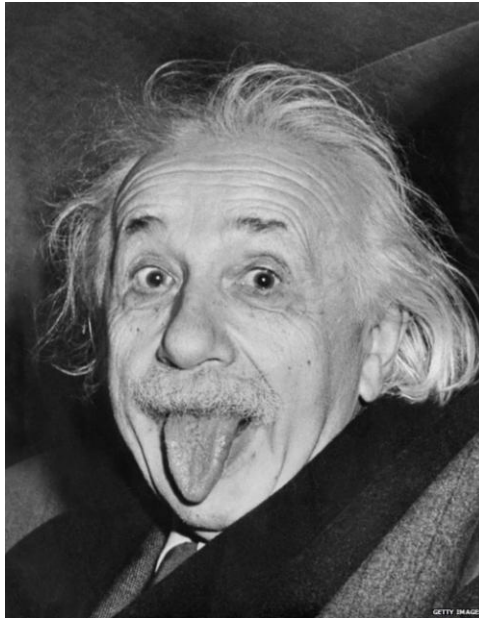


Εικόνα 1.2.2.1 Charles Edgar Fritts 1883

Οι προκύπτουσες μονάδες είχαν απόδοση ηλεκτρικής μετατροπής μόλις 1% λόγω των ιδιοτήτων του σεληνίου. Εκτός από το κόστος του σεληνίου το υψηλό κόστος του χρυσού έκανε αυτές τις πρώτες ηλιακές μονάδες να μην είναι εμπορικά εφικτές. Ωστόσο ο Fritts έστειλε ένα από τα ηλιακά του πάνελ στον Werner von Siemens του οποίου η τεχνική φήμη κατατάχθηκε εκεί με τον Thomas Edison. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των πάνελ όταν τοποθετήθηκε κάτω από το φως εντυπωσίασε τη Siemens που ο Γερμανός επιστήμονας παρουσίασε το πάνελ του Fritts στη βασιλική ακαδημία της Πρωσίας. Η Siemens δήλωσε στον επιστημονικό κόσμο ότι οι ενότητες των Αμερικανών παρουσίασαν για πρώτη φορά την άμεση μετατροπή της ενέργειας του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια.



Ο Albert Einstein πίστευε ότι η επιστήμη του 1800 απέτυχε να προβλέψει όλη τη ροή ενέργειας από τον ήλιο. Σε μια διάσημη εφημερίδα που δημοσιεύθηκε το 1905 ο Einstein υποστήριξε ότι το φως είχε ένα χαρακτηριστικό που δεν είχε ακόμη αναγνωριστεί. Ο Einstein είπε ότι το φως περιέχει πακέτα ενέργειας τα οποία ονόμασε ελαφριά κβάντα τα λεγόμενα φωτόνια. Πρότεινε ότι η ποσότητα ισχύος που μεταφέρει το φως κβάντα ποικίλλει ανάλογα με το μήκος κύματος του φωτός δηλαδή όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος τόσο περισσότερη η ισχύ.



**Εικόνα 1.2.2.2 Albert Einstein 1905**

Το μικρότερο μήκος κύματος για παράδειγμα περιέχει φωτόνια που είναι περίπου τέσσερις φορές ισχυρότερα από αυτά του μακρύτερου. Η νέα περιγραφή του φωτός του Einstein σε συνδυασμό με την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου και την εξάντληση της έρευνας για την συμπεριφορά του όλα που συνέβησαν στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και στην αρχές του εικοστού παρείχαν στη φωτοηλεκτρική ενέργεια ένα επιστημονικό πλαίσιο που είχε προηγουμένως. Η θεωρία θα μπορούσε τώρα να εξηγήσει το φαινόμενο με όρους κατανοητούς στην επιστήμη. Σε υλικά ημιαγωγών τα φωτόνια μπορούν να χτυπήσουν ηλεκτρόνια από τις ατομικές τους τροχιές και εάν συνδεθούν σωστά από ένα κύκλωμα θα μπορούσαν να παράγουν αρκετή ενέργεια για να κάνουν εργασία.

Ωστόσο οι πρώτοι πρωτοπόροι στη φωτοηλεκτρική ενέργεια απέτυχαν να επιτύχουν τους στόχους που είχαν θέσει καθώς η αποδοτικότητα μετατροπής παρέμεινε ένα τοις εκατό η λιγότερο για τα πρώτα 50 χρόνια το εικοστού αιώνα. Η Maria Telkes επιστήμονας του MIT είπε ότι τα φωτοβολταϊκά κύτταρα θα είναι οι αποτελεσματικοί μετατροπής της ηλιακής ενέργειας εάν αναπτυξιακά βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά τους.

### 1.2.3 Η πρώτη ηλιακή κυψέλη της Bell Labs και η ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας

Τον Απρίλιο του 1954 μια ελαφρώς τροποποιημένη γκοφρέτα πυριτίου που ονομάζεται

<< ηλιακό στοιχείο >> που μετέτρεψε το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια αποκαλύφθηκε από τα Bell Telephone Laboratories στο Murray Hill. Το ηλιακό κύτταρο ήταν μια ανάπτυξη της έρευνας τρανζίστορ. Δούλεψε με απόδοση μόλις 6 τοις εκατό κάτι που ήταν συγκρίσιμο με την απόδοση ενός τυπικού βενζινοκινητήρα εκείνη την εποχή. Οι εφευρέτες ήταν ο Gerald L. Pearson, Daryl M. Chapin και ο Calvin S. Fuller. Οι εφευρέτες προέβλεψαν στην συνέχεια ότι τα ηλιακά κύτταρα θα οδηγούσαν τελικά σε μια πηγή απεριόριστης ενέργειας του ηλίου.



Εικόνα 1.2.3.1 Gerald L. Pearson, Daryl M. Chapin, Calvin S. Fuller

Το ηλιακό στοιχείο λειτουργεί με την ίδια αρχή που βασίζεται στο τρανζίστορ. Μια διασταύρωση έχει δημιουργηθεί σε κρύσταλλο πυριτίου που χωρίζει τον κρύσταλλο σε δυο ζώνες, μία που περιέχει μια μικρή ακαθαρσία που παράγει μια περίσσεια κινητών ηλεκτρονίων. Η άλλη ζώνη έχει επίσης μια μικρή ακαθαρσία που απορροφά ηλεκτρόνια και παράγει κινητές οπές δηλαδή κινούμενα ηλεκτρόνια. Σε όλα την διασταύρωση μεταξύ των δύο ζωνών υπάρχει πάντα μια μικρή τάση. Ένα κβάντο φωτός που πέφτει στη διασταύρωση θα χτυπήσει ένα ηλεκτρόνιο από ένα από τα κρυσταλλικά άτομα δημιουργώντας ένα χαλαρό ζεύγος ηλεκτρονίων και οπών. Λόγω της διαφοράς σταθερής τάσης το ηλεκτρόνιο ωθείται με τον ένα τρόπο και η οπή με τον άλλο. Εάν οι ζώνες συνδέονται με εξωτερικό κύκλωμα ένα ρεύμα ηλεκτρικής ενέργειας θα ρέει μέσω του κυκλώματος. Οι επιστήμονες της Bell πίστευαν ότι το ποσοστό απόδοσης θα μπορούσε να αυξηθεί στο 10% μέσω κανονικών τεχνικών μηχανικών. Ένα συγκρότημα γκοφρετών που καλύπτει μια τετραγωνική αυλή θα μπορούσε να αποδώσει 50 watt Ισχύος. Η Bell Labs περίμενε να είναι χρήσιμη ως μια μικρή πηγή ενέργειας για εφαρμογές όπως αγροτικά τηλεφωνικά συστήματα.

Το έτος 1956 οι πρώτες ηλιακές μονάδες ήταν διαθέσιμες στο εμπόριο. Το κόστος ωστόσο ήταν πολύ μακριά από τους καθημερινούς ανθρώπους . Μ 300\$ για μια ηλιακή μονάδα ενός watt το κόστος ήταν πολύ πιο πέρα από τα μέσα του καθενός. Ωστόσο μικροσκοπικά ηλιακά κύτταρα άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ραδιόφωνα. Αυτές οι καινοτομίες ήταν τα πρώτα αντικείμενα που χρησιμοποίησαν ηλιακά κύτταρα που ήταν διαθέσιμα στους καταναλωτές.



**Εικόνα 1.2.3.2 Η πρώτη ηλιακή μονάδα έτος 1956**

Στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές της δεκαετίας του 1960 οι δορυφόροι στις ΗΠΑ και στα σοβιετικά διαστημικά προγράμματα τροφοδοτήθηκαν από ηλιακούς συλλέκτες όπου το κόστος δεν ήταν κρίσιμο. Άλλες εκτιμήσεις όπως το μέγεθος η αποδοτικότητα ήταν τα κύρια ζητήματα σχεδιασμού. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1960 η ηλιακή ενέργεια ήταν σπάνια για την τροφοδοσία σχεδόν όλων των διαστημικών δορυφόρων και η απόδοση ήταν έως και περίπου 14%.

Η περίοδος από το 1970 έως και τη δεκαετία του 1990 είδε αρκετά μια αλλαγή στη χρήση των ηλιακών κυττάρων, Άρχισαν να εμφανίζονται σε απομακρυσμένα μέρη για τροφοδοσία σπιτιών. Η Αυστραλία χρησιμοποίησε ηλιακά κύτταρα στους πύργους μικροκυμάτων τους για να επεκτείνει τις δυνατότητες τηλεπικοινωνιών τους. Οι περιοχές της ερήμου είδαν ακόμη την ηλιακή ενέργεια να φέρνει νερό όπου η ισχύς του δικτύου δεν ήταν η επιλογή τους.

Σήμερα βλέπουμε ηλιακά κύτταρα σε μια μεγάλη ποικιλία από μέρη. Πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της μέρας.

Με το κόστος των ηλιακών κυψελών εντός του προϋπολογισμού όλων η ηλιακή ενέργεια δεν φαινόταν ποτέ τόσο δελεαστική.

## 1.3 Το ηλιακό σύστημα

### 1.3.1 Ήλιος και ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος παράγει μια απίστευτη ποσότητα ενέργειας που φτάνει στην γη. Η ποσότητα της ενέργειας που απορροφάται από την γη σε μία ώρα είναι περισσότερη από την ενέργεια που χρησιμοποιεί η ανθρωπότητα σε ένα έτος. Η συνολική ποσότητα ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη γη σε ένα έτος είναι τεράστια, διπλάσια από την ενέργεια που υπάρχει από όλες τις πηγές άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου και ουρανίου. Ο ήλιος χτυπά την επιφάνεια της γης σε διαφορετικές γωνίες που κυμαίνονται από 0 μοίρες (χωρίς ήλιο) στους πόλους έως 90 μοίρες στον ισημερινό κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο. Στον ισημερινό το μεσημέρι η επιφάνεια της γης παίρνει τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας. Καθώς κάποιος απομακρύνεται από τον ισημερινό οι ακτίνες του ήλιου πρέπει να ταξιδέψουν περισσότερο στην ατμόσφαιρα. Στην πορεία ορισμένες ακτίνες αντανακλώνται στο διάστημα ή διασκορπίζονται από σύννεφα προκαλώντας απώλεια ενέργειας καθώς πηγαίνουν. Κατά μέσο όρο περίπου το 50% της ενέργειας του ήλιου το κάνει μέσω της ατμόσφαιρας και χτυπά τη γη. Η κλίση στον άξονα περιστροφής της γης προκαλεί επίσης διακυμάνσεις στην ποσότητα του ήλιου που λαμβάνεται. Ο βόρειος πόλος δέχεται λίγη ηλιοφάνεια τους χειμερινούς μήνες και ο νότιος πόλος δέχεται λίγη τους καλοκαιρινούς. Έτσι η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που φτάνει σε οποιαδήποτε δεδομένη τοποθεσία ποικίλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος την ώρα του χρόνου, την ώρα της ημέρας και τον τοπικό καιρό.



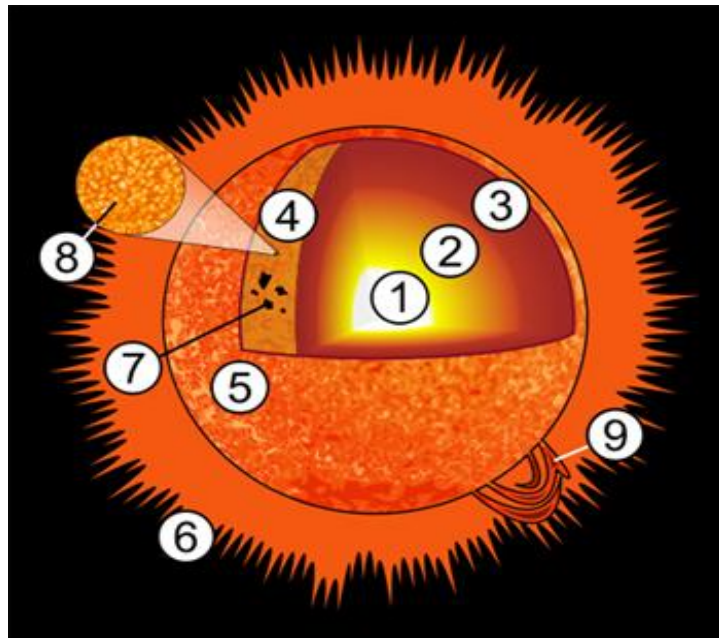
Εικόνα 1.3.1 Το χρώμα του ήλιου σε κοντινή απόσταση από κάμερα

Το χρώμα του ήλιου μας είναι λευκό αν και από την επιφάνεια της γης εμφανίζεται πορτοκαλί / κίτρινο λόγω της ατμοσφαιρικής σκέδασης. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου είναι 5.800 κελβιν και του πυρήνα 15.700.000 κελβιν. Η διάμετρος του ήλιου είναι 865.000 μίλια που είναι 109 φορές μεγαλύτερη από την γη. Η επιφάνεια του είναι περίπου 12.000 φορές μεγαλύτερη από την γη. Η μάζα του ήλιου είναι 333.000 φορές μεγαλύτερη από τη γη και είναι περίπου το 99,9% της συνολικής μάζας ολόκληρου του ηλιακού μας συστήματος. Το 73% της μάζας του ήλιου είναι υδρογόνο ενώ το 25% είναι ήλιο. Το υπόλοιπο 2% αποτελείται από βαρύτερα στοιχεία όπως οξυγόνο, άνθρακα σίδηρο και μια συντριβή άλλων στοιχείων. Ο ήλιος απέχει περίπου 93 εκατομμύρια μίλια κατά μέσο όρο από την τροχιά της γης η οποία είναι γνωστή ως μια αστρονομική μονάδα.

