



Εισαγωγή στα
Φωτοβολταϊκά
Σεμινάριο

Θεσσαλονίκη, 28.05.2021

Ιωάννης Ταυλίκος

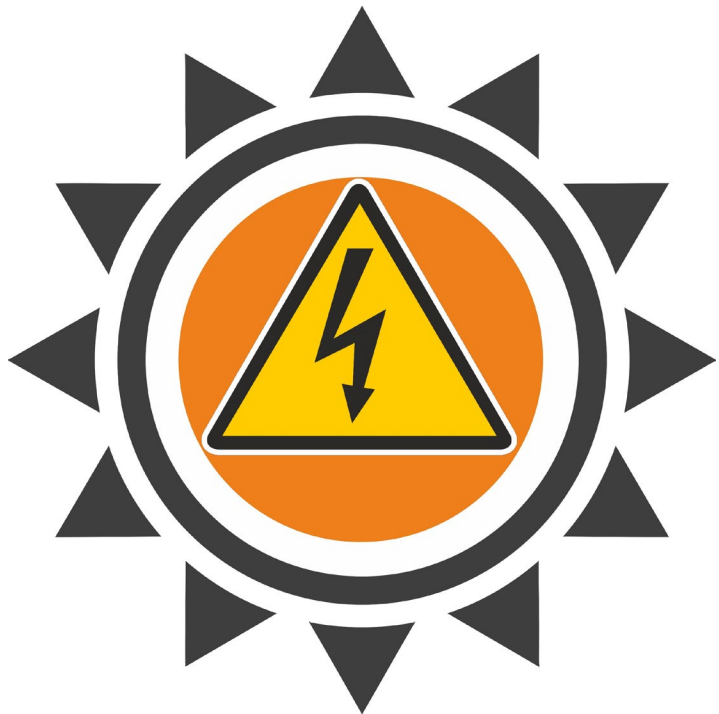
Project Engineer, solar.com.gr A.Π.Ε.

Soft & Elec Eng, University of Glasgow

MSc Energy, Heriot Watt University

MSc Data Science, TU Wien

Μηχανικός Κατασκευών με έμφαση στη διαχείριση Ενέργειας, ΕΚΠΑ



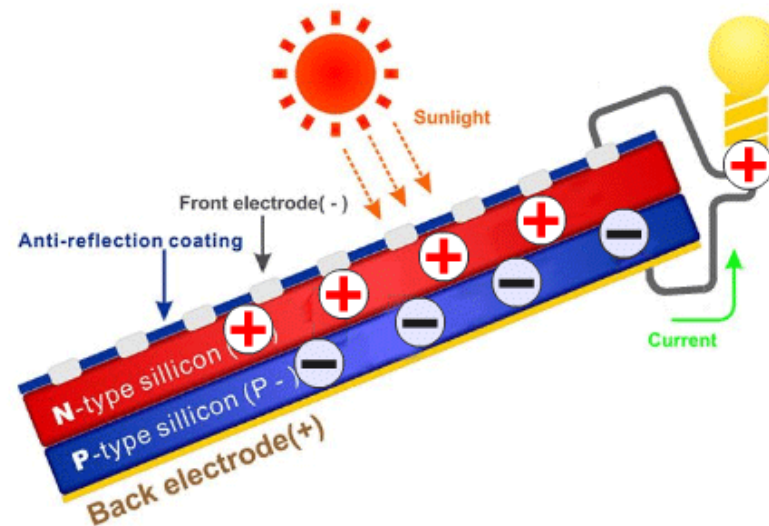
*“ Στρέψου στον
Ήλιο, και θα
αφήσεις τις σκιές
πίσω σου”*

Ενότητα 1: Εισαγωγή και Γενικά Στοιχεία

1.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



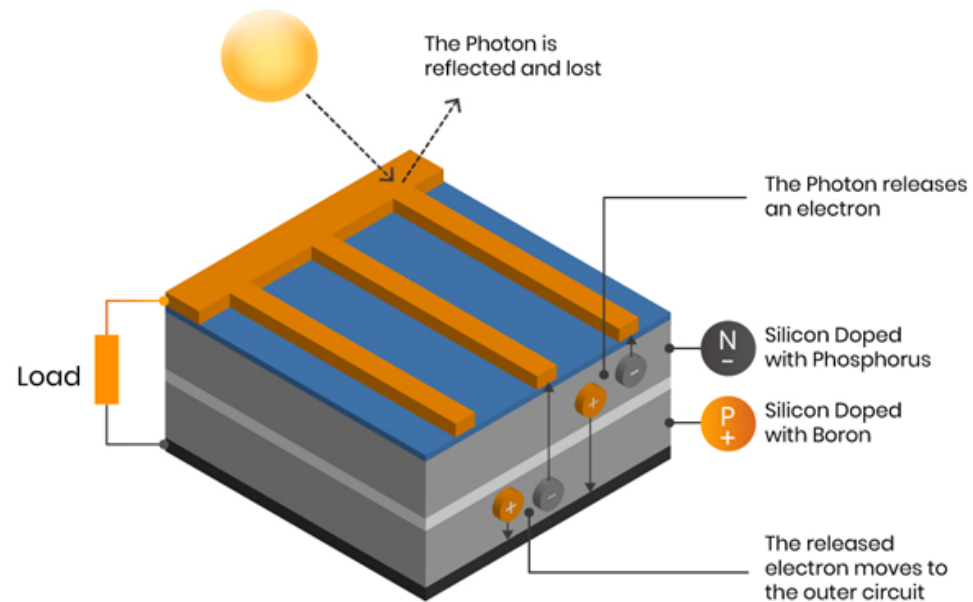
- Είναι η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που παρατηρείται σε ημιαγωγούς, συζυγή πολυμερή (οργανικοί ημιαγωγοί) και τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, έχουμε δηλαδή μια υποτυπώδη ηλεκτρική γεννήτρια.



1.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



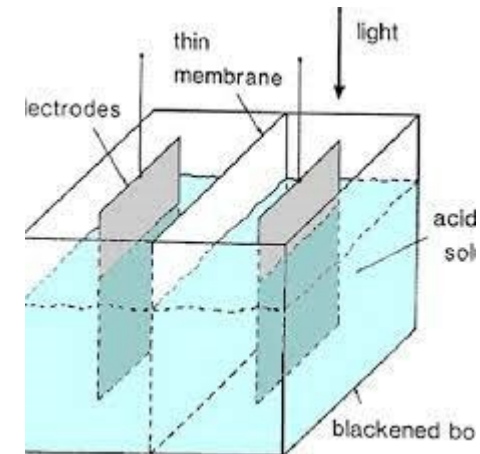
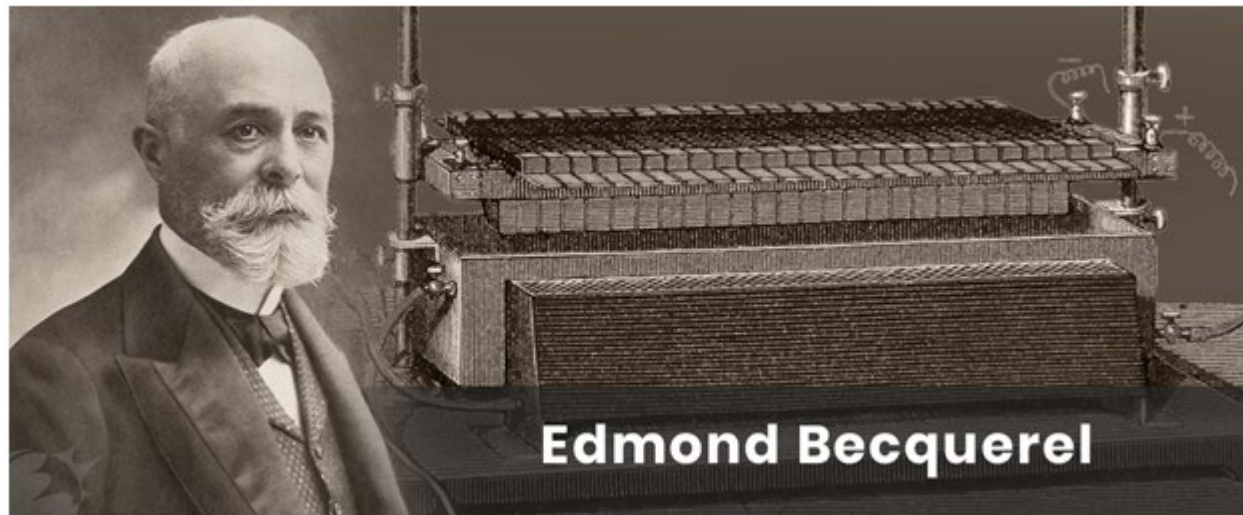
- Όλα τα φωτόνια δεν είναι ίδια: Κάποια δεν έχουν την απαραίτητη ενέργεια, και κάποια είναι απλά άτυχα



1.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



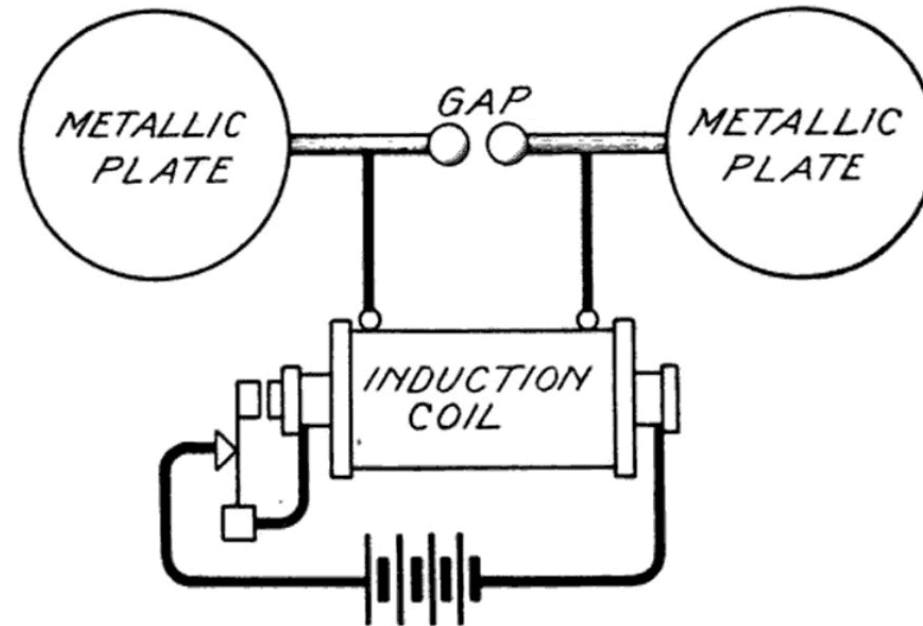
- Παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Becquerel το 1839, ο οποίος πρόσεξε ότι όταν συγκεκριμένες διατάξεις χημικών ενώσεων με ηλεκτρόδια οι οποίες παρουσίαζαν τάση στα άκρα τους εκτίθεντο στο φως, παρουσιάζοντα αύξηση της τάσης.
Περισσότερο Φωτοχημικό, παρά φωτοβολταϊκό



1.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



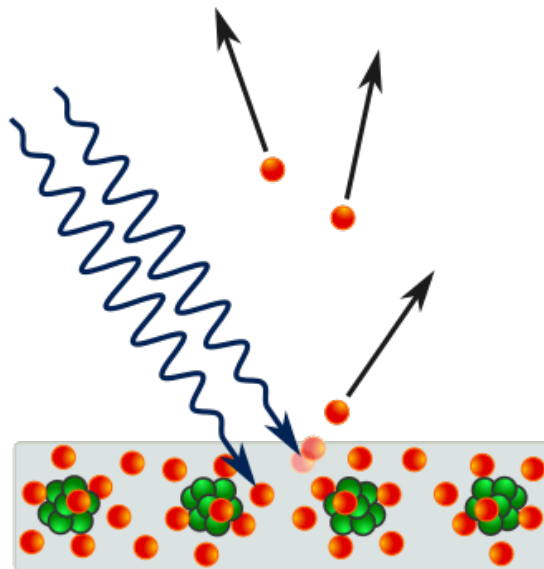
- Το 1870 ο Hertz στη Γερμανία παρατήρησε ότι ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα εκφορτίζονται ταχύτερα, και ο σπινθήρας έχει μεγαλύτερη ένταση όταν εκτίθενται σε ηλιακό φως



1.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



- Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε τη θεωρία, βασιζόμενος στον Max Planck, ότι το φως αποτελείται από μικρά σωματίδια ενέργειας γνωστά ως “Φωτόνια”. Κάθε φωτόνιο περιέχει ενέργεια ανάλογη προς τη συχνότητα του αντίστοιχου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η σταθερά η οποία εκφράζει αυτή την αναλογία, είναι η σταθερά του Planck. Όταν στην επιφάνεια ενός αγωγού (π.χ. μεταλλική πλάκα) προσκρούσουν φωτόνια με συχνότητα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας τέτοια ώστε τα ηλεκτρόνια να κατορθώσουν να υπερπηδήσουν το φράγμα δυναμικής ενέργειας που τα συγκρατεί, τότε τα ηλεκτρόνια αυτά απελευθερώνονται, δημιουργώντας ηλεκτρικό ρεύμα



