

Ερευνητική Εργασία

Από το πυρίτιο στην παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας



4^ο Γενικό Λύκειο Αλίμου (Μακρυγιάνναιο)

Τμήμα Ερευνητικής Εργασίας Βε2
Οι 20 μαθητές του τμήματος χωριστήκαν σε 4 ομάδες

1^η Ομάδα

**Καματερού Κωνσταντίνα , Καραγιωργα Χαρίκλεια , Κλενιάτη Ευτυχία
Μιχάλη Δάφνη , Πετρίδη Λυδία**

2^η Ομάδα

**Κοντέλα Αλίκη , Μαστορίδης Αλέξανδρος , Παπαδόπουλος Αθανάσιος
Πλεύρης Άγγελος , Τσακουλέρης Θεόδωρος**

3^η Ομάδα

**Πεχλιβανίδης Δημήτριος , Πλίτσης Δημήτριος , Τσαμασίρος Δημήτριος
Χατσικιάν Αλέν , Χελιώτης Δημήτριος**

4^η Ομάδα

**Αδαμόπουλος Βασίλειος , Βαρανάκη Κατερίνα , Ζαρμαλης Γεωργιος
Καραπτάς Παύλος , Καρίπης Ιωάννης**

**Επιβλέπον Καθηγητής
Αργυρίου Θεόδωρος
Φυσικός**

Πυρίτιο Si (Silicon)

Βρίσκεται στην 14η ομάδα περιοδικού πίνακα , ανακαλύφθηκε το 1823

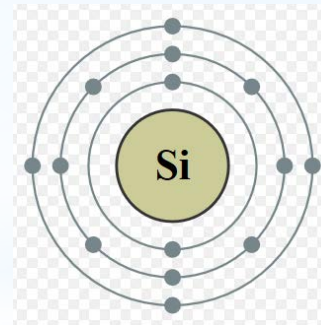
Έχει $Z = 14$ θερμοκρασία τήξης $1414\text{ }^{\circ}\text{C}$ και βρασμού $3265\text{ }^{\circ}\text{C}$

Δεν βρίσκεται ελεύθερο στη φύση αλλά υπό την μορφή ενώσεων

Τα ορυκτά του πυριτίου αποτελούν το 87% του φλοιού της Γης , ενώ είναι το δεύτερο σε αφθονία χημικό στοιχείο στο στερεό φλοιό της Γης μετά το οξυγόνο.

The periodic table shows elements arranged by atomic number. A red box highlights the p-block elements, which are groups 13 through 18. A red arrow points to Silicon (Si), which is in group 14 and period 3.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar										
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Ha	106 Sg	107 Ns	108 Hs	109 Mt	110 110	111 111	112 112	113 113					



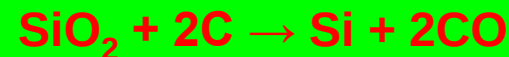
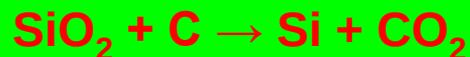
Τα ποιο διαδεδομένα ορυκτά του πυριτίου α) ο χαλαζίας β) η άργιλος

Ο χαλαζίας αποτελείται από πυρίτιο και οξυγόνο (SiO_2).

(Η άμμος της θάλασσας περιέχει SiO_2 αλλά όχι σε καθαρή μορφή)

Η **άργιλος** λέγεται ένυδρο πυριτικό αργίλιο ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Παρασκευάζεται με συνθέρμανση χαλαζία και άνθρακα στους 2500°



Χρήσεις

Σιλικόνη
(ενώσεις Si)

Φωτοβολταϊκά
(καθαρό Si)

Κεραμική
(άργιλο)

Γυαλί
(χρήση SiO_2 με
προσμίξεις)

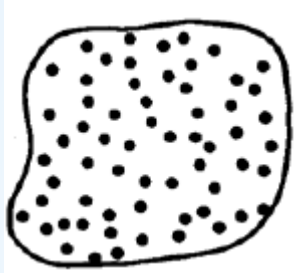
Ιατρική
(εμφυτεύματα , στην
ενδοκρινολογία , ορθοπεδική
νευρολογία)
(καθαρό Si ή κράματα αυτού)

Οπτικές Ίνες
(καθαρό SiO_2)

Ηλεκτρονική
(ημιαγωγά εξαρτήματα και
Ολοκληρωμένα Κυκλώματα)
(καθαρό Si)

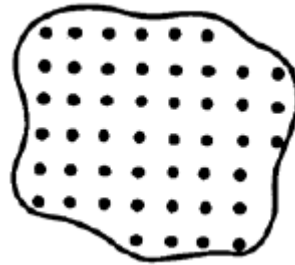
Πυρίτιο Si

Άμορφο
Πυρίτιο

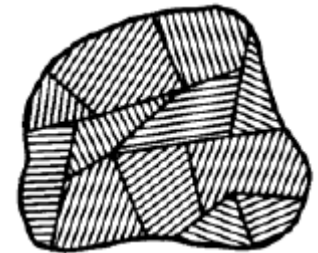


Κρυσταλλικό
Πυρίτιο

Μονοκρυσταλλικό
Πυρίτιο



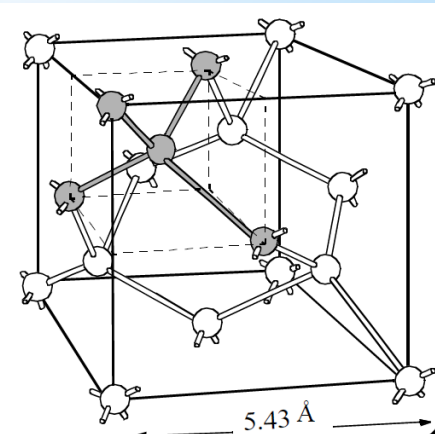
Πολυκρυσταλλικό
Πυρίτιο



Τα άμορφα υλικά **δεν έχουν καθορισμένη δομή**, τα μόρια τους διατάσσονται κατά τυχαίο τρόπο.

Οι **φυσικές ιδιότητες** έχουν την ίδια τιμή προς όλες τις διευθύνσεις (υλικά ισότροπα)

Τα κρυσταλλικά υλικά **έχουν καθορισμένη δομή**, και τα μόρια τους διατάσσονται κατά συγκεκριμένο τρόπο. Οι **φυσικές ιδιότητες** δεν έχουν την ίδια τιμή προς όλες τις διευθύνσεις



Ημιαγωγοί

Σώματα που επιτρέπουν την διέλευση φορτίων μέσα από την μάζα τους κάτω από προϋποθέσεις .

Πχ Πυρίτιο Si , Γερμάνιο Ge , Αρσενικούχο Γάλλιο GaAs

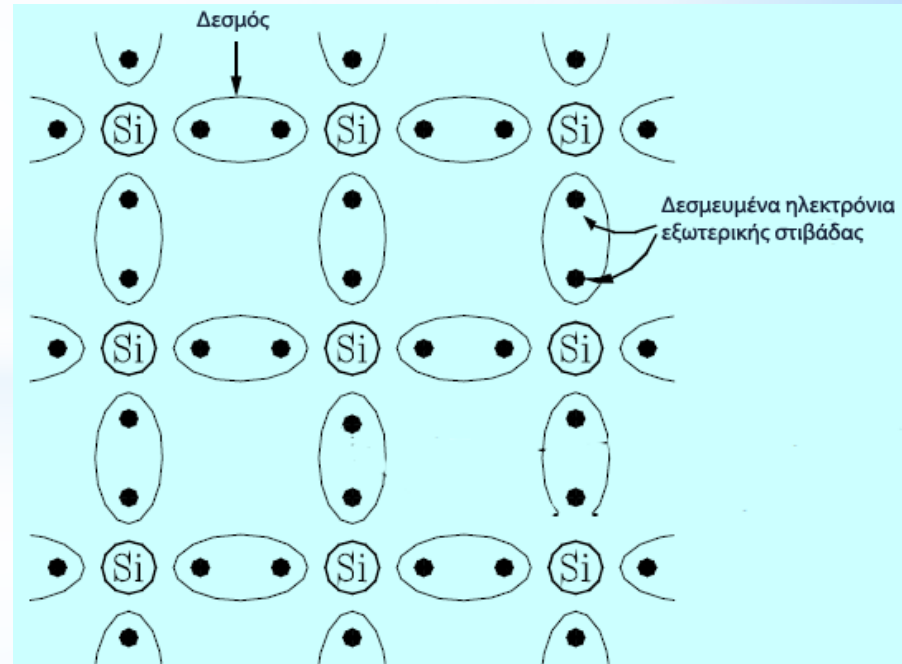
Κατηγορίες Ημιαγωγών

Ενδογενείς Ημιαγωγούς

Ημιαγωγούς με Προσμίξεις

Είναι ο καθαρός ημιαγωγός , δηλαδή εκείνος που δεν έχει ξένες προσμίξεις , αποτελείται μόνο από άτομα πυριτίου ή άτομα γερμανίου

Στον κρύσταλλο του καθαρού πυριτίου βλέπουμε ότι κάθε άτομο πυριτίου ενώνεται με αλλά 4 άτομα πυριτίου με την βοήθεια 4 ομοιοπολικών δεσμών



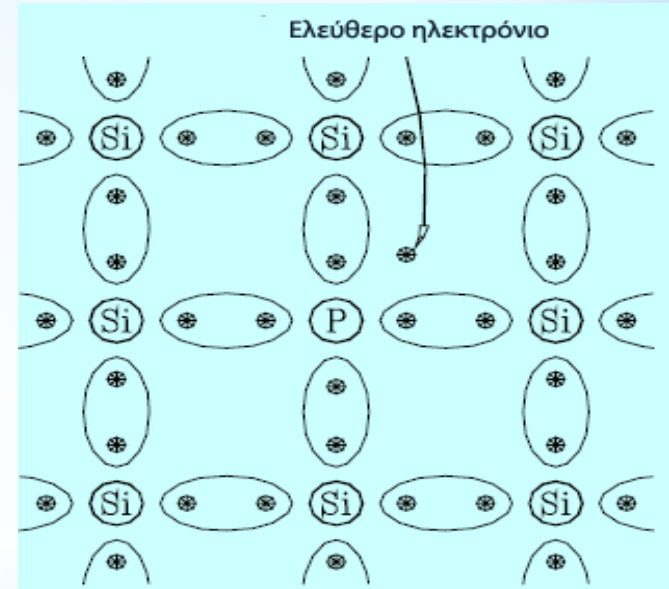
Ημιαγωγός με Προσμίξεις

Ημιαγωγός Τύπου N

Ημιαγωγός Τύπου P

Είναι ο ημιαγωγός στον οποίον άτομα πυριτίου έχουν αντικατασταθεί από άτομα πεντασθενούς στοιχείου (Φωσφόρου P , Αρσενικού As)

Τα 4 ηλεκτρόνια του φωσφόρου έχουν συνδεθεί με γειτονικά άτομα πυριτίου με ομοιοπολικούς δεσμούς , **το 5^ο μένει ελεύθερο**



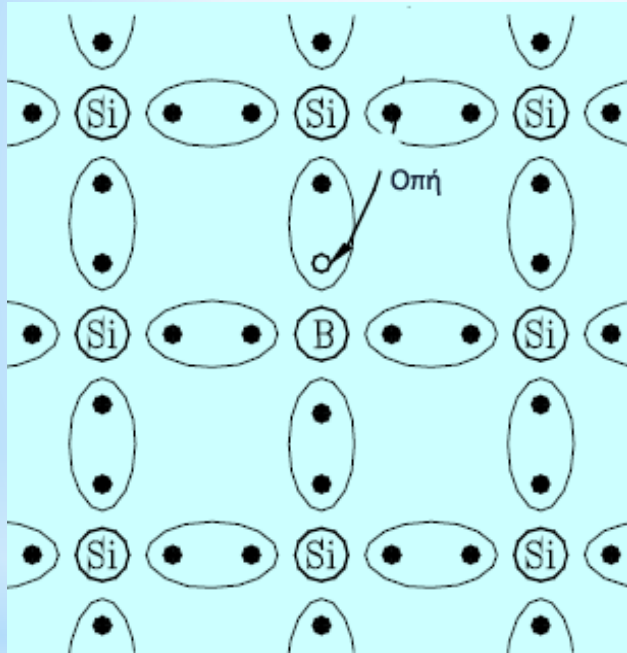
Ο Ημιαγωγός Τύπου N παρουσιάζει αγωγιμότητα που οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που προέρχονται από τα άτομα του φωσφορου .

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά σωματία , για αυτό και ο τύπος του ημιαγωγού λέγεται **N (negative)**

Ημιαγωγός με Προσμίξεις

Ημιαγωγός Τύπου N

Ημιαγωγός Τύπου P



Είναι ο ημιαγωγός στον οποίον άτομα πυριτίου έχουν αντικατασταθεί από άτομα τρισθενούς στοιχείου
(Ίνδιου In , Βορίου B , Γάλλιου Ga)

Το βόριο έχει 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα που συνδέονται με γειτονικά άτομα πυριτίου με ομοιοπολικούς δεσμούς , στην 4^η θέση όμως θα υπάρχει κενό , αυτό **το κενό θα αντιπροσωπεύει μια οπή**

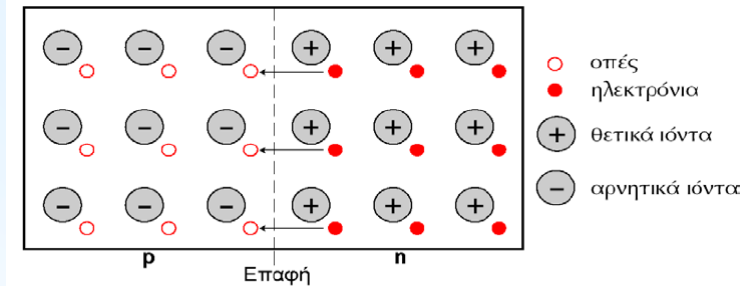
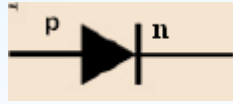
Ο Ημιαγωγός Τύπου P παρουσιάζει αγωγιμότητα που οφείλεται στις οπές που προέρχονται από τα άτομα του βορίου

Οι οπές θεωρούνται θετικά σωμάτια , για αυτό και ο τύπος του ημιαγωγού λέγεται **P (positive)**

Κρυσταλοδίοδος

Εξάρτημα που δημιουργείται από επαφή δυο κομματιών ημιαγωγών ο ένας τύπου N και ο άλλος τύπου P

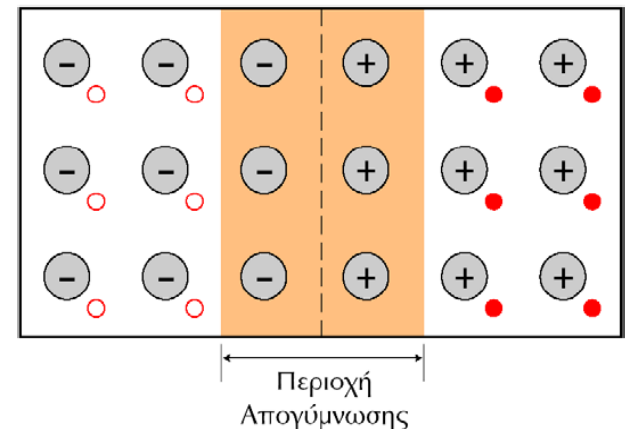
ηλεκτρονικό σύμβολο



Τα ηλεκτρόνια που πλεονάζουν στο κομμάτι του ημιαγωγού τύπου N θα προσπαθήσουν να εισέρθουν στο κομμάτι του ημιαγωγού τύπου P που υπάρχουν κενές θέσεις

Οι οπές (κενές θέσεις) που πλεονάζουν στο κομμάτι του ημιαγωγού τύπου P θα προσπαθήσουν να εισέρθουν στο κομμάτι του ημιαγωγού τύπου N που υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια

Το αποτέλεσμα αυτής της διπλής εισόδου είναι να δημιουργηθεί γύρω από την επαφή μια περιοχή που λέγεται **Περιοχή Απογύμνωσης**, εκεί δεν υπάρχουν ούτε ελεύθερα ηλεκτρόνια, ούτε οπές, μόνο αρνητικά και θετικά ιόντα εκατέρωθεν

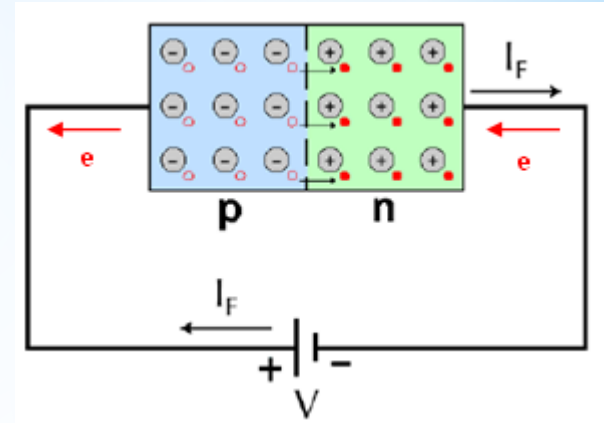


Πόλωση Κρυσταλοδιόδου

Ορθή Πόλωση

Ανάστροφη Πόλωση

Στην **Ορθή Πόλωση**, η πηγή τάσης συνδέεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο θετικός οπλισμός να ενώνεται με το κομμάτι του ημιαγωγού τύπου P και ο αρνητικός οπλισμός με το κομμάτι του ημιαγωγού τύπου N



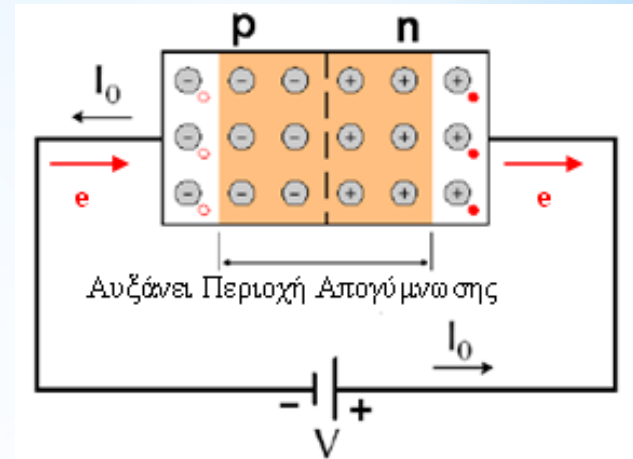
Το αποτέλεσμα είναι να εξουδετερωθεί η περιοχή απογύμνωσης και οι φορείς του ηλεκτρισμού να κινούνται ελεύθερα

Πόλωση Κρυσταλοδιόδου

Ορθή Πόλωση

Ανάστροφη Πόλωση

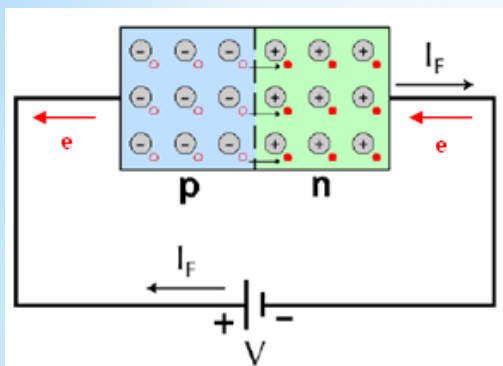
Στην **Ανάστροφη Πόλωση**, η πηγή τάσης συνδέεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο θετικός οπλισμός να ενώνεται με το κομμάτι του ημιαγωγού τύπου N και ο αρνητικός οπλισμός με το κομμάτι του ημιαγωγού τύπου P



Το αποτέλεσμα είναι να αυξηθεί η περιοχή απογύμνωσης και εμποδιστεί η κίνηση των φορέων του ηλεκτρισμού

Συνοπτικά

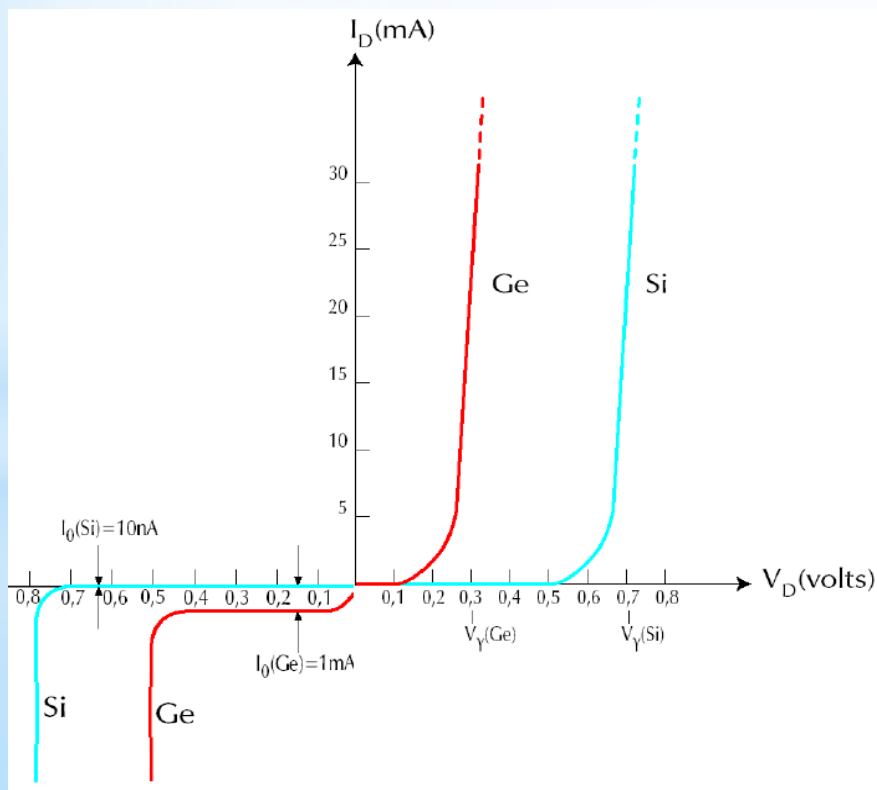
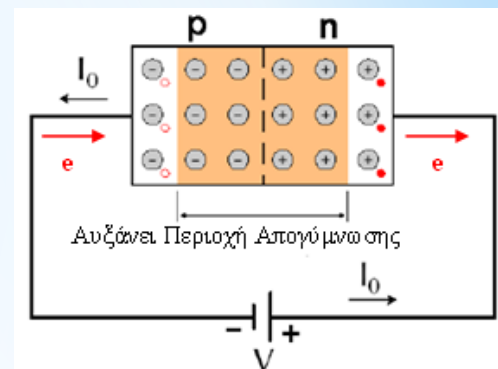
Ορθή Πόλωση



Η ένταση του ρεύματος ορθής πόλωσης είναι στα mA (μίλι αμπερ)

Η ένταση του ρεύματος ανάστροφης πόλωσης είναι στα nA (νάνο αμπερ)

Ανάστροφη Πόλωση



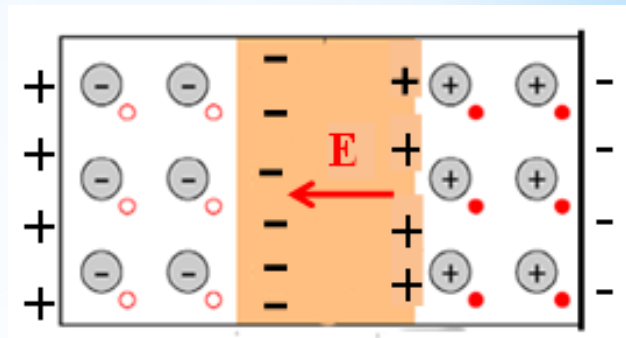
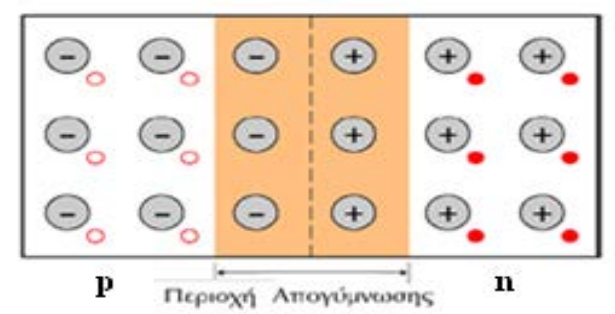
Η χαρακτηριστική μιας κρυσταλοδιόδου είναι ένα διάγραμμα $I - V$, δηλαδή διάγραμμα έντασης ρεύματος που την διαρρέει με την τάση στα άκρα της

Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

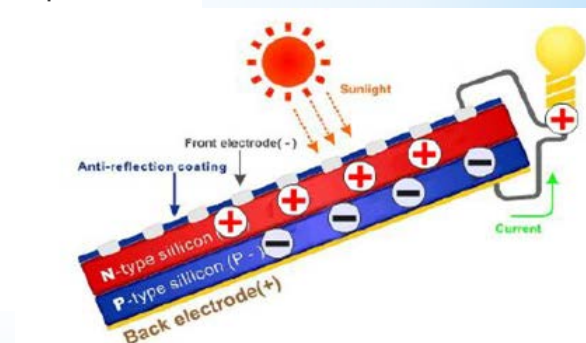
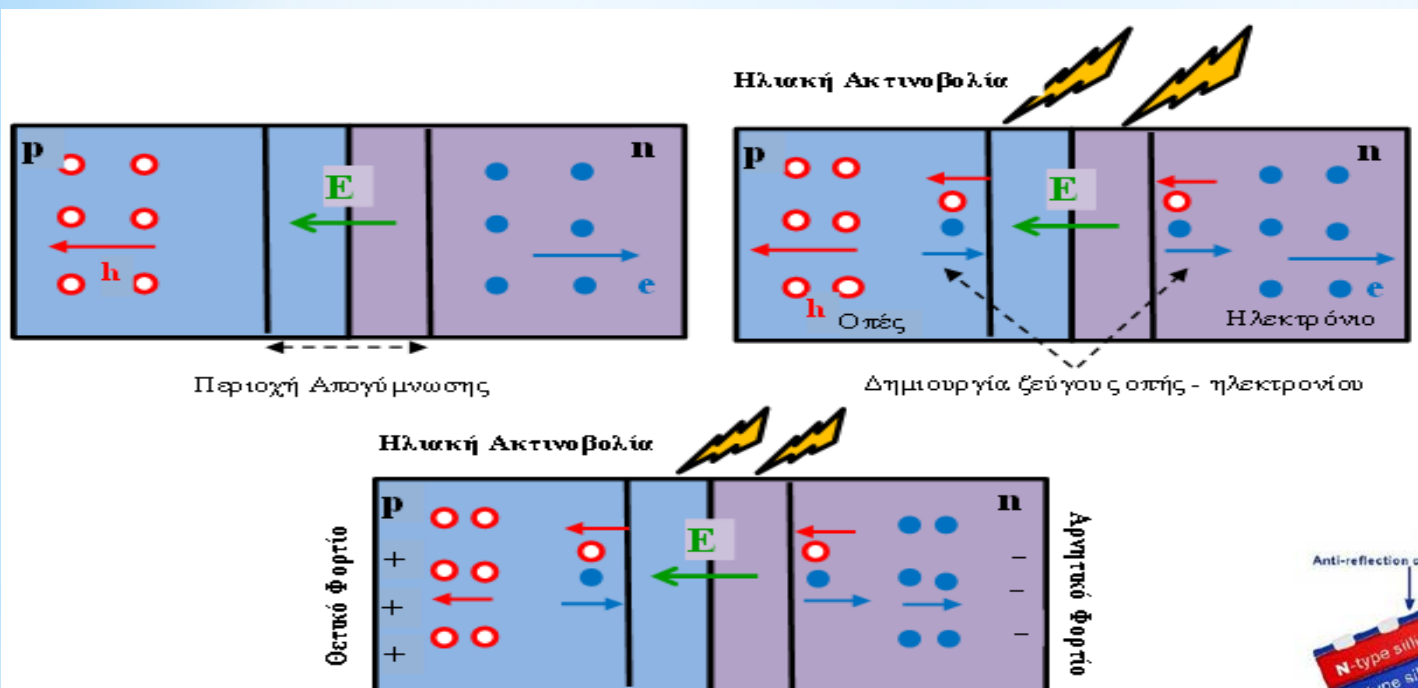
Όταν φέρουμε σε επαφή ημιαγωγούς τύπου **n** και **p**, τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου **n** κινούνται προς τις κενές θέσεις του πυριτίου τύπου **p** για να τις καλύψουν

Στην επαφή των δύο υλικών δημιουργείται η περιοχή απογύμνωσης χωρίς φορείς του ηλεκτρισμού. Στην περιοχή αυτή υπάρχει ένα **ηλεκτρικό πεδίο** με κατεύθυνση από το κομμάτι τύπου **n** στο κομμάτι τύπου **p**. Και αποτρέπει την μετακίνηση φορέων από το ένα κομμάτι στο άλλο

Το αποτέλεσμα θα είναι στα άκρα του κομματιού τύπου **p** να έχουμε πλεόνασμα οπών, αρά θετικό φορτίο, ενώ στα άκρα του κομματιού τύπου **n** να έχουμε πλεόνασμα ηλεκτρονίων, αρά αρνητικό φορτίο



Όταν φωτόνια ηλιακής ακτινοβολίας, κατάλληλου μήκους κύματος, πέφτουν σε ένα τέτοιο υλικό δημιουργούν ζεύγη **οπών - ηλεκτρονίων**



Αυτό δημιουργεί μια επιπλέον συσσώρευση θετικών φορτίων στο άκρο του κομματιού τύπου **p** και μια επιπλέον συσσώρευση αρνητικού φορτίου στο άκρο του κομματιού τύπου **n**

Αρά στα άκρα των δυο υλικών θα δημιουργηθεί μια τάση που λέγεται **Φωτοβολταϊκή** και το φαινόμενο **Φωτοβολταϊκό**

Φωτοβολταϊκό Στοιχείο ή Φωτοστοιχείο

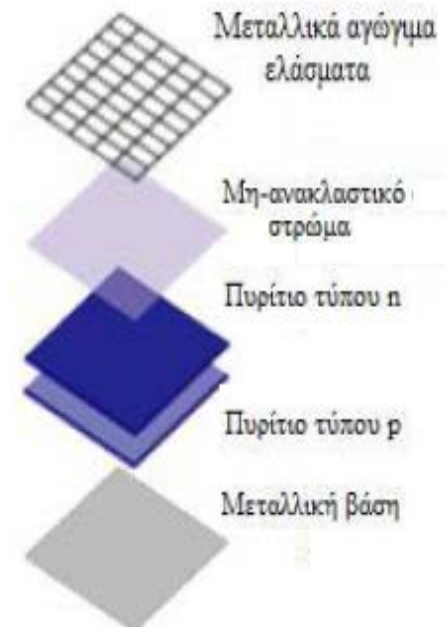
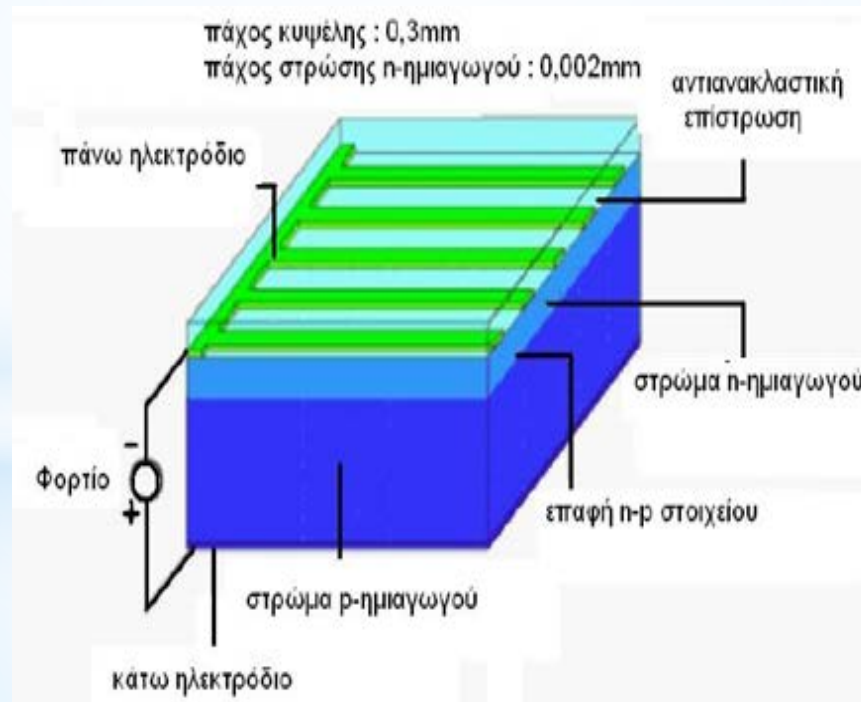
Είναι η μικρότερη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής τάσης όταν πάνω της πέσει ηλιακή ακτινοβολία

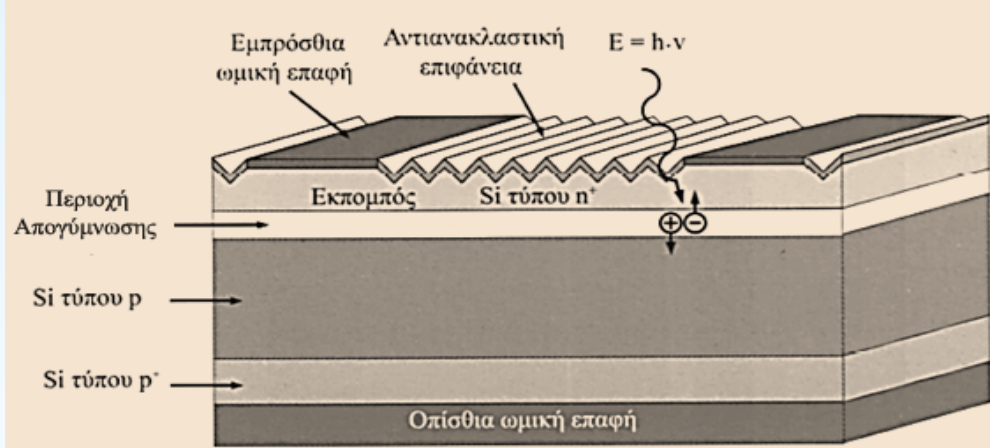
Έχει διαστάσεις περίπου $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ με πάχος $0,24\text{ mm}$ και δίνει στα άκρα του τάση από $0,5\text{ V} - 1\text{ V}$

Η απόδοση κυμαίνεται από 6% έως 30% ανάλογα το υλικό κατασκευής και τις συνθήκες



Στο σχήμα φαίνεται η δομή ενός φωτοστοιχείου





- 1) Ο εκπομπός , έχει πάχος γύρω στα $0,3 \mu\text{m}$ φτιάχνεται από ημιαγωγό πυριτίου τύπου n . Το πρώτο κομμάτι που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία
- 2) Το υπόστρωμα , έχει πάχος γύρω στα $298 \mu\text{m}$ είναι φτιαγμένος από ημιαγωγό πυριτίου τύπου p . Σε αυτό εισχωρεί η ηλιακή ακτινοβολία
- 3) Μεταξύ των δυο κομματιών πυριτίου τύπου n και τύπου p δημιουργείται η ζώνη απογύμνωσης χωρίς ηλεκτρόνια και οπές
- 4) Για αύξηση της απόδοσης τοποθετούμε κάτω από το υπόστρωμα ένα λεπτό στρώμα ημιαγωγού πυριτίου τύπου p με περισσότερες προσμίξεις (p^+)
- 5) Πάνω στο κομμάτι ημιαγωγού τύπου n μπαίνει η εμπρόσθια μεταλλική επιφάνεια αποτελούμενη από οριζόντια και κάθετα ελάσματα , εκει συγκεντρώνονται ηλεκτρόνια και θα αποτελεί τον αρνητικό πόλο
- 6) Κάτω από το κομμάτι ημιαγωγού τύπου p μπαίνει η οπίσθια μεταλλική επιφάνεια όπου συγκεντρώνονται οπές και θα αποτελεί τον θετικό πόλο
- 7) Πάνω στην εμπρόσθια μεταλλική επιφάνεια μπαίνει μια αντανάκλαστική επιφάνεια για να μην ανακλαστεί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

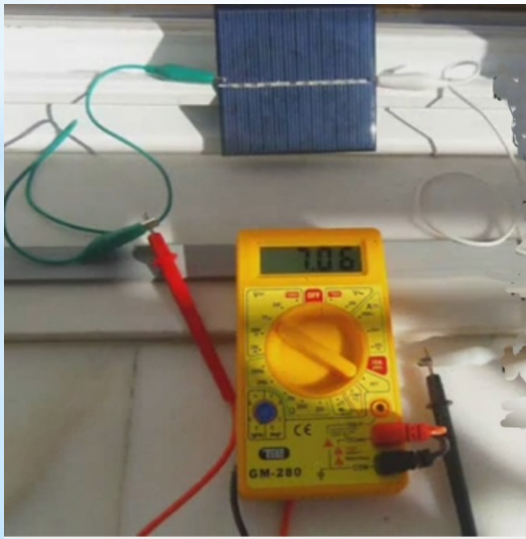
Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Στοιχείου

1) Τάση Ανοικτού Κυκλώματος V_{oc}

Η τάση στα άκρα του φωτοβολταϊκού στοιχείου όταν αυτά είναι στο αέρα
Στην εικόνα το φωτοβολταϊκό στοιχείο για την φωτεινή ροή που εκτίθεται έχει τάση ανοικτού κυκλώματος $V_{oc} = 7,06 \text{ V}$

2) Ένταση Ρεύματος Βραχυκύκλωσης I_{sc}

Η ένταση του ρεύματος που παίρνουμε όταν ενώσουμε τα δυο άκρα του στοιχείου χωρίς να παρεμβάλλεται τίποτα
Στην εικόνα το φωτοβολταϊκό στοιχείο για την φωτεινή ροή που εκτίθεται έχει ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{sc} = 94,7 \text{ mA}$



3) Αντίσταση Φωτοβολταϊκού στοιχείου

4) Μέγιστη Ισχύς

5) Τάση στην Μέγιστη Ισχύ

6) Ένταση ρεύματος στην Μέγιστη Ισχύ

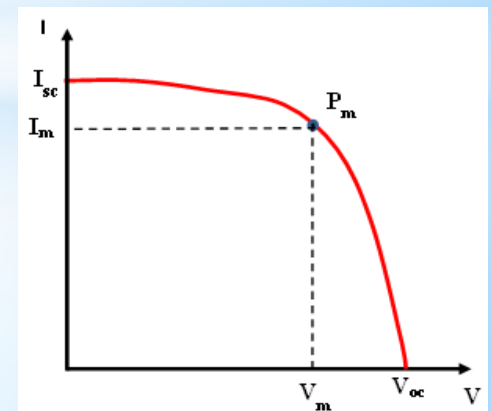
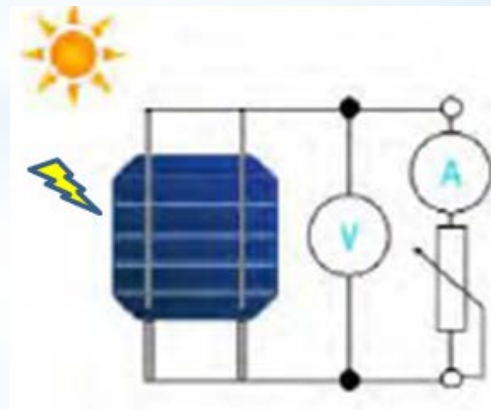
7) Όρια Θερμοκρασίας της επιφάνειας φωτοβολταϊκού στοιχείου

8) Πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας

9) Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου

10) Χαρακτηριστική φωτοβολταϊκού στοιχείου

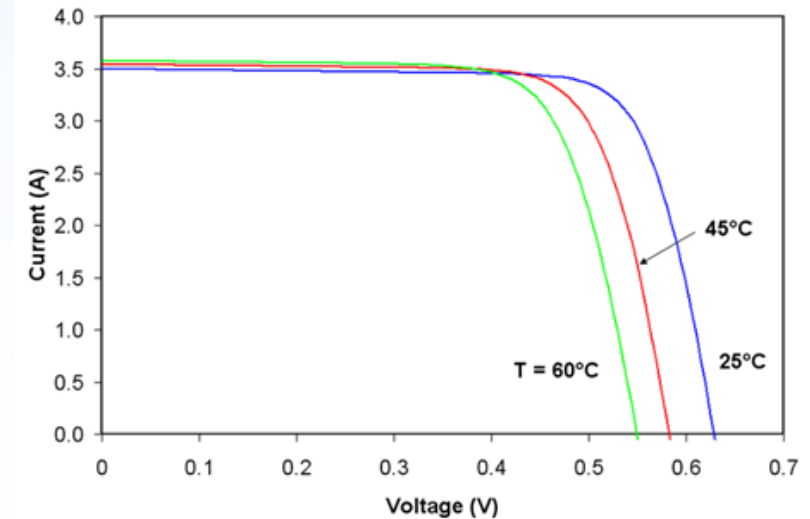
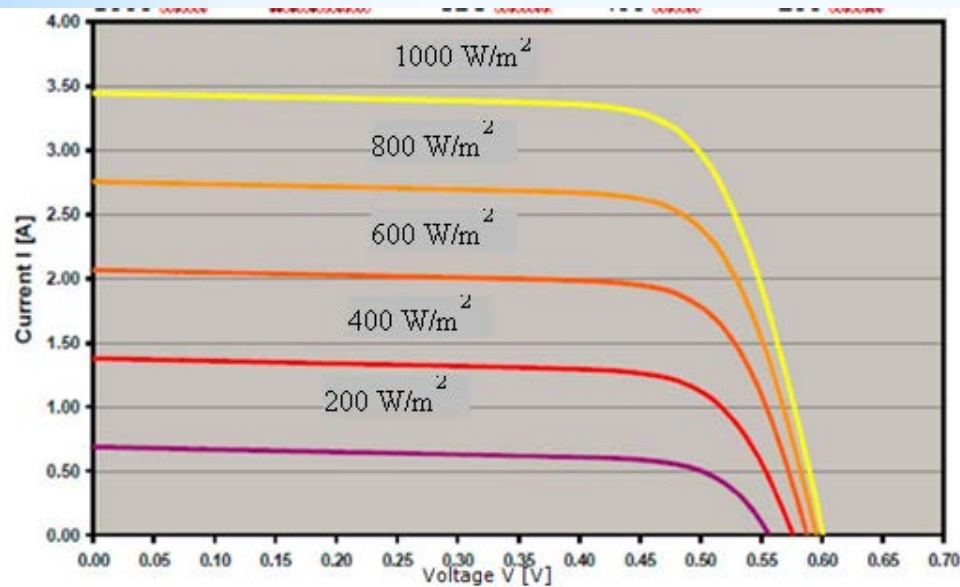
Φτιάχνουμε το κύκλωμα και αξιοποιώντας τις τιμές τάσης ρεύματος σχεδιάζουμε την χαρακτηριστική του φωτοστοιχείου



Παράγοντες που επηρεάζουν χαρακτηριστική καμπύλη φωτοστοιχείου

1) Πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας

2) Θερμοκρασία φωτοβολταϊκού στοιχείου



Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων

Φωτοστοιχεία πυριτίου
μεγάλου πάχους

Φωτοστοιχεία
λεπτών υμενίων

Πολυστρωματικά
φωτοστοιχεία

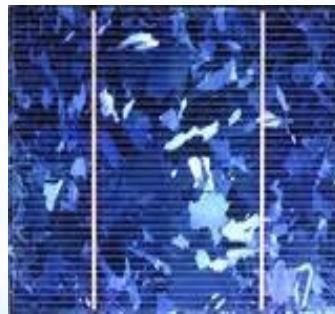
Φωτοστοιχεία πυριτίου μεγάλου πάχους

Φωτοβολταϊκά στοιχεία
μονοκρυσταλλικού πυριτίου



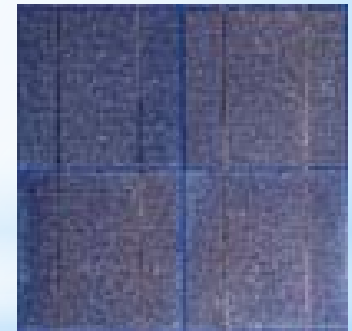
Πάχος γύρω στα 0,3mm.
Απόδοση από 15 έως 18% .
Στο εργαστήριο έως 24,7%.
Πλεονέκτημα η απόδοση
Μειονέκτημα υψηλό κόστος

Φωτοβολταϊκά στοιχεία
πολυκρυσταλλικού πυριτίου



Πάχος περίπου 0,3mm
Απόδοση από 13 έως 15%
Στο εργαστήριο έως 20%
Πλεονέκτημα χαμηλό κόστος

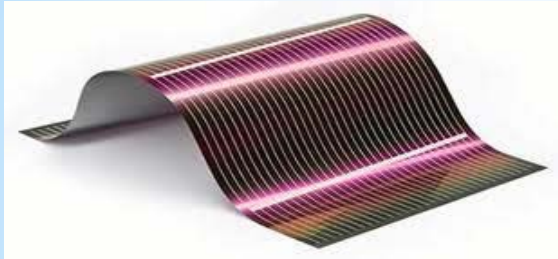
Φωτοβολταϊκά στοιχεία
ταινίας πυριτίου



Πάχος περίπου 0,3mm
Απόδοση από 12 % έως 13%
Στο εργαστήριο έως 18 %
Πλεονέκτημα η μείωση έως
50% στην χρήση πυριτίου

Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών υμενίων

Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός
(CuInSe_2 με γάλλιο)



Απόδοση στο 11%
Στο εργαστήριο 18,8%
Με γάλλιο αυξάνει η
απόδοση Μειονέκτημα
το ίνδιο και το γάλλιο
σπάνια στην φύση

Τελουριούχο
Κάδμιο (CdTe)



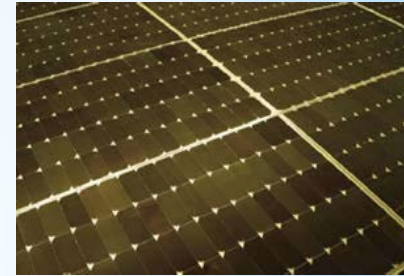
Αποδόσεις 6 έως 8%.
Στο εργαστήριο 16%.
Μειονέκτημα κάδμιο
είναι καρκινογόνο
υλικό και τελλούριο
σπάνιο

Φωτοστοιχεία
άμορφου πυριτίου



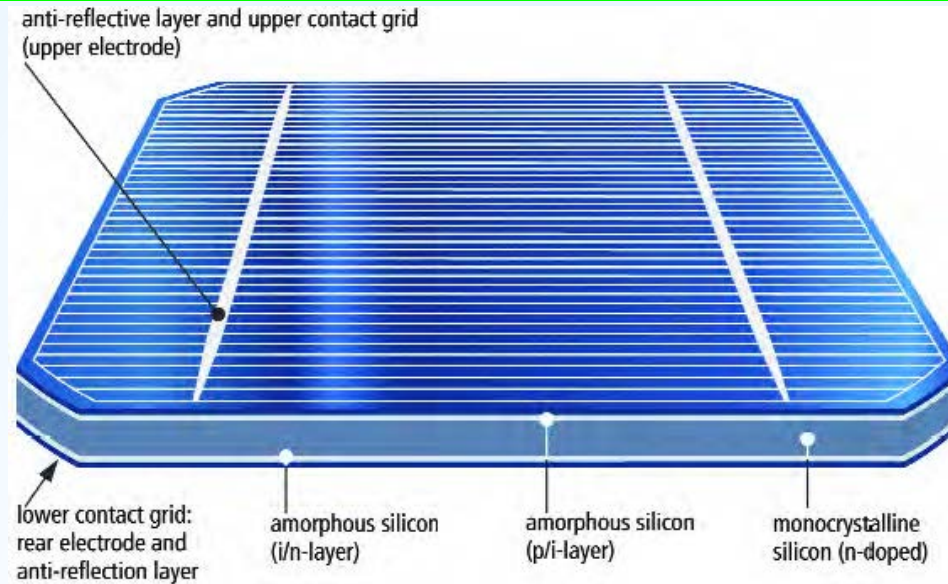
Πάχος πυριτίου
0,0001 mm ,
υπόστρωμα από 1
έως 3 mm
Η απόδοση 6 έως 8%
Στο εργαστήριο 14%.
Πλεονεκτήματα η
καλή απόδοση στις
υψηλές θερμοκρασίες
και στη συννεφιά