Χρειάζεται φως 8 λεπτά και 19 δευτερόλεπτα για να ταξιδέψετε σε αυτήν την απόσταση. Ο ήλιος περιστρέφεται γύρω από το γαλαξιακό κέντρο του Γαλαξία σε ακτίνα περίπου 26.000 ετών φωτός. Ολοκληρώνει την τροχιά του μια φορά κάθε 235 εκατομμύρια χρόνια. Η τροχιακή ταχύτητα του ήλιου είναι περίπου τα 828.000 μίλια ανά ώρα. Επειδή ο ήλιος υπάρχει σε κατάσταση πλάσματος και συμπεριφέρεται σαν ένα βαρύ υγρό περιστρέφεται γρηγορότερα στον ισημερινό του παρά στους πόλους του. Αυτό είναι γνωστό ως διαφορική περιστροφή και προκαλείται από τις διαφορές περιστροφής υγρού στο εσωτερικό του ήλιου λόγω απότομων κλίσεων θερμοκρασίας από τον πυρήνα του προς τα έξω. Η περίοδος περιστροφής του ήλιου είναι 25,6 ημέρες στον ισημερινό και 33,5 ημέρες στους πόλους. Ωστόσο λόγω του συνεχώς μεταβαλλόμενου πλεονεκτικού μας σημείου από τη γη καθώς περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο η φαινομενική περιστροφή του ήλιου στον ισημερινό του είναι περίπου 28 μέρες.

### 1.3.2 Οι περιοχές του ήλιου

Ο ήλιος δεν έχει ένα καθορισμένο όριο όπως οι βραχώδεις πλανήτες. Στα εξωτερικά του μέρη η πυκνότητα των αερίων του μειώνεται εκθετικά με την αύξηση της απόστασης από το κέντρο του. Ωστόσο έχει μια καλά καθορισμένη εσωτερική δομή. Η ακτίνα του ήλιου μετριέται από τον πυρήνα του έως την άκρη του. Αυτό είναι το στρώμα πάνω από το οποίο τα αέρια είναι πολύ δροσερά για να εκπέμπουν φως και επομένως είναι η επιφάνεια ορατή με γυμνό μάτι.



Εικόνα 1.3.2 Οι περιοχές του ήλιου

Στην πάνω φωτογραφία απεικονίζονται τα διάφορα τμήματα του εσωτερικού του ήλιου και ορισμένα εξωτερικά χαρακτηριστικά.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής παρακάτω

1. Πυρήνας
2. Ακτινοβολική ζώνη
3. Ζώνη μεταφοράς
4. Φωτόσφαιρα
5. Χρωμόσφαιρα
6. Κορώνα
7. Ηλιακές κηλίδες
8. Κόκκοι
9. Εξέχουσα θέση

- 1.) Ο πυρήνας του ήλιου θεωρείται ότι εκτείνεται από το κέντρο έως το 25% της ηλιακής ακτίνας. Έχει πυκνότητα περίπου 150 φορές την πυκνότητα του νερού. Ο πυρήνας είναι το μόνο τμήμα του ήλιου που παράγει θερμότητα μέσω σύντηξης. Η θερμοκρασία είναι 15.700.000 κελβιν. Ο υπόλοιπος ήλιος θερμαίνεται από ενέργεια που μεταφέρεται έξω από τον πυρήνα. Η ενέργεια που παράγεται από τη σύντηξη στον πυρήνα πρέπει να διασχίζει διαδοχικά στρώματα στην Φωτόσφαιρα πριν διαφύγει στο διάστημα ως ηλιακό φως.
- 2.) Η ακτινοβολική ζώνη από το 25% έως το 70% της ηλιακής ακτίνας το υλικό ακτινοβολίας είναι αρκετά ζεστό και πυκνό ώστε η θερμική ακτινοβολία να μεταφέρει την έντονη θερμότητα του πυρήνα προς τα έξω. Η θερμότητα μεταφέρεται με ακτινοβολία φωτονίων. Πολύ καυτά ιόντα υδρογόνου και ηλίου εκπέμπουν φωτόνια που απορροφώνται σε λίγα μόνο χιλιοστά ηλιακού πλάσματος και στη συνέχεια εκπέμπονται εκ νέου σε τυχαίες κατευθύνσεις. Αυτή η διαδικασία τυχαίας ακτινοβολίας απαιτεί πολύ χρόνο για να φθάσουν τα φωτόνια στην επιφάνεια του ήλιου ως ηλιακό φως. Οι εκτιμήσεις του χρόνου ταξιδιού φωτονίων κυμαίνονται από 10.000 έως 170.000 χρόνια. Η πυκνότητα πλάσματος μειώνεται εκατό φορές από το κάτω μέρος στην κορυφή της ζώνης ακτινοβολίας. Μεταξύ της ζώνης ακτινοβολίας και της ζώνης μεταφοράς είναι ένα πολύ στενό στρώμα μετάβασης που ονομάζεται Ταχοκλίνη . Η ακτινοβολική ζώνη περιστρέφεται σαν ένα κανονικό σώμα. Η Ταχοκλίνη είναι μια περιοχή μεταξύ της ομοιόμορφης στερεάς περιστροφής της Ακτινολογικής ζώνης και της συμβατικής περιστροφής υγρού της ζώνης μεταφοράς. Ο ρυθμός περιστροφής στο πλάσμα αλλάζει πολύ γρήγορα προκαλώντας μια ακραία διάτμηση – μια κατάσταση όπου τα διαδοχικά στρώματα γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο .
- 3.) Η ζώνη μεταφοράς περιστρέφεται ως κανονικό υγρό με διαφορική περιστροφή. Δηλαδή το πλάσμα στους πόλους περιστρέφεται αργά με τις ταχύτητες ρεύματος μεταφοράς να αυξάνονται συνεχώς μέχρι να φθάσουν στον ισημερινό πλάσματος που περιστρέφεται πολύ πιο γρήγορα.

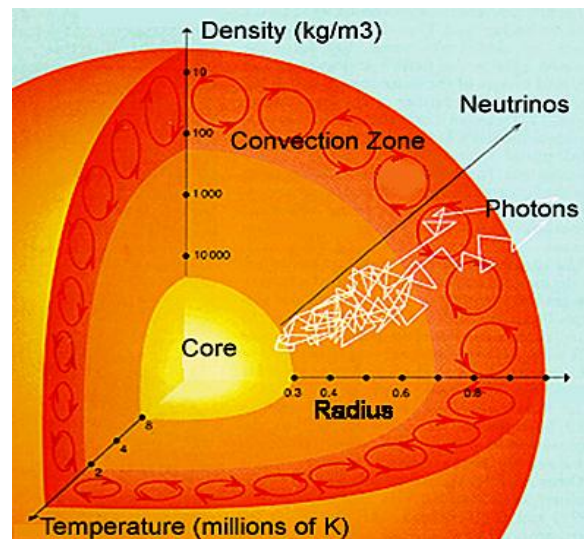
Στο στρώμα convection από την επιφάνεια του κάτω από το 30% της ηλιακής ακτίνας το πλάσμα δεν είναι αρκετά πυκνό ή αρκετά ζεστό για να μεταφέρει τη θερμική ενέργεια του εσωτερικού προς τα έξω μέσω ακτινοβολίας . Ως αποτέλεσμα η θερμική μεταφορά συμβαίνει καθώς οι θερμικές στήλες μεταφέρουν ζεστό υλικό στην επιφάνεια της Φωτόσφαιρας του ήλιου. Αυτές οι θερμικές στήλες στη ζώνη μεταφοράς αποτελούν ένα αποτύπωμα στην επιφάνεια του ήλιου .

- 4.) Η φωτόσφαιρα είναι η ορατή επιφάνεια του ήλιου και είναι το στρώμα κάτω από το οποίο ο ήλιος γίνεται αδιαφανής. Πάνω από την Φωτόσφαιρα το φως του ήλιου είναι ελεύθερο να εξαπλωθεί στο διάστημα και η ενέργεια του ξεφεύγει εντελώς από τον ήλιο. Το ορατό φως που βλέπουμε παράγεται καθώς τα ηλεκτρόνια αντιδρούν με άτομα υδρογόνου για την παραγωγή ιόντων Υδρογόνου. Η Φωτόσφαιρα έχει πάχος εκατοντάδων χιλιομέτρων και επειδή το πάνω μέρος της είναι πιο δροσερό από το κάτω μια εικόνα ήλιου εμφανίζεται πιο φωτεινή στο κέντρο παρά στο άκρο.
- 5.) Η Χρωμόσφαιρα είναι ένα στρώμα θερμών αερίων πάχους 2.500 χιλιομέτρων. Η Χρωμόσφαιρα δεν μπορεί κανονικά να φανεί επειδή ξεπλένεται από την υπερβολική φωτεινότητα της Φωτόσφαιρας. Κατά την διάρκεια των εκλείψεων του ήλιου η Χρωμόσφαιρα μπορεί να διακριθεί με γυμνό μάτι . Η θερμοκρασία στην Χρωμόσφαιρα αυξάνεται σταδιακά από τα 4000 κελβιν στο κάτω μέρος έως τα 20.000 κελβιν στην κορυφή.
- 6.) Η Κορώνα είναι η εξωτερική ατμόσφαιρα του ήλιου που είναι εξαιρετικά μεγάλη. Στο κάτω μέρος της Κορώνας υπάρχει ένα λεπτό στρώμα πάχους 120 μιλίων στο οποίο οι θερμοκρασίες αυξάνονται στα 1.000.000 κελβιν και άνω . Το πώς συμβαίνει αυτό είναι ένα ηλιακό μυστήριο. Η μέση θερμοκρασία είναι 1.000.000 έως 2.000.000 και στις πιο καυτές περιοχές είναι 8.000.000 έως 20.000.000 κελβιν. Η Κορώνα εκτείνεται συνεχώς στο διάστημα σχηματίζοντας τον ηλιακό άνεμο.
- 7.) Οι ηλιακές κηλίδες είναι προσωρινά φαινόμενα στην επιφάνεια της Φωτόσφαιρας που εμφανίζονται ως σκοτεινά σημεία σε σύγκριση με τις γύρω περιοχές. Προκαλούνται από έντονη μαγνητική Δραστηριότητα , η οποία αναστέλλει τη μεταφορά σχηματίζοντας περιοχές χαμηλότερων επιφανειακών θερμοκρασιών. Εάν απομονωθεί μια ηλιακή κηλίδα από το περιβάλλον της φωτόσφαιρας θα είναι πιο φωτεινή από ένα ηλεκτρικό τόξο. Οι ηλιακές κηλίδες διαστέλλονται και συστέλλονται καθώς κινούνται πέρα από την επιφάνεια του ήλιου.
- 8.) Οι ηλιακοί κόκκοι είναι πολύ θερμές θερμικές στήλες που σχηματίζονται στη ζώνη μεταφοράς οι οποίες ανεβαίνουν στην επιφάνεια της Φωτόσφαιρας κρυώνουν και στη συνέχεια βυθίζονται προς τα κάτω στη βάση της ζώνης convection λαμβάνουν περισσότερη θερμότητα από τη ζώνη ακτινοβολίας και στη συνέχεια κάνουν έναν κύκλο πάνω και πάλι κάτω. Ένας τυπικός κόκκος έχει διάμετρο περίπου 600 μίλια και διαρκεί μόνο 8 έως 20 λεπτά πριν από τη διάλυση. Ακριβώς κάτω από την Φωτόσφαιρα υπάρχει ένα στρώμα κόκκων διαμέτρου έως 20.000 μιλίων του οποίου η διάρκεια ζωής είναι έως και 24 ώρες.

9.) Η εξέχουσα θέση ανεβαίνει μέσω της Χρωμόσφαιρας από την Φωτόσφαιρας μερικές φορές φτάνοντας σε υψόμετρα 100.000 μιλίων. Αυτά τα γιγαντιαία λοφία αερίων συχνά σε σχήμα βρόχου είναι τα πιο εντυπωσιακά από τα ηλιακά φαινόμενα . Ενώ η Κορώνα αποτελείται από εξαιρετικά καυτά ιονισμένα αέρια που δεν εκπέμπουν πολύ ορατό φως τα πλάσματα που περιέχονται στην εξέχουσα θέση εκπέμπουν λιγότερο φως. Η μάζα σε μια προέλευση είναι συνήθως της τάξης των 100 δισεκατομμυρίων τόνων. Μια εξέχουσα θέση διαμορφώνεται σε περίπου μια μέρα και εάν σταθερή μπορεί να παραμείνει στην Κορώνα για αρκετούς μήνες. Ορισμένες προβολές χωρίζονται και μεταμορφώνονται σε CMEs. Οι επιστήμονες ερευνούν επί του παρόντος πώς σχηματίζονται και εκτοξεύονται οι προβολές και τα CME . Πιστεύεται ότι προκαλούνται από έντονη μαγνητική δραστηριότητα κάτω από την επιφάνεια της Φωτόσφαιρας.