1.2 Τα πρώτα φωτοβολταϊκά



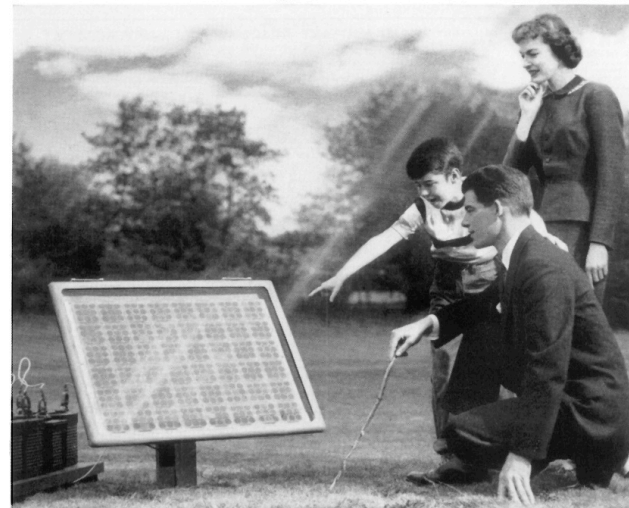
- 1884, Charles Fritts, Νέα Υόρκη: Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στη στέγη. Απόδοση: 1%



1.2 Τα πρώτα φωτοβολταϊκα



- Το 1941 κατασκευάστηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο από πυρίτιο (Si)
- Δεκαετία 1940: Διαδικασία παραγωγής παραγωγής μονοκρυστάλλων πυριτίου υψηλής καθαρότητας, απόδοση 4 %.
- 1954: Fuller, Pearson, Charin, κατασκευή ΦΒ στοιχείου Si με απόδοση 6 %.
- Πρώτη εφαρμογή: φωτόμετρο (φωτογραφία) και συγκεκριμένα στην υλοποίηση του φωτόμετρου.
- Πρώτες εμπορικές εφαρμογές, απόδοση της τάξης του 5 - 10 % και κόστος περίπου 1000 \$ / Wp

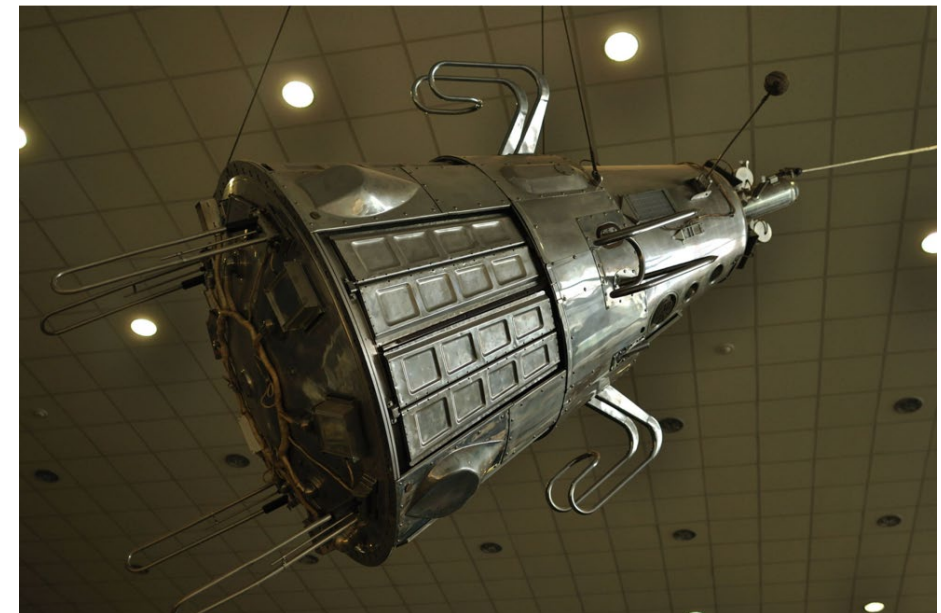
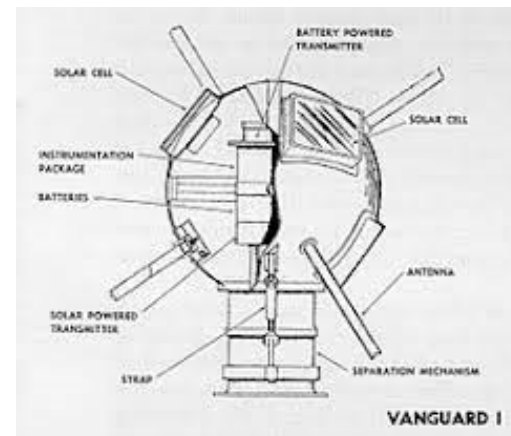


Bell Labs, 1955

1.2 Τα πρώτα φωτοβολταϊκά



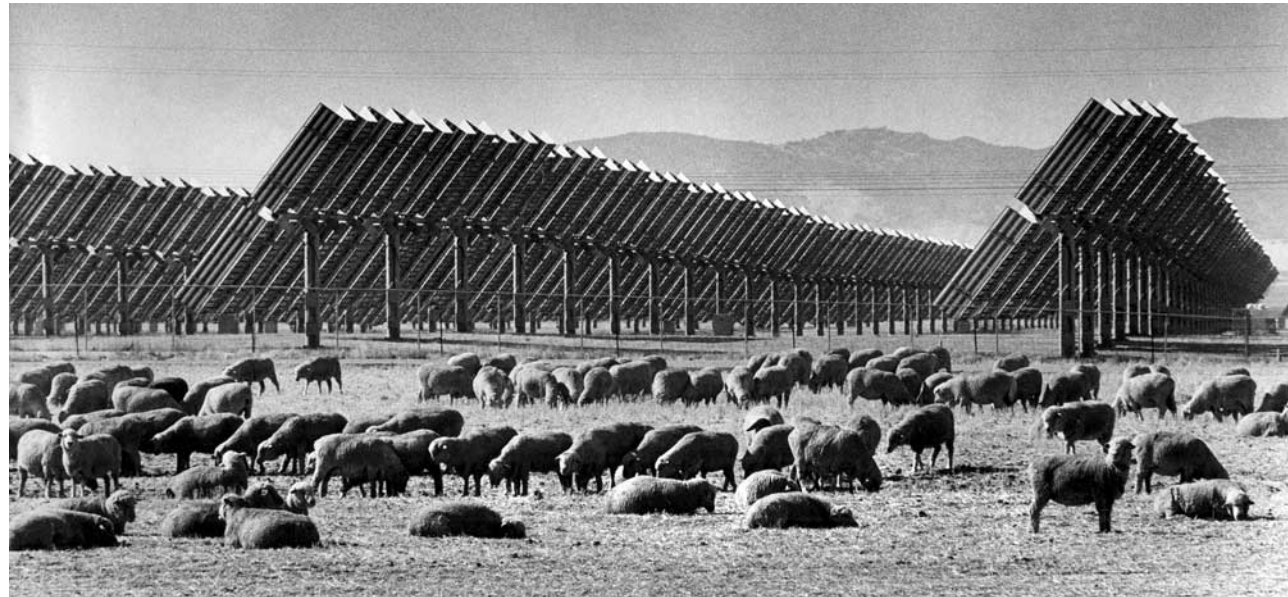
- 1958: χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά φωτοβολταϊκά στοιχεία για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς στον αμερικάνικο διαστημικό δορυφόρο Vanguard. Την ίδια χρονιά εκτοξεύτηκε και ο Ρωσικός δορυφόρος Sputnik 3 με μοναδική πηγή ενέργειας τα φωτοβολταϊκά. Σήμερα όλοι οι δορυφόροι χρησιμοποιούν φωτοβολταϊκά.
- 1959: φωτοβολταϊκό στοιχείο από CdS με απόδοση 5%
- Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 1970 οδήγησε στην ταχύτερη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών
- 1972: Κατασκευή στοιχείου Si με απόδοση 14% από τους Lindmayer & Allison
- 1977: Κατασκευή στοιχείου από GaAs με απόδοση 16% από τον Kameth.



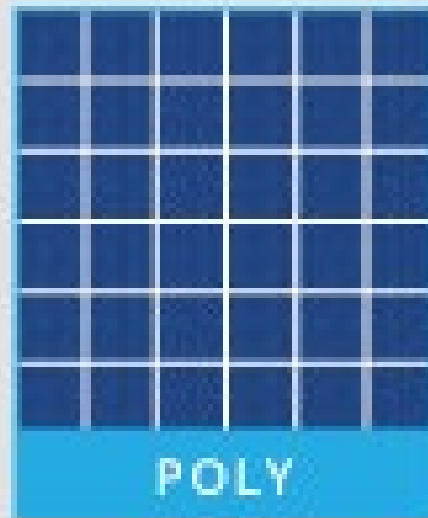
1.2 Τα πρώτα φωτοβολταϊκά



- 1981: Πτήση του Solar Challenger πάνω από την Μάγχη . 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία Si, συνολική ισχύς 2,7kW, κόστος 100.000\$
- 1983: Έναρξη λειτουργίας φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 1MW στην Καλιφόρνια.



1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών

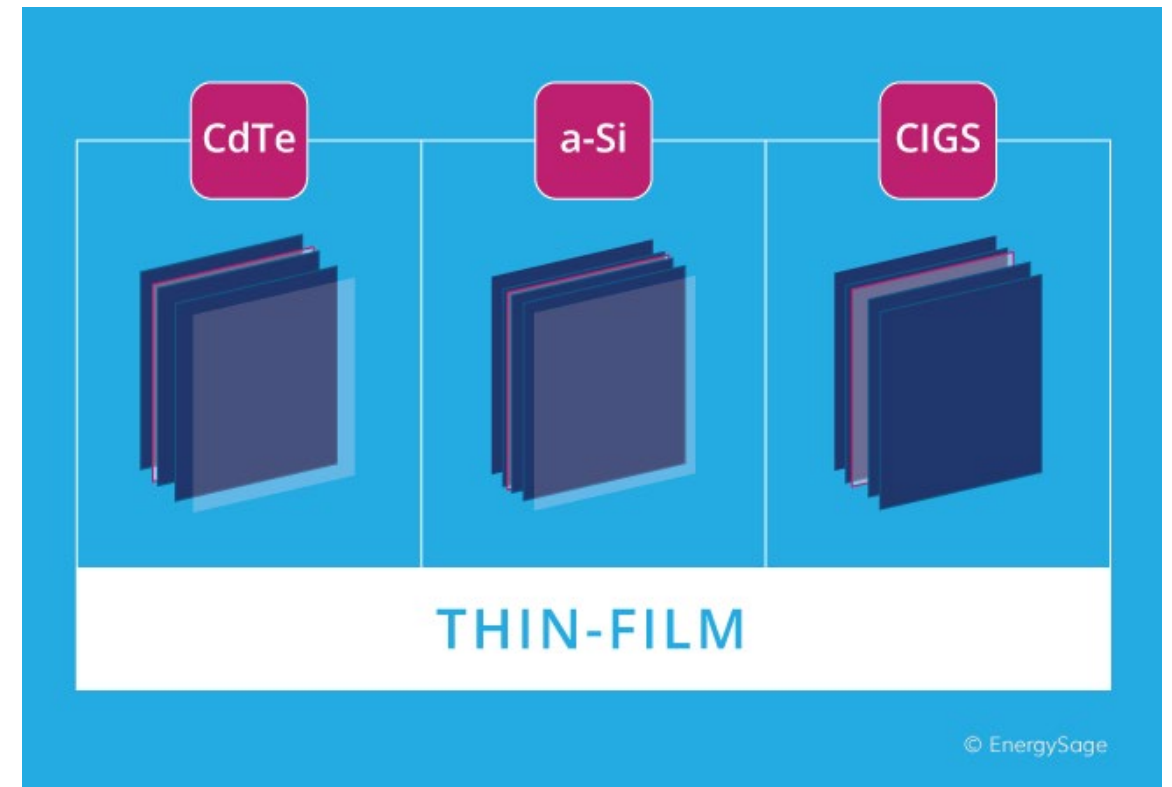
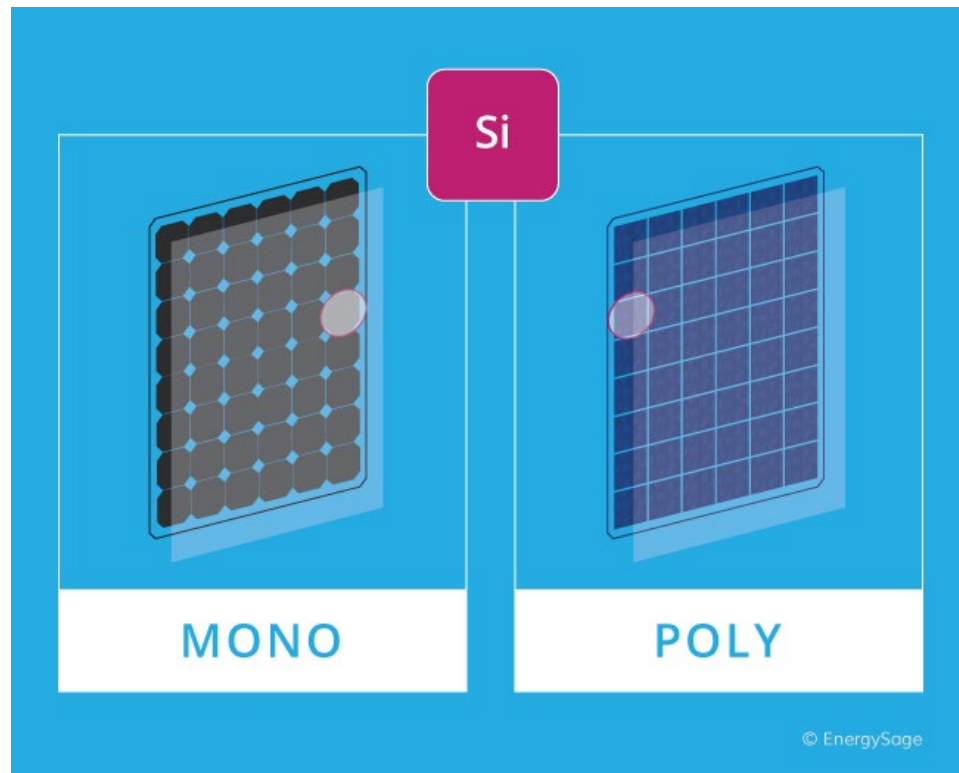