Αρσενικούχο
Γάλλιο (GaAs)



Πλεονεκτήματα :
Απόδοση 29%.
Ανθεκτικά σε
υψηλές
θερμοκρασίες
και
ακτινοβολία
Μειονέκτημα
μεγάλο κόστος

Πολυστρωματικά φωτοβολταϊκά στοιχεία



Συνήθως αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Πλεονεκτήματα : Μεγάλη απόδοσης στο 17,2% , υψηλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και σε συννεφιά

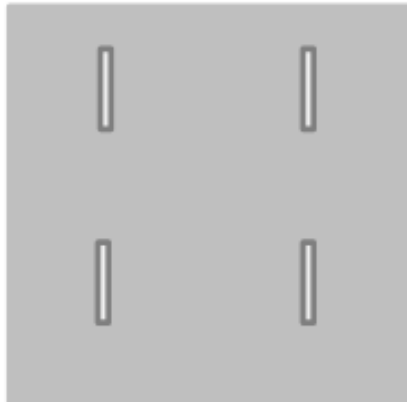
Μειονέκτημα το κόστος

Προετοιμασία σύνδεσης δυο φωτοστοιχείων

Εμπρόσθια όψη Φωτοστοιχείου
από Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο



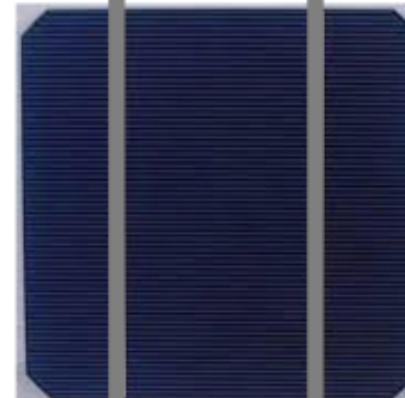
Οπίσθια όψη Φωτοστοιχείου



Χάλκινες Λωρίδες



Αρνητικοί Ακροδέκτες



Θετικοί Ακροδέκτες



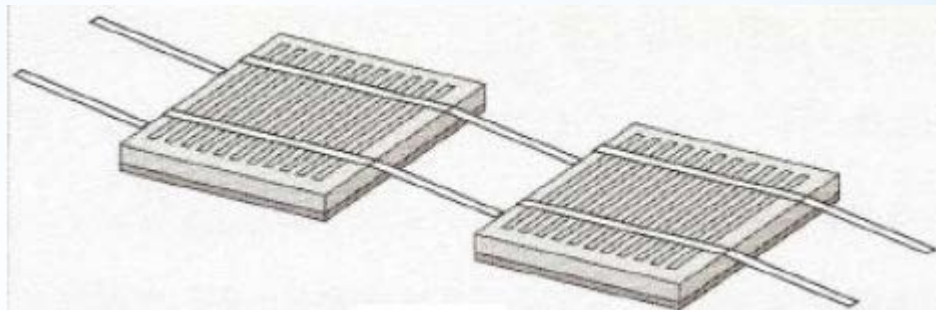
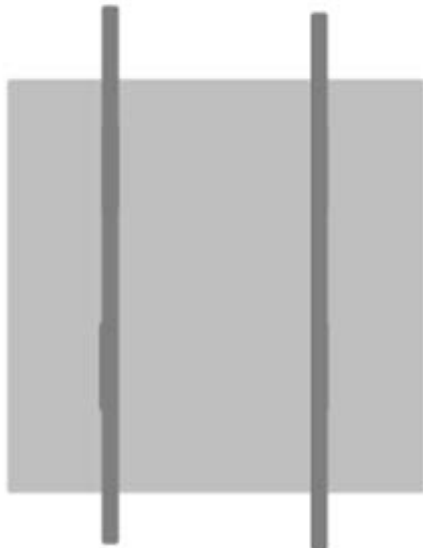
Κολλάμε τις χάλκινες λωρίδες στις μεταλλικές επαφές

Σύνδεση σε σειρά δυο ίδιων φωτοστοιχείων

Αρνητικοί Ακροδέκτες



Θετικοί Ακροδέκτες



Διπλασιάζεται η τάση ανοικτού κυκλώματος το ρεύμα βραχυκύκλωσης μένει το ίδιο

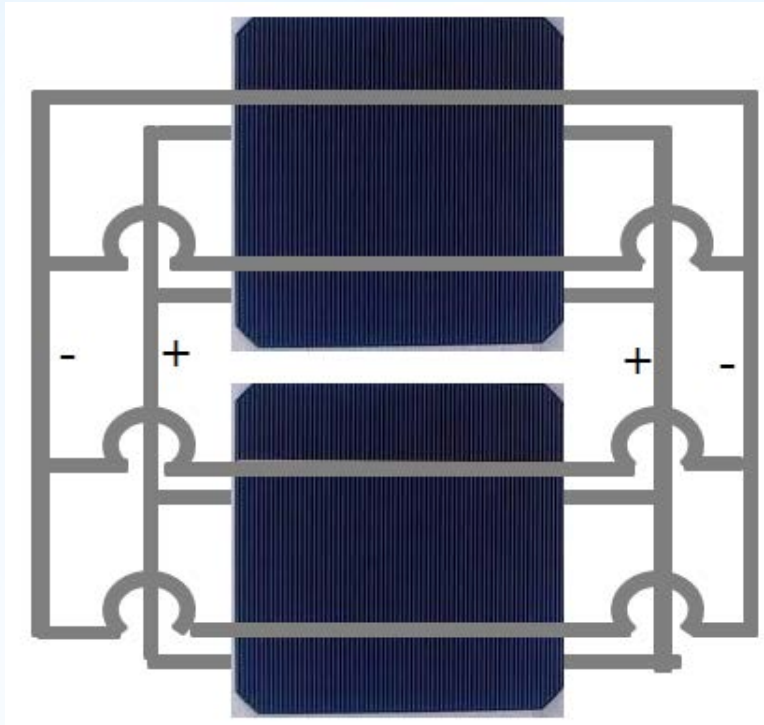
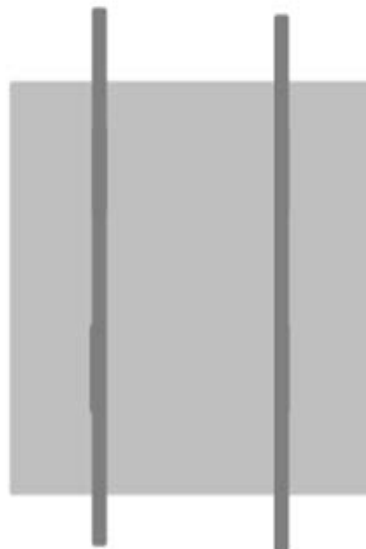
Το (-) της πάνω επιφάνειας του ενός συνδέεται με το (+) της κάτω επιφάνειας του άλλου

Παράλληλη Σύνδεση δυο ίδιων φωτοστοιχείων

Αρνητικοί Ακροδέκτες



Θετικοί Ακροδέκτες



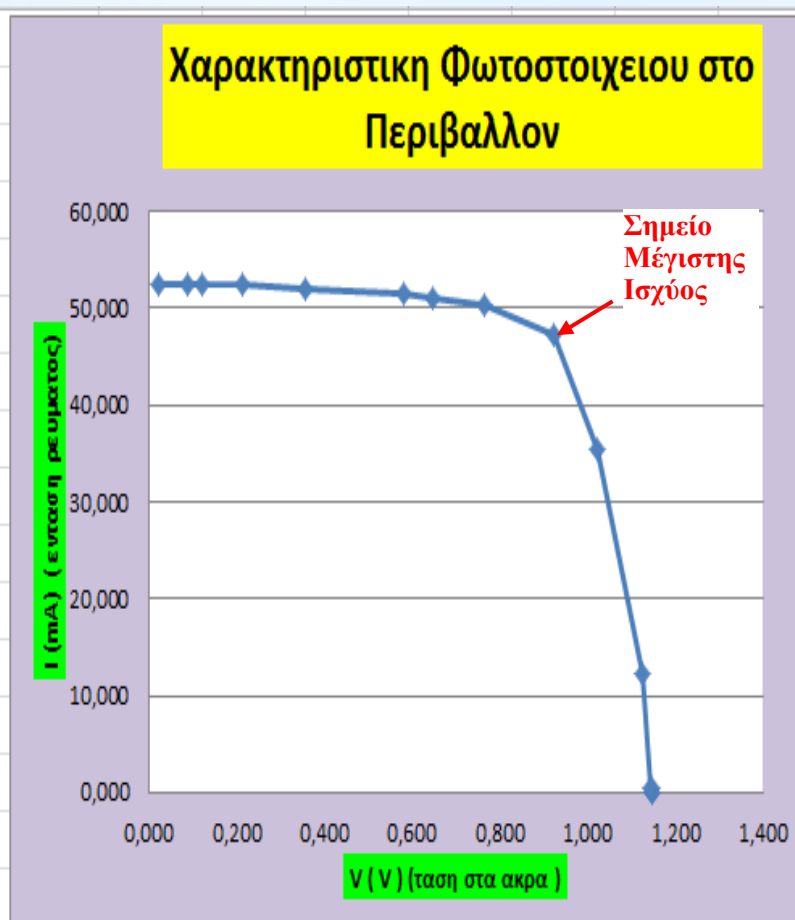
Διπλασιάζεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης αλλά η τάση ανοικτού κυκλώματος μένει η ίδια

Το (-) της πάνω επιφάνειας του ενός συνδέεται με το (-) της πάνω επιφάνειας του άλλου

Το (+) της κάτω επιφάνειας του ενός συνδέεται με το (+) της κάτω επιφάνειας του άλλου

Χάραξη Χαρακτηριστικής Φωτοστοιχείου στο περιβάλλον

V (V)	I (mA)	P(mW)
1,149	0,011	0,0126
1,147	0,038	0,0436
1,146	0,363	0,416
1,144	0,466	0,5331
1,126	12,350	13,906
1,023	35,450	36,265
0,922	47,230	43,546
0,765	50,340	38,51
0,648	50,980	33,035
0,581	51,400	29,863
0,356	52,000	18,512
0,213	52,300	11,14
0,123	52,400	6,4452
0,087	52,500	4,5675
0,021	52,500	1,1025

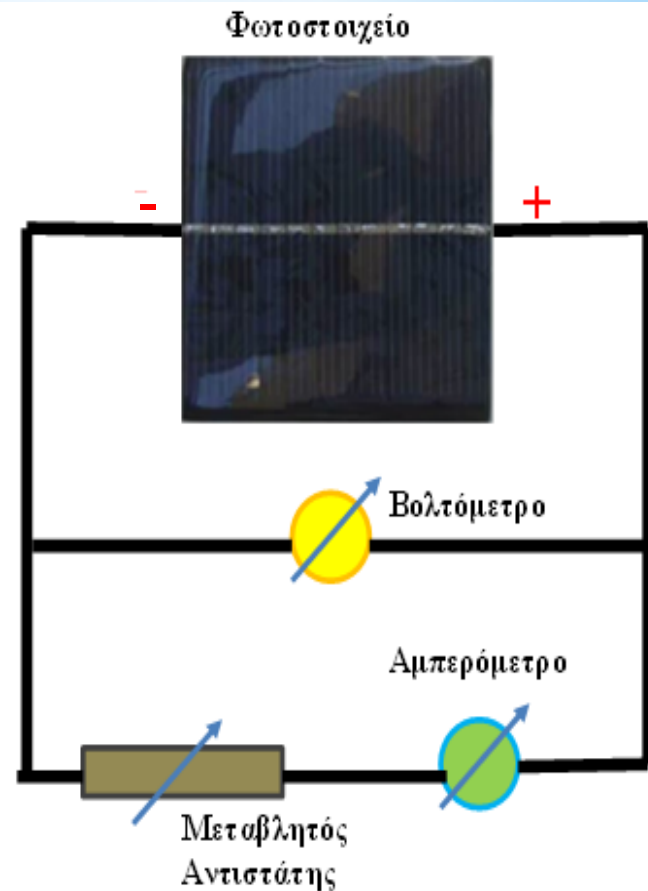
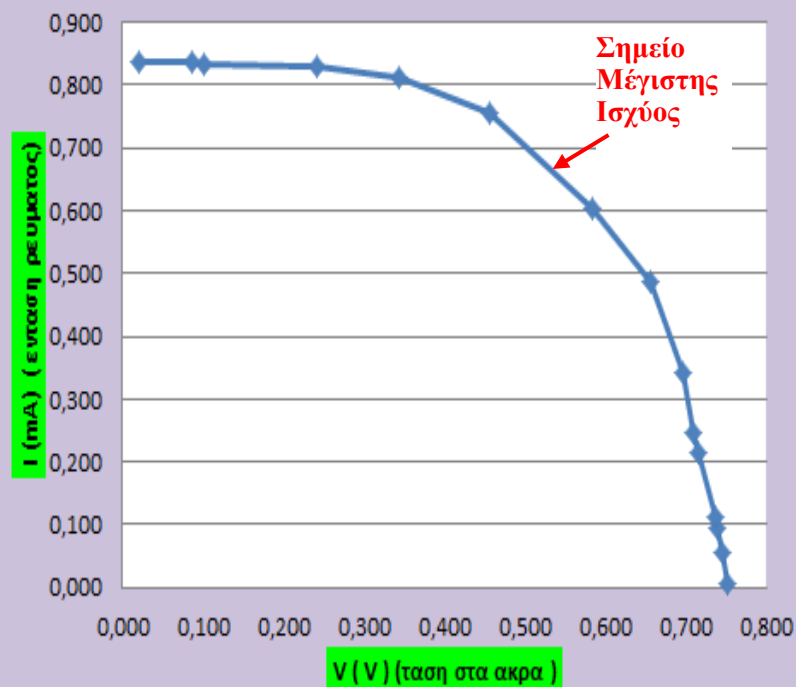


M.

Χάραξη Χαρακτηριστικής Φωτοστοιχείου στο εργαστήριο

V (V)	I (mA)	P(mW)
0,752	0,008	0,0057
0,745	0,055	0,041
0,740	0,095	0,0703
0,736	0,111	0,0817
0,716	0,215	0,1539
0,710	0,245	0,174
0,696	0,342	0,238
0,656	0,487	0,3195
0,585	0,602	0,3522
0,456	0,755	0,3443
0,343	0,810	0,2778
0,241	0,830	0,2
0,102	0,834	0,0851
0,087	0,835	0,0726
0,021	0,835	0,0175

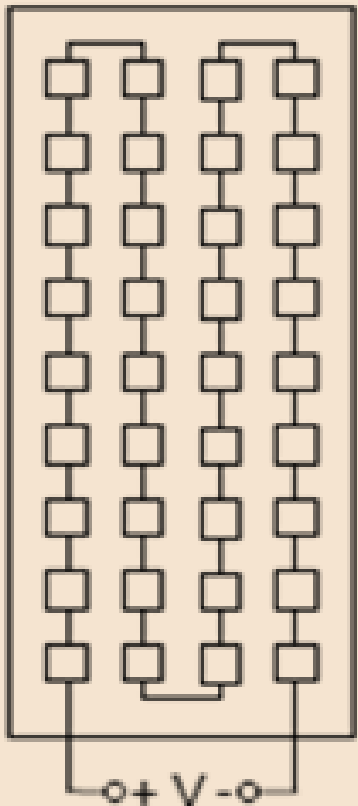
Χαρακτηριστική Φωτοστοιχείου στο Εργαστήριο



Συνδεση Φωτοστοιχείων για δημιουργία Φωτοβολταϊκού Πλαισίου

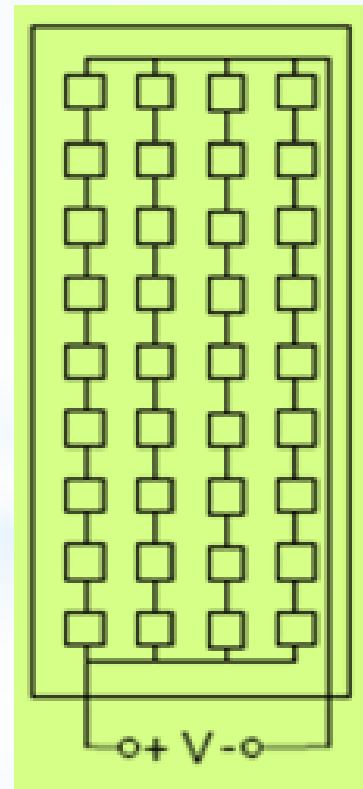
Οι τρόποι σύνδεσης των επιμέρους φωτοβολταϊκών στοιχείων για να φτιάξουμε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι 5
(οι πιο συνηθισμένες συνδεσμολογίες είναι 2)

Σειριακή Σύνδεση



Συνδέουμε 36
Φωτοστοιχεία
σε σειρά

Σειριακή - Παράλληλη Σύνδεσης



Συνδέουμε 9
φωτοστοιχεία
σε σειρά
Συνδέουμε τις
4 στήλες
παράλληλα

Electrical specifications

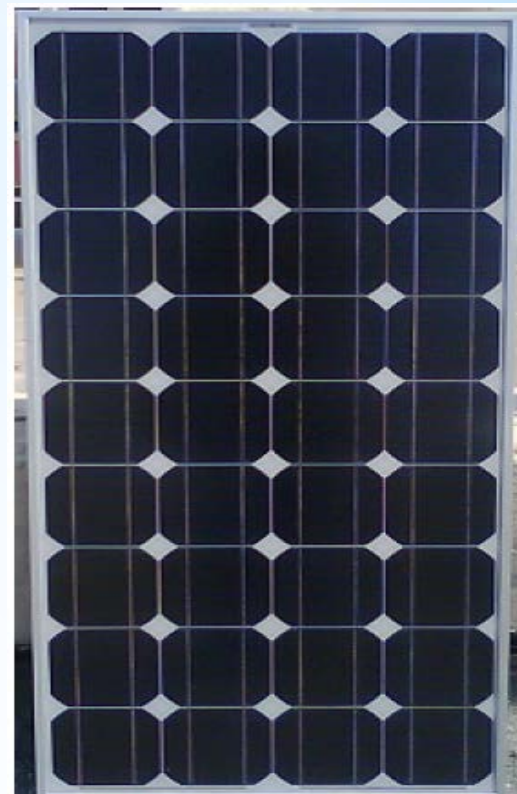
Nom. power rating (P_{NOM}) as per STC ²	80 W
Tolerance of the nominal power (P_{NOM})	$\pm 5\%$
MPP voltage (V_{MPP})	17.5 V
MPP current (I_{MPP})	4.58 A
Open circuit voltage (V_{OC})	21.9 V
Short circuit current (I_{SC})	4.95 A
Temperature coefficient (P_{MPP})	$-0.48\% / ^\circ\text{C}$
Temperature coefficient (V_{OC})	$-0.078\text{ V} / ^\circ\text{C}$
Temperature coefficient (I_{SC})	$2.2\text{ mA} / ^\circ\text{C}$
Maximum system voltage	715 V

Cell specifications

Cells	monocrystalline
Number of cells	36
Cell dimensions	125 x 125 mm

Module dimensions

Dimensions (L x W x H)	1,195 x 541 x 30 mm
Weight	8.0 kg



Τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β σε συνθήκες εργαστηρίου

Θερμοκρασία επιφάνειας ($^\circ\text{C}$)	25	45	60
Μέγιστη ισχύς P_{mp} (Wp)	49	44,8	41,5
Τάση στην μέγιστη ισχύ V_{mp} (V)	17	15,44	14,27
Ένταση στην μέγιστη ισχύ I_{mp} (A)	2,88	2,9	2,91
Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} (V)	21,6	20	18,86
Ένταση βραχυκυκλώσεως I_{sc} (A)	3,15	3,17	3,18
Βαθμός απόδοσης η (%)	11,31	10,34	9,58
Μεταβολή χαρακτηριστικών $0,95\text{ (mA/}^\circ\text{C)}$, $-79\text{ (mV/}^\circ\text{C)}$, $-0,43\text{ (%/}^\circ\text{C)}$			

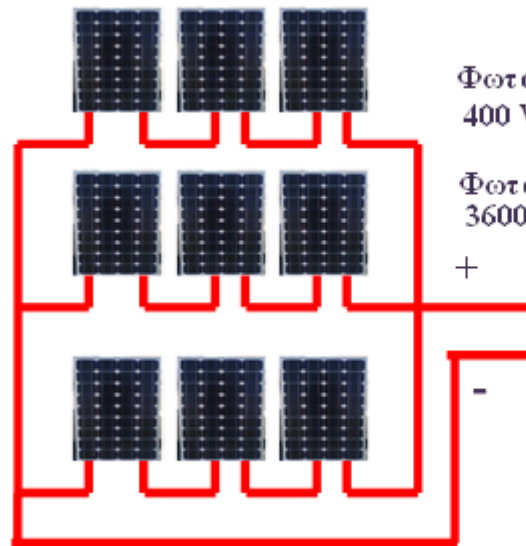
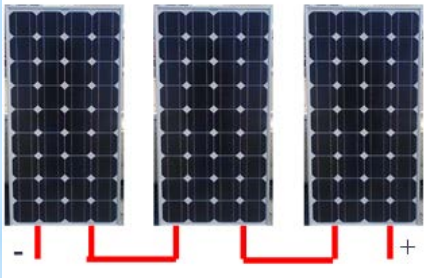


Συνδεσμολογίες Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Όπως φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται σε σειρά παράλληλα , μεικτά για να φτιάξουμε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά τάσης , ρεύματος . ισχύος

Με τον ίδιο τρόπο συνδέουμε και φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά , παράλληλα , μεικτά για να πετύχουμε νέα χαρακτηριστικά τάσης , ρεύματος , ισχύος και δημιουργούμε **Φωτοβολταϊκό Πεδίο**

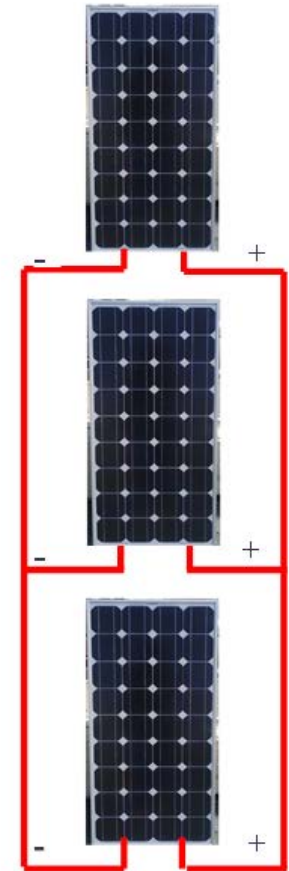
Φωτοβολταϊκά Πλαίσια σε Σειρά
Ιδιο Ρεύμα τριπλασιασμός Τάσης



Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο
400 W , 20 V , 20 A

Φωτοβολταϊκό Πεδίο
3600 W , 60 V , 60 A

Φωτοβολταϊκά Πλαίσια Παράλληλα
Ιδια Τάση τριπλασιασμός Ρεύματος

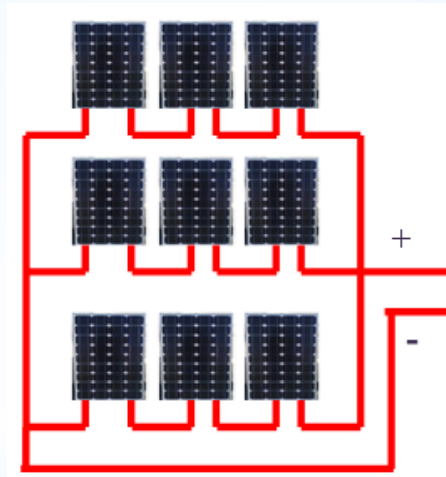


Εξοπλισμός για μια αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θεωρείται αυτόνομο όταν παράγει ηλεκτρική ενέργεια την αποθηκεύει προσωρινά και την αξιοποιεί για τροφοδοσία ηλεκτρικών συσκευών

Αν απαριθμούσαμε τα υλικά που χρειάζονται θα λέγαμε :

Φωτοβολταϊκά Πλαίσια



Ρυθμιστές Φόρτισης



Μπαταριές

Αντιστροφείς (Inverter)



Καλώδια - Ακροδέκτες



Ασφάλειες - Διακόπτες - Μετρητές



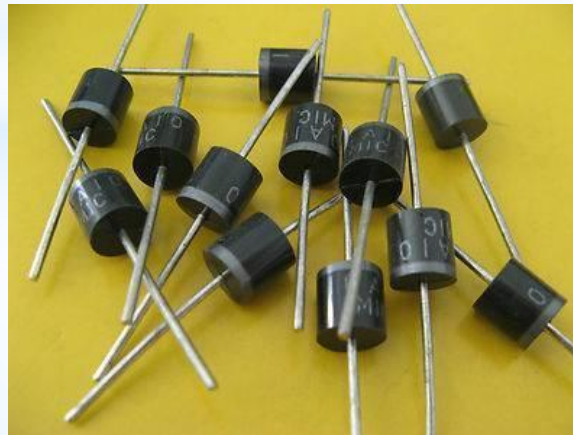
Όργανα μέτρησης έντασης
ηλιακής ακτινοβολίας σε W / m^2



Όργανα μέτρησης τάσης , ρεύματος ,
θερμοκρασίας , απόδοσης , υγρασίας ,
χάραξης χαρακτηριστικών $I - V$, $P - V$



Δίοδοι που αποτρέπουν
επιστροφή ρεύματος
στο φωτοβολταϊκό
πλαίσιο



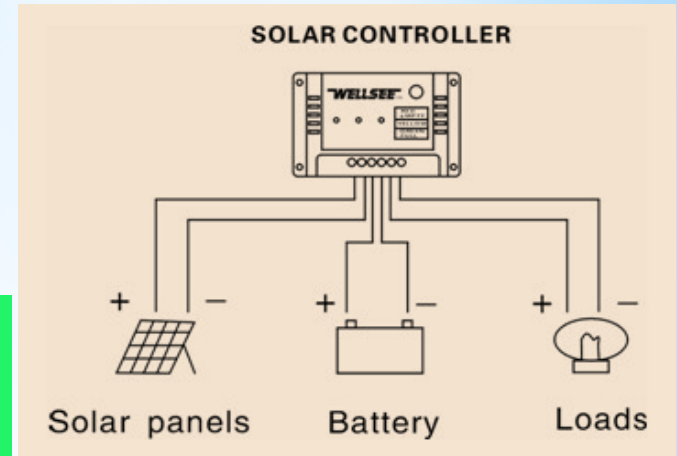
Πίνακες



Ρυθμιστές Τάσης Φόρτισης

Οι ρυθμιστές τάσεως ελέγχουν τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης των συσσωρευτών Συνδέονται με το φωτοβολταϊκό πεδίο και με την συστοιχία συσσωρευτών

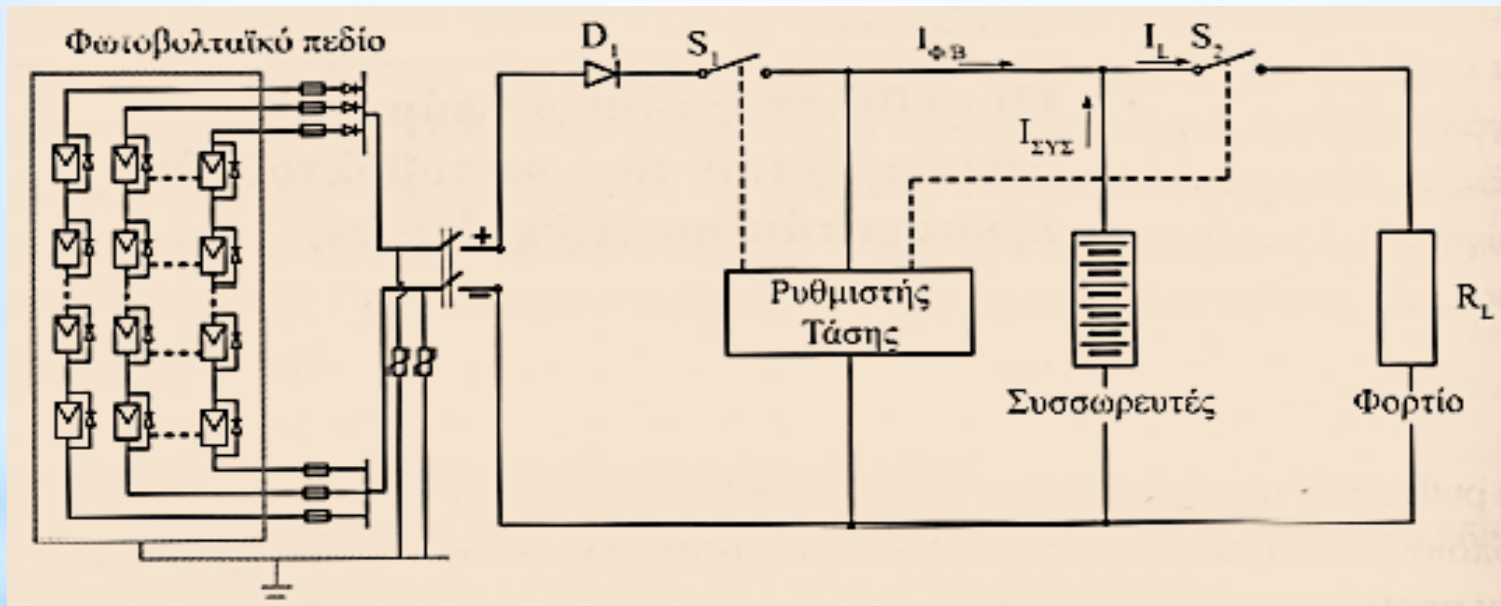
Οι ρυθμιστές προστατεύουν τους συσσωρευτές :
α) από **υπερφορτίσεις** β) από **βαθείς εκφορτίσεις**
Που αποτελούν τις δύο κυριότερες λειτουργικές καταπόνησης των συσσωρευτών και μειώνουν κατά πολύ το χρόνο ζωής τους.



Λειτουργία Ρυθμιστή Τάσης Φόρτισης

Όταν ο συσσωρευτής φορτίζεται, ο ρυθμιστής έχει τον διακόπτη S_1 κλειστό
Για να σταματήσει η φόρτιση ο ρυθμιστής ανοίγει τον διακόπτη S_1

Όταν το φορτίο παίρνει ενέργεια ο ρυθμιστής έχει τον διακόπτη S_2 κλειστό
Όταν το φορτίο δεν παίρνει ενέργεια ο ρυθμιστής έχει τον διακόπτη S_2 ανοικτό



Η δίοδος D_1 εμποδίζει την εκφόρτιση των συσσωρευτών την νύχτα

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός ρυθμιστή τάσης φόρτισης

Ισχύς Εισόδου

Πχ Διαθέτουμε ρυθμιστή φόρτισης με στοιχεία εισόδου 1000 W , $70 - 100\text{ V}$
Σημαίνει ότι μπορεί να δεχτεί από το φωτοβολταϊκό πεδίο ισχύ μέχρι 1000 W και τάση που να βρίσκεται στην περιοχή $70 - 100\text{ V}$

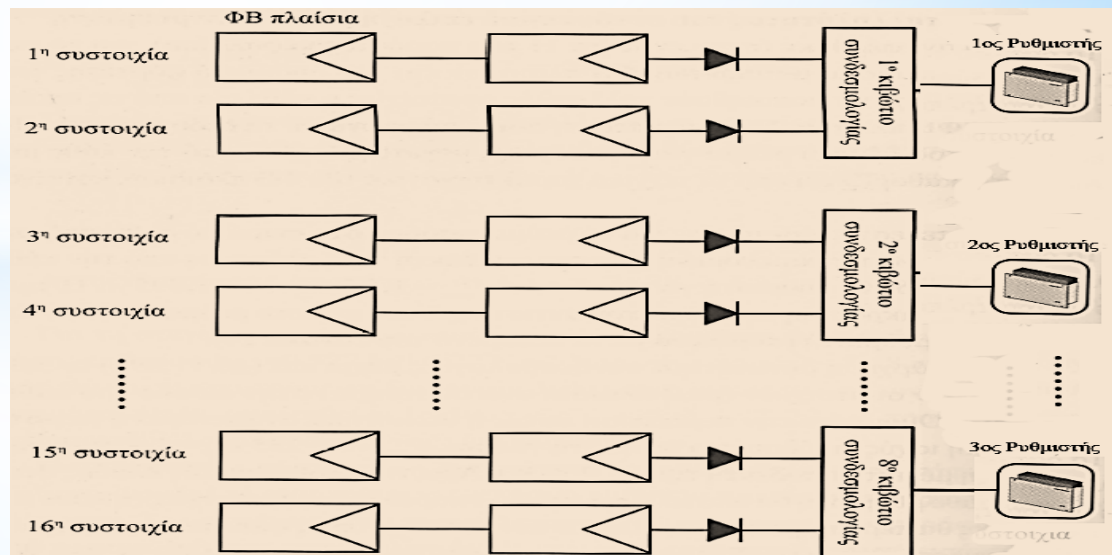
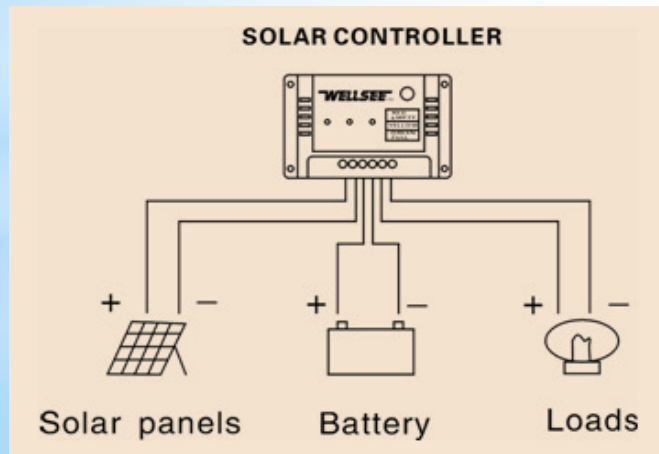
Τάση Εξόδου

Πχ Όταν η τάση της συστοιχίας των συσσωρευτών είναι 48 V , θα πρέπει ο ρυθμιστής φόρτισης να υποστηρίζει τάση εξόδου 48 V .

Ρεύμα Εξόδου

Πλήθος παράλληλων ρυθμιστών

Ρυθμιστές Τάσης MPPT (MPPT Maximum Power Point Tracking)





VICTRON 75V - 15A MPPT 400W

Τιμή με ΦΠΑ **99,00 €**

VICTRON 100V - 15A MPPT 400W

Τιμή με ΦΠΑ **130,00 €**



ΠΥΘΜΙΣΤΗΣ EP-SOLAR TRACER 12/24V - 150V 30A
- MPPT 780W

Τιμή με ΦΠΑ **199,00 €**

ΠΥΘΜΙΣΤΗΣ EP-SOLAR TRACER 12/24V - 100V 40A
- MPPT 1.040W

Τιμή με ΦΠΑ **227,00 €**



VICTRON 75V - 50A
MPPT 1.400W

Τιμή με ΦΠΑ **299,00 €**



ΠΥΘΜΙΣΤΗΣ EP-SOLAR
TRACER 12/24/48V - 150V
60A - MPPT 3.200W

Τιμή με ΦΠΑ **575,00 €**



VICTRON 150V - 70A
MPPT 4.000W

Τιμή με ΦΠΑ **679,00 €**

Συσσωρευτές Φόρτισης

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι το κυριότερο **μη οικολογικό** τμήμα της εγκατάστασης και το **δαπανηρότερο** λόγω της περιοδικής αντικατάστασής τους στη διάρκεια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος, η οποία μπορεί να υπερβαίνει και τα 30 έτη.

Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις διαφέρουν τους συσσωρευτές άλλων εφαρμογών. Στα πλαίσια της λειτουργίας τους θα πρέπει να ικανοποιήσουν μεγάλο αριθμό κύκλων φορτίσεων - εκφορτίσεων.

Ο συσσωρευτής είναι μια διάταξη που αποθηκεύει χημική ενέργεια, και στην συνέχεια την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να τροφοδοτήσει ένα κύκλωμα.



**Μπαταρία Hankook 200Ah
MF210H52R για Φωτοβολταϊκά
Μόλυβδου - Οξέος**

Τιμή: €255.00



**Μπαταρία Winner Mercury
12V 145Ah Gel Deep Cycle
για Φωτοβολταϊκά**

Τιμή: €428.04



**ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΜΟΛΥΒΔΟΥ GEL ΒΑΘΕΙΑΣ
ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ 200AH-12V**

Τιμή: €401



**Μπαταρία SLB 12V 200Ah AGM
Deep Cycle για Φωτοβολταϊκά**

Τιμή: €430

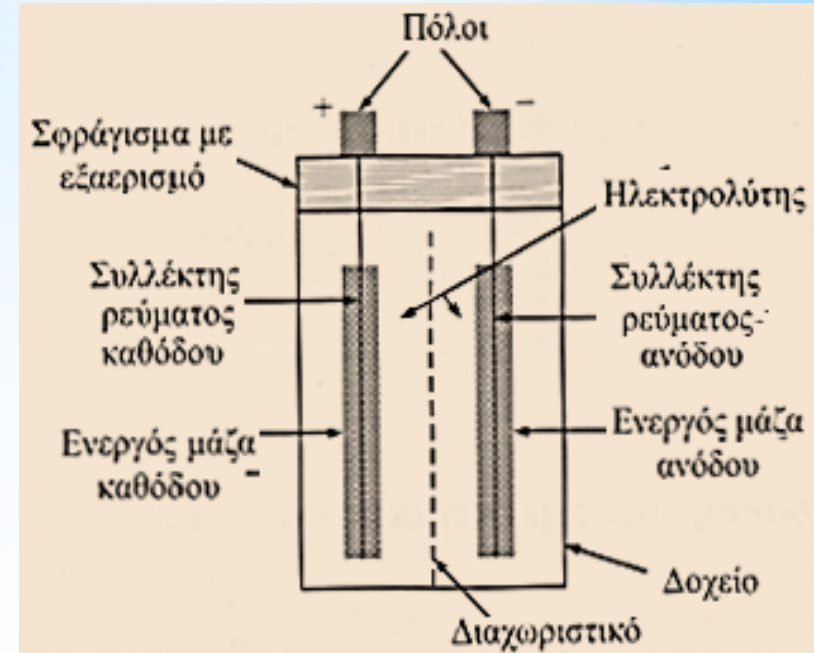
Εξαρτήματα ενός Συσσωρευτή

1) Περίβλημα (κέλυφος)

Πρέπει να είναι ανθεκτικό , φθηνό , ελαφρύ και να σφραγίζεται εύκολα
Συνηθισμένο υλικό το πολυπροπυλένιο

2) Διαχωριστικά

Σκοπός του να απομονώνει τους δυο πόλους και να μην αντιδρά με τον ηλεκτρολύτη ή τα ενεργά υλικά.
Χρησιμοποιούμε συνήθως μικροπορώδες πολυαιθυλένιο



3) Ρευματοσυλλέκτες

Ένα πλατύ φύλλο ή πλέγμα μέσα στην ενεργό μάζα
Αναλαμβάνει να οδηγήσει τα ηλεκτρικά φορτία έξω από τον συσσωρευτή.
Στην περίπτωση των συσσωρευτών μολύβδου - οξέος , στον αρνητικό πόλο δεν χρησιμοποιούμε ρευματοσυλλέκτη , στον θετικό πόλο χρησιμοποιούμε ρευματοσυλλέκτη από μόλυβδο

4) Ηλεκτρολύτης

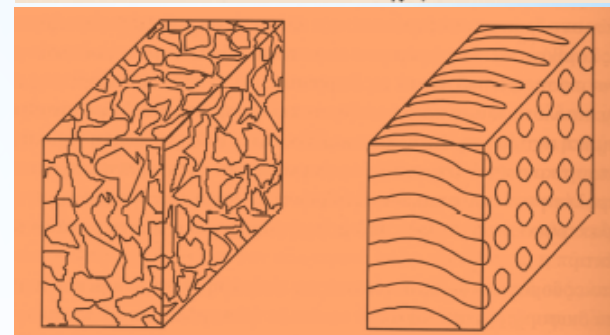
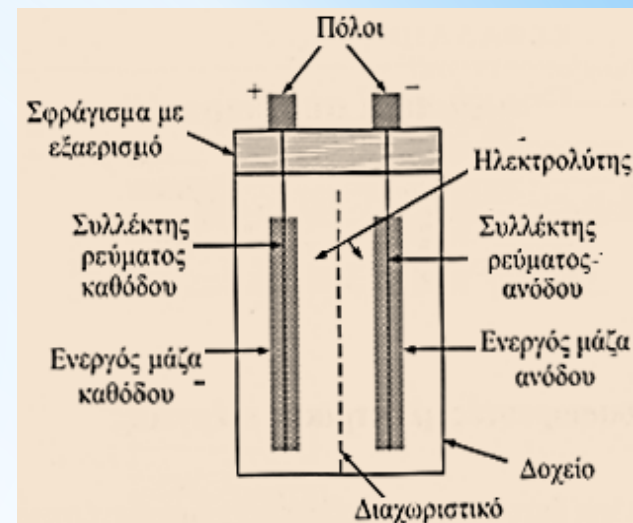
Χημική ουσία που αλληλεπιδρά με ηλεκτρόδια και μας δίνει μια σειρά από αντιδράσεις

5) Ενεργά υλικά

Τα υλικά που υπάρχουν στα δυο ηλεκτρόδια και αλληλεπιδρούν με τον ηλεκτρολύτη
Για καλύτερο αποτέλεσμα τα υλικά αυτά έχουν μια πορώδη μορφή

6) Βαλβίδες Εξαερισμού

Χρησιμοποιούνται για να εξέρχονται από τον συσσωρευτή τα παραγόμενα αέρια .



Κατηγορίες Συσσωρευτών

Πρωτεύουσες Μπαταρίες

οι μπαταρίες δεν έχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης

Δευτερεύουσες Μπαταρίες.

οι μπαταρίες έχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης (Συσσωρευτές)

Συσσωρευτές στα φωτοβολταϊκά συστήματα

Μολύβδου - Οξέος

Μολύβδου - Οξέος
GEL

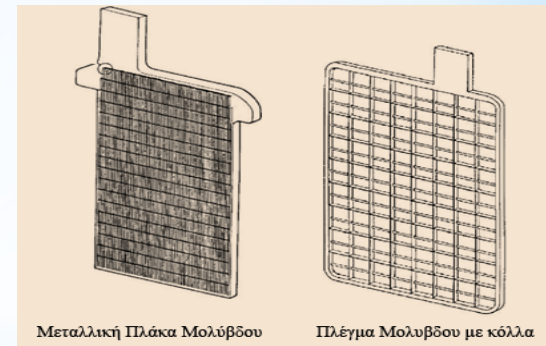
Μολύβδου - Οξέος
AGM

Νικελίου - Καδμίου

Μελλοντικά Ιόντων Λιθίου

Συσσωρευτές Μολύβδου - Οξέος

Ο θετικός πόλος (κάθοδος) είναι φτιαγμένος από οξείδιο του μολύβδου PbO_2
Ο αρνητικός πόλος (άνοδος) είναι φτιαγμένος από μόλυβδο Pb
Προσθέτουμε Ασβέστιο ή Αντιμόνιο για να έχουμε βαθιές εκφορτίσεις
Ηλεκτρολύτης είναι το θειικό οξύ H_2SO_4
Το δυναμικό κάθε κελιού είναι $2,05\text{ V}$



Συσσωρευτές Νικελίου - Καδμίου

Ο θετικός πόλος (κάθοδος) και είναι φτιαγμένος από νικέλιο Ni
Ο αρνητικός πόλος (άνοδο) και είναι φτιαγμένος από κάδμιο Cd .
Ο ηλεκτρολύτης είναι το υδροξειδίου του καλίου KOH
Το δυναμικό του κάθε κελιού είναι $1,48\text{ V}$

Χαρακτηριστικά Συσσωρευτών

1) Χωρητικότητα

Είναι το φορτίο που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής. Μονάδα 1 Ah (αμπερώριο) πχ αν έχουμε ένα συσσωρευτή με χωρητικότητα 200 Ah τότε μπορεί να μας δώσει 20 A για 10 h ή 10 A για 20 h ή 40 A για 5 h

2) Τάση

Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο. Ένα στοιχείο μολύβδου οξέος έχει διαφορά δυναμικού περίπου 2 V υπό φορτίο. πχ για να φτιάξουμε μπαταριά 12 V , συνδέουμε 6 στοιχεία των 2 V σε σειρά

3) Ένταση Ρεύματος

4) Στάθμη Φόρτισης

5) Βάθος Εκφόρτισης

6) Κύκλος Ζωής

7) Αποδοση Ενέργειας

8) Μέρες αυτονομίας

9) Αυτοεκφόρτιση

10) Προδιαγραφές

Μπαταρίες μολύβδου οξέος

Ανοικτού τύπου
ή εξαεριζόμενες (flooded)

Κλειστού τύπου
ή σφραγισμένες (sealed)
VRLA (valve regulated lead acid)

Τα παραγόμενα αέρια **υδρογόνου**
και **οξυγόνου** φεύγουν προς τα
έξω για αυτό χρειάζεται η
προσθήκη αποσταγμένου νερού

Τα παραγόμενα αέρια **υδρογόνου**
και **οξυγόνου** **δεν** φεύγουν προς τα
έξω αλλά ενωνονται και δίνουν
νερο για αυτό δεν χρειάζεται η
προσθήκη νερού

Τύπου GEL

Τύπου AGM

Μπαταρίες μολύβδου οξέος

Ανοικτού τύπου

Κλειστού τύπου

Τύπου AGM

Τύπου GEL

Ανάμεσα στις επίπεδες πλάκες μπαίνει **απορροφητικό στρώμα γυαλιού** (absorbent glass mat - AGM)
Δημιουργούνται πόροι από όπου βρίσκουν δίοδο και ενώνονται οξυγόνο και υδρογόνο και μας δίνουν νερό

Το θειικό οξύ αναμειγνύεται με σκόνη πυριτίου και σχηματίζει μια παχιά πάστα ή ζελέ (gel).
Όταν το gel στεγνώσει, σχηματίζονται πάλι δίοδοι και ενώνονται οξυγόνο και υδρογόνο και μας δίνουν νερό

Οι μπαταρίες τύπου GEL έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής από τις αντίστοιχες τύπου AGM για αυτό είναι και ακριβότερες