### 1.3.3 Πώς ο ήλιος παράγει ενέργεια

Αρχικά η ενέργεια διασχίζει τις περιοχές του ήλιου. Αυτό γίνεται με τον εξής τρόπο. Η πυρηνική σύνταξη λαμβάνει χώρα στον πυρήνα του ήλιου. Στη συνέχεια η ενέργεια κινείται με ακτινοβολία φωτονίων μέσω της ζώνης ακτινοβολίας στη ζώνη μεταφοράς. Η ενέργεια με τη μορφή θερμότητας στη συνέχεια κινείται με μεταφορά στην επιφάνεια. Η μεταφορά είναι η ροή θερμότητας μέσω ενός υγρού πλάσματος. Η μεταφορά πραγματοποιείται με έναν από τους δύο τρόπους, από την τυχαία αλληλεπίδραση σωματιδίων υψηλής ενέργειας και από τη ροή θερμαινόμενων ρευμάτων στο ρευστό πλάσμα. Μόλις η ενέργεια φτάσει στην επιφάνεια του ήλιου μεταδίδεται κυρίως από ακτίνες και τον ηλιακό άνεμο στο υπόλοιπο της ηλιόσφαιρας.

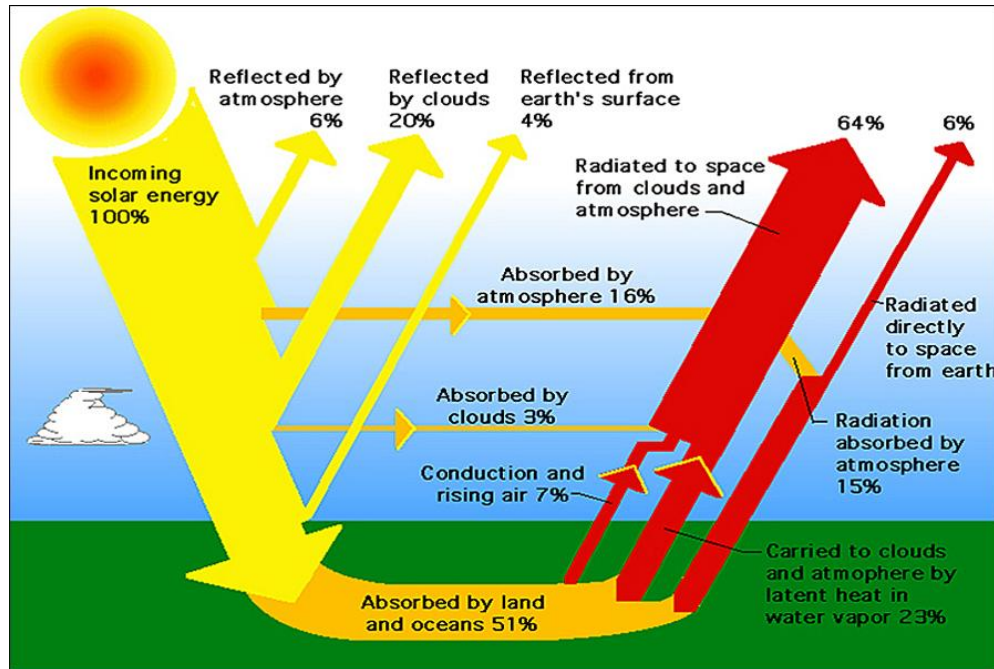


Εικόνα 1.3.3.1 Διάγραμμα παραγωγής ενέργειας των ζωνών του ήλιου

Η σύνταξη είναι μια διαδικασία κατά την οποία 4 πυρήνες υδρογόνου σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και πίεση καίγονται σε έναν πυρήνα ηλίου συν μερικά άλλα σωματίδια και πολλή ενέργεια. Οι 4 πυρήνες υδρογόνου ζυγίζουν περισσότερο από τον απλό πυρήνα ηλίου και άλλα σωματίδια. Η ισορροπία του χαμένου βάρους μετατρέπεται σε ενέργεια. Συνοπτικά η διαδικασία σύντηξης αποδίδει έναν πυρήνα ηλίου ο οποίος περιέχει 2 πρωτόνια και 2 νετρόνια συν 2 ηλεκτρόνια συν 2 νίτρωνα και πολλή ενέργεια.



Η ποσότητα μάζας πολλαπλασιάζεται με το τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός με αποτέλεσμα να απελευθερώνεται τεράστια ποσότητα ενέργειας από μια μικρή ποσότητα μάζας. Ένας μεγάλος αριθμός νετρίνων απελευθερώνεται επίσης από τη διαδικασία σύντηξης. Ωστόσο τα νετρίνα σπάνια αλληλεπιδρούν με άλλα κομμάτια της ύλης. Ένα ηλιακό νεutrino που περνά εντελώς από τη γη έχει περίπου μια πιθανότητα στα χίλια δισεκατομμύρια να σταματήσει από ένα άλλο σωματίδιο.



Εικόνα 1.3.3.2 Ροή ενέργειας του ήλιου στο περιβάλλον

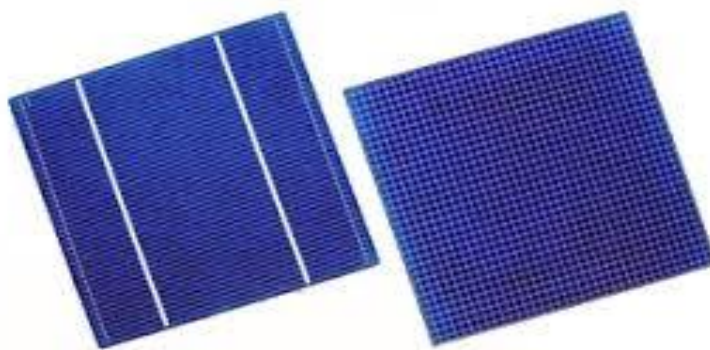
Η μέση ποσότητα της ακτινοβολίας του ήλιου που διεισδύει στην ατμόσφαιρα και φτάνει στη γη είναι το 51% της συνολικής εισερχόμενης ενέργειας όπως φαίνεται παραπάνω. Από το 49% που δεν φτάνει στη γη το 30% αντανακλάται πίσω στο διάστημα και το 19% απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα. Η συνολική ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την ατμόσφαιρα της Γης τους ωκεανούς και τις μάζες της γης είναι περίπου 3.850.000 EJ. Η ενεργειακή χρήση της γης από την ανθρωπότητα είναι περίπου 500 EJ ετησίως. Αυτό είναι περίπου το 0,01% της συνολικής ετήσιας ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο. Με αυτόν τον τρόπο η γη απορροφά περισσότερη ενέργεια σε μια ώρα από ότι ο κόσμος χρησιμοποιεί σε ένα χρόνο.

Συνολικά ο ήλιος εκπέμπει περίπου 2,2 δισεκατομμύρια φορές την ποσότητα της ακτινοβολίας που δέχεται η γη.

## 1.4 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων

### 1.4.1 Οι ηλιακές κυψέλες

Η μεγάλη πλειονότητα των ηλιακών κυψελών κατασκευάζεται από πυρίτιο. Όταν το πυρίτιο απορροφά το φως του ήλιου η ενέργεια από τον ήλιο διεγείρει μερικά από τα ηλεκτρόνια του κυττάρου σε μια κινητή κατάσταση όπου είναι ελεύθερα να κινούνται σε ολόκληρο το κελί. Ωστόσο σε ένα κομμάτι απλού πυριτίου δεν υπάρχει λόγος να πάνε προς τη μια κατεύθυνση παρά την άλλη. Ωστόσο στα ηλιακά κύτταρα υπάρχει ένας διαχωριστής που ονομάζεται διασταύρωση όπου συναντώνται δύο ελαφρώς διαφορετικοί τύποι πυριτίου. Οι δύο τύποι πυριτίου είναι σχεδόν οι ίδιοι αλλά ο ένας έχει ένα μικρό ποσοστό άλλων υλικών που αναμιγνύονται. Οι δυο τύποι ονομάζονται τύποι ντόπινγκ p. Όταν ένα τυχαίο ηλεκτρόνιο φτάσει στη διασταύρωση επιταχύνεται διαμέσου αυτού. Έτσι αυτή η ροή καθορίζει μια κατεύθυνση ηλεκτρονίων στο σύστημα. Εάν ένα καλώδιο είναι συνδεδεμένο σε κάθε πλευρά της διασταύρωσης και το φως του ηλίου απορροφάται από το πυρίτιο τα ελεύθερα ηλεκτρόνια ρέουν από τη μια πλευρά της διασταύρωσης στην άλλη. Αυτή η ροή ηλεκτρονίων προκαλεί παρόμοια ροή μέσω του εξωτερικού κυκλώματος. Αυτό είναι ο λεγόμενος ηλεκτρισμός τα ηλεκτρόνια δηλαδή που ρέουν προς μια κατεύθυνση μέσω αγωγών. Αυτή η συγκεκριμένη ροή ονομάζεται ρεύμα.



Εικόνα 1.4.1.1 Ηλιακές κυψέλες

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί ως η ροή των ηλεκτρονίων (ρεύμα) μέσω ενός χαλκού σύρματος υπό ηλεκτρική πίεση (τάση) και είναι ανάλογη με τη ροή του νερού μέσω ενός σωλήνα. Αν σκεφτούμε το χάλκινο σύρμα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ως σωλήνα τότε η τάση είναι ισοδύναμη με την πίεση του νερού. Η ισχύς μετράται σε watt και είναι προϊόν της τάσης πολλαπλασιαζόμενη με το ρεύμα. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ισχύς που καταναλώνεται με την πάροδο του χρόνου και εκφράζεται ως κιλοβατώρες. Μια ώρα κιλοβατ είναι 1000 watt ώρες. Ένα ένας λαμπτήρας 100 watt είναι αναμμένος για 10 ώρες χρησιμοποιεί 1 kilowatt ισχύος.. Ο ηλεκτρικός λογαριασμός εκφράζεται σε πόσες κιλοβατώρες χρησιμοποιούνται κάθε μήνα.

Ένα μεμονωμένο ηλιακό στοιχείο πυριτίου είναι αρκετά μικρό συνήθως περίπου 6 ίντσες τετραγωνικά παράγοντας μόνο περίπου 1 ή 2 watt ισχύος. Για την ενίσχυση της συνολικής ισχύος που παράγεται από ηλιακά κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μεγαλύτερες μονάδες που ονομάζονται ηλιακά πάνελ. Αυτές οι μονάδες συνήθως περικλείονται σε γυαλί ή πλαστικό για να παρέχουν προστασία από τον καιρό. Οι ηλιακές μονάδες με τη σειρά τους μπορούν να συνδεθούν για να σχηματίσουν μεγαλύτερες μονάδες που ονομάζονται ηλιακές συστοιχίες. Αυτές οι συστοιχίες μπορούν να διασυνδεθούν για να παράγουν ακόμη περισσότερη ισχύ. Με αυτόν τον τρόπο τα ηλιακά συστήματα μπορούν να κατασκευαστούν για να καλύψουν σχεδόν οποιαδήποτε απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας μικρή η μεγάλη. Η αξιοπιστία των ηλιακών συστοιχιών αποτελεί σημαντικό παράγοντα στο κόστος των συστημάτων και στους καταναλωτές που αποδέχονται αυτήν την τεχνολογία. Το ίδιο το ηλιακό στοιχείο είναι μια συσκευή στερεάς κατασκευής χωρίς κινούμενα μέρη και ως εκ τούτου είναι εξαιρετικά αξιόπιστη και μακράς διάρκειας.



Εικόνα 1.4.1.2 Ηλιακής μονάδας

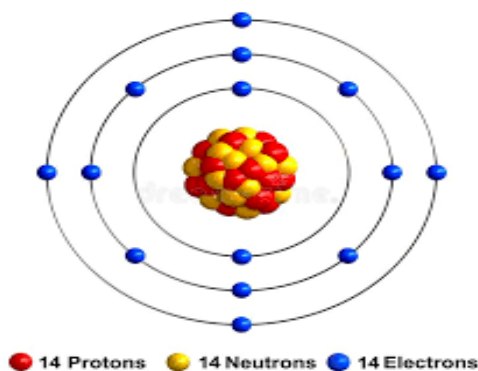
Η ηλιακή ενέργεια που παράγεται από ηλιακά κύτταρα και ηλιακές μονάδες είναι συνεχές ρεύμα (DC). Σχεδόν όλες οι οικιακές συσκευές είναι εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Οι ηλιακές συστοιχίες συνδέονται με έναν μετατροπέα που μετατρέπει το ρεύμα DC σε AC. Οι μετατροπείς αυτοί συγχρονίζουν επίσης το ηλιακό ρεύμα και την τάση ώστε να ταιριάζουν με αυτό του δικτύου στο οποίο είναι συνδεδεμένο το ηλιακό σύστημα.