1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών

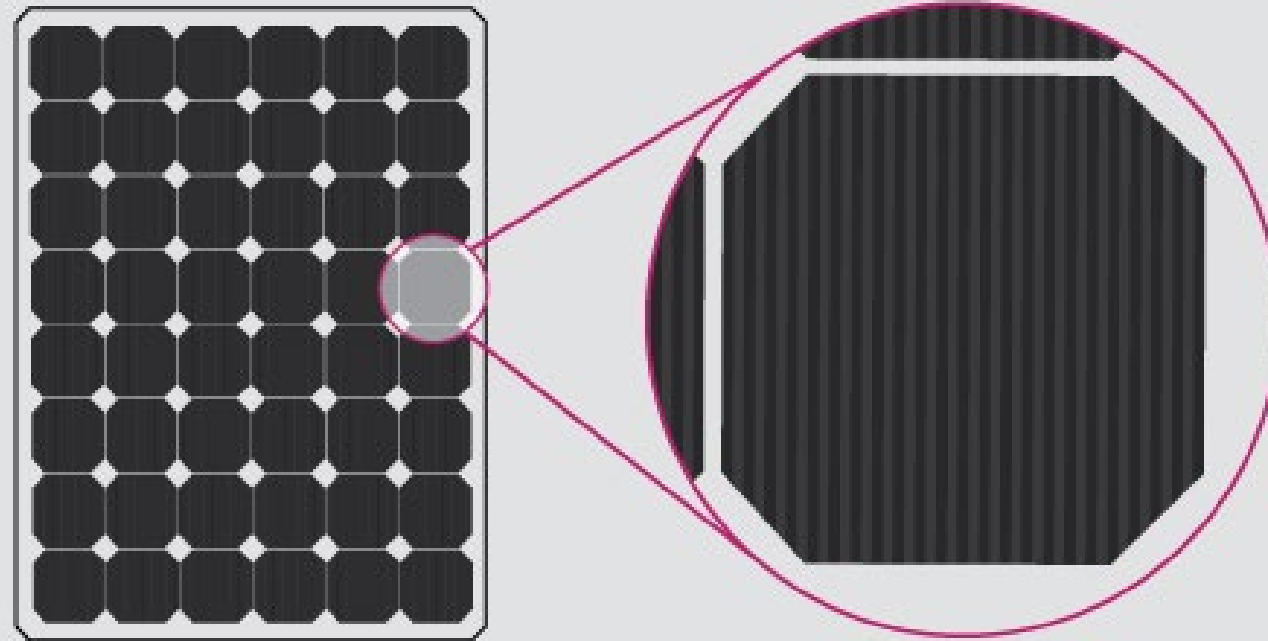


Τύπος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μονοκρυσταλλικά	Υψηλότερη απόδοση Υψηλότερη παραγωγή, καλύτεροι θερμοί συντελεστές Αισθητική	•Υψηλότερο κόστος
Πολυκρυσταλλικά	•Χαμηλότερο κόστος	•Χαμηλότερη απόδοση, χαμηλότερη παραγωγή
Thin-film	•Πιό ελαφριά •Αρκετά φτηνότερα στο παρελθόν	•Πολύ χαμηλή απόδοση Πιθανότητα απότομης πτώσης παραγωγής Ευαίσθητα σε PID

1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών

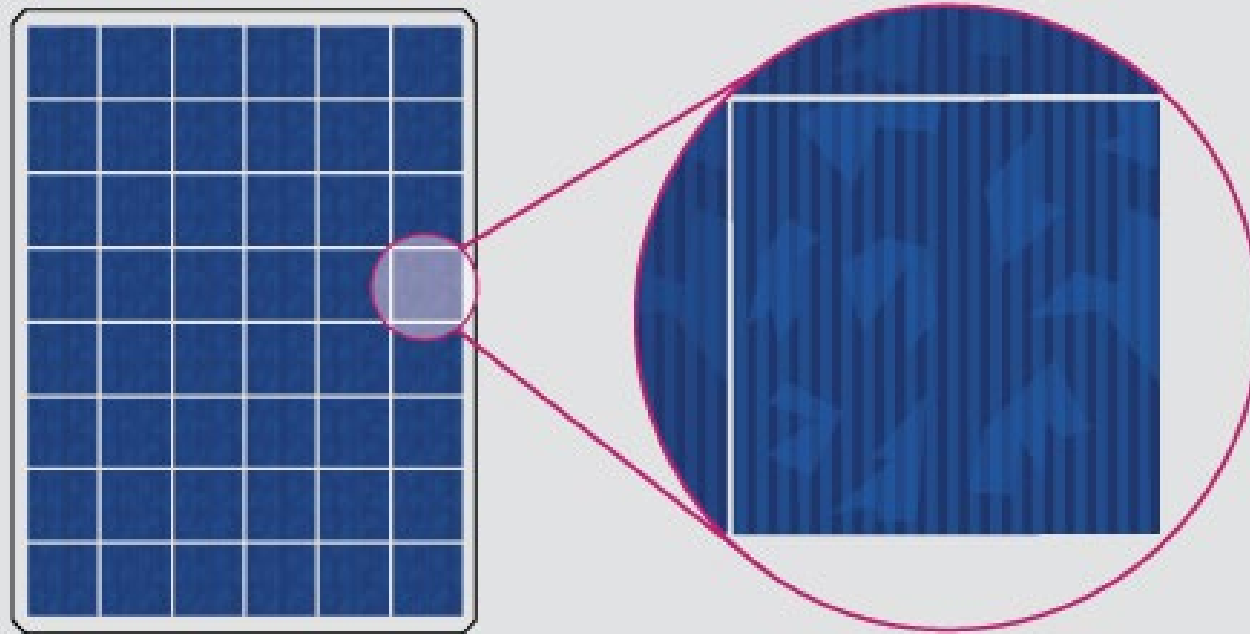


1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών



MONO

1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών

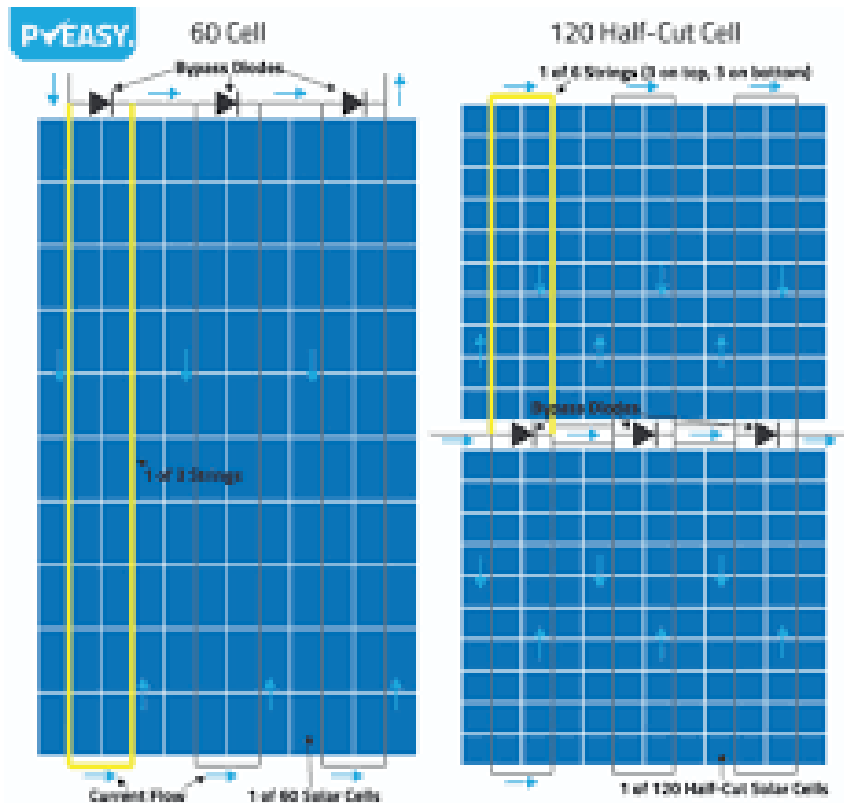


POLY

1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών



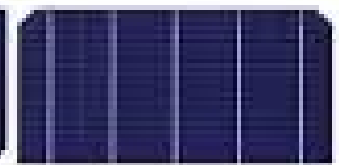
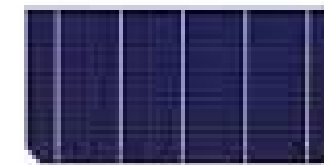
Half-cut :Τα περισσότερα πάνελ δικτύου έχουν 60, 72, ή 96 κυψέλες. Υπάρχουν επίσης κατασκευαστές οι οποίοι παράγουν πάνελ με κυψέλες κομμένες στη μέση, ουσιαστικά διπλασιάζοντας τον αριθμό των κυψελών σε κάθε πάνελ, με αποτέλεσμα μικρή βελτίωση της απόδοσης, της παραγωγής και της αντοχής



Cell current will be cut to $\frac{1}{2}$ (internally)



Losses are cut by 75% Power is increased by 4%



4.75 A

4.75 A

1.3 Τύποι Φωτοβολταϊκών



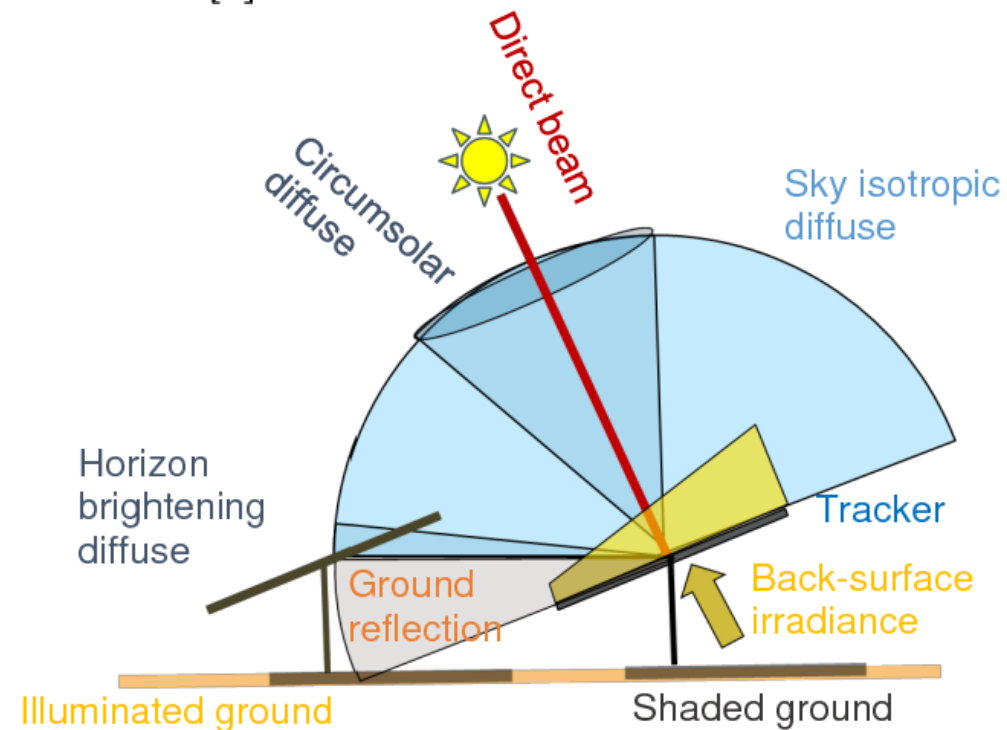
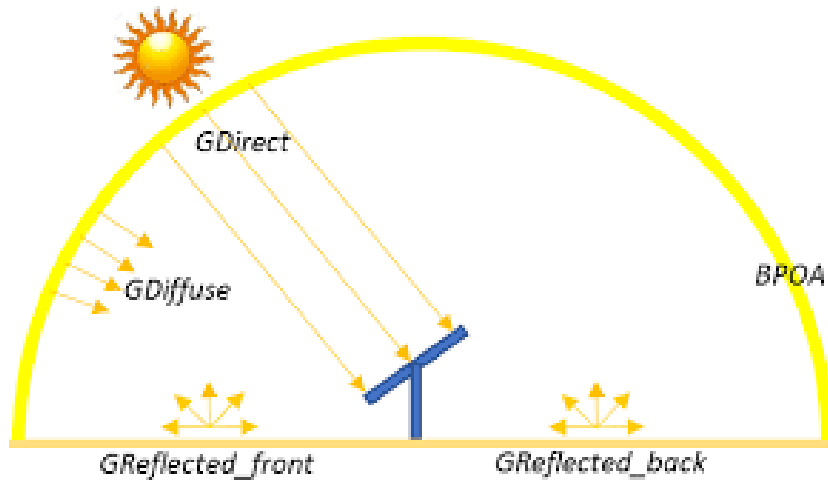
Bifacial: Μπορούν να απορροφήσουν ηλιακή ακτονοβολία και από τις δύο πλευρές, παράγοντας περισσότερη ενέργεια