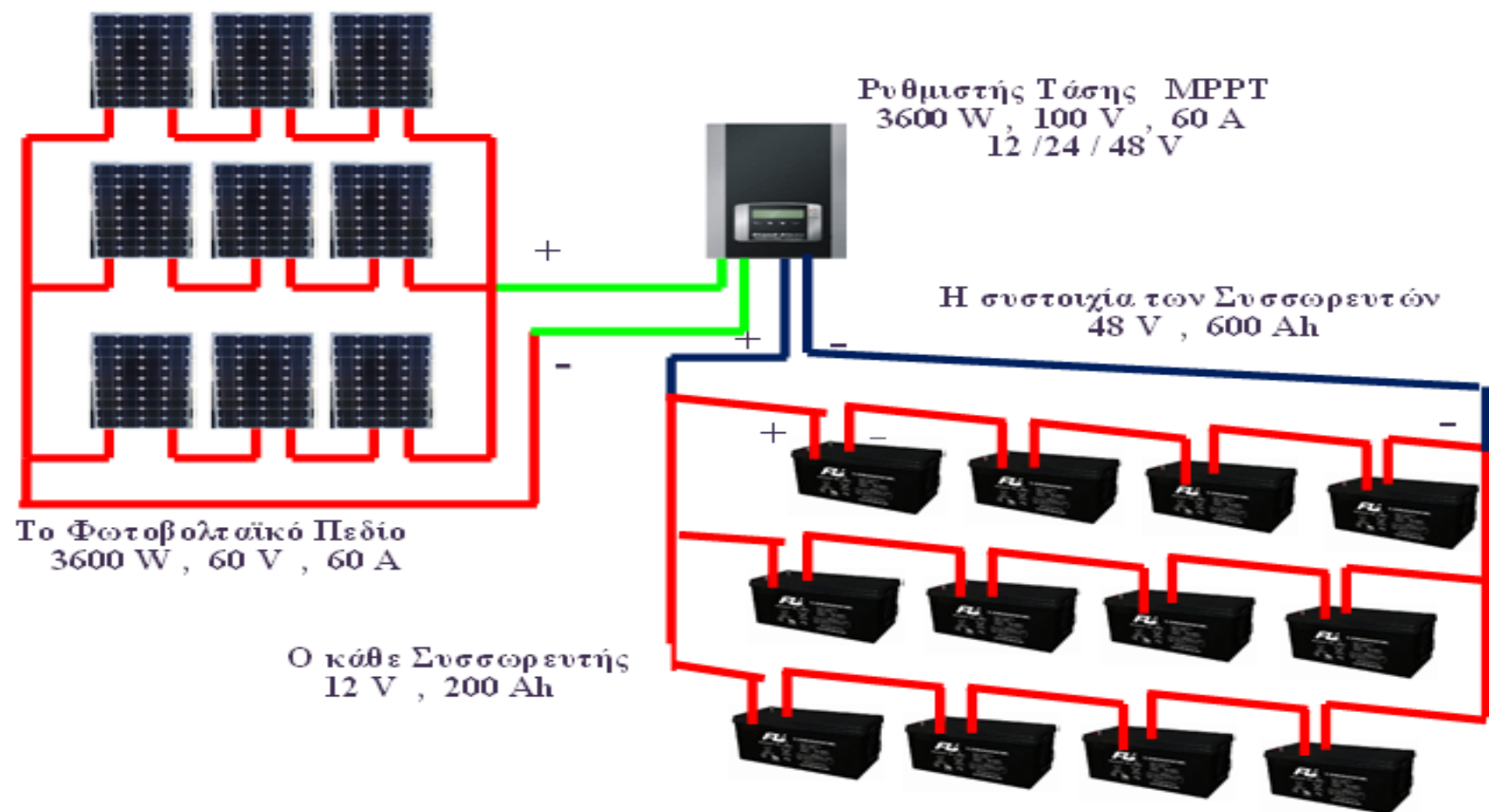
Σήμερα μελετάνε οι επιστήμονες τον **συνδυασμό συσσωρευτών μολύβδου** μαζί με **σουπερ - πυκνωτές** για να αυξήσουν τον χρόνο ζωής των συσσωρευτών (σουπερ - πυκνωτές έχουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα της τάξης των Farad)

Συνδεσμολογίες Συσσωρευτών

Όταν συνδέουμε ίδιους συσσωρευτές σε σειρά αυξάνεται η τάση στα άκρα τους
το φορτίο που δίνουν είναι το ίδιο

Όταν συνδέουμε ίδιους συσσωρευτές παράλληλα αυξάνεται το φορτίο που
δίνουν αλλά η τάση στα άκρα τους είναι η ίδια

Το κάθε Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο 400 W , 20 V , 20 A



Αναστροφείς (inverters) φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Οι αναστροφείς των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχουν ως σκοπό τη μετατροπή της συνεχούς τάσης (DC) σε εναλλασσόμενη τάση (AC) σταθερού πλάτους και σταθερής συχνότητας.

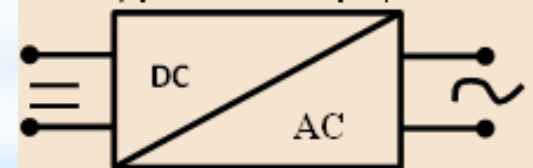
Η συνεχή τάση μπορεί να προέρχεται κατευθείαν από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ή από τις συστοιχίες συσσωρευτών όπου έχει αποθηκευτεί

Ο Αναστροφέας Τάσης (Inverter) μετατρέπει την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη τάση

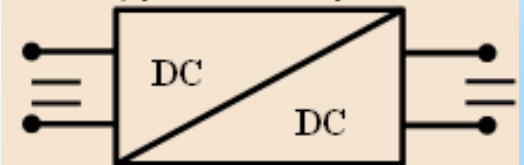
Ο Μετατροπέας Τάσης (Converter) μετατρέπει μια συνεχή τάση σε μεγαλύτερη συνεχή τάση (πχ παίρνει συνεχή τάση 48 V και δίνει συνεχή τάση 200 V)



Σύμβολο Αντιστροφέα



Σύμβολο Μετατροπέα



Αντιστροφείς Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης

Κεντρικός Αντιστροφέας
για ολόκληρη την
φωτοβολταϊκή εγκατάσταση



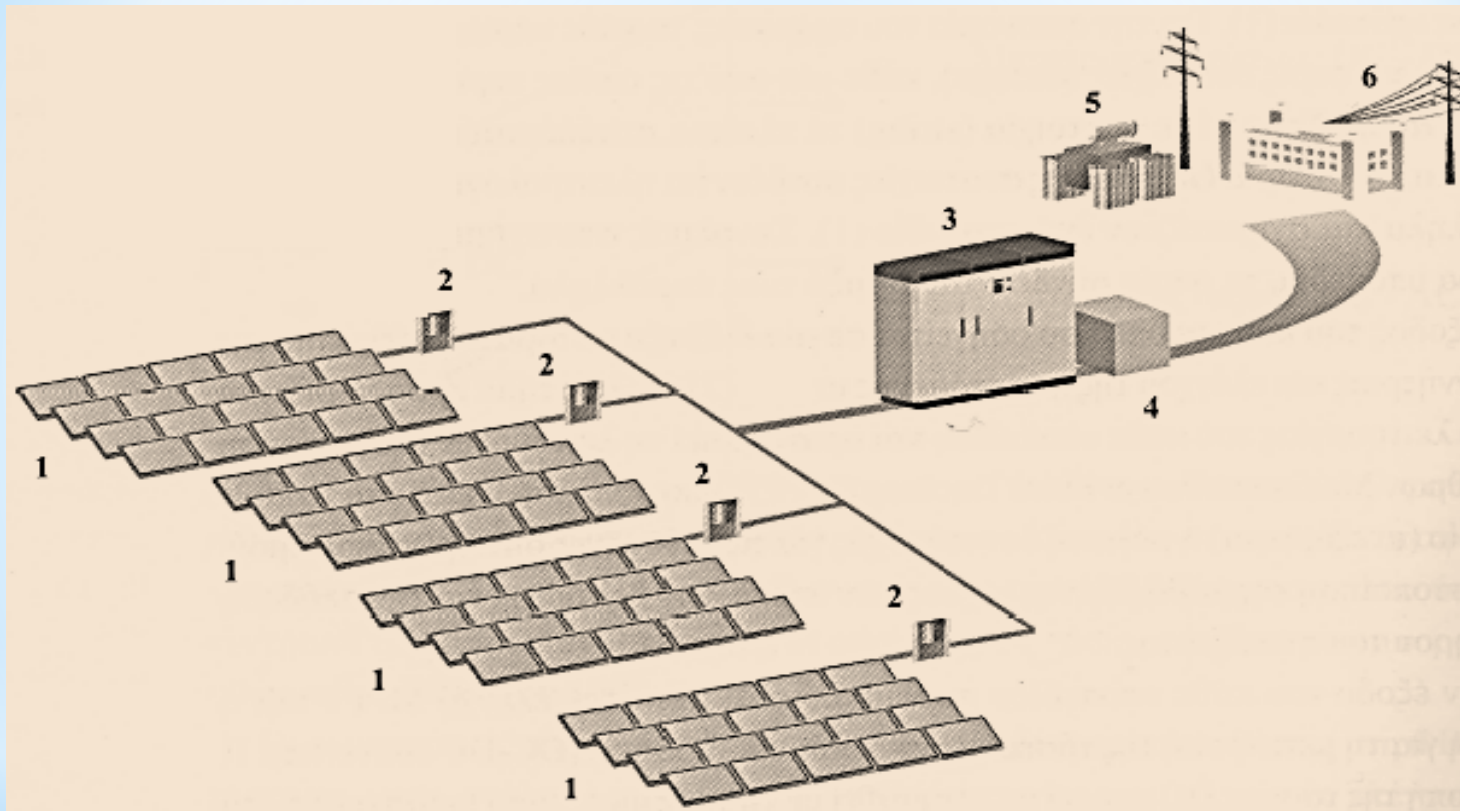
Μικροαντιστροφέας
για κάθε ένα
φωτοβολταϊκό πλαίσιο



Αναστροφέας Συστοιχίας
για ένα μέρος της
φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

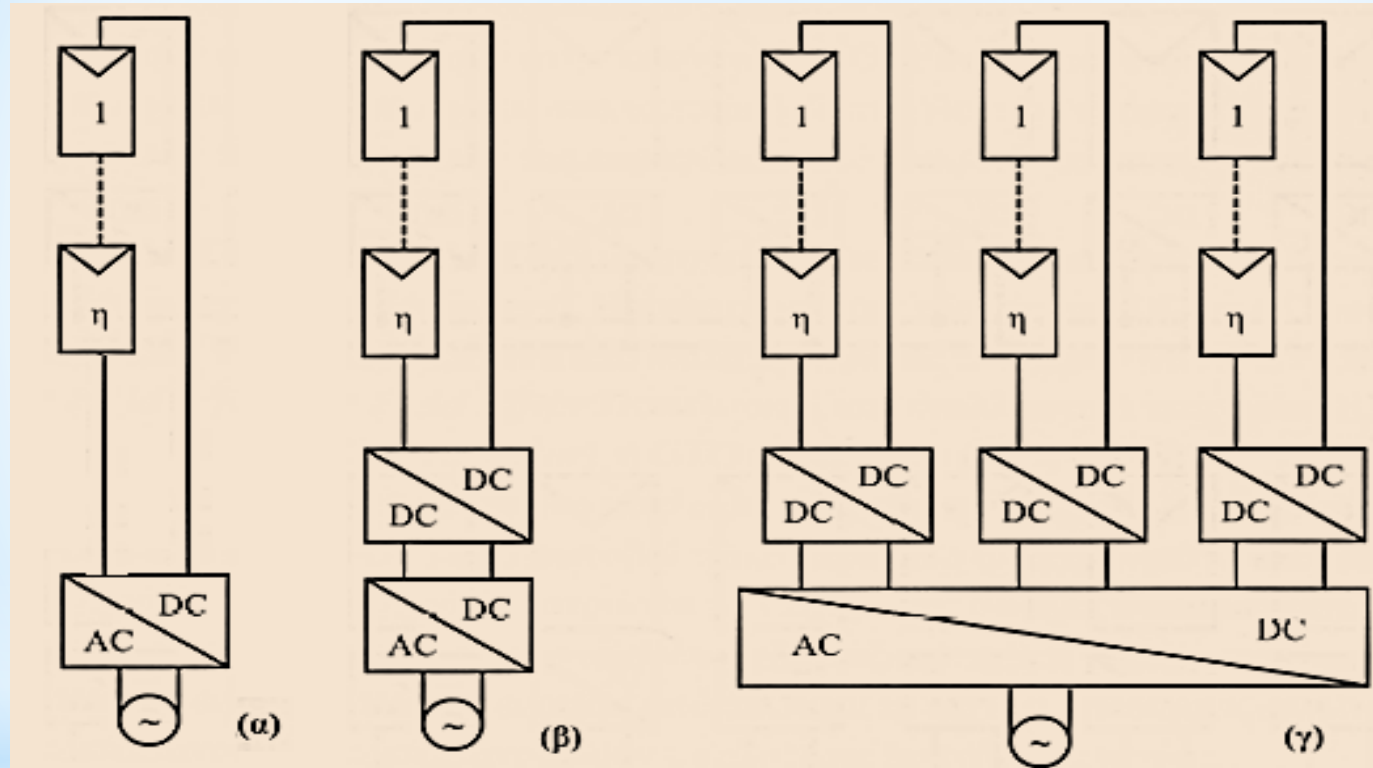


Κεντρικός αντιστροφέας σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με ισχύ πάνω από 100 KW



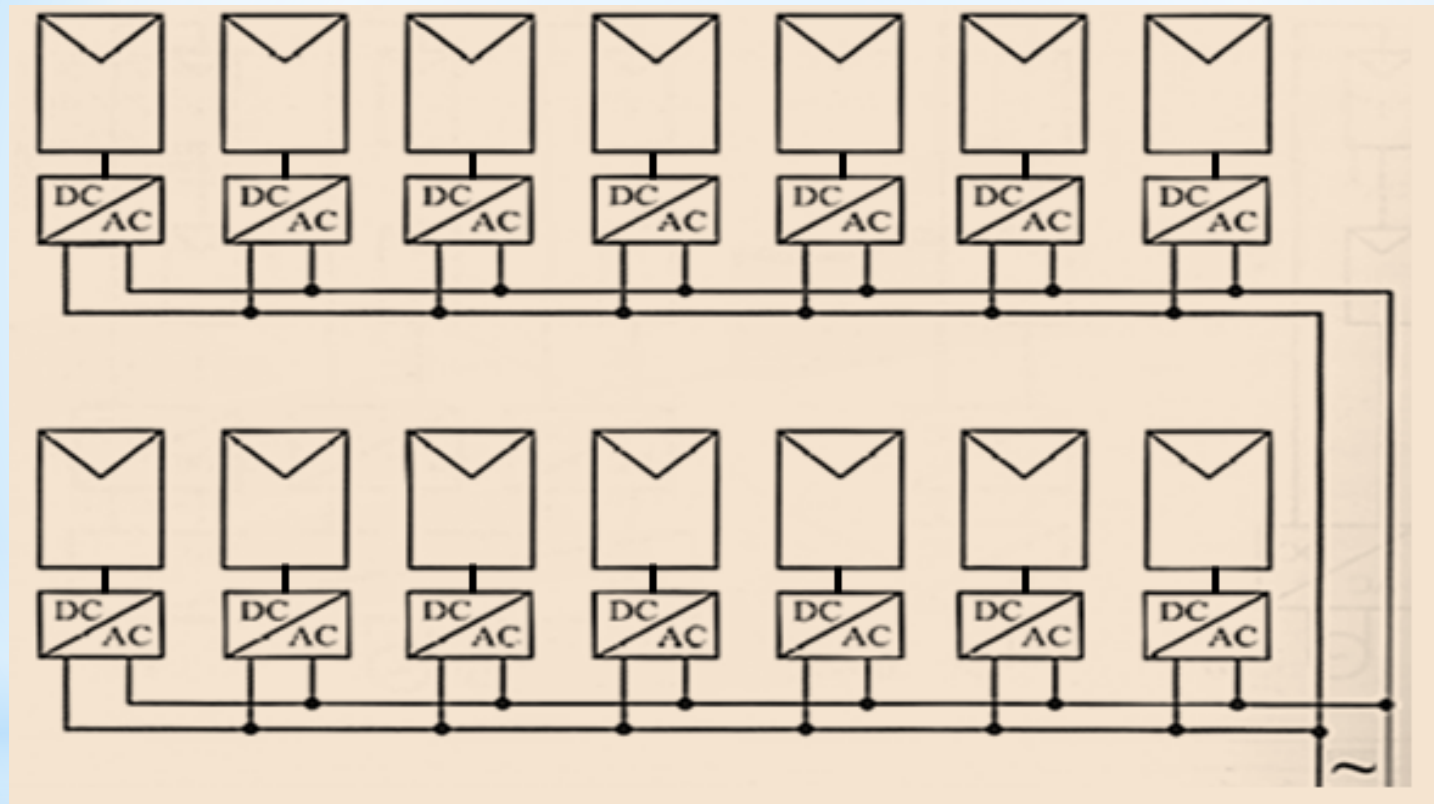
Στην εικόνα έχουμε 4 συστοιχίες από 20 φωτοβολταϊκά πλαίσια η κάθε μια. Η κάθε συστοιχία (1) συνδέεται με ένα μετατροπέα τάσης (2) DC/DC για να ανεβάσουμε την τάση της και στην συνέχεια καταλήγει στον κεντρικό αντιστροφέα (3), ο οποίος διαχειρίζεται όλη την εγκατάσταση. Στην συνέχεια η ηλεκτρική ενέργεια καταλήγει στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Αντιστροφέας συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μεγάλες και μεσαίες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις



Στην (α) εικόνα ο αντιστροφέας ελέγχει μια συστοιχία, στην εικόνα (β) ο αντιστροφέας ελέγχει μια συστοιχία μέσω ενός μετατροπέα, στην εικόνα (γ) ο αναστροφέας ελέγχει 3 συστοιχίες μέσω αντιστοιχών μετατροπέων

Μικροαντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε μικρές φωτοβολταϊκές



Χαρακτηριστικά Αντιστροφών Τάσης

Ονομαστική Ισχύς

Είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να διαχειριστεί ο αναστροφέας

Ονομαστική Τάση Εισόδου

Είναι η μέγιστη συνεχή τάση που μπορεί να δεχτεί ο αναστροφέας

Αριθμός των φάσεων

(μονοφασικοί 1 φάση) (τριφασικοί 3 φάσεις)

Διάρκεια ζωής

Η διάρκεια ζωής του είναι από 5 έως 10

Ονομαστική τάση εξόδου

Είναι η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης εξόδου που δίνει

Συχνότητα εξόδου

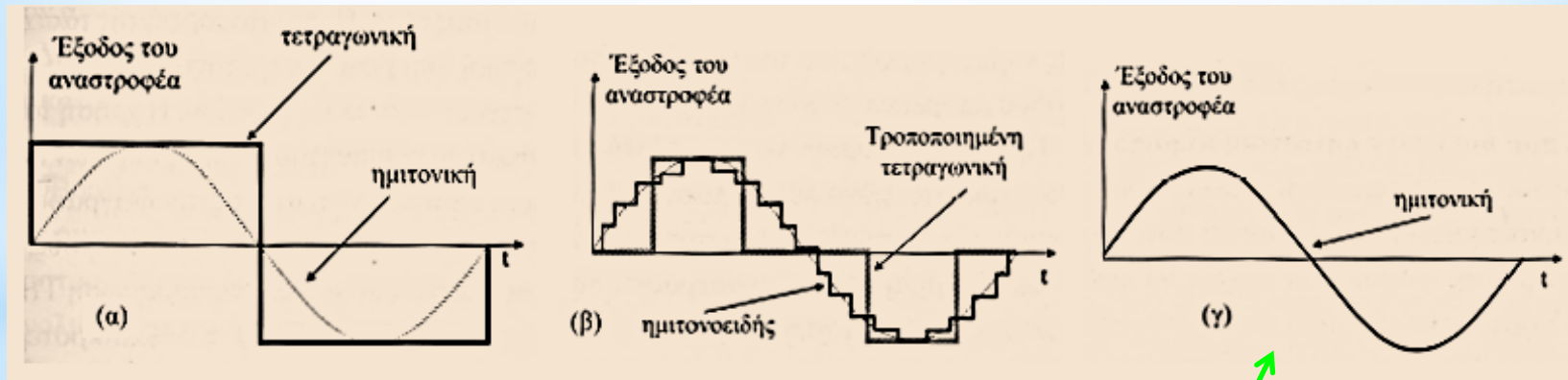
Είναι η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης εξόδου 50 Hz

Απόδοση

$$\alpha = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Κατηγορίες Αντιστροφών Τάσης ανάλογα με την κυματομορφή εξόδου

- A) Τετραγωνικούς παλμούς συχνότητας 50 Hz , είναι η φθηνότερη λύση και προτείνεται για μικρές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μέχρι 500 W που δεν θα τροφοδοτήσουν ευαίσθητα φορτία (α)
- B) Ημιτονοειδή ή τροποποιημένους τετραγωνικούς παλμούς συχνότητας 50 Hz , είναι καλύτερη επιλογή από την προηγούμενη αλλά θέλει προσοχή αν χρησιμοποιούμε ευαίσθητα φορτία (β)
- Γ) Ημιτονική συχνότητας 50 Hz , είναι η καλύτερη και η ακριβότερη λύση (γ)



Μπορεί να χρησιμοποιηθεί
σε αυτόνομα σύστημα

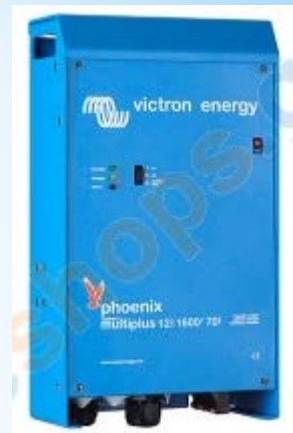
Χρησιμοποιείται όταν έχουμε
σύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΗ



**Inverter 12V DC - 230V AC
600 Watt με κυματομορφή
τροποποιημένου ημιτόνου
75 €**



**Inverter 12V DC- 230V AC
1000 W Καθαρού Ημιτόνου
475 €**



**Inverter 12V DC - 230V AC
2400W Καθαρού Ημιτόνου
1000 €**



**Inverter 24V DC - 230V AC
2600 W καθαρού ημιτόνου
2300 €**

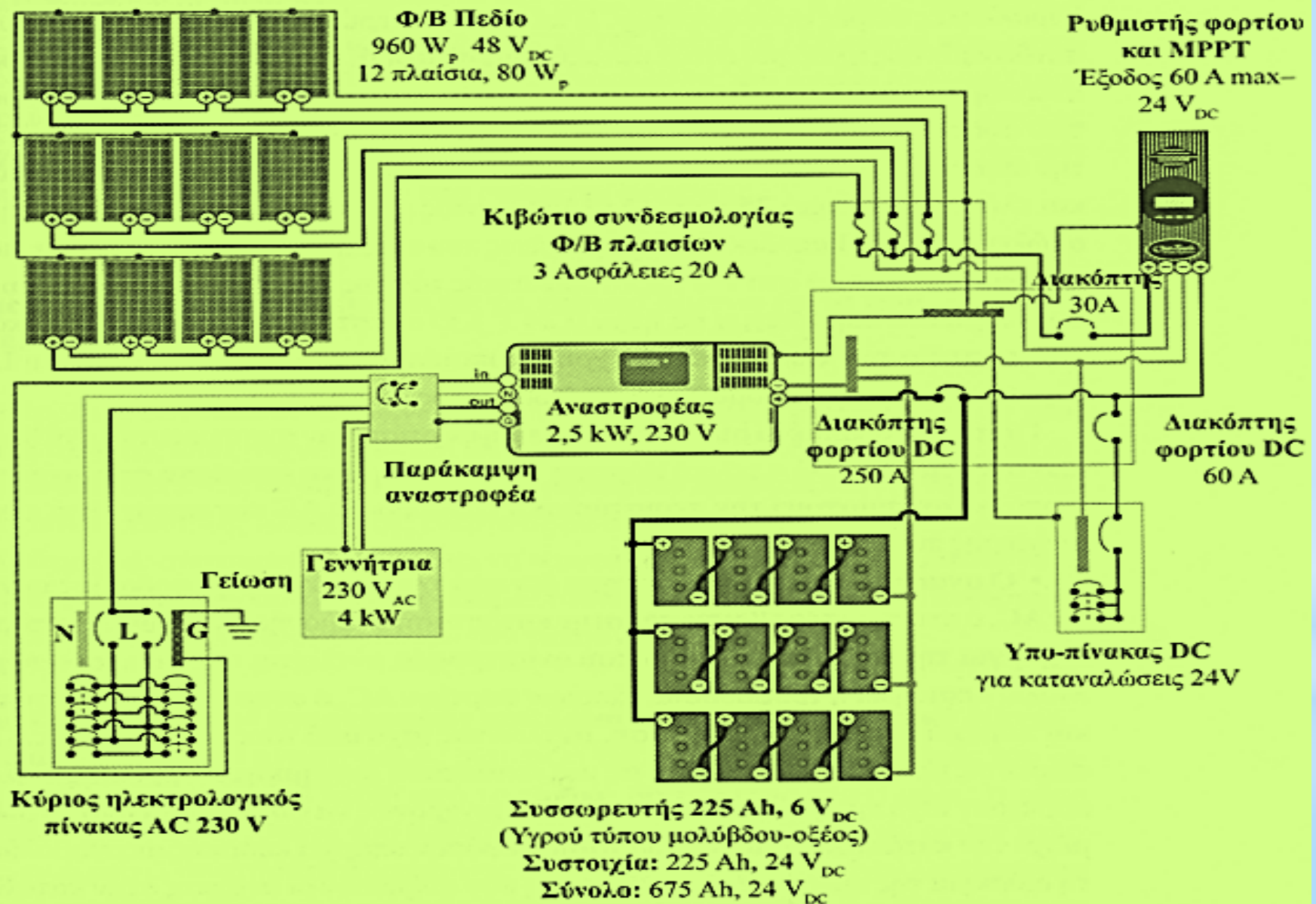


**Inverter και
ρυθμιστής φορτίσης
24V DC - 230V AC
4400 W Καθαρού ημιτόνου
3700 €**

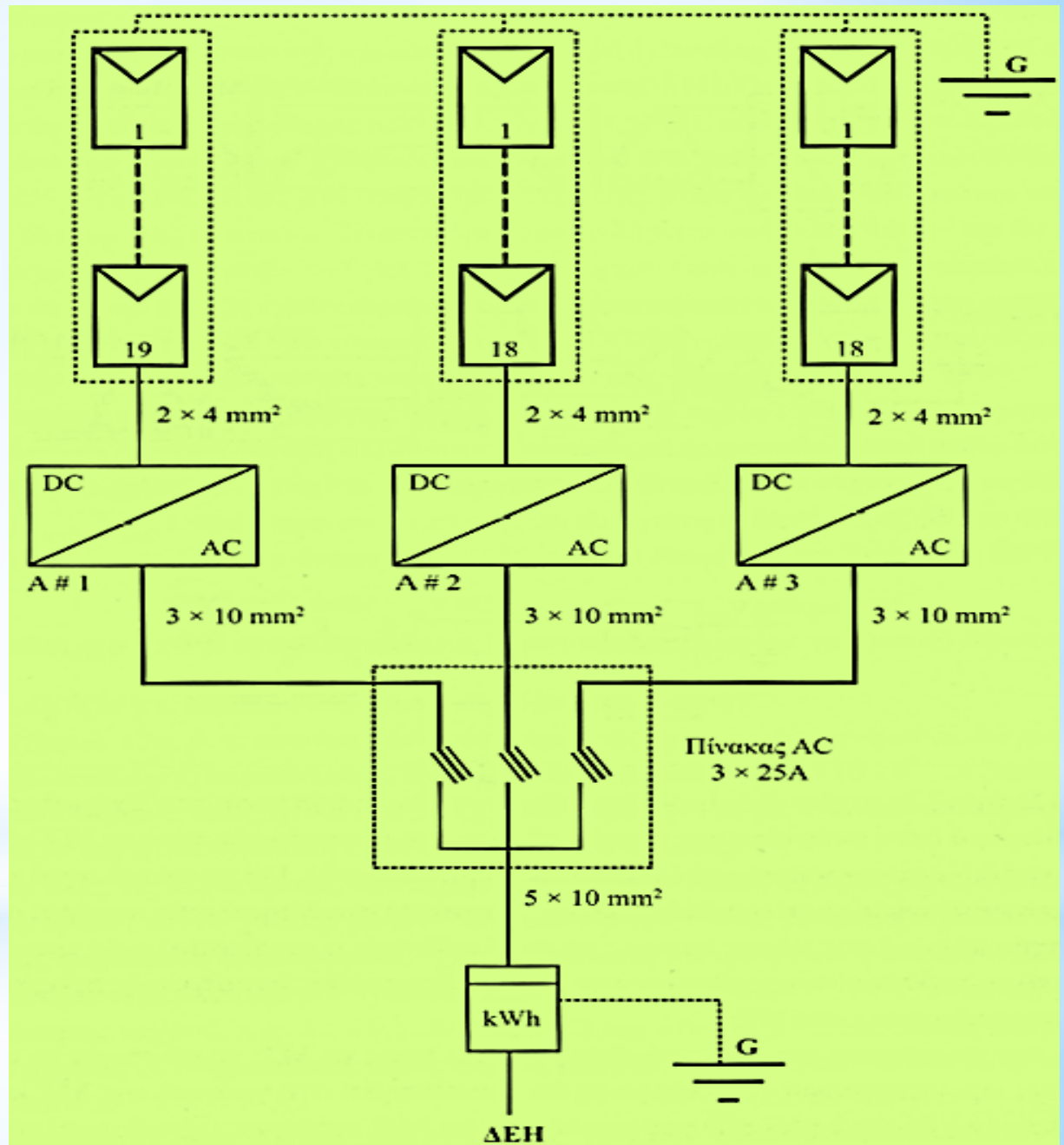


**Inverter και
ρυθμιστής φορτίσης
24V DC - 230V AC
7000 W Καθαρού ημιτόνου
5000 €**

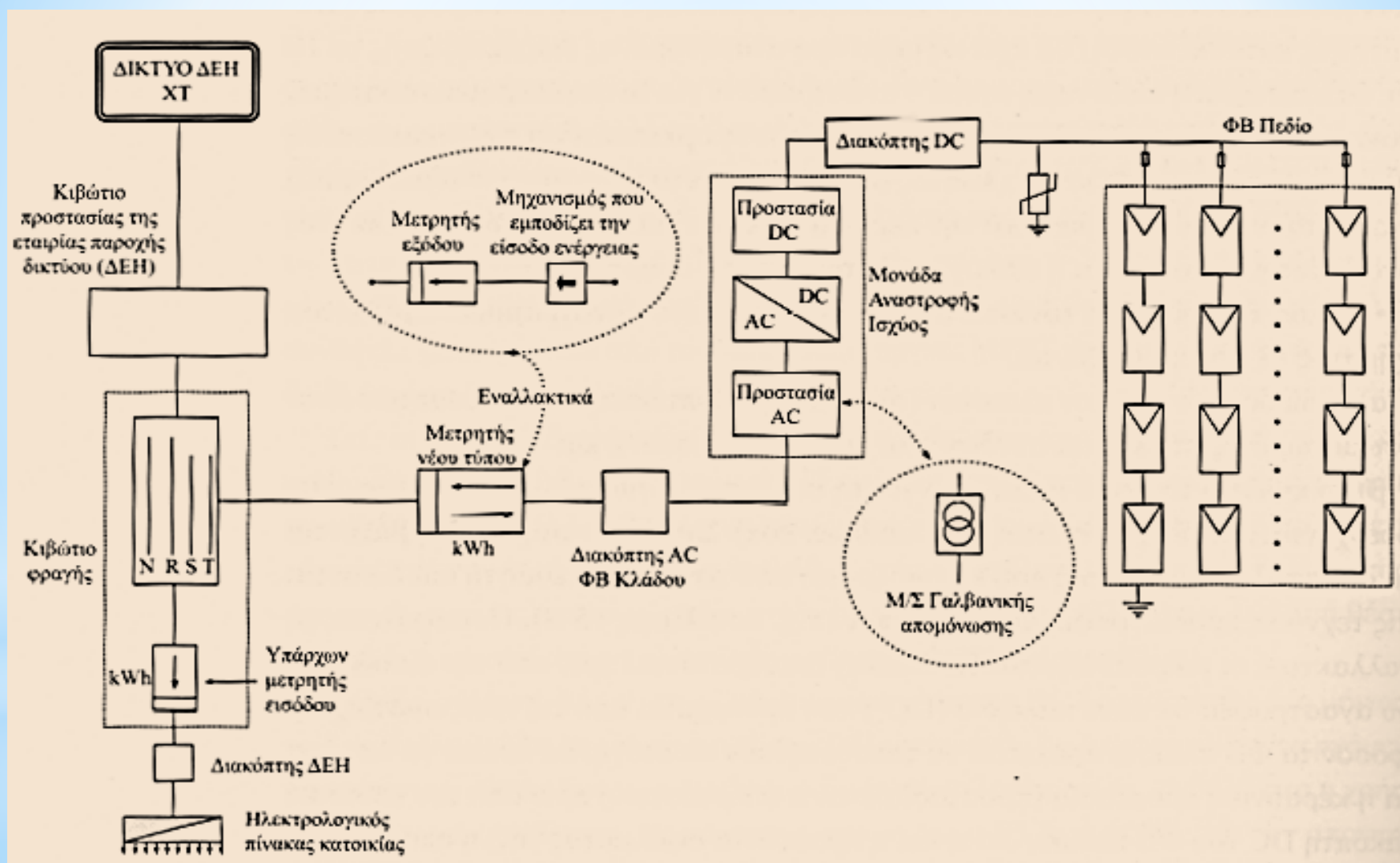
Αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και με την χρήση ηλεκτρικής γεννήτριας πετρελαίου για συμπληρωματική ενέργεια την νύχτα



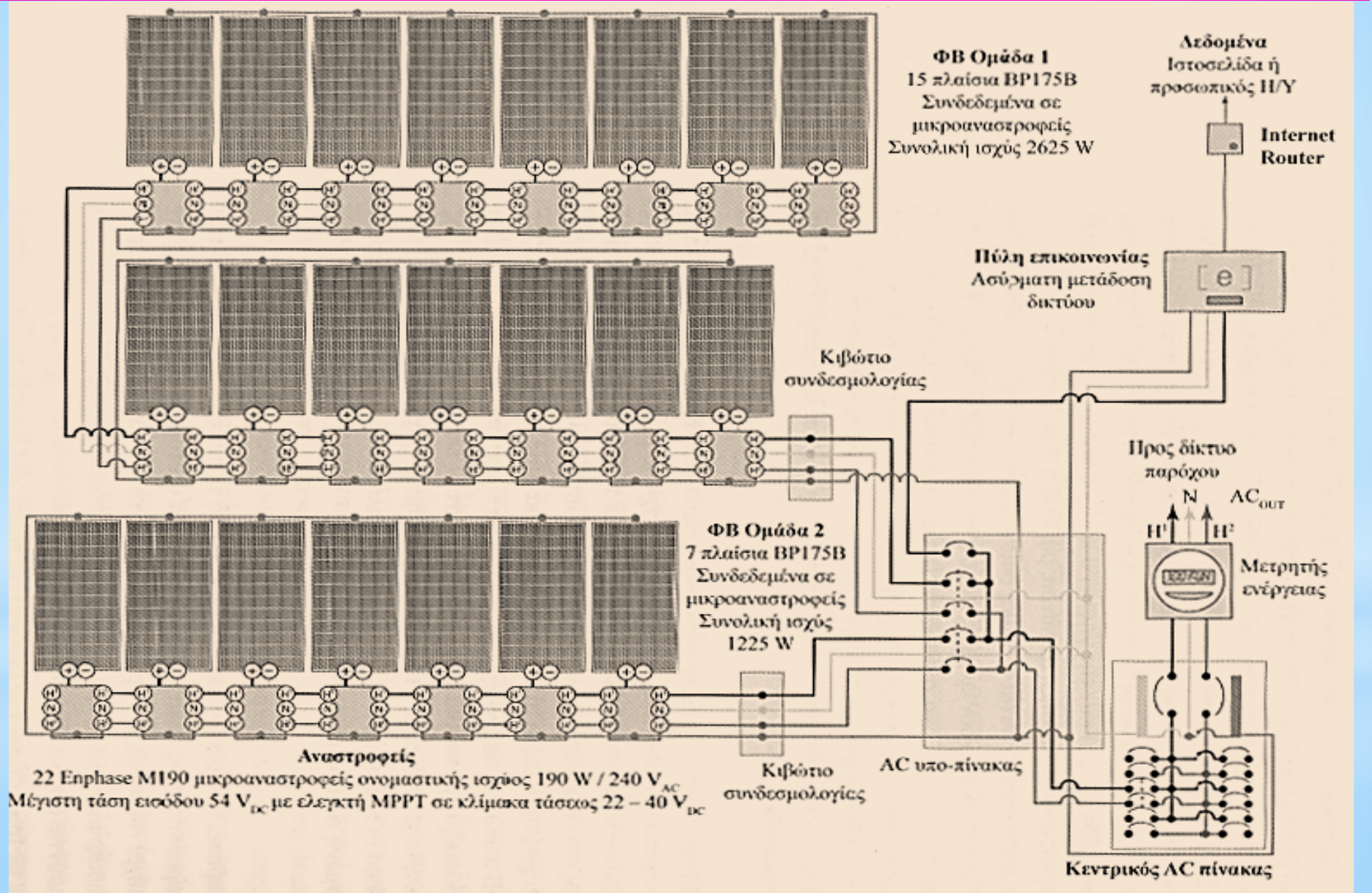
Διασύνδεση
φωτοβολταϊκής
εγκατάστασης
στο δίκτυο
χρησιμοποιώντας
αναστροφείς τάσης
ανά συστοιχία



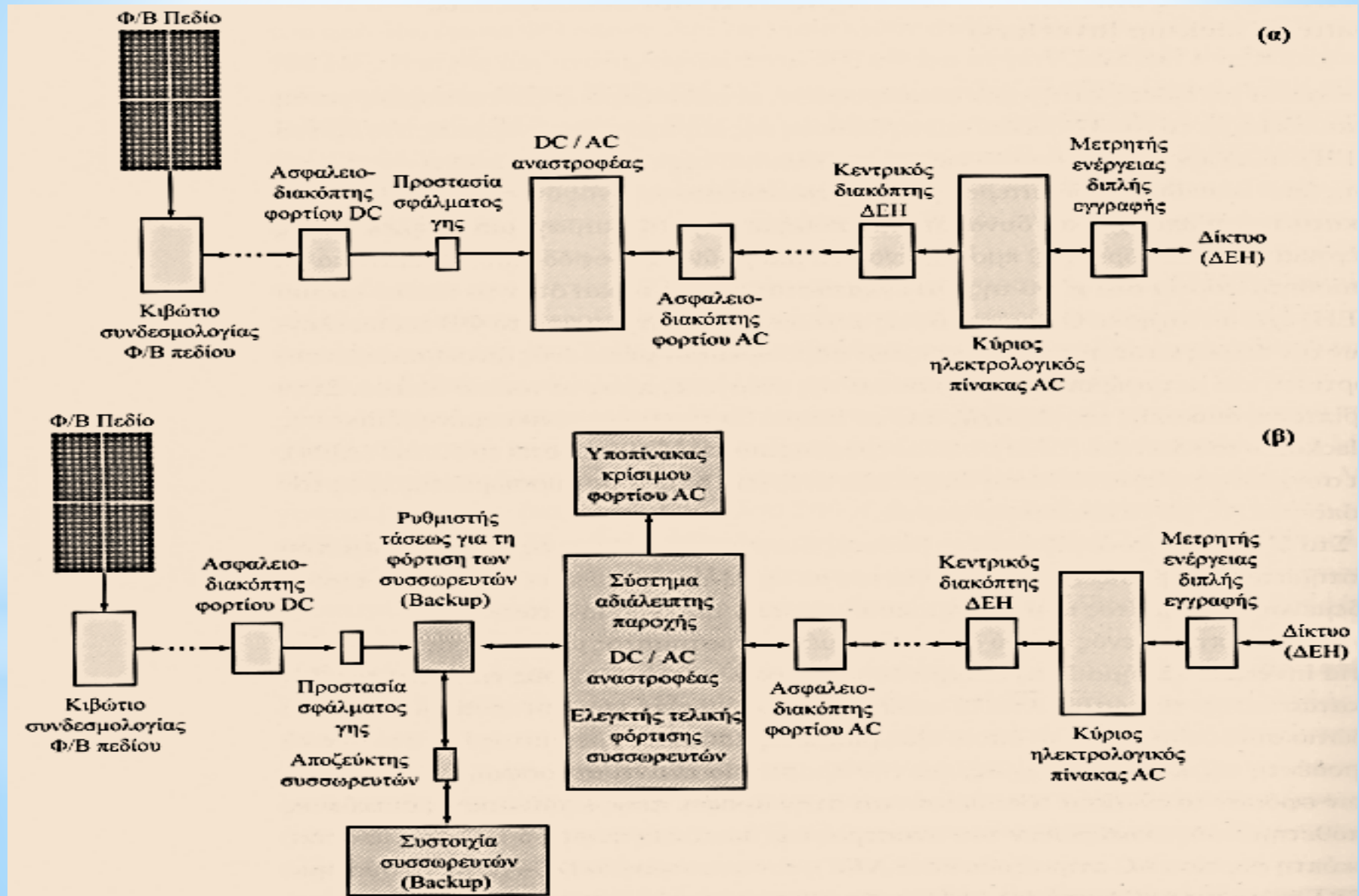
Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο δίκτυο χρησιμοποιώντας κεντρικό αναστροφέα τάσης



Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στο δίκτυο χρησιμοποιώντας μικροαναστροφείς ανα φωτοβολταϊκό πλαίσιο



Δυο φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις η μια συνδεδεμένη στο δίκτυο χωρίς δυνατότητα αποθήκευσης , η άλλη συνδεδεμένη στο δίκτυο με δυνατότητα αποθήκευσης



Συμπληρωματικά Στοιχεία σε Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα μας απασχολήσουν και τα παρακάτω

- Οι καλωδιώσεις
- Τα συστήματα στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Η γείωση της εγκατάστασης
- Η αντικεραυνική προστασία της εγκατάστασης
- Σε ειδικές περιπτώσεις φωτοβολταϊκά διπλής όψης

Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψης

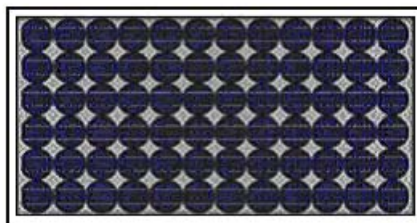
Χρησιμοποιούνται κυρίως για τις διαστημικές ανάγκες

Αξιοποιούνται και από επίγεια φωτοβολταϊκά συστήματα ειδικών προδιαγραφών

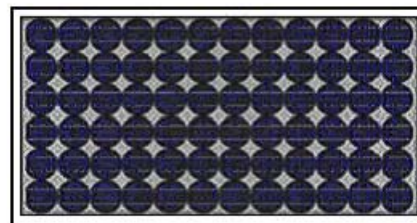
Τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πάνελ αξιοποιούν μέρος μόνο της προσφερόμενης ηλιακής ενέργειας, αφού είναι ενεργά από τη μία όψη . Αντίθετα τα φωτοβολταϊκά πάνελ διπλής όψης εκμεταλλεύονται:

- α) τον ήλιο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- β) την ακτινοβολία που διαχέεται στο περιβάλλον
- γ) την ακτινοβολία που ανακλάται.

Οπίσθια όψη



Εμπρόσθια όψη



Καλωδιώσεις σε Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση

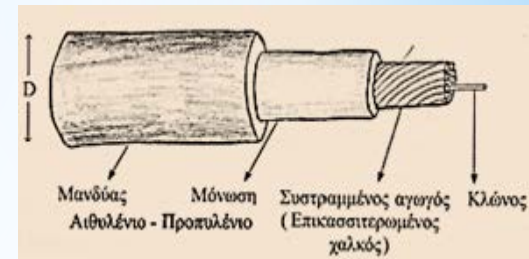


Τα βασικά πράγματα που μας ενδιαφέρουν σε ένα καλώδιο

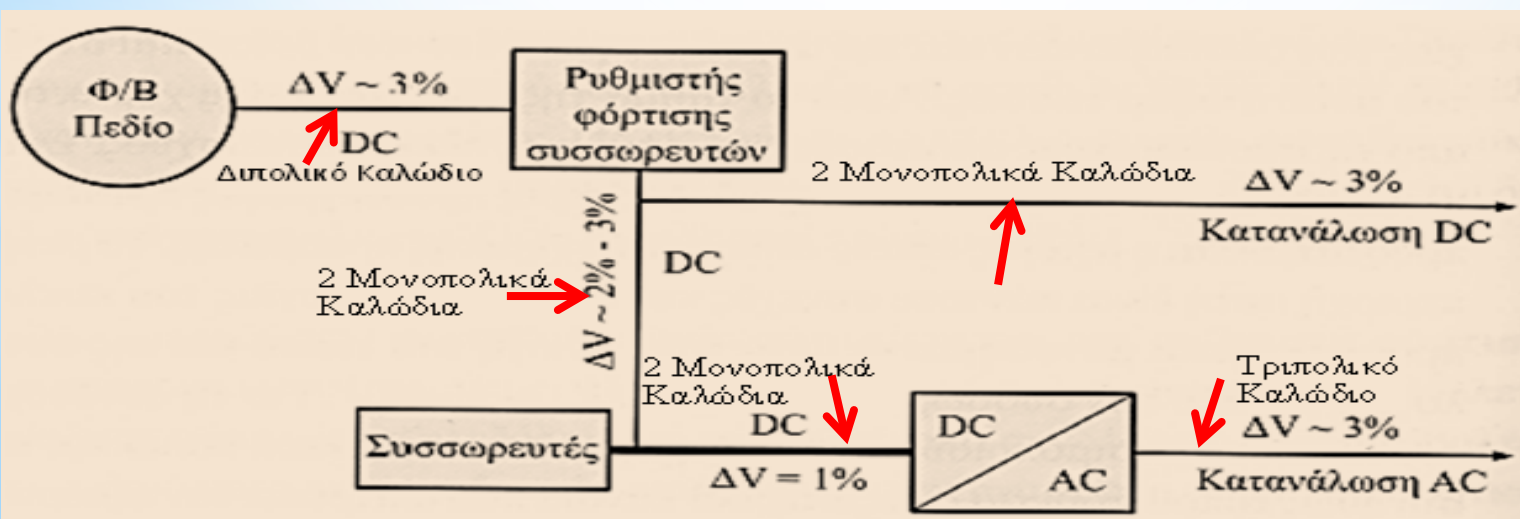
A) υλικό κατασκευής

B) η διατομή του καλωδίου

Γ) η θωράκιση και προστασία από εξωτερικές επιδράσεις



Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έχουμε διάφορα τμήματα στο καθένα χρησιμοποιούμε το κατάλληλο καλώδιο



Συστήματα στήριξης Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στερεώνονται στο έδαφος με δύο τρόπους:

- 1) Σε βάσεις σταθερής κλίσης
- 2) Σε βάσεις ρυθμιζόμενης κλίσης

Σε βάσεις σταθερής κλίσης στο έδαφος

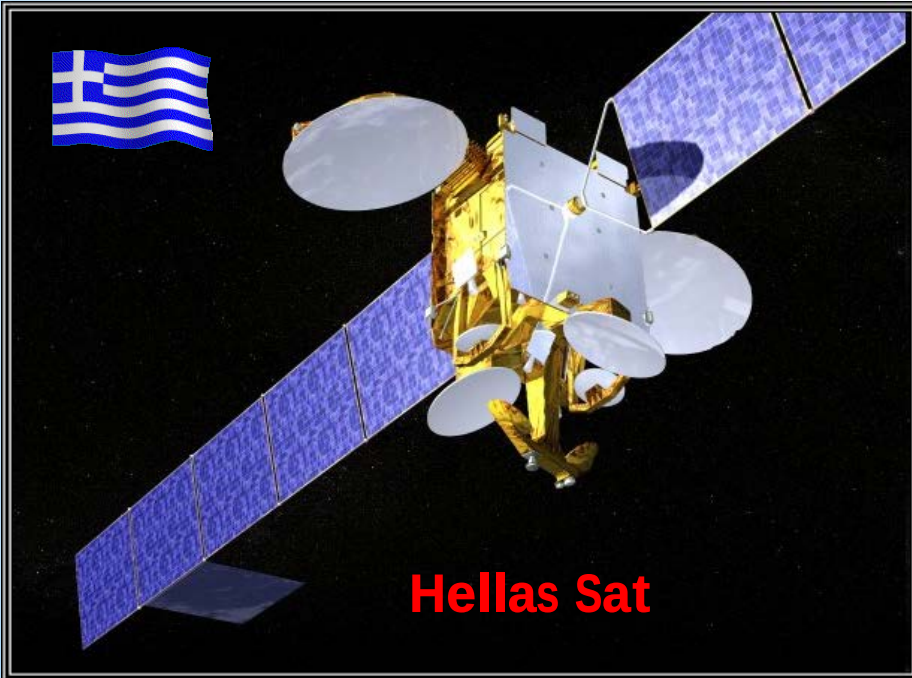
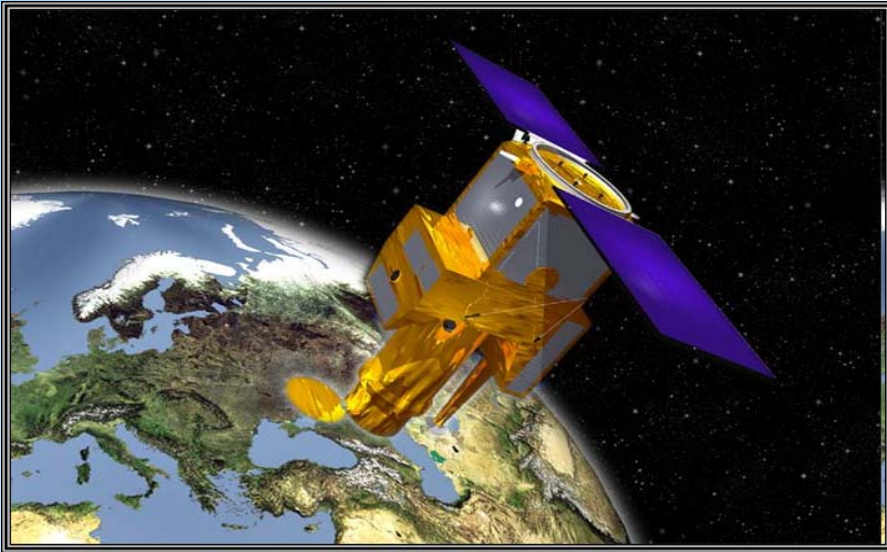


Σε βάσεις σταθερής κλίσης σε διάφορες επιφάνειες



Φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν μπαίνουν μόνο στο έδαφος ή σε κτήρια αλλά και σε οχήματα , πλοία , δορυφόρους για να τα δώσουν ενέργεια





Οι βάσεις ρυθμιζόμενης κλίσης χωρίζονται

α) Συστήματα μονού άξονα β) Συστήματα διπλού άξονα

Στα συστήματα **μονού άξονα** η κίνηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται σε έναν άξονα, Ανατολής-Δύσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας.



Στα συστήματα **διπλού άξονα** η κίνηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων εκτός από άξονα, Ανατολής-Δύσης ρυθμίζεται και η κλίση ως προς το έδαφος





Ένα από τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα κατασκευάστηκε στη Θήβα, 50 χλμ βόρεια της Αθήνας.

Αποτελείται από 12.400 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

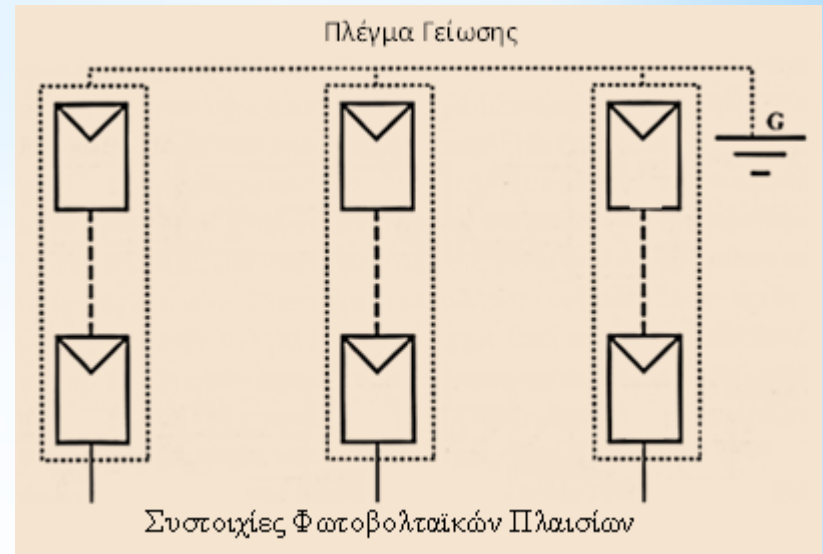
Υπολογίζεται ότι η παραγωγή θα φτάσει τα 2.7 εκατομμύρια kWh το έτος, η οποία ισοδυναμεί με κατανάλωση ενέργειας 800 νοικοκυριών των 3 ατόμων.

Γείωση

Για να αποφύγουμε βραχυκυκλώματα και ανεπιθύμητες βλάβες τοποθετούμε περιμετρικά κάθε σειράς φωτοβολταϊκών πλαισίων ένα κλειστό βρόχο κατασκευασμένο από ταινία γειώσεως.

Η ταινία τοποθετείται μέσα στο έδαφος σε περιμετρικό χαντάκι βάθους 0,80 m,

Όλες οι γειώσεις συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν ένα ενιαίο σύστημα εδαφικής γείωσης, το οποίο καλύπτει όλη την επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πεδίου



Αντικεραυνική προστασία

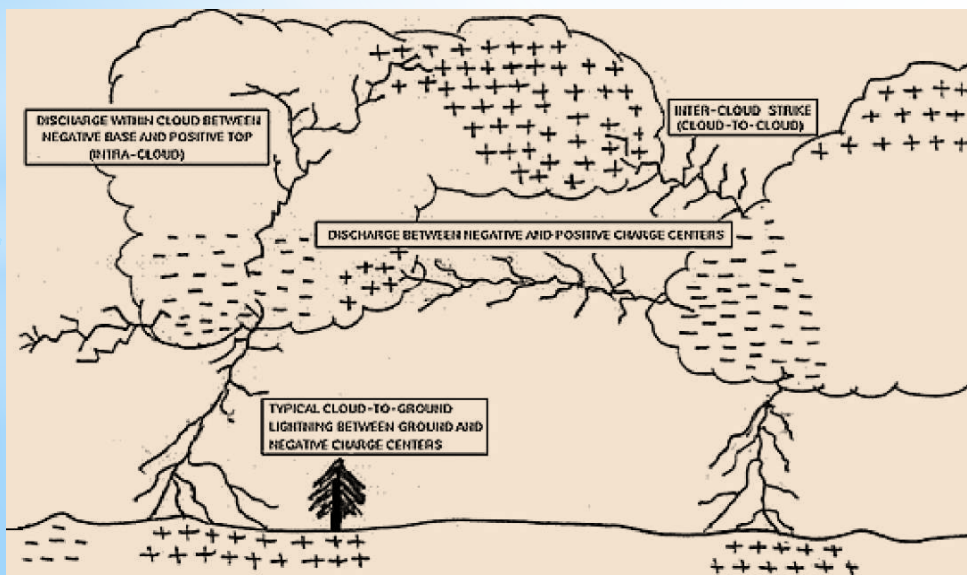
Κεραυνοί μπορεί να δημιουργηθούν ανάμεσα σε διαφορετικά νέφη, αναμεσα σε ένα νέφος και το έδαφος. .

Ο σχηματισμός των κεραυνών οφείλεται στη συγκέντρωση σε διαφορετικές περιοχές θετικών και αρνητικών ηλεκτρικών φορτίων.

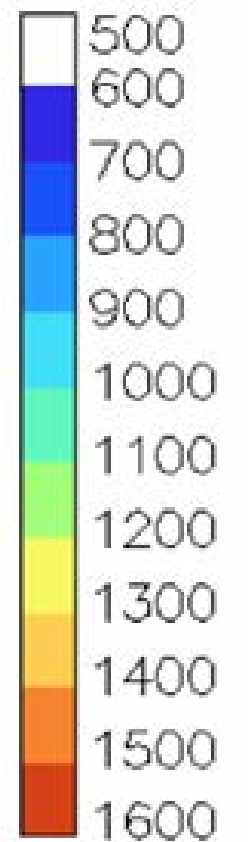
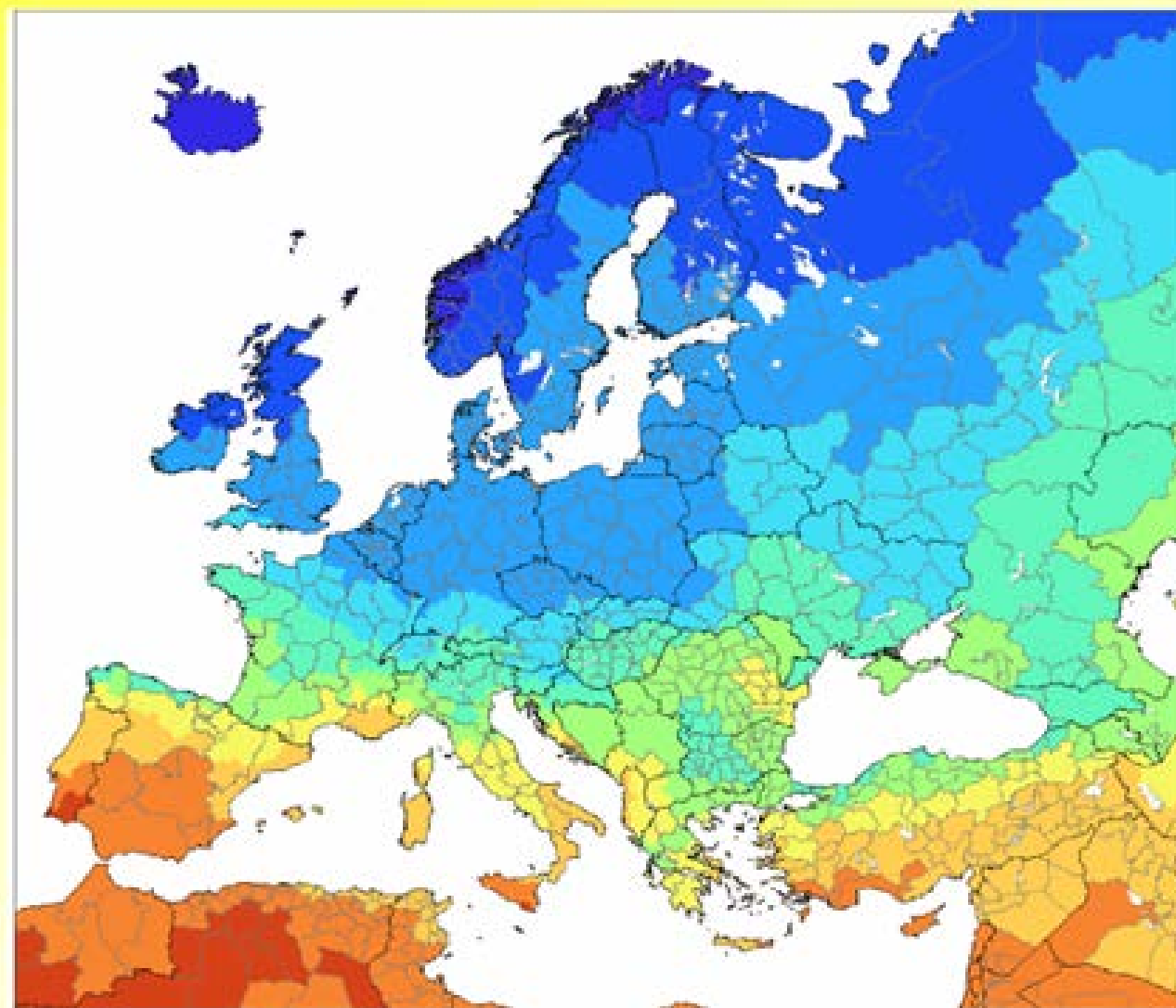
Δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο και όταν η ένταση του φτάσει σε μεγάλη τιμή, ξεσπά ο κεραυνός με διάτρηση του αέρα και δημιουργία σπινθήρα.

Η εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από:

- α) το συλλεκτήριο σύστημα που δέχεται τους κεραυνούς
- β) το σύστημα αγωγών καθόδου που οδηγεί το ρεύμα του κεραυνού στη γη
- γ) το σύστημα γείωσης που διαχέει το ρεύμα κεραυνού στο έδαφος

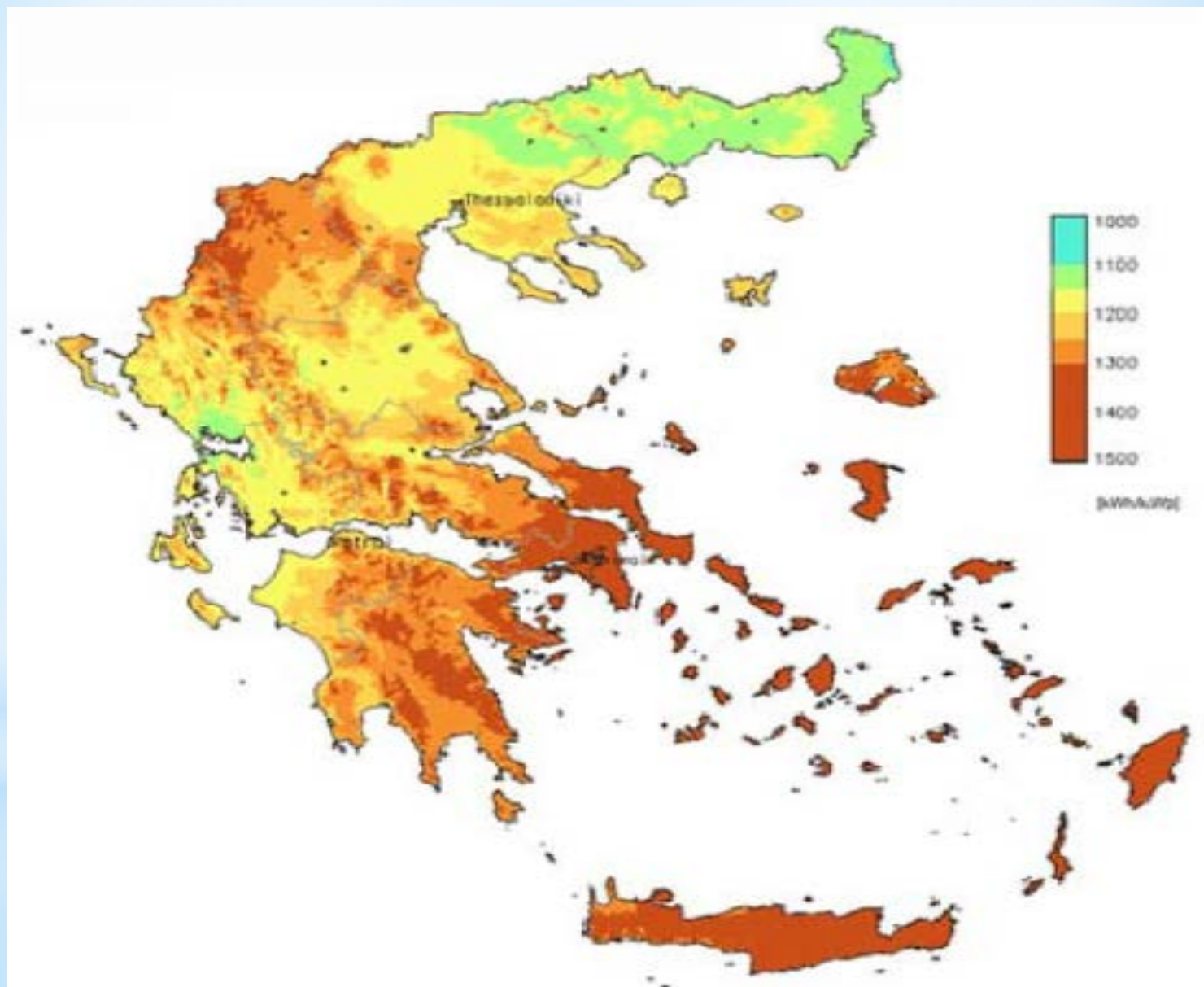


Ετήσια Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά στην Ευρώπη



[kWh/kWp]

Ετήσια Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα



Υπολογισμοί για αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι εκείνη που εξασφαλίζει ενεργειακή αυτονομία , σπιτιού ή εργοστασίου ή μιας αγροτικής μονάδας

Τα βήματα που ακολουθούμε είναι τα παρακάτω

Υπολογισμός μέσης ημερησίας πυκνότητας ενέργειας στην περιοχή της οικίας
Στην Αθηνά η Μέση Πυκνότητα Ενέργειας ανά ημέρα είναι **4,8 KWh / m²**

Υπολογισμός μέσης ημερησίας κατανάλωσης οικίας
Δεχόμαστε ένα μέσο όρο ημερησίας κατανάλωσης **19 KWh**

Υπολογισμός της ισχύος που πρέπει να δώσει το φωτοβολταϊκό πεδίο
Θεωρούμε ότι από τις 30 ημέρες του μήνα 6 ημέρες έχει κακοκαιρία και με την βοήθεια ενός θεωρητικού τύπου βγάζουμε ότι χρειαζόμαστε ημερησίως **9400 W**

$$\text{Ισχύς } \Phi/B = \frac{(\text{Συντελεστής Απωλειών}) \cdot (\text{Μέση Ημερήσια Κατανάλωση})}{(\text{Μέση Ημερήσια Πυκνότητα Ενέργειας})} \cdot \left(\frac{\text{Ημέρες Μήνα}}{\text{Ημέρες Καλοκαιρίας}} \right)$$
$$\Leftrightarrow \text{Ισχύς } \Phi/B = \frac{1,9 \cdot 19}{4,8} \cdot \left(\frac{30}{24} \right) \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\text{Ισχύς } \Phi/B = 9,4 \text{ KW} = 9400 \text{ W}}$$

Υπολογισμός πλήθους φωτοβολταϊκών πλαισίων

Παιρνουμε μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο αξίας **300 €** με στοιχεία :
Μέγιστη Ισχύς **235 W** , Μέγιστο Ρεύμα $I_{MP} = 7,93 A$ Μέγιστη Τάση $V_{MP} = 29,6 V$
Για να μπορούμε να πιάσουμε τα 9400 W ημερησίως θα θέλουμε
 $9400 / 235 = 40$ πλαίσια με συνολικό κόστος $40 \cdot 300 = 12000 €$

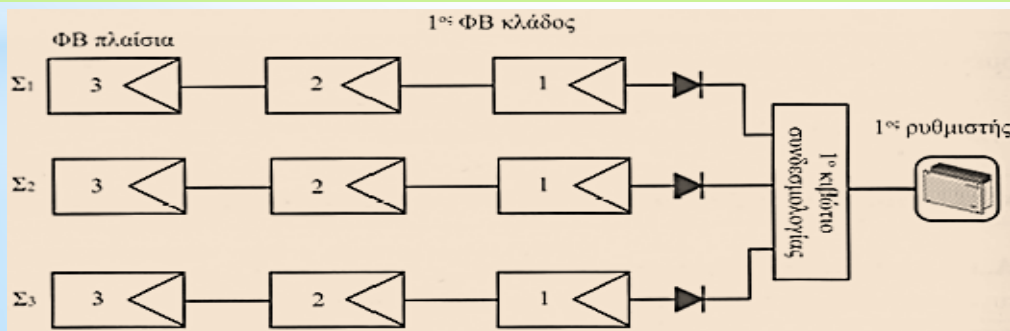
Επιλογή Ρυθμιστή Φόρτισης Συσσωρευτών

Μέγιστη Ισχύς **2200 W** , Μέγιστη Τάση Εισόδου **140 V** , Μέγιστο Ρεύμα **40 A** ,
Τάση εξόδου **48 V** , αξίας **420 €**

Εύρεση συνδεσμολογίας φωτοβολταϊκών πλαισίων και τάσης εξόδου

Το κάθε πλαίσιο δίνει μέγιστη τάση **29,6 V** συνδέοντας 3 φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά δίνουν τάση **90 V**

Η ισχύς που μπορεί να δεχτεί ο ρυθμιστής φόρτισης είναι **2200 W** , το κάθε πλαίσιο μπορεί να δώσει μέχρι **235 W** , αν διαιρέσουμε αυτά τα δυο παίρνουμε τον αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορεί να υποστηρίξει ένα ρυθμιστής φόρτισης $2200 / 235 \approx 9$ πλαίσια



Δίνουν
90 V , 23,5 A , 2115 W

Χρειαζόμαστε 40 πλαίσια και ο κάθε κλάδος χρησιμοποιεί 9 όποτε θα χρησιμοποιήσουμε $\frac{40}{9} = 4,44 \approx 5$ κλάδους, αρά 5 ρυθμιστές φόρτισης
Συνολικό κόστος ρυθμιστών φόρτισης συσσωρευτών $5 \cdot 420 = 2100 \text{ €}$

Για να διατηρήσουμε την συμμετρία και ο κάθε κλάδος να έχει 9 πλαίσια θα πρέπει να αυξηθούν τα συνολικά πλαίσια σε 45 ($5 \cdot 9 = 45$)
Η μέγιστη ισχύ που θα δώσουν αλλάζει και γίνεται **10575 W** (αντί 9400 W)
Το νέο κόστος των πλαισίων θα είναι **13500 €** (αντί 12000 €)

Επιλογή συσσωρευτή

Θα χρησιμοποιήσουμε συσσωρευτές Μόλυβδου GEL με στοιχεία
12 V / 250 Ah και Κόστος 450 €

Υπολογισμός συνολικής χωρητικότητας συσσωρευτών

Με την βοήθεια ενός προσεγγιστικού τύπου βρίσκουμε την συνολική χωρητικότητα των συσσωρευτών στα 7600 Ah

$$C = \frac{(\text{Συντελεστής}) \cdot (\text{Μέση Ημερήσια Κατανάλωση})}{(\text{Ταση Φόρτισης Συσσωρευτών})} \cdot (\text{Ημέρες Κακοκαιρίας}) \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow C = \frac{3,2 \cdot 19000 \cdot 6}{48} \cdot \Leftrightarrow \boxed{C = 7600 \text{ Ah}}$$

Εύρεση συνδεσμολογίας συσσωρευτών

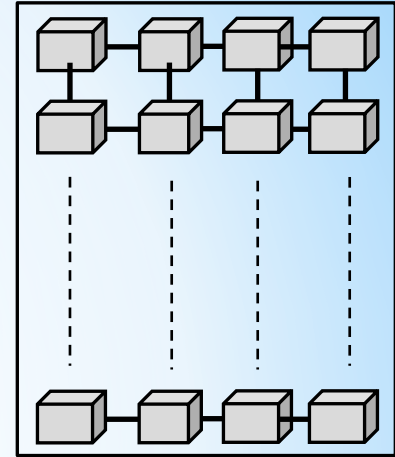
Το πλήθος των συσσωρευτών θα είναι $7600/250 \approx 30$