## 1.4.2 Τι είναι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρισμού, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά.

### Χαρακτηριστικά των Ημιαγωγών

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα. Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο.



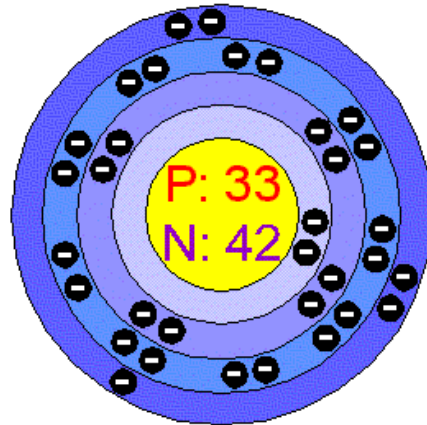
Εικόνα 1.4.2.1 Χαρακτηριστικά Ημιαγωγού

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους. Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

### Δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών

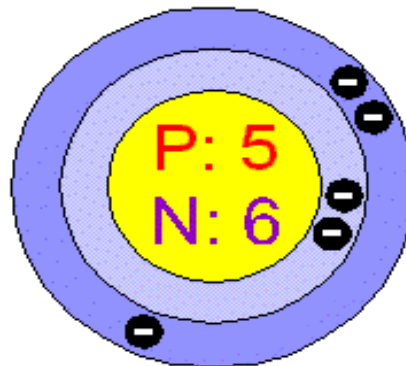
Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους τους. Αυτή η πρόσμειξη κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (τύπου P) είτε σε αρνητικά φορτία (τύπου N).

Για να φτιαχτεί ένας ημιαγωγός τύπου N η αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα όπως το Αρσενικό.



Εικόνα 1.4.2.2 Ημιαγωγός τύπου N

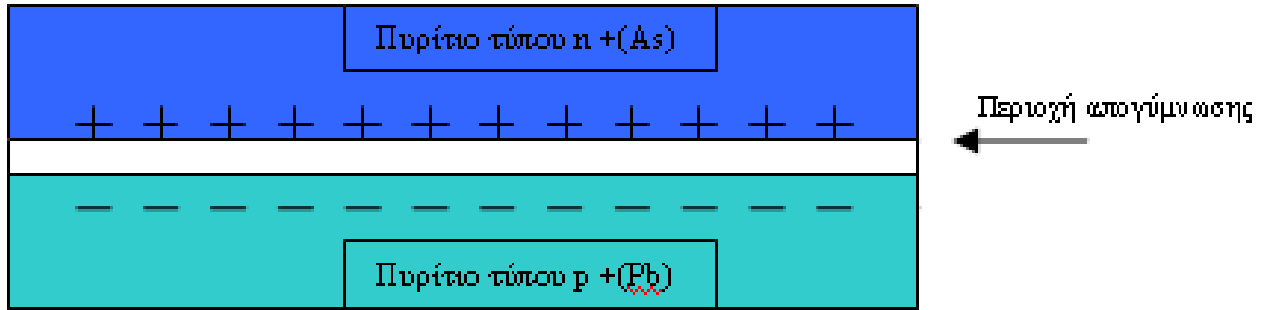
Και αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου P ή αλλιώς έναν θετικά φορτισμένο κρύσταλλο πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού Όπως το βόριο που έχει 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα.



Εικόνα 1.4.2.3 Ημιαγωγός τύπου P

### Δημιουργία της επαφής του ηλεκτρικού πεδίου

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου N και τύπου P το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια δίοδος η αλλιώς ένα ηλεκτρονικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



Εικόνα 1.4.2.4 Ηλεκτρικό Πεδίο

Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής N έλκονται από τις σπές της επαφής P. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

### Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φωτοβολταϊκού κελιού περνούν αδιατάραχα την επαφή τύπου N και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου P. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου P αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της δίοδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής. Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής N πλέον έχουμε μια περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής N και στο κάτω της επαφής P και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται. Αυτή είναι απλοποιημένα η γενική αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

### 1.4.3 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι τύποι οι οποίοι χωρίζονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία η κυψέλες είναι οι εξής.

- 1.) Φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου
- 2.) Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου
- 3.) Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς φωτοβολταϊκών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι τα εξής.

Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο.

Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί και επίσης είναι εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.

Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125οC κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου χωρίζονται και αυτά σε μερικές υποκατηγορίες.

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου



Εικόνα 1.4.3.1 Φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους κυμαίνεται από 15-18% για το πλαίσιο και χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά.

- Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου στα 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι η μέθοδος απευθείας στερεοποίησης , η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση.

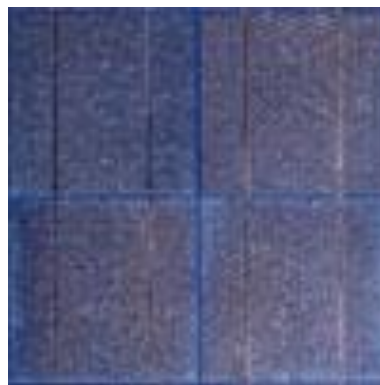


Εικόνα 1.4.3.2 Φωτοβολταϊκό κελί πολυκρυσταλλικού πυριτίου

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψέλων πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά.



- Εικόνα 1.4.3.3 Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου



## 1.) Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου

- Δισεληνοινδιούχου χαλκού

Ο δισεληνοινδιούχος χαλκός έχει την εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοσή του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%.



**Εικόνα 1.4.3.4 Φωτοβολταϊκό στοιχείο Δισεληνοινδιούχου χαλκού**

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση.

- Άμορφου πυριτίου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.



**Εικόνα 1.4.3.5 Φωτοβολταϊκό στοιχείο Άμορφου πυριτίου**

Το σημαντικό πλεονέκτημα των στοιχείων αυτών είναι ότι δεν επηρεάζονται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες και πλεονεκτούν στην αξιοποίηση της απόδοσής τους σε σχέση με τα κρυσταλλικά όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία.

- Τελουριούχο Κάδμιο

Το Τελουριούχο κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% τις προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%.

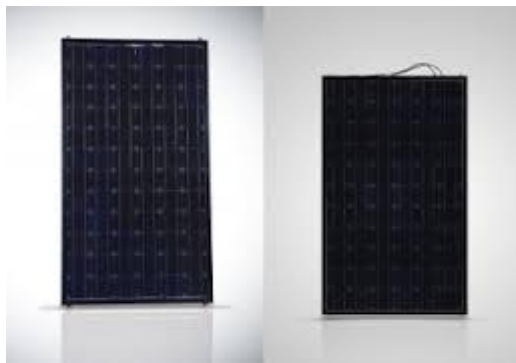


**Εικόνα 1.4.3.5 Φωτοβολταϊκό Τελουριούχου Κάδμιο**

Σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Σημαντικότερη χρήση του είναι η ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό.

## 2.) Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και τι οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά αφού προσφέρει τόσα πολλά το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα άλλα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.



**Εικόνα 1.4.3.6 Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία**

## 1.5 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων

1.) Στήριξη με σταθερό σύστημα στο έδαφος



Εικόνα 1.5.1 Βάση σταθερού συστήματος στο έδαφος

2.) Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη



Εικόνα 1.5.2 Σταθερό σύστημα πάνω σε στέγη

3.) Στήριξη με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος



Εικόνα 1.5.3 Σύστημα με ηλιοστάτες στο έδαφος

### Πλεονεκτήματα σταθερών συστημάτων

Γενικά τα σταθερά συστήματα πλεονεκτούν σε σχέση με τα tracker στην απλότητα της κατασκευής , στο κόστος εγκατάστασης , στην ταχύτητα εγκατάστασης στο κόστος συντήρησης , στην μεγαλύτερη απεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας.

### Φωτοβολταϊκά συστήματα με ηλιοστάτες

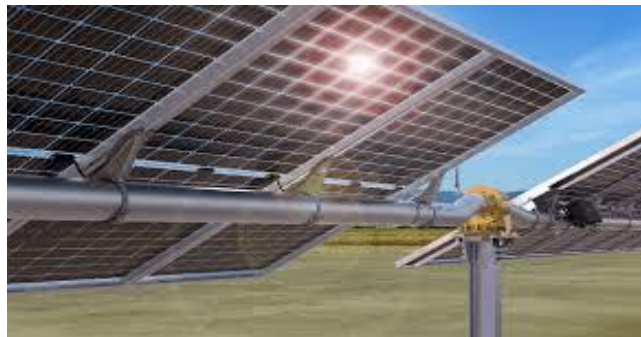
Στα φωτοβολταϊκά πάρκα πολλές φορές συνηθίζεται η χρήση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου . Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ηλιοστάτες ή trackers. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι ότι η άμεση ακτινοβολία προσπίπτει σχεδόν συνεχώς στα πάνελ κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χωρίζονται σε 2 είδη.

α.) Παρακολούθηση τροχιάς με κάθετο άξονα



Εικόνα 1.5.4 Κινητό Σύστημα παρακολούθησης με κάθετο άξονα

β.) Παρακολούθηση τροχιάς με οριζόντιο άξονα



Εικόνα 1.5.5 Κινητό Σύστημα παρακολούθησης με οριζόντιο άξονα

### Πλεονεκτήματα κινητών συστημάτων

Τα Tracker πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη. Η αύξηση αυτή μπορεί να ξεκινάει από 10% και να φτάσει ακόμα και το 40%. Η χρήση των tracker συστήνεται μόνο σε περιοχές που έχουν υψηλό ποσοστό άμεσης ακτινοβολίας και εγκαθίστανται σε εκτάσεις αγροτεμαχίων , χωραφιών , οικοπέδων κλπ.

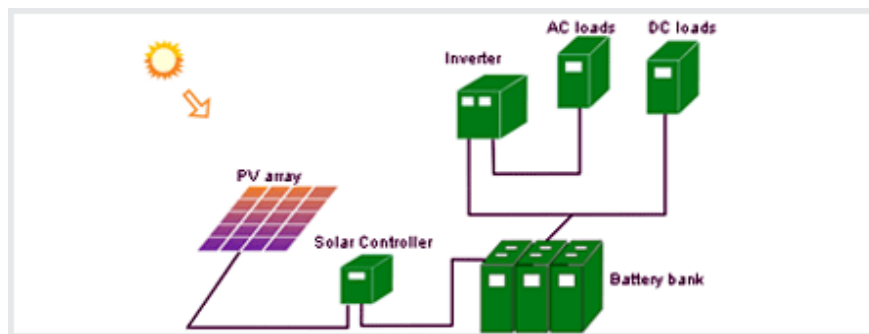
## 1.6 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Παραπέρα τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας και σε αυτά που είναι άμεσα συνδεδεμένα μόνο με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς αποθηκευτική διάταξη.

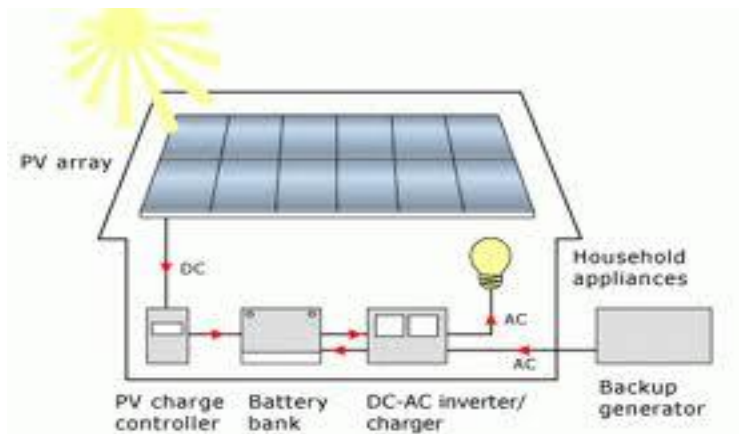
Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι

- α.) τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- β.) ο ρυθμιστής φόρτισης
- γ.) ο αντιστροφέας ac/dc
- δ.) ασφάλειες και διακόπτες

Η εικόνα παρακάτω παραπέμπει στο πως λειτουργεί ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα



Εικόνα 1.6.1 Λειτουργία αυτόνομου Φωτοβολταϊκού συστήματος



Εικόνα 1.6.2 Λειτουργία αυτόνομου Φωτοβολταϊκού συστήματος σε σπίτι

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα αποσκοπούν στο να προσφέρουν ενεργειακή αυτονομία σε μια εγκατάσταση οι οποία δεν έχει άμεση πρόσβαση στο δίκτυο της ΔΕΗ.

## 1.7 Ερωτήματα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα

1.) Γιατί να στραφώ στην ηλιακή ενέργεια?

Για να καλύψετε δύο τουλάχιστον ανάγκες. Την ανάγκη σε ενέργεια και την ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ως γνωστόν το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου που συμβάλει στην επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων οι οποίοι επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

2.) Συμφέρει η ηλιακή ενέργεια?

Με την εφαρμογή των νέων μέτρων επιχορήγησης της παραγόμενης κιλοβατώρας μετά τα 6-7 έτη η επένδυση αποσβένεται και συσσωρεύει κέρδη από την πώληση της στο δίκτυο της ΔΕΗ επομένως συμφέρει την καταναλώνετε το ρεύμα που παράγεται στα φωτοβολταϊκά συστήματα αλλά να καταναλώνετε το ρεύμα στη χαμηλότερη τιμή από το δίκτυο της ΔΕΗ.

3.) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών?

Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όλα τα φωτοβολταϊκά πάσης φύσεως τύπου μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα.

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση

Τα φωτοβολταϊκά είναι μια από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της ενέργειας. Είναι λειτουργικά καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα της ισχύος τους και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας δίνοντας τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια.

Τα μειονεκτήματα είναι ότι έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και ασήμαντο λειτουργικό κόστος αντίθετα με τις συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες που συνήθως έχουν αρχικά μικρότερο αρχικό επενδυτικό κόστος και υψηλά λειτουργικά κόστη.

4.) Τι ενεργειακές ανάγκες μπορώ να καλύψω με ένα φωτοβολταϊκό?

Τα φωτοβολταϊκά παράγουν συνεχές ρεύμα αυτό σημαίνει είτε ότι τα χρησιμοποιούμε με συσκευές συνεχούς ρεύματος είτε μετατρέπουμε αυτό το συνεχές

ρεύμα σε εναλλασσόμενο με τη βοήθεια κάποιων ηλεκτρονικών συσκευών. Μπορούμε να καλύψουμε τον φωτισμό, τις τηλεπικοινωνίες, την ψύξη και γενικά ότι ενεργειακή ανάγκη μπορεί να καλυφθεί από ένα κατάλληλα σχεδιασμένο φωτοβολταϊκό σύστημα.

5.) Τις ημέρες του χειμώνα που δεν έχει ήλιο τι γίνεται?

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τον ήλιο με φωτοβολταϊκά χρειάζεται το φως της ηλιακής ακτινοβολίας. Ακόμη και μια συννεφιασμένη χειμωνιάτικη μέρα θα υπάρχει άφθονο διάχυτο φως και τα φωτοβολταϊκά θα συνεχίσουν να παράγουν ηλεκτρισμό έστω και με μειωμένη απόδοση. Ανάλογα με την ισχύ του συστήματος και τις ανάγκες η μειωμένη αυτή παραγωγή μπορεί να μην επαρκεί. Στις περιπτώσεις αυτές αν η εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη με τη ΔΕΗ θα καταναλώνετε ρεύμα από το δίκτυο. Η Ελλάδα πάντως είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθόλη την διάρκεια του έτους. Σε γενικές γραμμές ένα σύστημα στην Ελλάδα παράγει ετησίως 1.100-1.500 κιλοβατώρες ικανές να καλύψουν κάθε ανάγκη σας.

6.) Πόσο ισχυρό πρέπει να είναι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του σπιτιού μου?

Τα ο άθροισμα της ισχύος όλων των ηλεκτρικών συσκευών του σπιτιού αποτελεί τη λεγόμενη εγκατεστημένη ισχύ. Αυτή είναι η μέγιστη ισχύς που μπορείτε να καταναλώσετε. Ο χρόνος για τον οποίο παραμένουν οι συσκευές αναμμένες παίζει καθοριστικό ρόλο. Έτσι το ίδιο το σπίτι θα έχει πολύ διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες.

Θεωρητικά ένα σύστημα 2-3 κιλοβάτ μπορεί να καλύψει τις ανάγκες ενός οικογενειακού σπιτιού.

Τα οφέλη από τη χρήση ηλιακής ενέργειας θα είναι πολύ πιο εμφανή αν εφαρμόσετε παράλληλα μεθόδους εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας. Επομένως η οικονομικότερη προσέγγιση για να αξιοποιήσετε την ηλιακή ενέργεια είναι να μειώσετε όσο γίνεται τις ενεργειακές ανάγκες και κατόπιν να καλύψετε τις ανάγκες αυτές με την παραγωγή ηλεκτρισμού από τον ήλιο ή άλλες καθαρές πηγές ενέργειας. Στην περίπτωση που θέλετε να εγκαταστήσετε ένα σύστημα που να συνδέεται με το δίκτυο της ΔΕΗ τα πράγματα είναι πιο απλά. Το δίκτυο θα μπορεί πάντα να καλύψει τη ζήτηση αιχμής της κατοικίας. Η οικονομικότερη προσέγγιση επομένως για να αξιοποιήσετε την ηλιακή ενέργεια είναι να μειώσετε όσο γίνεται τις ενεργειακές σας ανάγκες και κατόπιν να καλύψετε τις ανάγκες αυτές με την παραγωγή ηλεκτρισμού από τον ήλιο ή άλλες καθαρές πηγές ενέργειας.

## Κεφάλαιο 2 – Σχεδιασμός του Συστήματος

### 2.1 Η ιδέα

Στις καλοκαιρινές διακοπές κανονίσαμε μια ομάδα δέκα ατόμων να κάνουμε ελεύθερο κάμπινγκ σε μια παραλία της Ικαρίας. Διανύοντας την πρώτη μας μέρα στην ερημική παραλία διαπίστωσα πως δεν είχαμε κάποιο αντικείμενο να φορτίσουμε κυρίως τα κινητά μας τηλέφωνα μας με αποτέλεσμα στο τέλος της ημέρας να μην έχει κανένας μπαταρία. Έτσι από την πρώτη ως και την τελευταία μας μέρα στο νησί μπορούσαν μόνο λίγοι από εμάς να φορτίζουν τα κινητά τους τηλέφωνα σε μαγαζιά της πόλης σε απόσταση πάνω από πέντε χιλιόμετρα από το μέρος που μέναμε. Έτσι μετά το πέρας των διακοπών και την επιστροφή στην πόλη σκεφτόμουν πως έπρεπε να βρω μια λύση ώστε να είμαι προετοιμασμένος καλύτερα την επόμενη φορά. Μια μέρα βρέθηκα σε ένα κατάστημα για αγορά ενός καθρέπτη και από εκεί μου ήρθε η ιδέα στο να κατασκευάσω ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα διαστάσεων ένα προς ένα το οποίο θα ήταν πλήρως λειτουργικό και θα κάλυπτε τις απαιτήσεις μου κυρίως στις καλοκαιρινές μου διακοπές. Η βάση στήριξης του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι εμπνευσμένη από τον συγκεκριμένο καθρέπτη με μερικές τροποποιήσεις.

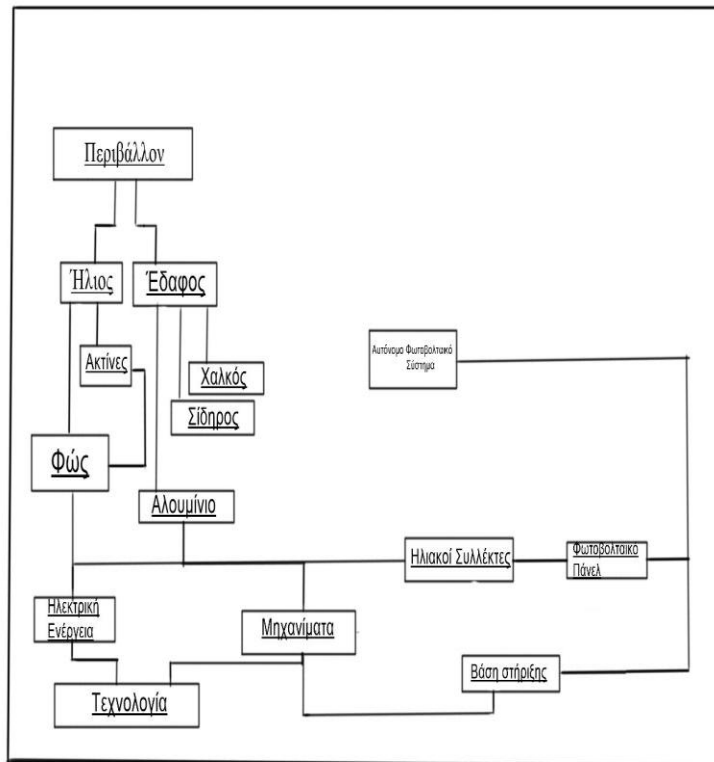


Εικόνα 2.1.1 Κάθετος καθρέπτης ιδέα για βάση στήριξης της κατασκευής

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά της κατασκευής αυτής είναι η απλότητα της κατασκευής της βάσης στήριξης, η αντοχή, η εύκολη πρακτικότητα και η εύκολη λειτουργικότητα, το μειωμένο κόστος και τέλος η επεκτασιμότητα.



Ακολουθεί το Mindmap:



Εικόνα 2.1.2 Mind map

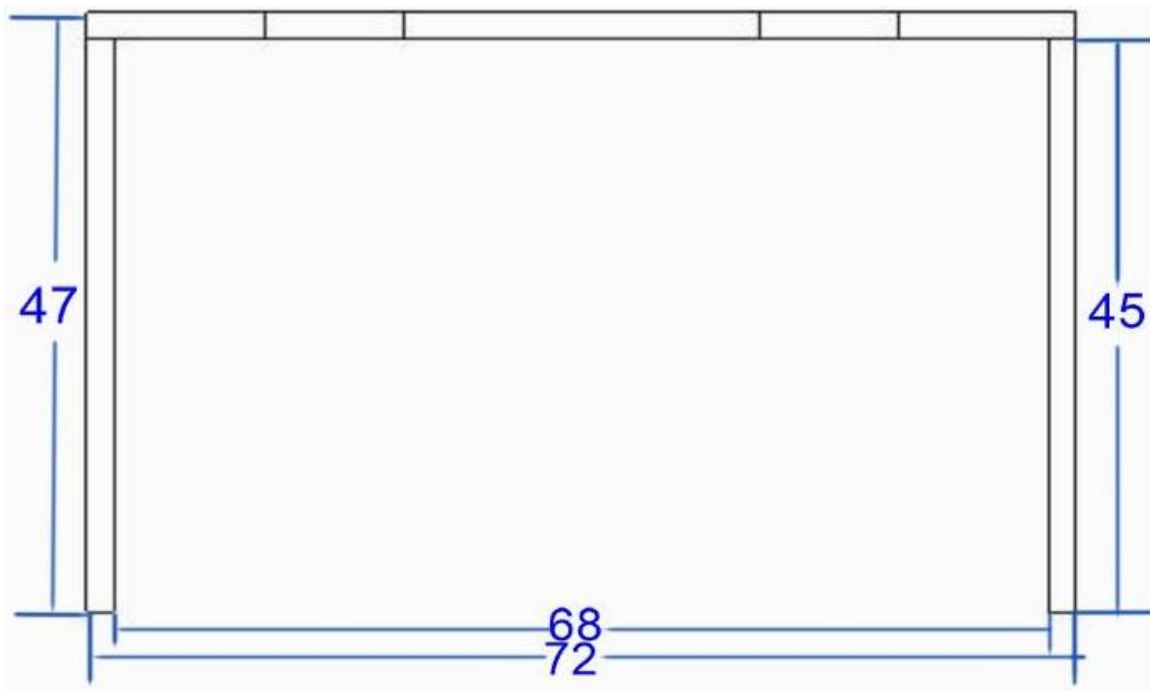
## 2.2 Σχέδια Κατασκευής

Για την βάση στήριξης δομικά έχουμε τα ακόλουθα τμήματα :

- Πλαίσιο 1 το οποίο έχει στην αριστερή και στην δεξιά του μεριά από δύο οπές.
- Πλαίσιο 2 και 3 τα οποία έχουν δύο οπές στο κέντρο του πάνω μέρους για να συνδεθούν με το Πλαίσιο 1 και 4 οπές στο κέντρο τις δεξιάς και αριστερής πλευράς για να συνδεθούν τα Πλαίσια 4 και 5
- Πλαίσιο 4 και 5 τα οποία έχουν 4 οπές στο κάτω μέρος τους για να συνδεθούν με τα Πλαίσια 2 και 3 και 2 οπές στο πάνω μέρος τους για να συνδεθεί το Πλαίσιο 6 και 7.
- Πλαίσιο 6 και 7 τα οποία έχουν δύο οπές στο κέντρο τους και συνδέονται με τα Πλαίσια 4 και 5 δίνοντας την απαραίτητη γωνία για την στήριξη του πάνελ.

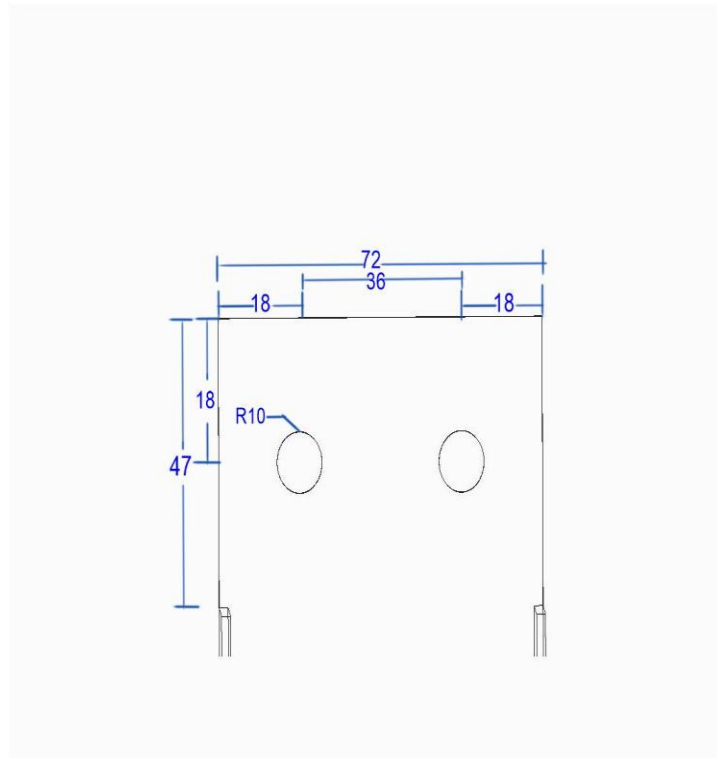
Τέλος στην τελευταία εικόνα φαίνεται το μηχανολογικό σχέδιο της βάσης στήριξης με όλα τα Πλαίσια μαζί.