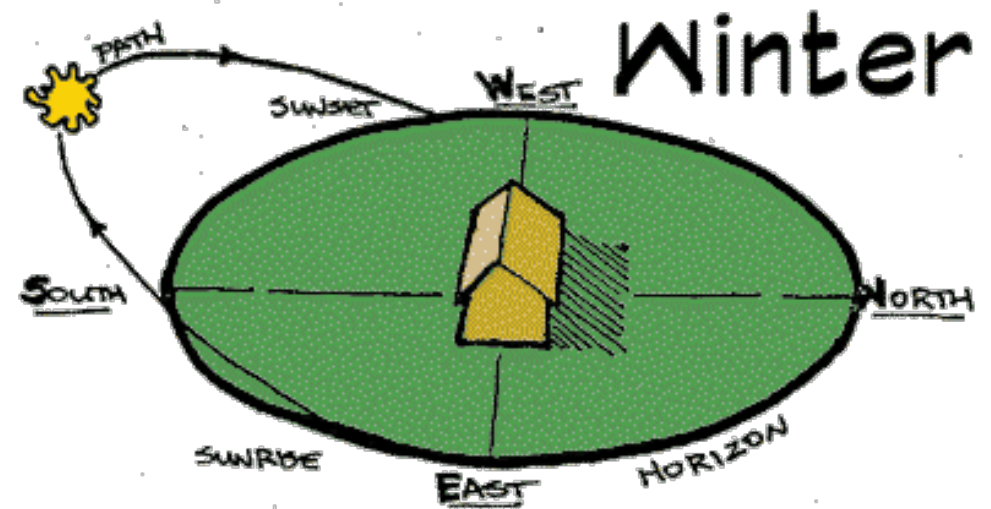
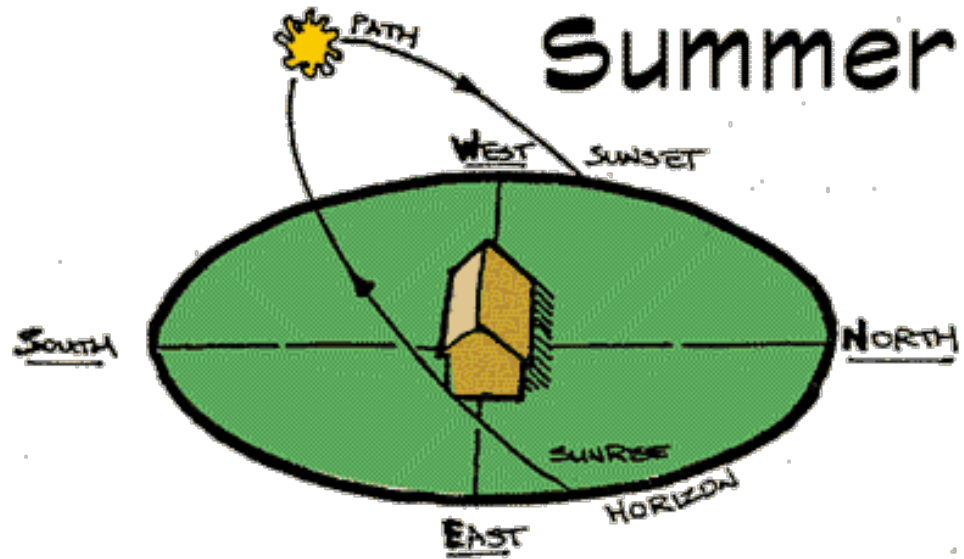
1.4 Ο Ήλιος



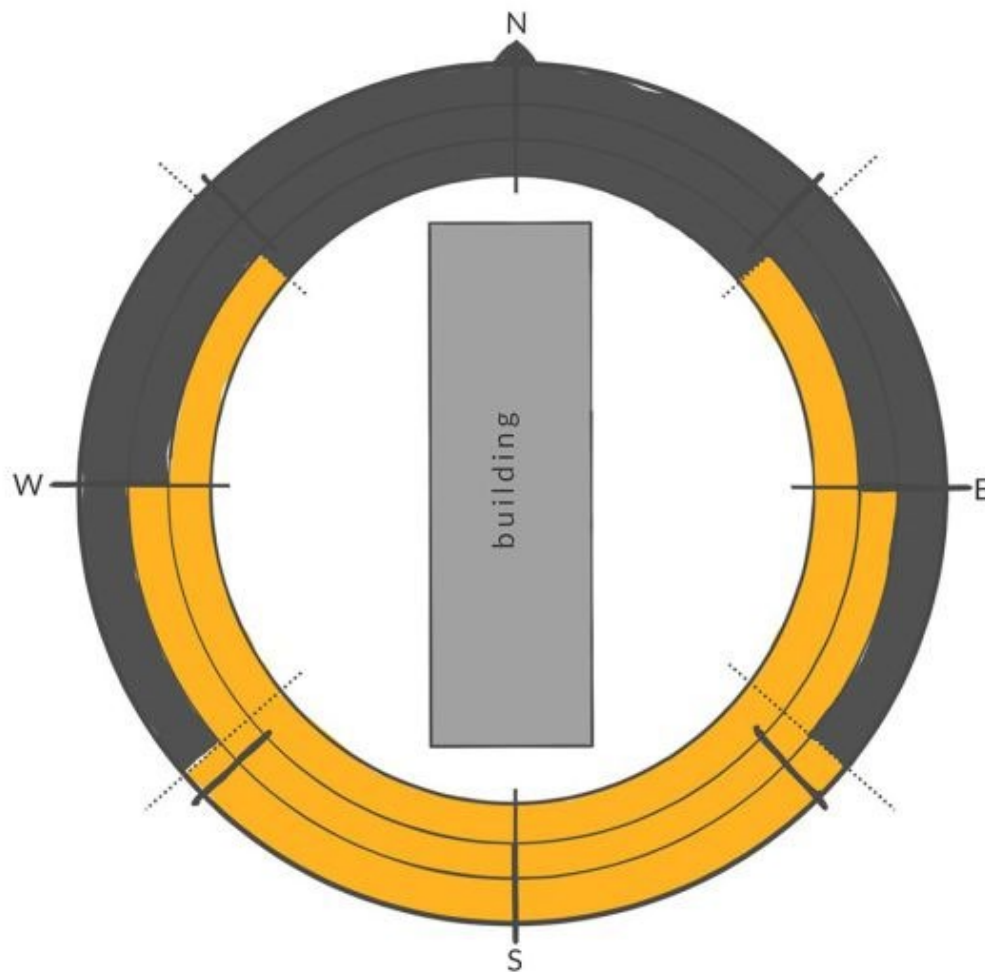
- Βασικά Μεγέθη:
 - **Irradiance:** Μέγιστη Ισχύς Ηλιακής ακτινοβολίας ανά m^2 . Λαμβάνεται ως **1000W**, μπορεί κατά περίπτωση να είναι και υψηλότερη, και συχνά είναι χαμηλότερη
 - **Insolation:** Συνολική προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια ανά τετραγωνικό. Διαφορετική σε κάθε τοποθεσία, στην επιφάνεια του πάνελ και στο οριζόντιο επίπεδο. Μετρείται σε kWh/m^2
- Perez model [5].