Η τάση εξόδου του ρυθμιστή φόρτισης είναι 48 V , άρα και της συστοιχίας συσσωρευτών θα είναι 48 V , ο κάθε συσσωρευτής δίνει 12 V άρα θα συνδέσουμε

4 συσσωρευτές σε σειρά και **8** σειρές σε παραλληλία

Χρησιμοποιήσουμε **32** συσσωρευτές χωρητικότητα **8000 Ah**

Συνολικό κόστος **$32 \cdot 450 = 14400$ €**



32 Συσσωρευτές
Τάση 48 V
Χωρητικότητα
8000 Ah

Επιλογή Αντιστροφέα

Τάση Εξόδου AC 230 V , Συχνότητα δικτύου AC 50 Hz / 60 Hz

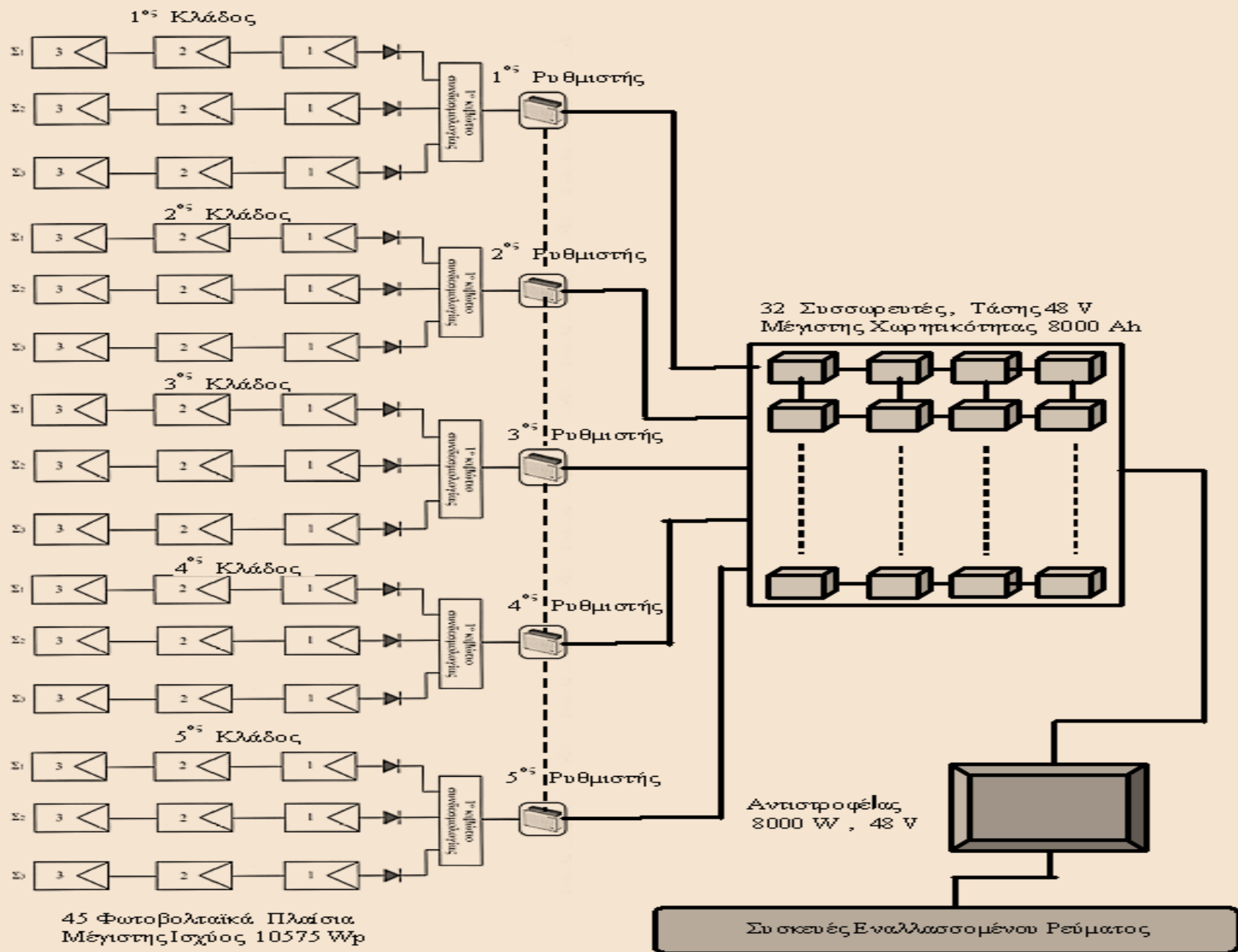
Ισχύς Εξόδου AC 8000 W , Τάση Εισόδου DC από συσσωρευτές **48 V**

Μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτών **100 A** Κόστος **4300 €**

Υπόλοιπα που απαιτούνται

- 1) Πινάκες συνδέσεων
- 2) Ασφάλειες
- 3) Καλώδια
- 4) Βάσεις στήριξης των πλαισίων
- 5) Αντικεραυνική προστασία
- 6) Γείωση
- 7) Μονώσεις συσκευών , καλωδίων
- 8) Όργανα μέτρησης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας
- 9) Συστήματα πυρασφάλειας
- 10) Φωτισμός
- 11) Συστήματα συναγερμού
- 12) Μετρητές καταγραφής δεδομένων
- 13) Δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή και παρακολούθησης της εγκατάστασης μέσω δικτύου
- 14) Μελέτη , τοποθέτηση και σύνδεση των κομματιών από ηλεκτρολόγο
- 15) Συντήρηση της εγκατάστασης από κατάλληλο συνεργείο
- 16) Περίφραξη

Όλα τα παραπάνω έχουν ένα κόστος **10000 €**



Συνολικό Κόστος όλης της εγκατάστασης περίπου **45300 €** , πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι υπάρχουν φθορές , ζημιές και αλλαγές υλικών που ανεβάζουν το κόστος

Κόστος στην Δ.Ε.Η με τιμή ανά KWh **0,17 €** για ένα έτος περίπου **1180 €**
Βλέπουμε ότι δεν θα γίνει ποτέ απόσβεση της κατασκευής .

Όταν πουλάμε ενέργεια στην Δ.Ε.Η κερδίζουμε το κόστος των συσσωρευτών και των ρυθμιστών φόρτισης (**16500 €**) πιθανόν να χρειαζόμαστε περισσότερους και μικρότερους αντιστροφείς (**κόστος στα 30000 €**)

Η τιμή αγοράς της KWh από την Δ.Ε.Η είναι περίπου **0,11 €**
Αν υποθέσουμε ότι μπορούμε να δίνουμε στην Δ.Ε.Η καθημερινά **9 KWh** τότε στον χρόνο θα έχουμε κερδίσει περίπου **360 €**

Αρά βλέπουμε ότι πάλι θα αργήσουμε πολύ να κάνουμε απόσβεση των χρημάτων

Συμπέρασμα για να αξίζει η επένδυση θα πρέπει να φτιάξουμε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που να δίνει ενέργεια στην Δ.Ε.Η πάνω από 100 KWh

Επίλογος

Η χρήση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις μέρες μας είναι επιβεβλημένη .
Οι λόγοι είναι κυρίως τρεις :

- A) Το κόστος από την αγορά πετρελαίου ή φυσικού αερίου , το οποίο όλο και αυξάνεται λόγω της μείωσης των αποθεμάτων
- B) Η ρύπανση του περιβάλλοντος , η οποία όλο και αυξάνεται λόγω της μεγάλης παραγωγής καυσαερίων
- Γ) Η επικινδυνότητα από την λειτουργία πυρηνικών εργοστασίων , τα οποία αντί να μειώνονται αυξάνονται

Πλεονεκτήματα

Η παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μια ανεξάντλητη πηγή , τον ήλιο
Δεν προκαλεί άμεσους ρίπους για το περιβάλλον

Προσφέρει εισόδημα και επένδυση χρημάτων

Δημιουργεί θέσης εργασίας

Βοήθα την χωρά στην εξοικονόμηση χρημάτων από την αγορά πετρελαίου

Δίνει σε μια χωρά ενεργειακή αυτονομία και την δυνατότητα να μην εξαρτάται
άμεσα από άλλες χώρες

Περιορισμένο κόστος συντήρησης

Μειονεκτήματα

Οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται είναι τοξικοί για το περιβάλλον και η αντικατάστασή τους δημιουργεί μια οικονομική επιβάρυνση

Οι εκτάσεις που φιλοξενούν φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις γίνονται ακατάλληλες για παράγωγή διότι το χώμα δεν δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία

Πολλοί αγρότες πιστεύοντας ότι τα φωτοβολταϊκά είναι μια καλή επένδυση έχουν αφαιρέσει τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα να μειωθεί η αγροτική παράγωγή και να αυξηθεί η τιμή των προϊόντων

Το κόστος μιας φωτοβολταϊκής εγκαταστάσεις είναι μεγάλο και πολλές φορές πρέπει να περάσουν πολλά χρόνια για να γίνει απόσβεση χρημάτων

Είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και μπορεί μια θεομηνία να δημιουργήσει μεγάλη καταστροφή και απώλεια χρημάτων που επενδυθήκαν

Οι τιμές των ηλεκτρικών εταιρειών που εκμεταλλεύονται την ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι διασφαλισμένες και μπορεί η επένδυση να έγινε με αλλά δεδομένα τα οποία στην πορεία άλλαξαν και δεν αποφέρει το επιθυμητό κέρδος

Έχουν χαμηλή απόδοση

Σαν επίλογο θα λέγαμε ότι η Ελλάδα που είναι μια χώρα με υψηλή ηλιοφάνεια πρέπει επενδύσει πολύ στα φωτοβολταϊκά δημιουργώντας δίκες της εταιρίες που θα παραγάγουν υλικά για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις με αποτέλεσμα και θέσεις εργασίας να δημιουργηθούν να μειωθεί το κόστος των υλικών , αρά να γίνει ποιο συμφέρουσα επένδυση

Lobosillo PV Plant (12,7 MW), Spain



Lobosillo PV Plant (12,7 MW), Spain



PV Plant, USA

Pocking PV Plant (10 MW), Germany



Βιβλιογραφία

Η Βιβλιογραφία κυρίως στηρίχτηκε στο Διαδίκτυο

Με την βοήθεια των μηχανών αναζήτησης γινόταν ο εντοπισμός εργασιών φοιτητών για το κάθε κομμάτι της εργασίας

Από το κάθε αρχείο που εντοπιζόταν στο διαδίκτυο γινόταν η άντληση στοιχείων που αφορούσε την δομή της εργασίας μας

Η συναρμολόγηση όλων αυτών των κομματιών μας έδωσε την δυνατότητα να παρουσιάσουμε μια εργασία που ξεκινά από το πυρίτιο σαν πρώτη υλη και καταλήγει στην αξιοποίηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

KATOIKIES



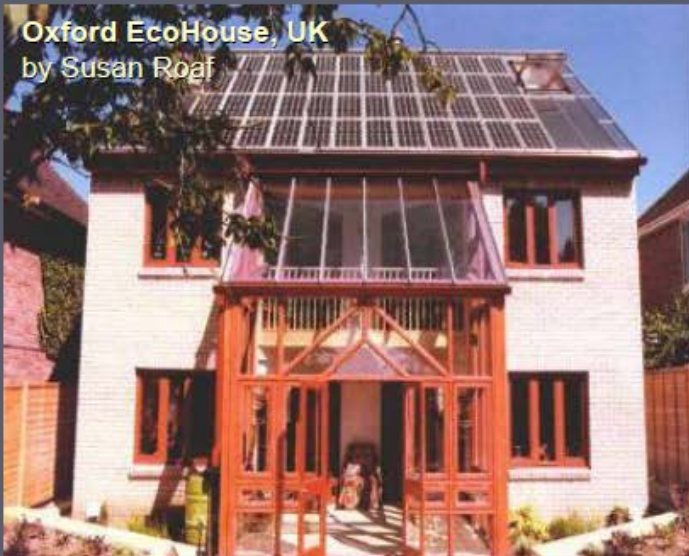
The Woubrugge House, Netherlands



Heliotrop, Germany
by Prof. Rolf Disch Architect



Low-energy House, Bregenz,
Germany, by Daniel Sauter



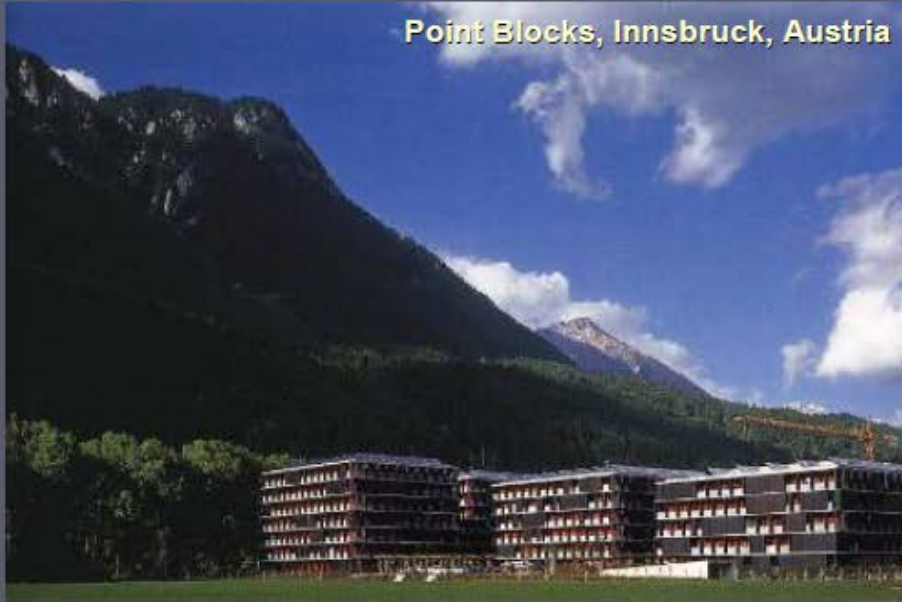
Oxford EcoHouse, UK
by Susan Roaf



Darmstadt Solar House, Germany
by DoE

ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

Point Blocks, Innsbruck, Austria



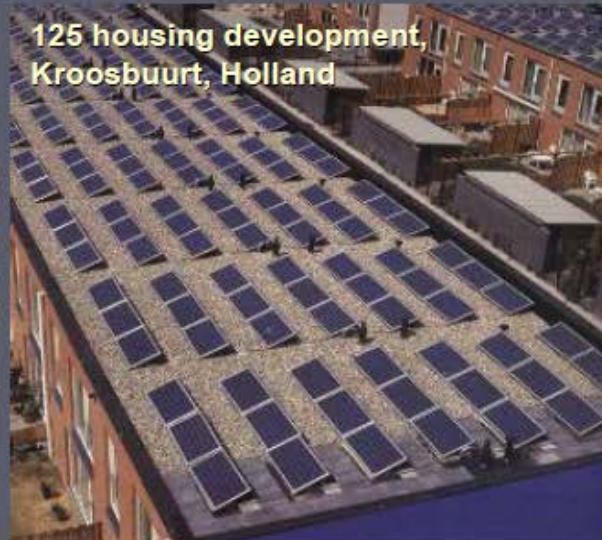
Student Housing, Switzerland



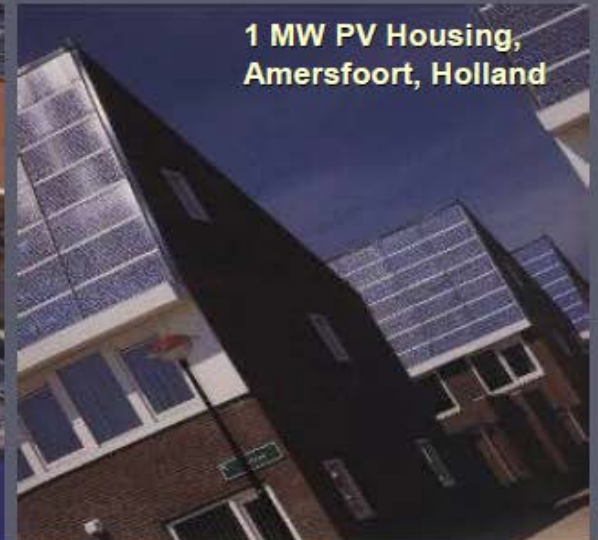
Panta Rhei subproject,
(50 houses), Holland



125 housing development,
Kroosbuurt, Holland



1 MW PV Housing,
Amersfoort, Holland



ΔΗΜΟΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑ



Handelshaus, Innsbruck, Austria



Service centre Tax Offices, Munich, Germany
by Bernhard Peck

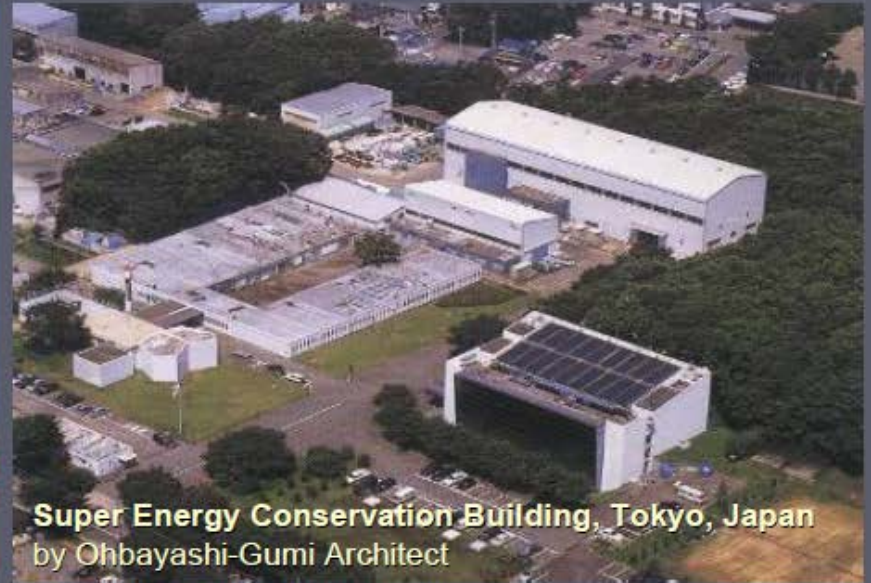


Municipal Services Building, Pirmasens, Germany
by Bachmann & Weidinger

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ-ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ



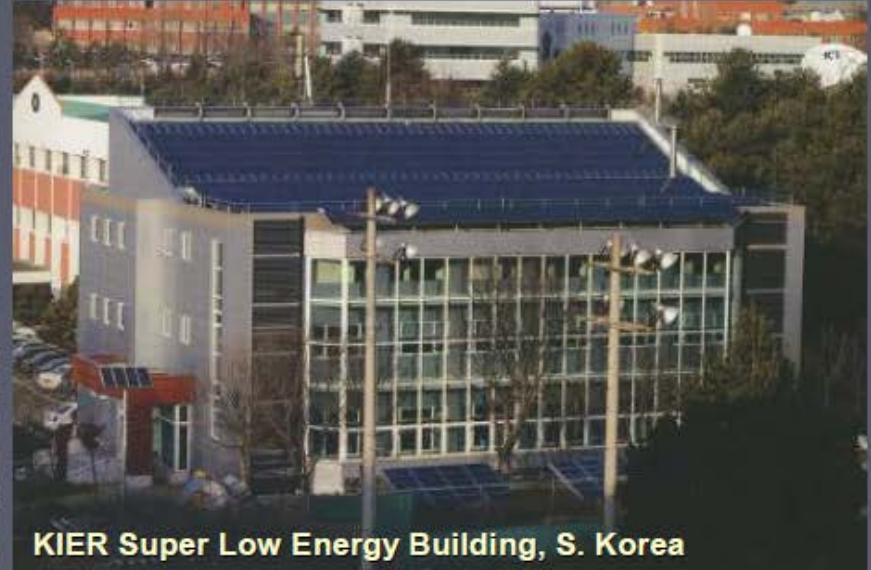
Scheidegger Metallbau, Kirchberg, Switzerland
by Hostettler & Partner



Super Energy Conservation Building, Tokyo, Japan
by Ohbayashi-Gumi Architect



Solarzentrum Freiburg, Germany
by Planerwerkstatt Holken & Berghoff



KIER Super Low Energy Building, S. Korea

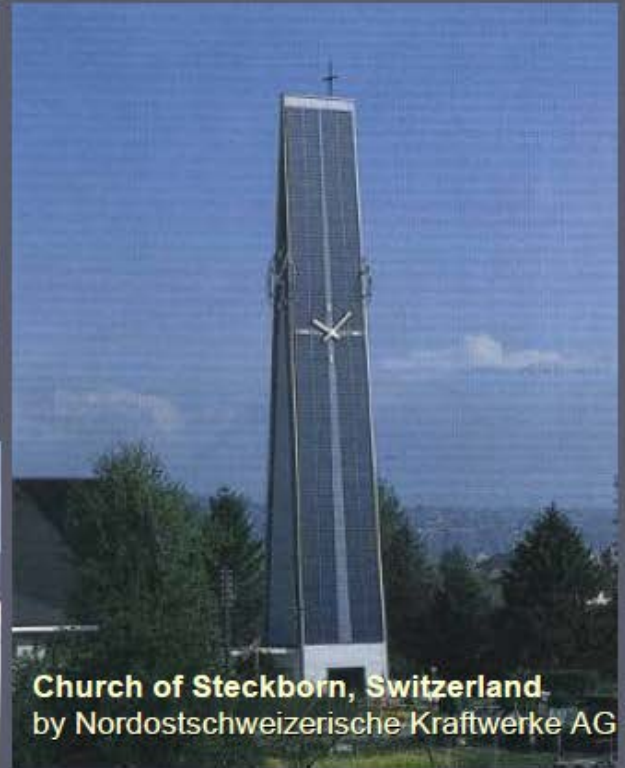
ΕΙΔΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ



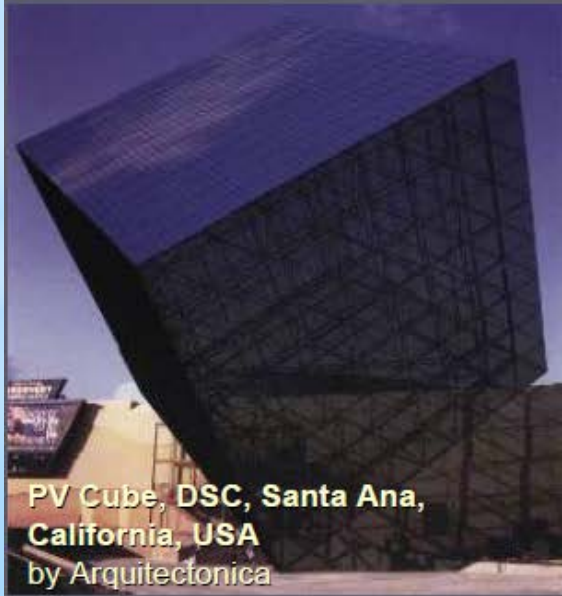
BP Fuel Station, UK



BP Demonstration Building, UK



Church of Steckborn, Switzerland
by Nordostschweizerische Kraftwerke AG



PV Cube, DSC, Santa Ana, California, USA
by Arquitectonica



Sainsbury's Petrol Station, UK

ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Soft Centre HQ, Αθήνα



ΗΛΙΟΔΟΜΗ Α.Ε., Κιλκίς



Πράσινες πόλεις



250 kWp Project, Housing Development,
Amsterdam (1995), Holland



Το κέντρο διοίκησης του Masdar City,
United Arab Emirates, by Foster & Partners



Kensal Green, UK



21 units at Gele Lis, Holland

ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Ica-Ra Solar Airplane
by the University of Stuttgart



Helios Solar Airplane
by NASA



PV Boat, Sydney, Australia



Helios Solar Airplane