### Πλαίσιο 1 Πρόσοψη



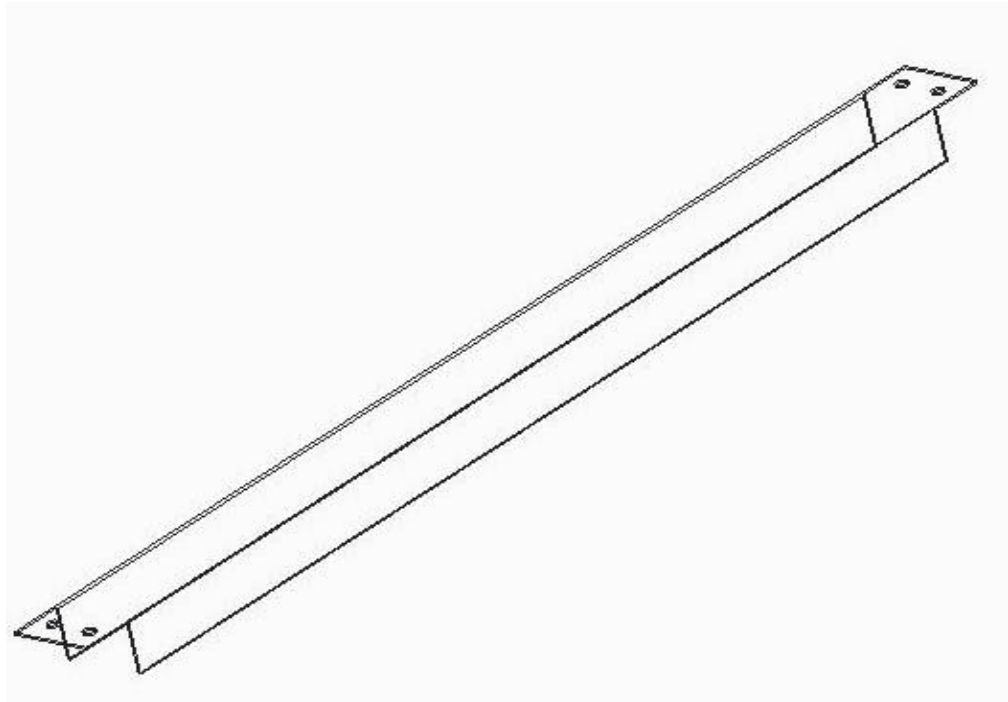
Εικόνα 2.2.1 Μηχανολογικό σχέδιο πρόσοψης πλαισίου 1

## Πλαίσιο 1 Κάτοψη

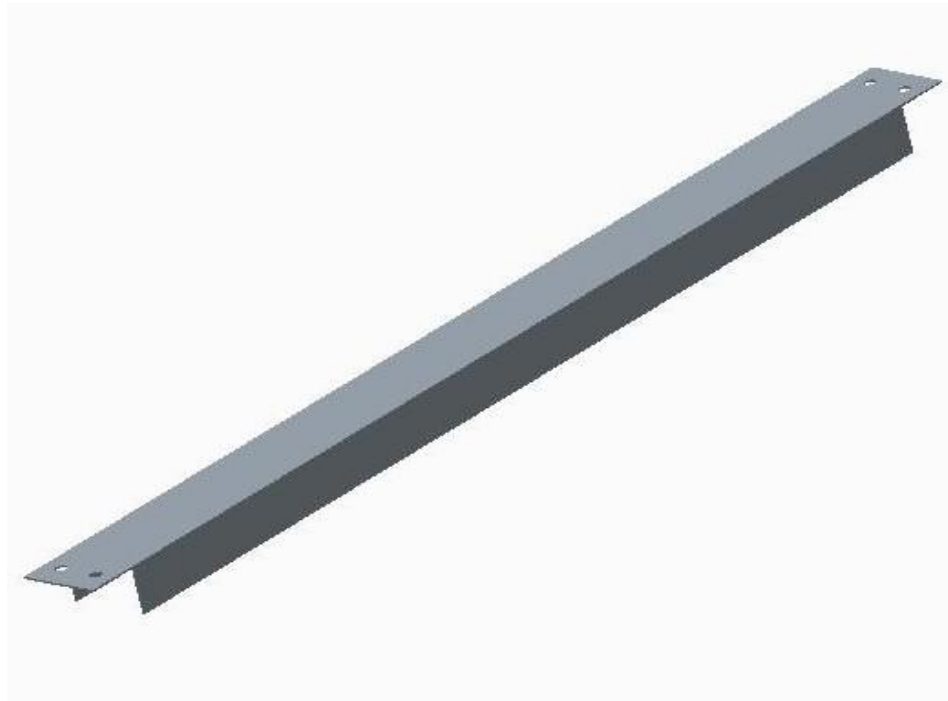


Εικόνα 2.2.2 Μηχανολογικό σχέδιο κάτοψης Πλαισίου 1

### Πλαίσιο 1 Πλάγια Όψη

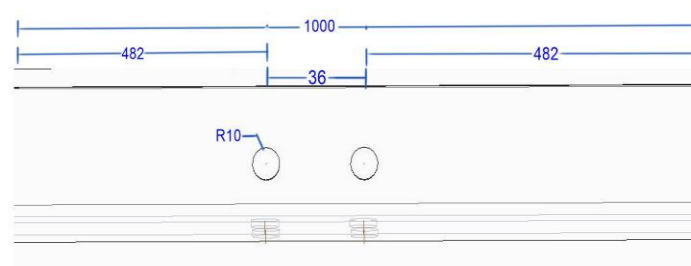


Εικόνα 2.2.3 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίου 1 ασπρόμαυρο



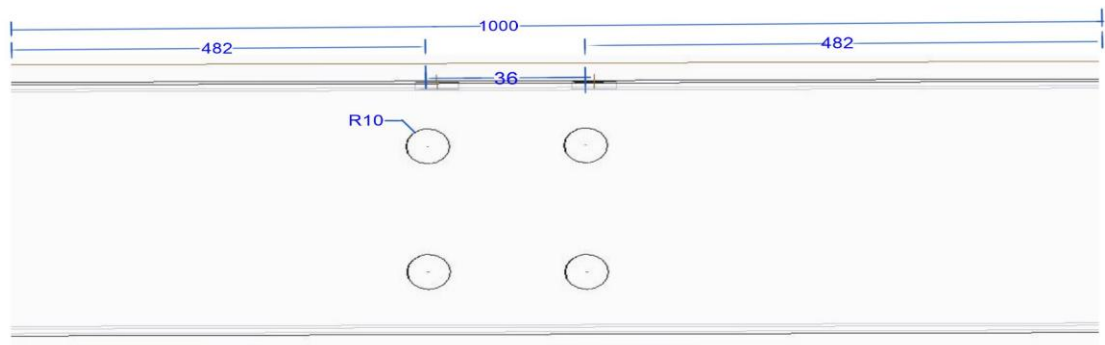
Εικόνα 2.2.4 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίου 1 έγχρωμο

## Πλαίσια 2 και 3 Κάτοψη

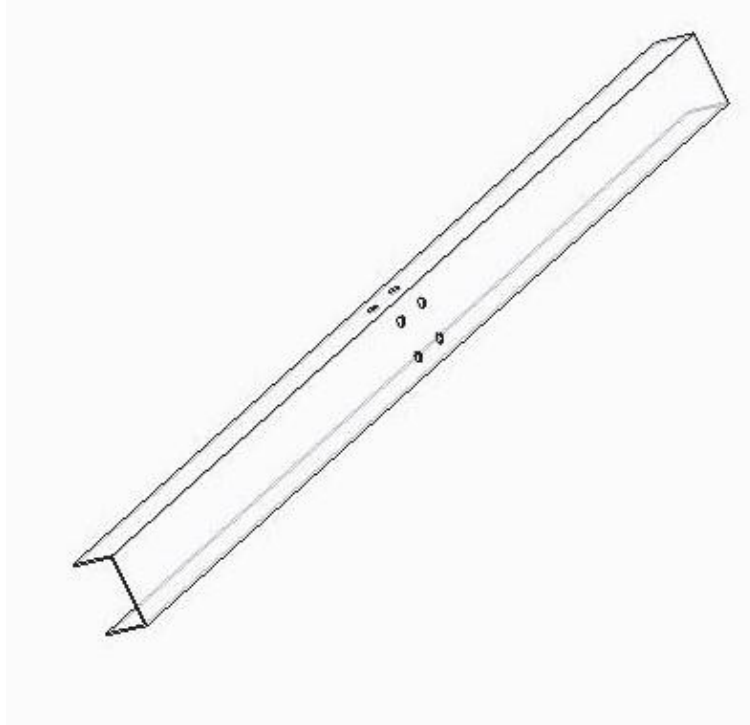


Εικόνα 2.4.5 Μηχανολογικό σχέδιο κάτοψης πλαισίων 2,3

## Πλαίσια 2 και 3 Πλάγια Όψη



Εικόνα 2.4.6 Μηχανολογικό σχέδιο πλάγιας όψης πλαισίων 2,3

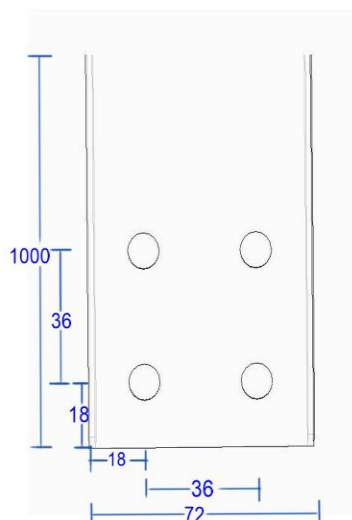


**Εικόνα 2.4.7 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίων 2,3 ασπρόμαυρο**

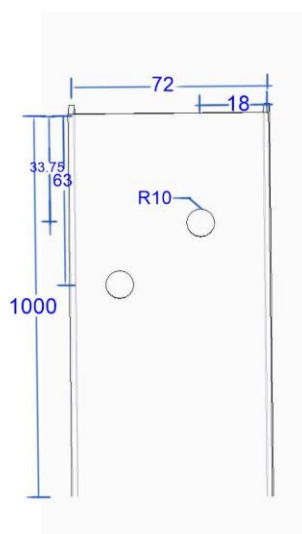


**Εικόνα 2.4.8 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής Πλάγιας όψης πλαισίων 2,3 έγχρωμο**

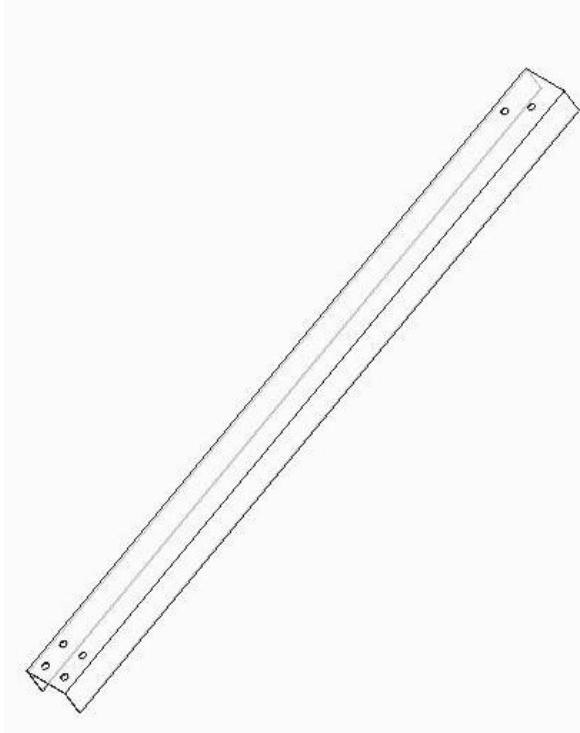
## Πλαίσια 4 και 5 Κάτοψη



Εικόνα 2.4.9 Μηχανολογικό σχέδιο κάτοψης κάτω οπών πλαισίων 4,5  
Πλαίσια 4 και 5 Κάτοψη



Εικόνα 2.4.10 Μηχανολογικό σχέδιο κάτοψης πάνω οπών πλαισίων 4,5



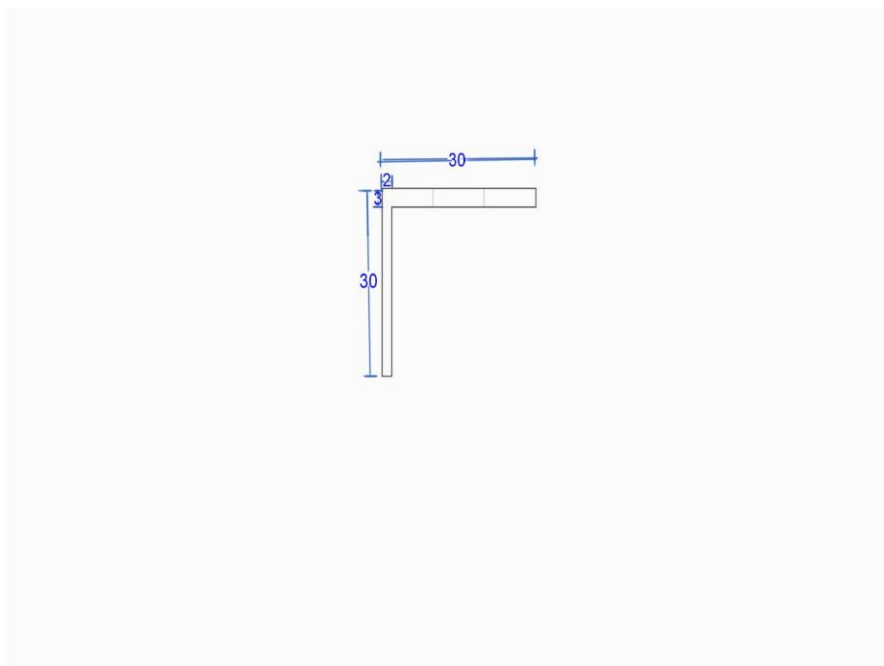
**Εικόνα 2.4.10 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίων 3,4 ασπρόμαυρο**