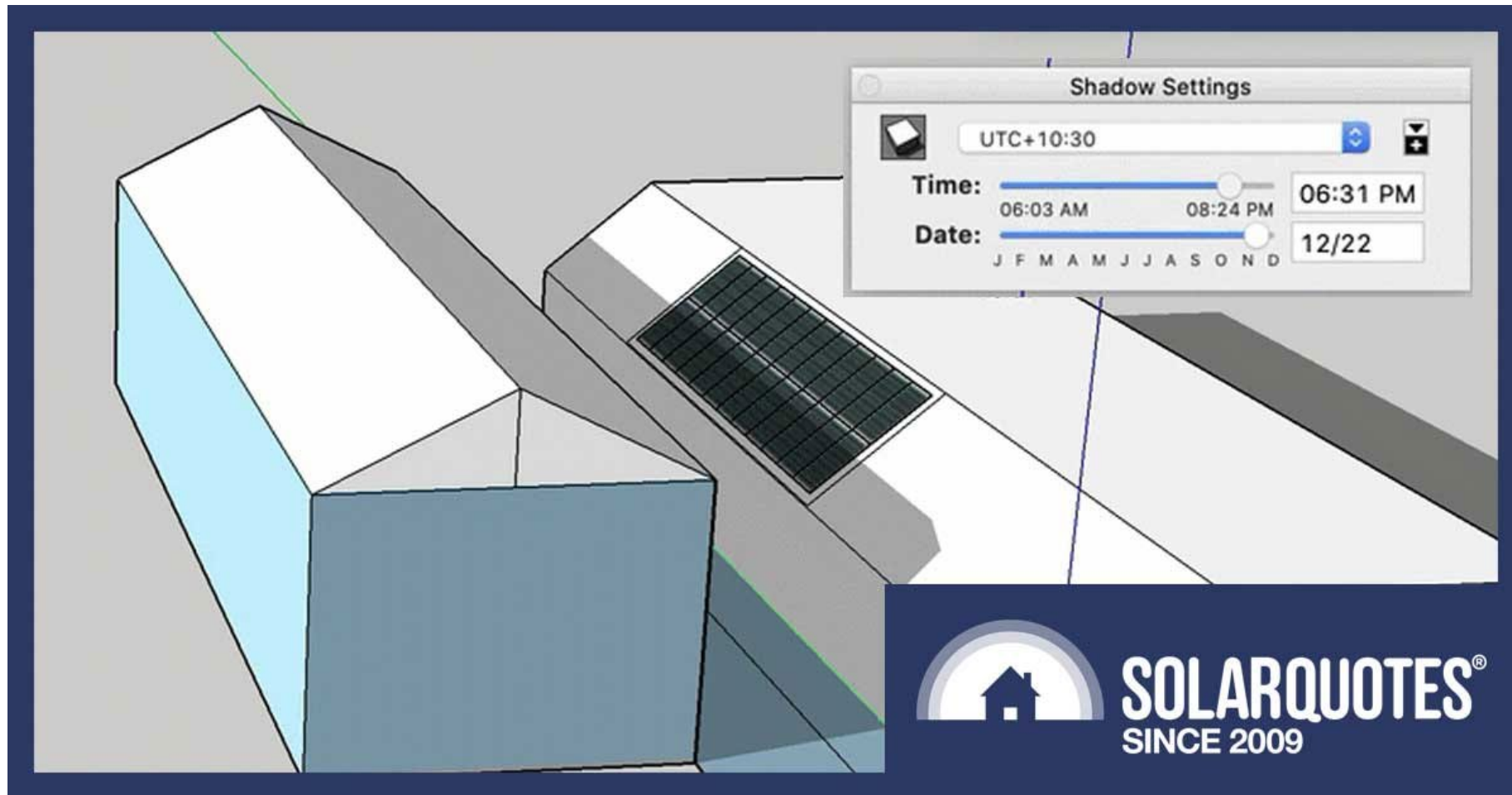
1.4 Ο Ήλιος



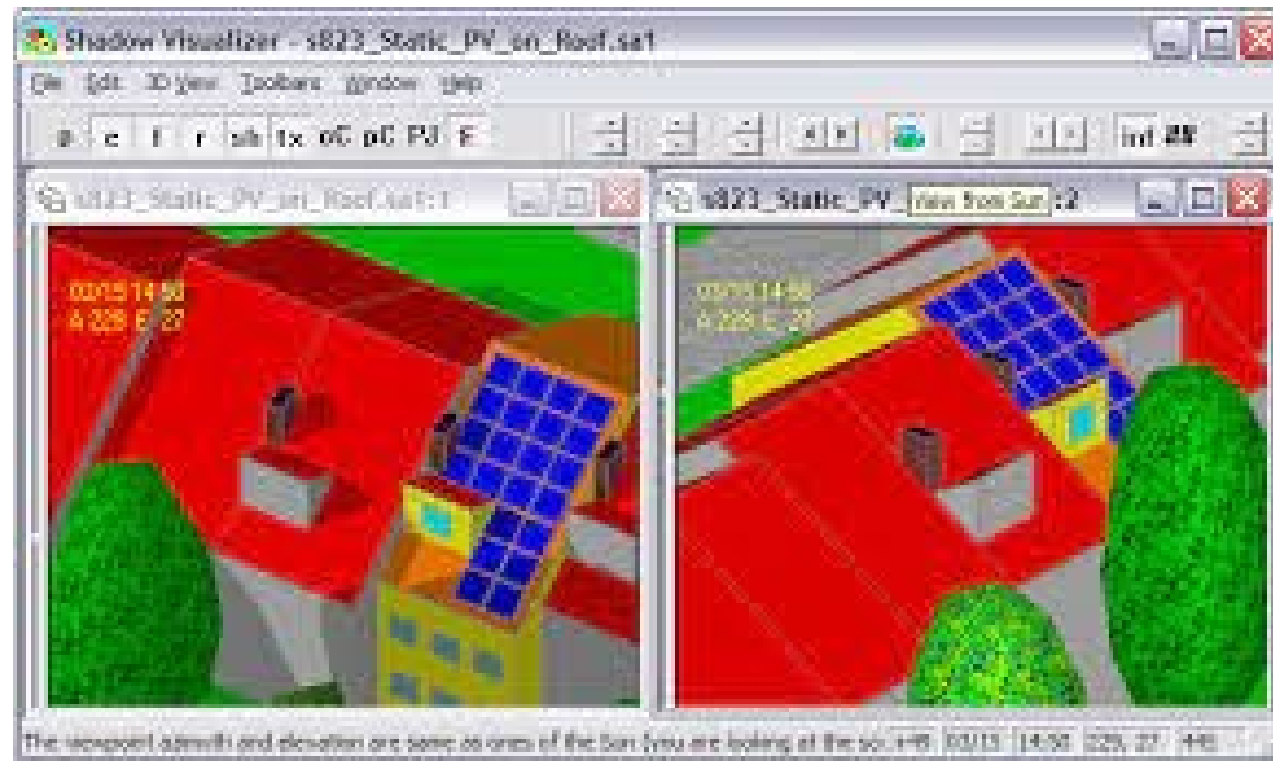
1.4 Ο Ήλιος



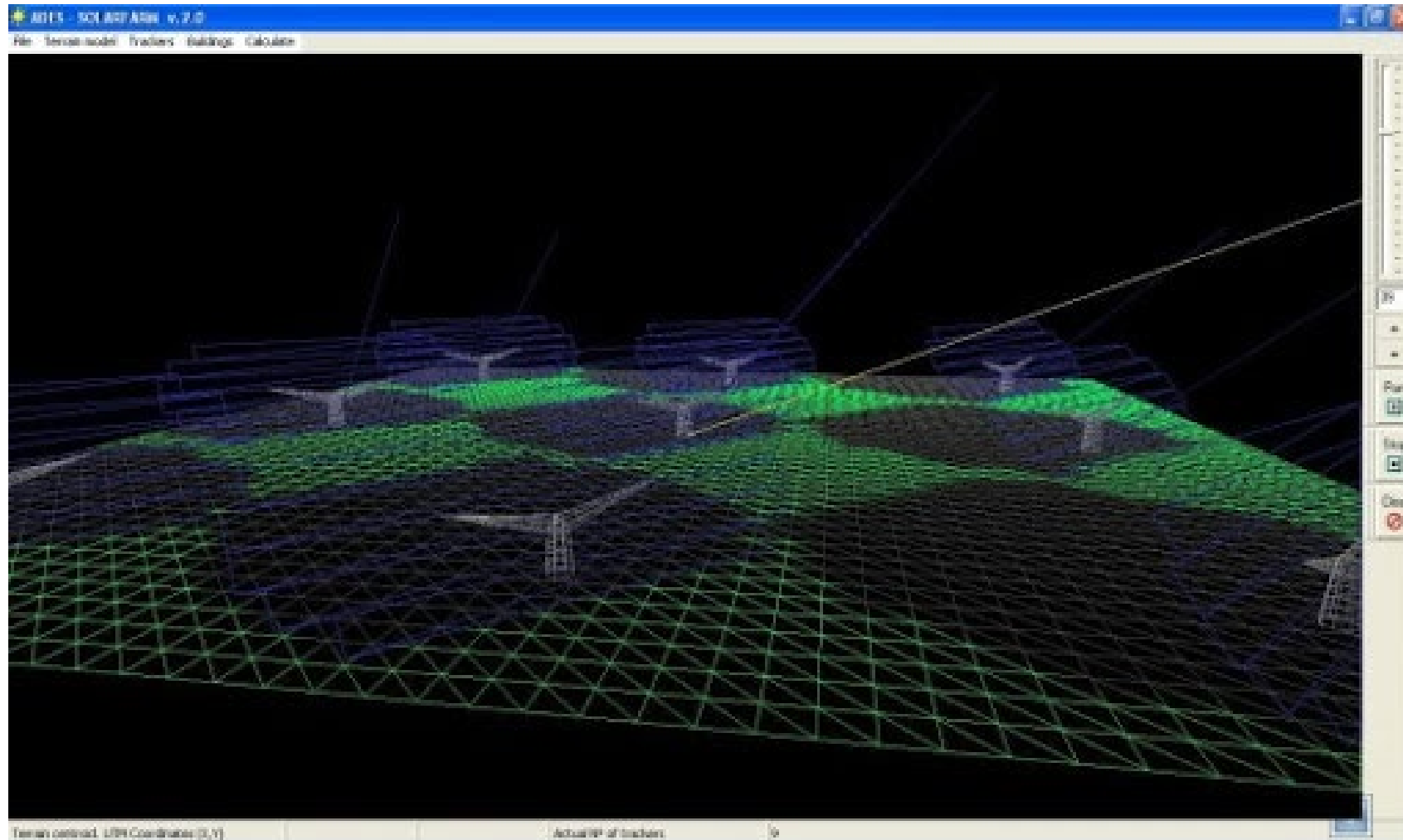
1.5 Σκιάσεις



1.5 Σκιάσεις



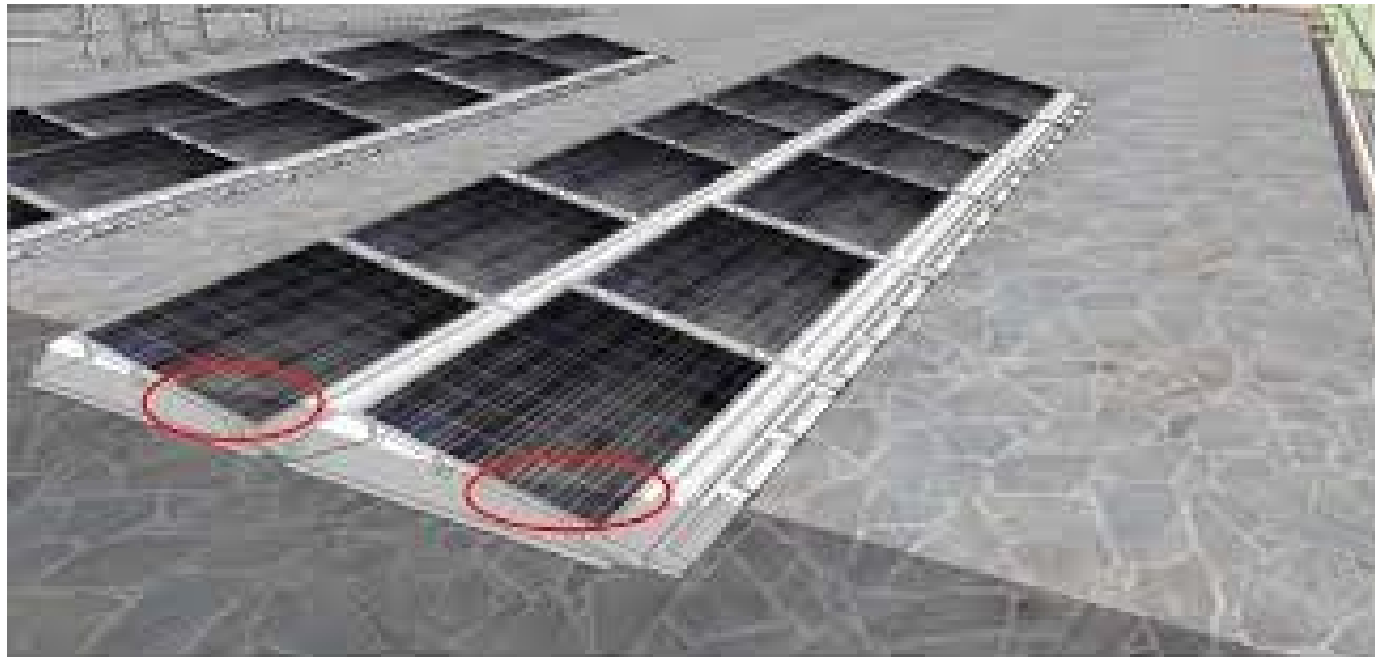
1.5 Σκιάσεις



1.5 Σκιάσεις



1.5 Σκιώσεις



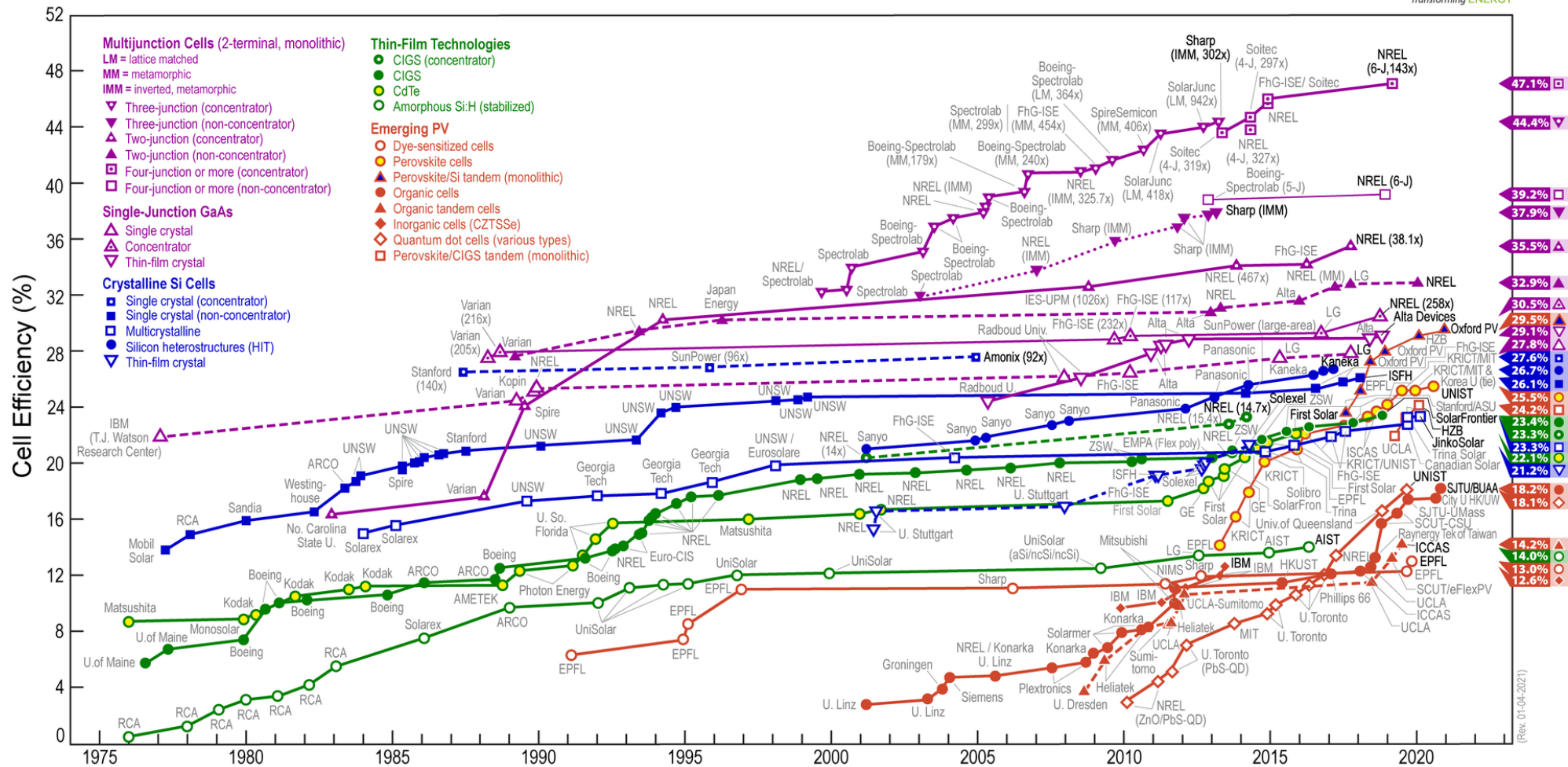
1.5 Σκιάσεις



1.6 Απόδοση



Best Research-Cell Efficiencies



1.6 Απόδοση



- Συνδέει την μέγιστη ισχύ με την επιφάνεια
- Έχει ιδιαίτερη σημασία όταν δεν χωροθετείται το έργο και απαιτούνται πάνελ υψηλότερης απόδοσης
- Οι κατασκευαστές συχνά υπερβάλλουν ειδικά σε πάνελ πολύ υψηλής απόδοσης



1.7 Θερμικός Συντελεστής



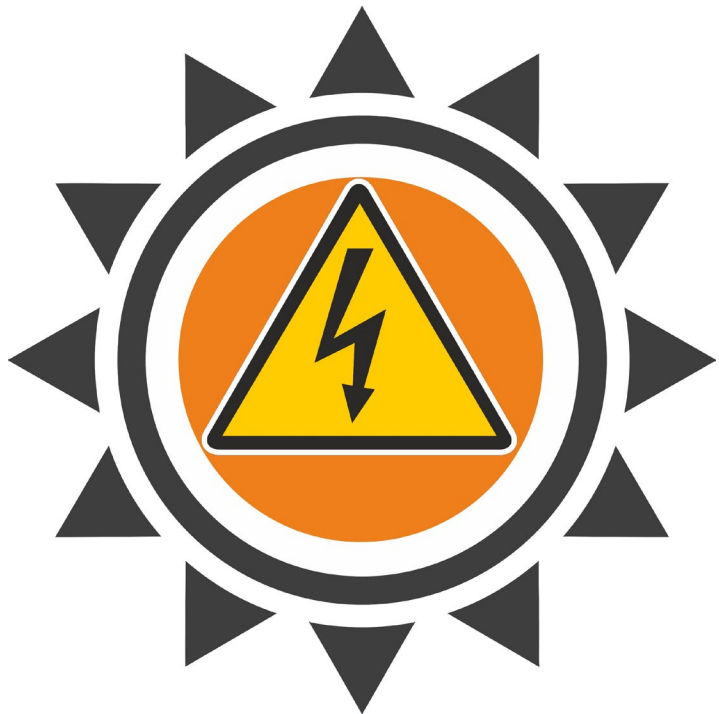
- Αναπαριστά την μείωση της μέγιστης ισχύος με την άνοδο της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πάνελ
- Τυπικά μεγέθη για κρυσταλλικά πάνελ:

P_{max}	-0.347 %/°C
V_{oc}	-0.263 %/°C
I_{sc}	0.057 %/°C

1.8 Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά



- 1. Μέγιστη Ισχύς, P_{max} (Wp)
- 2. Τάση Ανοικτού κυκλώματος, V_{oc} (V)
- 3. Ρεύμα βραχυκυκλώματος, I_{sc} (A)
- 4. Ρεύμα Μέγιστης ισχύος, I_{mp} (A)
- 5. Τάση μέγιστης Ισχύος, V_{mp} (V)



*“ Στρέψου στον
Ήλιο, και θα
αφήσεις τις σκιές
πίσω σου”*

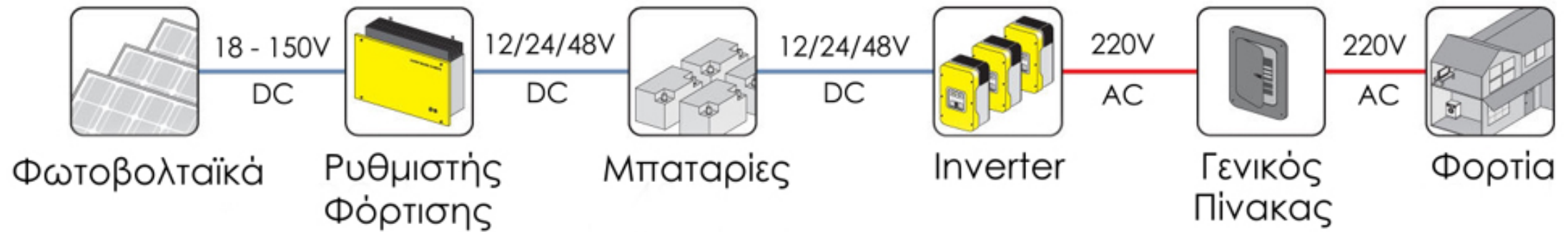
Ενότητα 1: Ερωτήσεις



*“ Στρέψου στον
Ήλιο, και θα
αφήσεις τις σκιές
πίσω σου”*

Ενότητα 2: Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά

2.1 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά



- Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (stand-alone / off-grid / island pv systems) είναι συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση Φωτοβολταϊκών τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο και η ενέργεια που παράγουν χρησιμοποιείται άμεσα ή αποθηκεύεται σε μπαταρίες ή άλλες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας.

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να καλύψει οποιοσδήποτε ανάγκες. Ο περιορισμός συνήθως είναι το διαθέσιμο κεφάλαιο και όχι η διαθέσιμη τεχνολογία.

- Όταν υπάρχει και άλλη πηγή ενέργειας στο σύστημα (π.χ. ανεμογεννήτρια, ηλεκτρογεννήτρια, υδροηλεκτρική γεννήτρια) αυτό λέγεται υβριδικό. Το ρεύμα που αποθηκεύεται στις μπαταρίες είναι συνεχές (DC), ονομαστικής τάσης 12, 24 ή 48V, και σπανιότερα 36.

2.1 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά



- Μπορούμε χρησιμοποιήσουμε το ρεύμα απ'ευθείας συνδέοντας συσκευές σχεδιασμένες για λειτουργία με συνεχές ρεύμα ονομαστικής τάσης ίδιας με αυτή της μπαταρίας. Αυτό είναι εξαιρετικά εύκολο εάν θέλουμε να τροφοδοτήσουμε μόνο φωτισμό καθώς υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα λαμπτήρων DC.

Αυτό δεν είναι τόσο εύκολο και οικονομικό για τις υπόλοιπες συσκευές (με ελάχιστες εξαιρέσεις όπως ανεμιστήρες, ραδιόφωνα), έτσι τα περισσότερα αυτόνομα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούν μετατροπείς (inverters), συσκευές οι οποίες μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο (220V AC), το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει κάθε κοινή οικιακή συσκευή.

- Υπάρχει επίσης η πιθανότητα χρήσης του ρεύματος απευθείας από το φωτοβολταϊκό, χωρίς τη χρήση μπαταρίας (π.χ. Άντληση νερού)



2.2 Ρυθμιστές Φόρτισης



Ρυθμιστές Φόρτισης

Είναι ένα βασικότατο στοιχείο σχεδόν κάθε αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Ρυθμίζει την τάση με την οποία φορτίζονται τις μπαταρίες έτσι ώστε να είναι η ιδανική για κάθε περίπτωση, σταματά τη φόρτιση όταν οι μπαταρίες γεμίσουν και κόβει τα φορτία τα οποία ελέγχει όταν η μπαταρία έχει πέσει κάτω από το σημείο ασφαλείας.. Οι δύο πιο διαδεδομένοι τύποι ρυθμιστών φόρτισης σε χρήση σήμερα είναι οι PWM (Pulse Width Modulation) και MPPT (Maximum Power Point Tracking). Και οι δύο τύποι προσαρμόζουν το ρυθμό φόρτισης ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, έτσι ώστε η μπαταρία να φορτίζεται όσο περισσότερο γίνεται χωρίς να υπερφορτίζεται ή να υπερθερμαίνεται. Οι δύο τεχνολογίες είναι διαφορετικές, η κάθε μία με τα πλεονεκτήματά της.

Φωτοβολταϊκά πάνελ 12V

Τα πάνελ για χρήση σε συστήματα 12V παραδοσιακά αποτελούνται από 36 κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά με μια τάση εξόδου περίπου 18V DC. Για να φορτιστεί μια μπαταρία 12V χρειάζονται περίπου 13,5-14V. Τα επιπλέον 4V στην έξοδο έχουν σκοπό να καλύψουν διάφορες μικροαπώλειες λόγω ελαφρών σκιάσεων καθώς και απώλειες (πτώση τάσης) κατά τη μεταφορά. Ο MPPT μπορεί να μετατρέψει τυχόν επιπλέον τάση την οποία δίνουν τα πάνελ σε ρεύμα. Εάν λοιπόν θεωρήσουμε ένα πάνελ με τάση λειτουργίας 18V και ρεύμα 5A, ο PWM θα δώσει στη μπαταρία 5A στα 13,5V δηλαδή 67,5W. Αντίστοιχα, ένας MPPT ρυθμιστής με ακρίβεια 99% και απόδοση 97% στις ίδιες συνθήκες θα δώσει στη μπαταρία περίπου 6,4A στα 13,5V δηλαδή 86,4W ή 25-30% επιπλέον ρεύμα. Να σημειωθεί ότι η ονομαστική ισχύς του πάνελ αυτού είναι 90Wp.

Θερμοκρασία / Πτώση τάσης

Όταν η θερμοκρασία λειτουργίας και/ή το μήκος των καλωδίων από τα πάνελ στον Ρ/Φ αυξάνεται η τάση στα άκρα του Ρ/Φ μειώνεται. Όταν η τάση αυτή είναι περίπου 15-16V, τότε η διαφορά στην απόδοση ανάμεσα σε PWM και MPPT θα είναι αρκετά μικρότερη. Αν χρησιμοποιήσουμε το πάνελ των 90Wp, ο PWM θα μας δώσει και πάλι 67,5W, ενώ ο MPPT θα μας δώσει 76W ή μόλις 12% επιπλέον ρεύμα.

2.2 Ρυθμιστές Φόρτισης



Σχέση Πάνελ / Καταναλώσεων

Εάν η παραγόμενη ενέργεια καλύπτει τις καταναλώσεις όλο το χρόνο και ο PWM μπορεί να ανταπεξέλθει, τότε δεν χρειαζόμαστε MPPT.

Μέγεθος πάνελ - Κόστος

Συνήθως σε μικρά συστήματα δεν προτείνεται η χρήση MPPT καθαρά για λόγους κόστους. Γιατί να χρησιμοποιήσουμε έναν MPPT των 130€ για ένα πάνελ των 100€, (συνολικό κόστος 230€) όταν μπορούμε με τη χρήση ενός απλού PWM των 25€ να λειτουργήσουμε 2 πάνελ των 100€ με συνολικό κόστος 225€ και διπλάσια εγκατεστημένη ισχύ; Γενικά για πάνελ με ισχύ μικρότερη από 200Wp πολύ σπάνια συμφέρει η χρήση ρυθμιστή MPPT.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι διαφορές των δυο τύπων ρυθμιστή φόρτισης:

2.2 Ρυθμιστές Φόρτισης



Πάνελ 60 κελιών (Δικτύου)

Στην περίπτωση πάνελ ονομαστικής τάσης 12V (36 κυψελών) η επιλογή PWM ή MPPT είναι υπό συζήτηση. Γενικά, τα πάνελ δικτύου είναι φτηνότερα και διαθέσιμα σε μεγάλες ποσότητες, έτσι σε μεγαλύτερα συστήματα, επιβάλλεται η χρήση τους, μρ ΡΦ ΜΡΡΤ. Η τάση εξόδου ενός πάνελ δικτύου των 60 κυψελών είναι πολύ υψηλή για έναν ρυθμιστή PWM συνδεδεμένο σε σύστημα 12V.

Ακόμη και να είναι εντός ορίων αντοχής του Ρ/Φ αφ'ενός θα λειτουργεί σε τάση πολύ υψηλότερη από την τάση σχεδιασμού και αφ'ετέρου το ποσοστό της ενέργειας η οποία θα πηγαίνει χαμένη θα είναι πολύ υψηλό.

Αν θεωρήσουμε ένα πάνελ δικτύου των 250Wp το οποίο παράγει 8A στα 31.25V και συνδέθηκε σε έναν απλό PWM στα 12V η μέγιστη ισχύς την οποία θα μπορεί να δώσει στη μπαταρία θα είναι περίπου 100W, δηλαδή το 40%(απώλειες της τάξης του 60%!) Εάν το ίδιο πάνελ εγκατασταθεί σε σύστημα 24V με PWM χωρίς προσεκτικό σχεδιασμό μπορεί να μη φορτίζει τη μπαταρία πάνω από 40-50% - εάν δηλαδή η χωρητικότητά της είναι 200Ah, να μη την φορτίσει ποτέ πάνω από 100Ah. Προφανώς είναι επίσης αναγκαστική η επιλογή του MPPT εάν χρησιμοποιήσουμε πάνελ thin film, με τάση εξόδου η οποία κυμαίνεται συνήθως από 60-100V (μια επιλογή η οποία γίνεται ολοένα και σπανιότερη όσο πέφτει το κόστος των κρυσταλλικών πάνελ).

2.2 Ρυθμιστές Φόρτισης

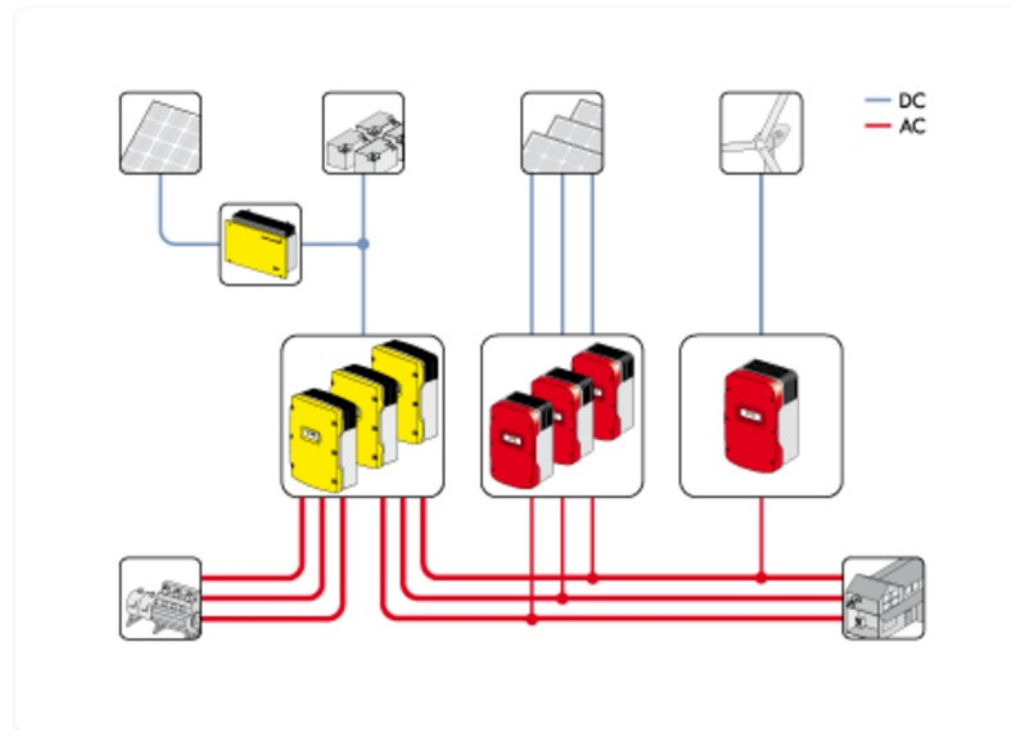


<u>Σύγκριση Ρυθμιστών φόρτισης PWM/MPPT</u>		
	P/Φ PWM	P/Φ MPPT
Κόστος	Συνήθως χαμηλό	Υψηλό
Τάση Φ/Β	Πρέπει να "ταιριάζει" με την τάση της μπαταρίας	Η τάση του Φ/Β μπορεί να είναι αρκετά υψηλότερη
Μέγεθος Συστήματος	Συμφέρει σε μικρά συστήματα	Συνήθως συμφέρει σε συστήματα >200Wr
Τύπος Φ/Β	Ακατάλληλο για πάνελ δικτύου ή Thin Film	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κάθε τύπο πάνελ
Διαστασιολόγηση	Γίνεται με βάση τα Ampere εξόδου του Φ/Β	Γίνεται με βάση τα Wr του πάνελ και την τάση της μπαταρίας

2.3 AC Coupling



Σε περιπτώσεις μεγάλων αυτόνομων συστημάτων, είναι πιθανόν να μη χρησιμοποιηθεί καθόλου ρυθμιστής φόρτισης και η σύνδεση των πάνελ να γίνει απ'ευθείας σε έναν inverter δικτύου, η έξοδος του οποίου συνδέεται στην είσοδο AC ενός αυτόνομου inverter όπως ο Sunny Island της SMA ο οποίος διαχειρίζεται τη φόρτιση των μπαταριών και την τροφοδότηση των φορτίων (AC Coupling).