**Εικόνα 2.4.11 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίων 3,4 έγχρωμο**

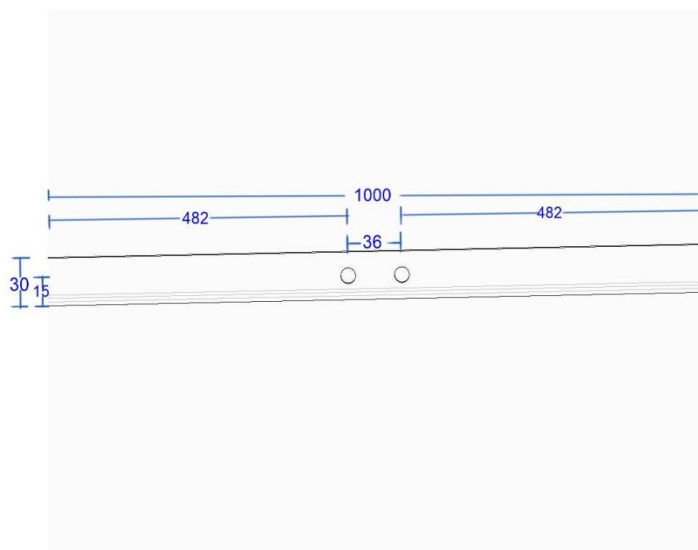


## Πλαίσια 7 και 8 Πρόσωση



Εικόνα 2.4.12 Μηχανολογικό σχέδιο πρόσωσης πλαισίων 7,8

## Πλαίσια 7 και 8 Πλάγια Όψη



Εικόνα 2.4.13 Μηχανολογικό σχέδιο πλάγιας όψης πλαισίων 7,8

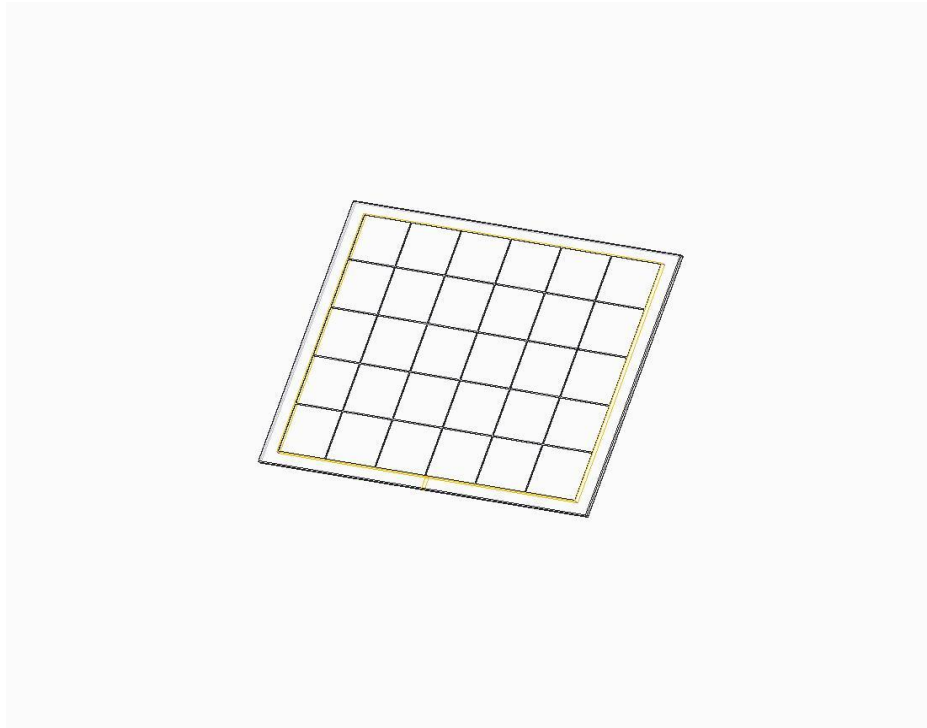


**Εικόνα 2.4.14 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίων 7,8 ασπρόμαυρο**

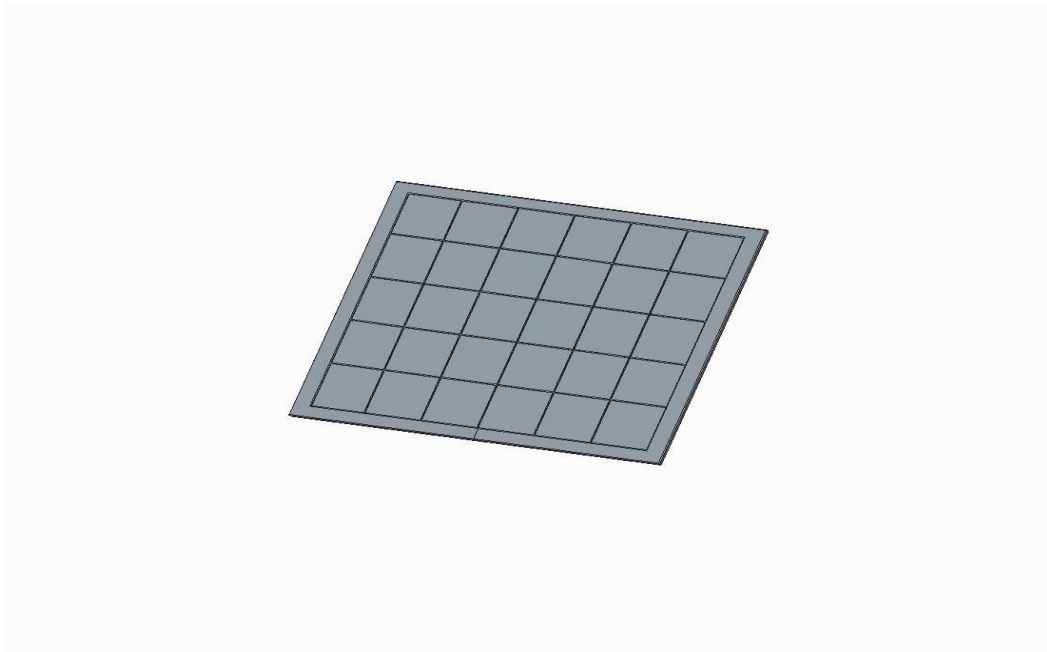


**Εικόνα 2.4.15 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής πλάγιας όψης πλαισίων 7,8 έγχρωμο**

## Σχέδια του πάνελ της κατασκευής



Εικόνα 2.4.16 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής Πάνελ ασπρόμαυρο



Εικόνα 2.4.17 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής Πάνελ έγχρωμο

## Σχέδια Τελικής Μορφής του Φωτοβολταϊκού Συστήματος



Εικόνα 2.4.17 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής Τελικής Μορφής ασπρόμαυρο



Εικόνα 2.4.18 Μηχανολογικό σχέδιο τρισδιάστατης μορφής Τελικής Μορφής έγχρωμο



**Εικόνα 2.4.19 Render σχεδίου Τελικής Μορφής**

## Κεφάλαιο 3 – Κατασκευή της βάσης στήριξης

### 3.1 Λίστα Υλικών

- 5 πλαίσια αλουμινίου 47mm x 72mm με 2mm πάχος 1 μέτρο
- 2 πλαίσια αλουμινίου σε σχήμα Γ 30mm x 30mm με 3mm πάχος ενός μέτρο
- 16 γαλβανιζέ βίδες M10 8.8 σκληρότητας
- 16 γαλβανιζέ ροδέλες M10
- 16 γαλβανιζέ παξιμάδια M10
- Επαγγελματικό πριόνι κοπής
- 1 τρυπάνι φ4 , 1 τρυπάνι φ10
- Ένας μαρκαδόρος
- Ένα μέτρο
- Ένας τροχός

### 3.2 Κοπές-Προετοιμασία Υλικών

Κόπηκαν 2 πλαίσια αλουμινίου των 2.500mm και 3.000mm σε 5 κομμάτια των 1000mm ( για το κάτω μέρος της βάσης στήριξης και για τα δύο πλάγια στηρίγματα) καθώς και ένα πλαίσιο σχήματος Γ 2.5000mm σε 2 κομμάτια 10000mm σε ειδικό πριόνι κοπής αφού πρώτα μετρήθηκαν και σημειώθηκαν στις σωστές διαστάσεις. Ακολουθούν οι φωτογραφίες.



Εικόνα 3.2.1 Αρχικά μήκη πλαισίων της βάσης στήριξης

Στις παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζονται τα πλαίσια στο αρχικό τους μήκος.



Εικόνα 3.2.2 Σημείωση διαστάσεων πλαισίων με μαρκαδόρο

Στην παραπάνω φωτογραφία απεικονίζεται η σημείωση των πλαισίων σε διάσταση 1000mm με μαύρο μαρκαδόρο.

Έπειτα ακολουθεί η απεικόνιση των πλαισίων στο ειδικό πριόνι για την κοπή τους.



**Εικόνα 3.2.4 Πλαίσιο και τροχός πριονιού**



**Εικόνα 3.2.5 Αρχικό μήκος πλαισίου και πριόνι κοπής**



**Εικόνα 3.2.6 Πλαίσιο βάσης πάνελ και πριόνι**



**Εικόνα 3.2.7 Αρχικό μήκος πλαισίου και πριόνι κοπής**



Στις παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζονται όλα τα πλαίσια μετά από την κοπή τους στο ειδικό πριόνι που θα χρειαστούν για την βάση στήριξης.



**Εικόνα 3.2.8 Πλαίσια βάσης έπειτα από κοπή**



**Εικόνα 3.2.9 Πλαίσια βάσης πάνελ έπειτα από κοπή**

Στην συνέχεια απεικονίζονται οι φωτογραφίες του μεσαίου πλαισίου έπειτα από σημείωση με μαρκαδόρο και κοπή από τροχό στις διαστάσεις βάση των σχεδίων ώστε να μπορεί να θηλυκώσει με τα δύο πλαϊνά πλαίσια για το κάτω μέρος της βάσης στήριξης.



Εικόνα 3.2.10 Σημείωση πλαισίου στήριξης βάσης Εικόνα 3.2.11 Σημείωση πλαισίου στήριξης βάσης



Εικόνα 3.2.12 Κοπή πλαισίου με τροχό

Εικόνα 3.2.13 Πλαίσιο βάσης στήριξης μετά την κοπή

Οι παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζουν τα σημείωμα των πλαισίων στις διαστάσεις που απαιτούνται βάση των σχεδίων και το σημείωμα τους με μαρκαδόρο για την δημιουργία οπών αρχικά με τρυπάνι φ4 και έπειτα με τρυπάνι φ10. Επίσης απεικονίζεται φωτογραφία των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη εργασία.



**Εικόνα 3.2.14** Εργαλεία για την δημιουργία της βάσης στήριξης

Σημείωμα οπών κάτω μέρους πλάγιων ποδιών για την βάση στήριξης



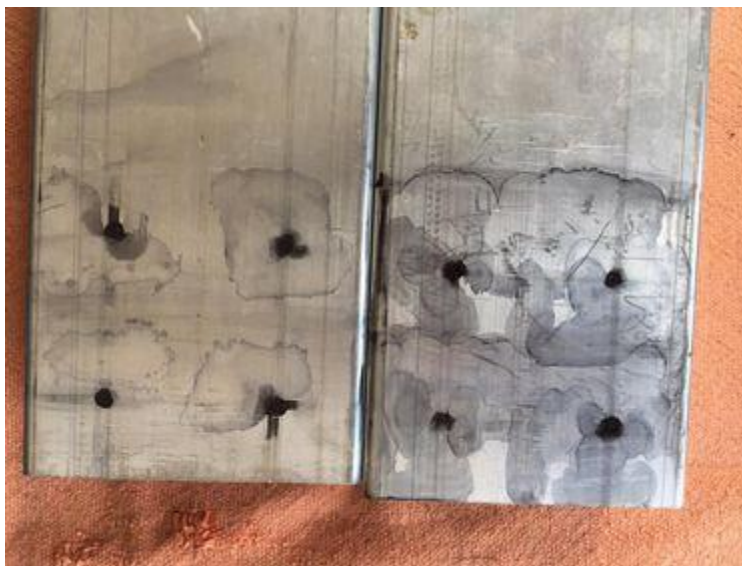
**Εικόνα 3.2.15** Οπές κάτω μέρους βάσης στήριξης

Σημείωμα οπών στα πλάγια πόδια για την σύνδεση τους με το μεσαίο πλαίσιο



**Εικόνα 3.2.16** Οπές στα πλάγια μέρη της βάσης στήριξης

Σημείωμα κεντρικών οπών στα δυο κάθετα πόδια που συνδέονται με τα δύο πλάγια πόδια του κάτω μέρους της βάσης στήριξης



**Εικόνα 3.2.17** Οπές κάθετων ποδιών της βάσης στήριξης

Σημείωμα οπών στα δύο πλαίσια σχήματος Γ για την ένωση τους με τα δύο κάθετα πλαίσια



**Εικόνα 3.2.18** Οπές Πλαισίων της βάσης στήριξης του πάνελ

Παρακάτω απεικονίζεται φωτογραφία όλων των πλαισίων μετά από την σημείωση των οπών τους



**Εικόνα 3.2.19 Όλα τα πλαίσια για την βάση στήριξης σημειωμένα με τις οπές τους**

Τέλος απεικονίζεται η φωτογραφία της τελικής βάσης στήριξης έπειτα το τρύπημα των πλαισίων και την σύνδεση μεταξύ τους με βίδες M10 σκληρότητας 8.8



**Εικόνα 3.2.20 Τελική βάση στήριξης**

## Κεφάλαιο 4 – Κατασκευή του Φωτοβολταϊκού Πάνελ

Παρακάτω απεικονίζεται η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ 90 watt. Το συγκεκριμένο πάνελ παράγει περίπου 450 Wh κάθε ημέρα με καλή ηλιοφάνεια. Θα είναι ικανό να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια κάθε μέρα για 3 λαμπτήρες επί 4 ώρες, μία τηλεόραση 21’’ για 3 ώρες, έναν φορητό υπολογιστή για 3 ώρες και φόρτιση τουλάχιστον 4 κινητών τηλεφώνων για αρκετή ώρα.