2.3 AC Coupling



Components: 1 - PV array, 2 - TRANSFORMER, 3 - BATTERY BANK, 4 - Batteries, 5 - Diesel generator, 6 - Wind turbine system

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



•Οι μπαταρίες ή συσσωρευτές είναι το πιο ευπαθές και επικίνδυνο κομμάτι ενός αυτόνομου συστήματος. Φθείρονται με τη χρήση, και η διάρκεια ζωής τους είναι περιορισμένη (από 1 έως και 10 χρόνια), αλλά επεκτείνεται με την εφαρμογή κανόνων κατά τη χρήση.

Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τις μπαταρίες είναι:

Σοβαρός τραυματισμός λόγω κακού χειρισμού κατά τη μεταφορά, πτώσης ή κακής τοποθέτησης

Ηλεκτροπληξία λόγω γυμνών επαφών, λάθος συνδεσμολογίας, κακού χειρισμού ή άγνοιας. Πριν την πρώτη ηλεκτροπληξία από μπαταρία όλοι πιστεύουμε ότι το ρεύμα είναι χαμηλής τάσης και ακίνδυνο...

•Κίνδυνος έκρηξης από εκρηκτικά αέρια (Υδρογόνο)

•Κίνδυνος χημικού εγκαύματος από τον ηλεκτρολύτη (διάλυμα θειικού οξέος)

Λόγω των παραπάνω σοβαρών κινδύνων, συνιστάται η εγκατάσταση και συντήρηση των μπαταριών από επαγγελματία, ειδικά εάν είναι ανοικτού τύπου ή η χωρητικότητά τους είναι μεγάλη.



2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Οι μπαταρίες φορτίζονται όταν η παραγωγή του Φ/Β υπερκαλύπτει τη ζήτηση και εκφορτίζονται κάθε άλλη στιγμή. Ακόμη και σε κατάσταση ηρεμίας, οι μπαταρίες εκφορτίζονται σε ποσοστό από 1-3% μηνιαίως.

Το διάστημα από το τέλος μιας περιόδου φόρτισης, δηλαδή από τη στιγμή που θα σταματήσει η φόρτιση της μπαταρίας μέχρι τη στιγμή που θα αδειάσει ή θα αρχίσει και πάλι η φόρτιση ονομάζεται "κύκλος".

Ιδανικά, σε κάθε κύκλο οι μπαταρίες πρέπει να φορτίζονται στο 100% της χωρητικότητάς τους πριν αρχίσουν να εκφορτίζονται, και δεν πρέπει ποτέ να εκφορτίζονται πλήρως.

Η κάθε μπαταρία μπορεί να αντέξει ορισμένους κύκλους, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 5000 για τις μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης υψηλής ποιότητας έως και κάτω από δέκα για μπαταρίες αυτοκινήτου οι οποίες δεν πρέπει γενικά να χρησιμοποιούνται σε Φ/Β συστήματα.

Κανένα άλλο στοιχείο του συστήματος δεν επηρεάζεται τόσο από το μέγεθος και τη χρήση του φορτίου όσο οι μπαταρίες.

Εάν το φορτίο είναι συνδεδεμένο απευθείας στη μπαταρία χωρίς έλεγχο, η ανεξέλεγκτη κατανάλωση μπορεί να αδειάσει τη μπαταρία σε βαθμό πρόκλησης μη αναστρέψιμης ζημιάς.

Το ίδιο μπορεί να συμβεί αν στη μπαταρία συνδεθεί υπερβολικά μεγάλο φορτίο έστω και για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Εάν η φόρτιση της μπαταρίας δεν είναι ελεγχόμενη και αντίστοιχη με τον τύπο και την ονομαστική τάση της, η μπαταρία και πάλι μπορεί να υποστεί ζημιά.

Οι μπαταρίες πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν το φορτίο και να φορτίζονται σωστά με τα διαθέσιμα μέσα. Αφού γίνει αυτή η επιλογή το σύστημα φόρτισης θα πρέπει να μπορεί να φορτίσει πλήρως τη μπαταρία με τη σωστή τάση ανά στάδιο φόρτισης για το συγκεκριμένο τύπο μπαταρίας.

Οι μπαταρίες αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων χαρακτηρίζονται από τη χωρητικότητά τους σε Αμπερώρια (Ah) σε συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης (C) και το βάθος εκφόρτισης για το οποίο είναι σχεδιασμένες.

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Η χωρητικότητα είναι το ρεύμα που μπορεί να δώσει η μπαταρία σε Αμπέρ(A) επί τις ώρες(h) για τις οποίες μπορεί να το δώσει.

Μια μπαταρία με χωρητικότητα 10Ah τι μπορεί να δώσει 1A για 10 ώρες. Εκ πρώτης όψευς, μία μπαταρία 200 αμπερωρίων (Ah) θα έπρεπε να μπορεί να δώσει 200A για μία ώρα, 50A για 4 ώρες, 1A για 200 ώρες κ.ο.κ. Αυτό δεν ισχύει.

Η χωρητικότητα της μπαταρίας δίδεται σε συνάρτηση και με το βαθμό εκφόρτισης (C). Γενικά όσο αυξάνεται ο βαθμός εκφόρτισης, τόσο μειώνεται η πραγματική χωρητικότητα. Για παράδειγμα, όταν μια μπαταρία αναφέρεται ως 200Ah (C10), αυτό σημαίνει ότι η χωρητικότητα ισχύει για εκφόρτιση εντός 10 ωρών, δηλαδή ρεύμα 20A για 10 ώρες.

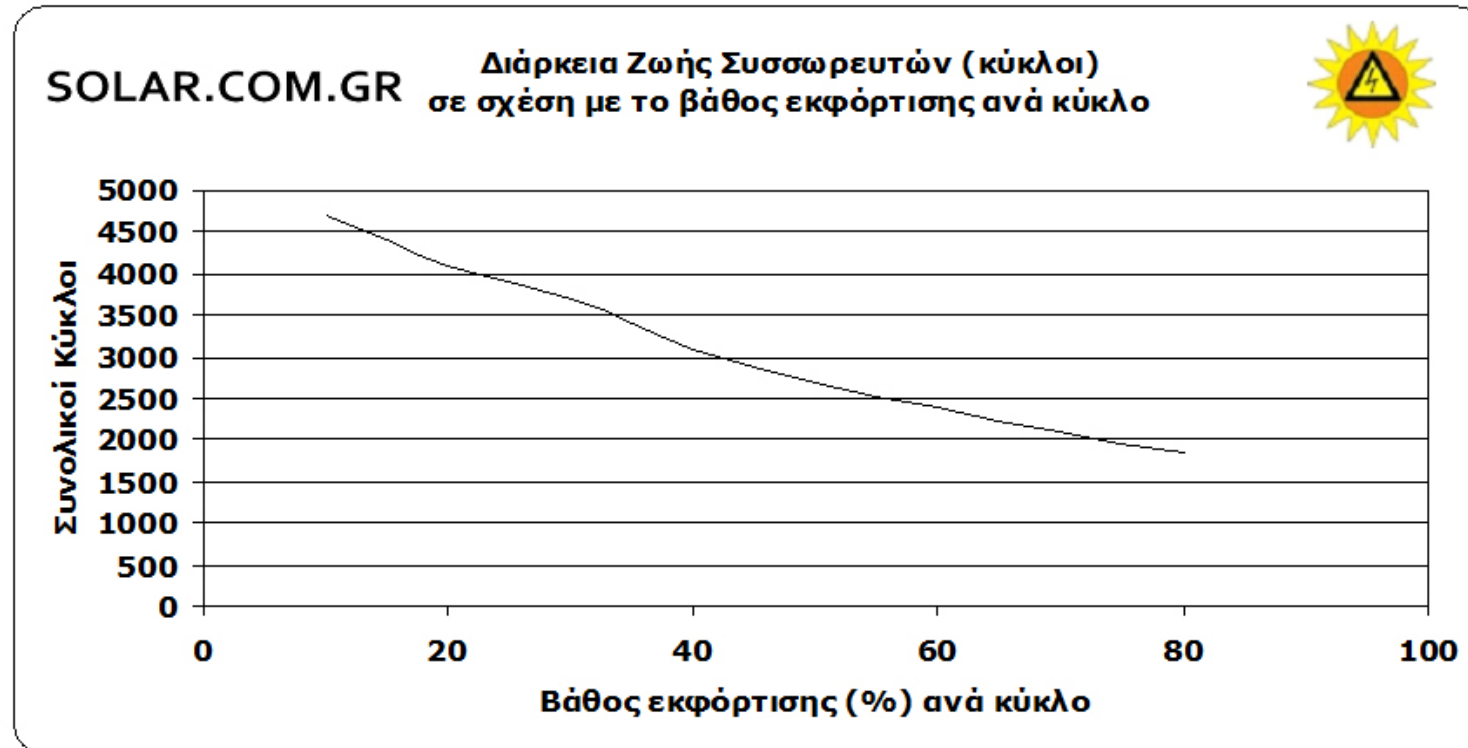
Εάν από την ίδια μπαταρία ζητήσουμε ρεύμα 30A, ίσως να μπορεί να το δώσει για 5-6 ώρες (χωρητικότητα 150-180Ah). Αυτό λειτουργεί και αντίστροφα, δηλαδή η ίδια μπαταρία θα να μπορεί να δώσει ρεύμα 5A για 45 ώρες, με ουσιαστική χωρητικότητα 225Ah. Η θερμοκρασία της μπαταρίας και του περιβάλλοντος χώρου επηρεάζει επίσης τη χωρητικότητα. Υψηλότερη θερμοκρασία έχει αποτέλεσμα ελαφρώς μεγαλύτερη χωρητικότητα αλλά μπορεί να αυξήσει την εξάτμιση νερού σε ανοικτές μπαταρίες και να μειώσει τον αριθμό των κύκλων που θα αντέξει η μπαταρία πριν χρειαστεί αντικατάσταση.

Όταν συγκρίνουμε τη χωρητικότητα μπαταριών, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ'όψιν μας και την ονομαστική τάση του συστήματος. Μια μπαταρία 200Ah στα 12V μπορεί να αποθηκεύσει 2400Wh. Μια μπαταρία 200Ah στα 24V (η οποία συνήθως αποτελείται από μια συστοιχία 2 μπαταριών 200Ah στα 12V συνδεδεμένων σε σειρά) μπορεί να αποθηκεύσει 4800Wh.

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Βάθος εκφόρτισης είναι το ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας της μπαταρίας το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε έναν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης είναι σχεδιασμένες να εκφορτίζονται σε ποσοστό 60-80% ανά κύκλο. Μπαταρίες οι οποίες δεν είναι βαθιάς εκφόρτισης (εκκίνησης, έλξης κλπ) είναι σχεδιασμένες να εκφορτίζονται σε ποσοστό μόλις 15-30% ανά κύκλο. Αυτό σημαίνει ότι μια μπαταρία βαθιάς εκφόρτισης με χωρητικότητα 200Ah είναι σχεδιασμένη να παρέχει έως 120-160Ah ανά κύκλο χωρίς να πάθει ζημιά, ενώ μια αντίστοιχη μπαταρία εκκίνησης ή έλξης μόλις 30-60Ah ανά κύκλο.



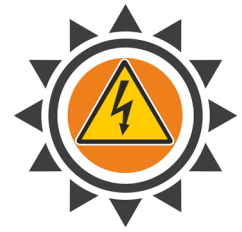
2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Κατάσταση Φόρτισης

Κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας είναι η τρέχουσα διαθέσιμη χωρητικότητά της. Μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια με βάση την ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με τη χρήση πυκνόμετρου. Η κατάσταση φόρτισης μπορεί επίσης να προκύψει με βάση την τάση της μπαταρίας, με την προϋπόθεση η μπαταρία να παραμείνει σε ηρεμία (χωρίς να φορτίζεται ή να εκφορτίζεται) για 30-60 λεπτά πριν τη μέτρηση. Σε περίπτωση που η μπαταρία έχει υψηλή τάση αλλά όταν συνδέουμε κάποιο φορτίο η τάση πέφτει κατακόρυφα, η μέτρηση τάσης δεν μας δίνει αξιόπιστη ένδειξη για την κατάστασή της. Ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας μεταβάλλεται και το σημείο πύξης του ηλεκτρολύτη, η θερμοκρασία δηλαδή στην οποία παγώνει και η μπαταρία κινδυνεύει να καταστραφεί..

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)

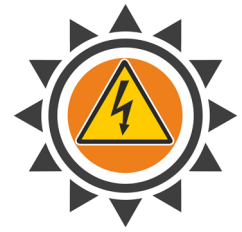


Κατάσταση Φόρτισης

Κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας είναι η τρέχουσα διαθέσιμη χωρητικότητά της. Μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια με βάση την ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με τη χρήση πυκνόμετρου. Η κατάσταση φόρτισης μπορεί επίσης να προκύψει με βάση την τάση της μπαταρίας, με την προϋπόθεση η μπαταρία να παραμείνει σε ηρεμία (χωρίς να φορτίζεται ή να εκφορτίζεται) για 30-60 λεπτά πριν τη μέτρηση. Σε περίπτωση που η μπαταρία έχει υψηλή τάση αλλά όταν συνδέουμε κάποιο φορτίο η τάση πέφτει κατακόρυφα, η μέτρηση τάσης δεν μας δίνει αξιόπιστη ένδειξη για την κατάστασή της. Ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας μεταβάλλεται και το σημείο πήξης του ηλεκτρολύτη, η θερμοκρασία δηλαδή στην οποία παγώνει και η μπαταρία κινδυνεύει να καταστραφεί..