### 4.1 Τα Φ/β στοιχεία :

Το βασικότερο μέρος ενός φωτοβολταϊκού πάνελ είναι τα επιμέρους φωτοβολταϊκά στοιχεία συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φ/β στοιχεία που θα χρησιμοποιήσουμε εδώ είναι πολυκρυσταλλικά υψηλής απόδοσης. Το κάθε στοιχείο δίνει πάνω από 2.5 watt ισχύ.

Ο κανόνας στα ηλιακά πάνελ είναι να έχουν 36 τέτοια στοιχεία με ελάχιστο τα 32 στοιχεία. Άρα συνδέοντας 36 τέτοιες κυψέλες σε σειρά έχουμε έξοδο  $36 \times 0.6 \text{ V} = 21.6\text{V}$ . Η πάνω πλευρά του φ / β στοιχείου με τις αποχρώσεις του μπλε είναι το αρνητικό και η κάτω πλευρά με τις γκρι είναι το θετικό. Πάνω στην κάθε κυψέλη υπάρχουν οδηγοί πάνω στους οποίους κολλάμε τα ειδικά καλώδια διασύνδεσης με ηλεκτρικό κολλητήρι 40 έως 60 watt. Η κόλλησή τους γίνεται με καλαί.

### 4.2 Η καλωδιωταινία διασύνδεσης :

Το καλώδιο που αναφέρθηκε παραπάνω είναι μια ειδική καλωδιωταινία από χαλκό με την οποία θα κολλήσουμε τα μέρη των κυψελών μεταξύ τους για να δημιουργήσουμε ηλεκτρικό πεδίο.

### 4.3 Τα υλικά για την κατασκευή του Πάνελ :

- 36 Φ/β στοιχεία
- 20 μέτρα καλωδιωταινία
- 1 κομμάτι Plexiglas με προστασία  $U_v$  5mm για πλάτη του πλαισίου και 1 κομμάτι 3mm για μπροστά διαστάσεων 930mm x 600mm
- Κόλλα σιλικόνης για περιμετρική μόνωση του πλαισίου
- Κόλλα flux για την κόλληση των κυψελών με την καλωδιωταινία
- Καλαί
- Κατσαβίδι για τυχόν ξυσίματα

## 4.4 Κατασκευή του πάνελ βήμα προς βήμα

### Βήμα 1<sup>ο</sup>: Η συγκόλληση των καλωδίων

- Το κολλητήρι πρέπει να είναι 40 έως 60 watt με επίπεδη μύτη και πρέπει να ζεσταθεί καλά πριν αρχίσουμε.
- Ξύνουμε πολύ ελαφρά τις γραμμές-οδηγούς πάνω στις ηλιακές κυψέλες με ένα ίσιο κατσαβίδι στο μήκος τους για να φύγει η λευκή επικάλυψη.
- Πριν την κόλληση περνάμε λίγο υγρό Flux για κολλήσεις στους οδηγούς για ευκολότερη εφαρμογή.
- Κρατάμε την καλωδιοταινία σταθερά πάνω στους οδηγούς και περνάμε με καλά ελαφρά με λίγη πίεση.
- Κόβουμε την καλωδιοταινία σε κομμάτια των 25 εκατοστών για να τα κολλήσουμε πάνω στις κυψέλες. Θα κολλήσουμε 32 κυψέλες από την μπροστινή τους μεριά και 4 κυψέλες και από την μπροστινή και την πίσω πλευρά.

Ακολουθούν φωτογραφίες των φωτοβολταϊκών κυψελών.



Εικόνα 4.4.1 Κυψέλες με καλωδιοταινία από την μπροστινή μεριά και την πίσω

Στην παραπάνω φωτογραφία έχουμε τις φωτοβολταϊκές κυψέλες την μια κολλημένη με καλωδιοταινία από την μπροστινή μεριά και την άλλη από την πίσω της πλευρά. Έτσι θα πρέπει να είναι το τελικό αποτέλεσμα των κυψελών μας.



**Εικόνα 4.4.2** Οι κυψέλες που θα χρησιμοποιηθούν για το πάνελ της κατασκευής

Στην παραπάνω φωτογραφία απεικονίζονται όλες οι κυψέλες κολλημένες που θα χρειαστούμε για την κατασκευή μας.



**Εικόνα 4.4.3** Τρόπος κόλλησης των κυψελών

Στην φωτογραφία αυτή απεικονίζεται ένα παράδειγμα με τον τρόπο κατά τον οποίο θα πρέπει να κολλήσουμε τις κυψέλες πάνω στο plexiglass.





**Εικόνα 4.4.4 Κυψέλες πάνω στο plexiglass**



**Εικόνα 4.4.5 Όλες οι κυψέλες πάνω στο plexiglass**

Στην πρώτη φωτογραφία απεικονίζεται ο τρόπος σύνδεσης των κυψελών αρχικά σε ένα κοντραπλακέ ώστε να μας διευκολύνει η σταθερή επιφάνειά του για να κολλήσουμε τις κυψέλες μεταξύ τους. Στην κάθε σειρά πρέπει να έχουμε και μια από τις τέσσερις κυψέλες που έχουμε κολλήσει από την πίσω πλευρά ώστε στο τελευταίο βήμα να μπορέσουμε να φτιάξουμε ένα ενιαίο σώμα μεταξύ τους. Για παράδειγμα η πρώτη μας στήλη θα αρχίζει με μια κυψέλη κολλημένη από την μπροστινή μεριά και θα τελειώνει με μια κυψέλη κολλημένη από την πίσω μεριά, η δεύτερη στήλη θα αρχίζει με μια κυψέλη κολλημένη από την πίσω μεριά και θα τελειώνει με μια κυψέλη κολλημένη από την μπροστινή μεριά. Η τρίτη σειρά του φωτοβολταϊκού μας πάνελ θα μοιάζει με την πρώτη και η τέταρτη σειρά θα μοιάζει με την δεύτερη. Σαν τελική σημείωση προσθέτουμε ότι η πρώτη και η τρίτη μας σειρά με τις πρώτες κυψέλες κολλημένες από την μπροστινή μας μεριά είναι οι Θετικές και η δεύτερη και η τέταρτη σειρά που έχουν τις κυψέλες κολλημένες από την πίσω μεριά είναι οι Αρνητικές.

Επίσης το μοτίβο της διαδικασίας της κόλλησης των κυψελών γίνεται ως εξής :

- Για την πρώτη σειρά μας παίρνουμε μια κυψέλη κολλημένη από την μπροστά μεριά και την κολλάμε στην πίσω πλευρά της δεύτερης κυψέλης, την πάνω μεριά της δεύτερης στην κάτω μεριά της τρίτης και στην τελευταία κυψέλη μας που πρέπει να είναι η ένατη πρέπει να έχουμε καλώδια από την κάτω πλευρά. Με τον ίδιο τρόπο πρέπει να είναι και η τρίτη μας σειρά.
- Για την δεύτερη σειρά μας παίρνουμε μια κυψέλη κολλημένη από την πίσω πλευρά και την κολλάμε στην μπροστινή μεριά πλευρά της δεύτερης κυψέλης, την μπροστινή μεριά της δεύτερης στην πίσω μεριά της τρίτης και στην ένατη κυψέλη πρέπει να έχουμε καλώδια από την πάνω μεριά. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο θα είναι και η τέταρτη σειρά μας.

Μόλις τελειώσουμε με την σύνδεση των σειρών παίρνουμε ένα κομμάτι από την καλωδιοταινία και το κολλάμε στα καλώδια της πρώτης και δεύτερης κυψέλης κολλημένες από αντίθετες μεριές στο κάτω μέρος του πάνελ μας για να δημιουργήσουμε ένα κύκλωμα σε σειρά .(Θετικό – Αρνητικό).

Η παρακάτω φωτογραφία απεικονίζει το πώς μοιάζει.



Εικόνα 4.4.6 Σύνδεση κυψελών πάνω μέρος του πάνελ

Στο πάνω μέρος του πάνελ μας κολλάμε τα καλώδια της δεύτερης σειράς με της τρίτης για να δημιουργήσουμε και εκεί ένα κύκλωμα σε σειρά και έπειτα τα καλώδια της πρώτης με την τέταρτη για να δημιουργήσουμε και εκεί ένα κύκλωμα σε σειρά. Τα δυο τελευταία καλώδια που το ένα αρχίζει από την πρώτη στήλη και το άλλο από την τέταρτη τα περνάμε μέσα από δύο τρύπες στην πίσω μεριά του πάνελ μας. Έτσι σαν τελικό αποτέλεσμα έχουμε ένα φωτοβολταϊκό πάνελ συνδεδεμένο σε σειρά.

Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται η πάνω μεριά της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού μας πάνελ.



Εικόνα 4.4.7 Σύνδεση κυψελών πάνω μέρος του πάνελ

### **Βήμα 2<sup>ο</sup>: Η μόνωση του φωτοβολταϊκού πάνελ**

Αφού τελειώσουμε με τις κυψέλες μπορούμε να τοποθετήσουμε το μπροστινό τζάμι . Για να μην ακουμπήσει το τζάμι από το βάρος του πάνω στις κυψέλες και τις σπάσει κολλάμε στις 4 γωνίες του πάνελ 4 μικρές πλαστικές ροδέλες πάχους 2mm – 3mm για να έχουμε την απαιτούμενη απόσταση όταν τοποθετήσουμε το τζάμι.

Στρώνουμε διάφανη σιλικόνη περιμετρικά του πάνελ και τοποθετούμε προσεκτικά το plexiglass για να κολλήσει . Το αφήνει έτσι για τουλάχιστον 6 ώρες χωρίς να το μετακινήσουμε.

### **Βήμα 3<sup>ο</sup> : Τα εξωτερικά καλώδια**

Ανοίγουμε σε ένα πλαστικό αδιάβροχο ηλεκτρολογικό κουτί δύο τρύπες και περνάμε τις δύο καλωδιοταινίες που εξέρχουν από το πάνελ εκεί μέσα. Κολλάμε το κουτί αυτό στην πλάτη του πάνελ με μπόλικη σιλικόνη για να μην μπαίνει νερό από την πίσω μεριά και συνδέουμε τα καλώδια με την θετική και αρνητική μεριά του των καλωδίων του κουτιού που θα πηγαίνουν στην μπαταρία. Σαν τελικό αποτέλεσμα έχουμε το πλήρη φωτοβολταϊκό μας πάνελ.

Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται το ηλεκτρολογικό κουτί.



**Εικόνα 4.4.8 Ηλεκτρολογικό κουτί διασύνδεσης**

Τέλος για την πλήρη λειτουργία του φωτοβολταϊκού μας πάνελ χρειαζόμαστε μια μπαταρία η οποία θα υποστηρίξει συσκευές που απαιτούν 230v . Για να λειτουργήσει σωστά η μπαταρία χρειάζεται ακόμα ένας inverter 230v που μετράει τα 230v της μπαταρίας καθώς και ένας ρυθμιστής φόρτισης για την ίδια την μπαταρία μας. Έτσι το πάνελ μας είναι έτοιμο προς άμεση χρήση ικανό να φορτίσει αρκετές συσκευές με το απαιτούμενο ρεύμα.

Ακολουθούν φωτογραφίες της πλήρους κατασκευής:



**Εικόνα 4.4.9 Τελική μορφή κατασκευής 1**



**Εικόνα 4.4.10 Τελική μορφή κατασκευής 2**

## Βιβλιογραφία

1. [https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκό\\_σύστημα](https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκό_σύστημα)
2. <https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκά>
3. <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24767&locale=el>
4. <https://ppcr.gr/el/solar-general-info>
5. <https://www.eac.com.cy/EL/RegulatedActivities/Distribution/renewableenergy/Pages/default.aspx>
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_effect)
7. <https://www.vivintsolar.com/learning-center/history-of-solar-energy>
8. [https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_solar\\_cells](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_solar_cells)