<u>Κατάσταση Φόρτισης Μπαταρίας (Θερμ. Περιβάλλοντος: 27°C)</u>				
Κατάσταση	Ειδική Πυκνότητα	Τάση στοιχείου 2V	Τάση μπαταρίας 12V	Σημείο Πήξης (°C)
Πλήρως Φορτισμένη	1.265	2.12V	12.70V	-57°C
75%	1.225	2.10V	12.60V	-37°C
50%	1.190	2.08V	12.45V	-24°C
25%	1.155	2.03V	12.20V	-16°C
Πλήρως εκφορτισμένη	1.120	1.95V	11.70V	-8°C

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Κατάσταση Φόρτισης

Κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας είναι η τρέχουσα διαθέσιμη χωρητικότητά της. Μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια με βάση την ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με τη χρήση πυκνόμετρου. Η κατάσταση φόρτισης μπορεί επίσης να προκύψει με βάση την τάση της μπαταρίας, με την προϋπόθεση η μπαταρία να παραμείνει σε ηρεμία (χωρίς να φορτίζεται ή να εκφορτίζεται) για 30-60 λεπτά πριν τη μέτρηση. Σε περίπτωση που η μπαταρία έχει υψηλή τάση αλλά όταν συνδέουμε κάποιο φορτίο η τάση πέφτει κατακόρυφα, η μέτρηση τάσης δεν μας δίνει αξιόπιστη ένδειξη για την κατάστασή της. Ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας μεταβάλλεται και το σημείο πήξης του ηλεκτρολύτη, η θερμοκρασία δηλαδή στην οποία παγώνει και η μπαταρία κινδυνεύει να καταστραφεί..

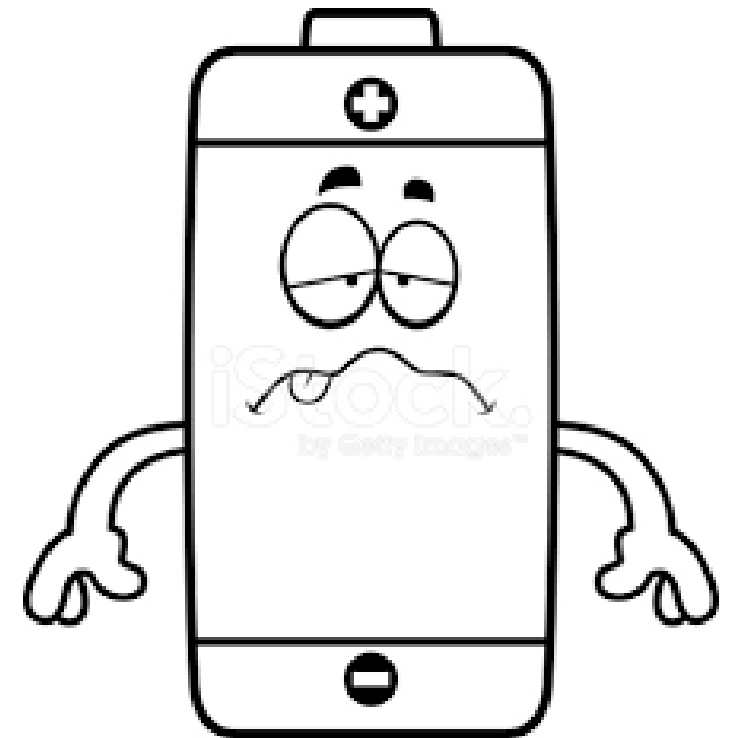
<u>Κατάσταση Φόρτισης Μπαταρίας (Θερμ. Περιβάλλοντος: 27°C)</u>				
Κατάσταση	Ειδική Πυκνότητα	Τάση στοιχείου 2V	Τάση μπαταρίας 12V	Σημείο Πήξης (°C)
Πλήρως Φορτισμένη	1.265	2.12V	12.70V	-57°C
75%	1.225	2.10V	12.60V	-37°C
50%	1.190	2.08V	12.45V	-24°C
25%	1.155	2.03V	12.20V	-16°C
Πλήρως εκφορτισμένη	1.120	1.95V	11.70V	-8°C

2.4 Μπαταρίες (Συσσωρευτές)



Κανόνες χρήσης μπαταριών
"Οι μπαταρίες δεν πεθαίνουν ποτέ, μόνο δολοφονούνται"

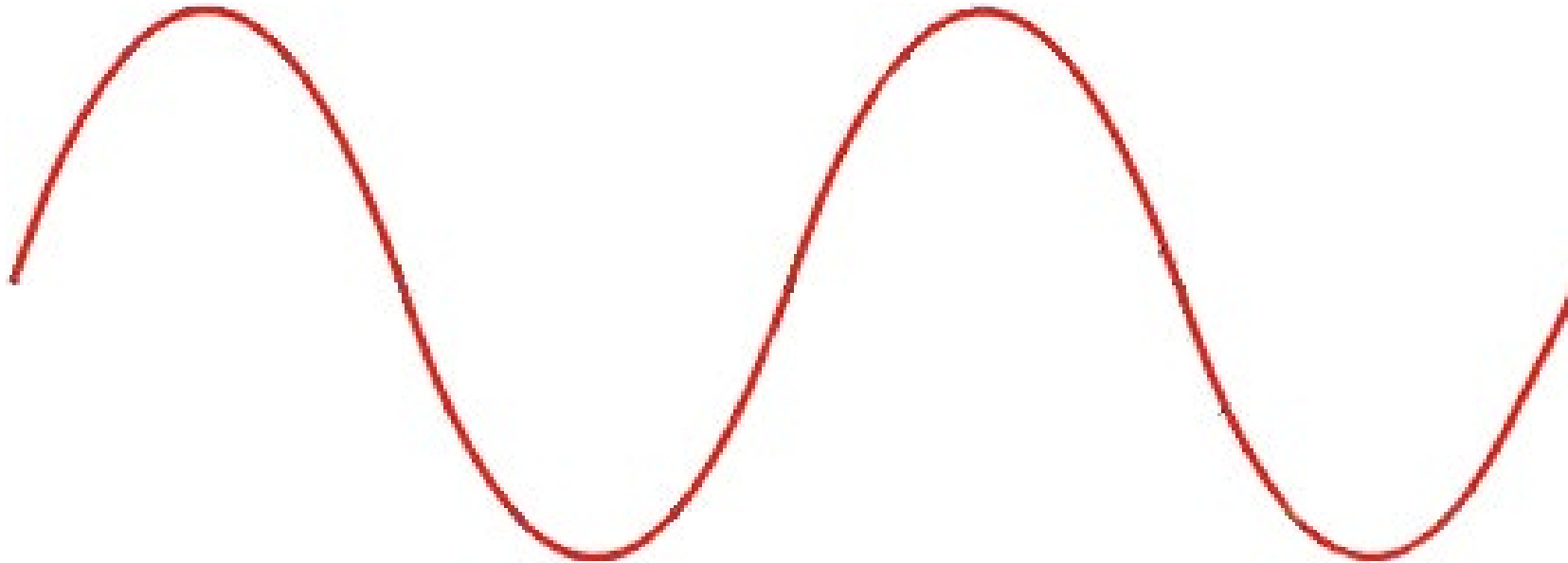
- Επιλέγουμε τη σωστή μπαταρία για την επιθυμητή χρήση
- Φροντίζουμε για τη σωστή φόρτιση της μπαταρίας
- Δεν εκφορτίζουμε τη μπαταρία εντελώς
- Δεν αφήνουμε τη μπαταρία αφόρτιστη
- Ελέγχουμε και συμπληρώνουμε απιονισμένο νερό
- Δεν "ξεχειλίζουμε" με νερό τη μπαταρία



2.5 Inverter



Η πρώτη ερώτηση την οποία πρέπει να απαντήσουμε πριν την επιλογή μετατροπέα είναι "Μήπως μπορώ να τροφοδοτήσω τα φορτία μου απ'ευθείας από τη μπαταρία;" Όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, τότε θα πρέπει να επιλέξουμε τον κατάλληλο μετατροπέα ο οποίος θα αναλάβει να μετατρέψει το συνεχές ρεύμα (12-24-48V DC) των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενο (220V AC). Η κυματομορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) το οποίο παράγει μια καλή ηλεκτρογεννήτρια ή παρέχεται από το δίκτυο είναι αυτή η οποία φαίνεται στην εικόνα.



2.5 Inverter



Οι αλλαγές στην κατεύθυνση της ροής του ρεύματος είναι σταδιακές, καθώς οφείλονται στην περιστροφή του ρότορα, έτσι η γραφική παράσταση της τάσης ως προς το χρόνο είναι αυτή του κανονικού ημιτόνου. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενο (AC) μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους.

Μπορούμε ακόμη και να συνδέσουμε έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος σε μια ηλεκτρογεννήτρια. Αφού λύσουμε όλα τα προβλήματα μηχανικής σύνδεσης, σταθεροποίησης, ρύθμισης στροφών κλπ, θα παράγουμε εναλλασσόμενο ρεύμα τέλειας ημιτονοειδούς μορφής από τη μπαταρία μας, με απόδοση της τάξης του 60-65%, δηλαδή για κάθε kWh που θα παράγουμε θα καταναλώνουμε περίπου 1,7. Στην πράξη, ο καλύτερος τρόπος εξαρτάται από το πόσο πιστά θέλουμε να αναπαράγουμε την ημιτονοειδή μορφή του ρεύματος, το διαθέσιμο κεφάλαιο και τη φύση των φορτίων μας.

Εμείς θα εξετάσουμε τη μετατροπή με τη χρήση των δύο τύπων μετατροπέων οι οποίοι έχουν επικρατήσει σε αυτόνομα συστήματα φωτοβολταϊκών με τη χρήση μπαταριών, δηλαδή κανονικού και τροποποιημένου ημιτόνου.

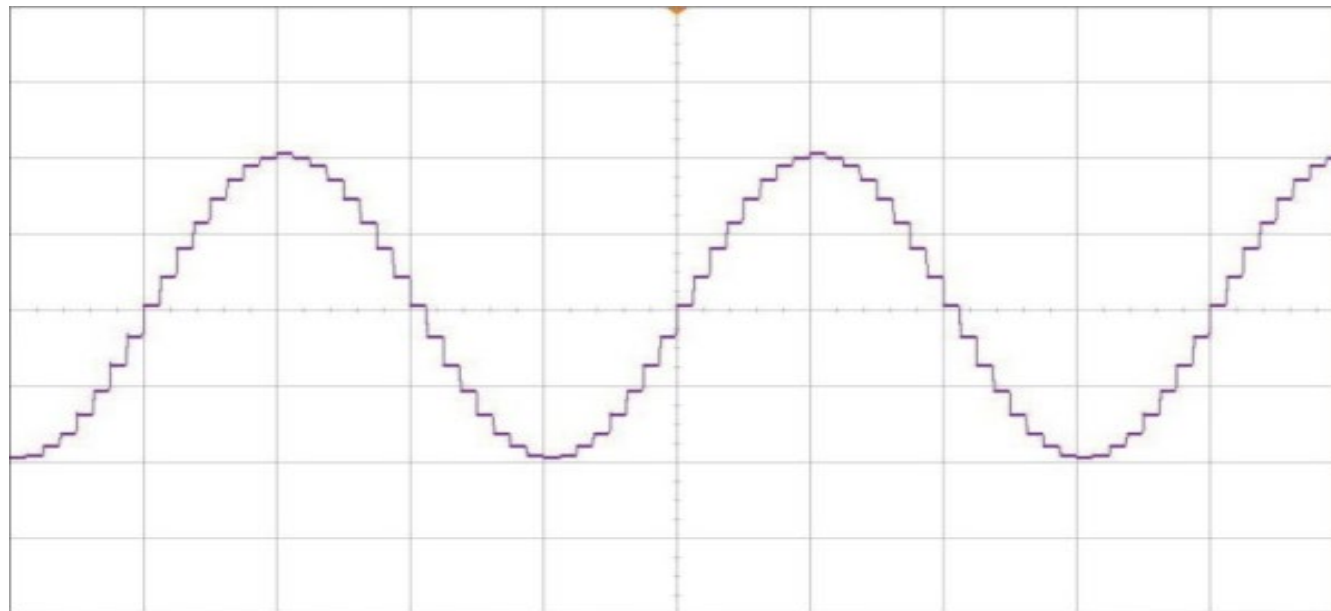
Όποιοδήποτε τύπο μετατροπέα και να επιλέξετε, μην ξεχνάτε ότι:

- Είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία παράγει ρεύμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία
- Πρέπει να συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο πριν την εγκατάσταση, και ίσως χρειαστεί να απευθυνθείτε σε κάποιον ειδικό
- Ο μετατροπέας πρέπει να τοποθετηθεί σε στεγνό, καθαρό και σχετικά δροσερό περιβάλλον, στη σωστή απόσταση από τη μπαταρία
- Δεν είναι πάντα σωστό να επιλέγουμε μετατροπέα μεγαλύτερο από τις ανάγκες μας, καθώς η απόδοση λειτουργίας μειώνεται και οι απώλειες αυξάνονται

2.5 Inverter Κανονικού Ημιτόνου



Αντίθετα με την αντίληψη που επικρατεί, η κυματομορφή του εναλασσόμενου ρεύματος (AC) το οποίο παράγει ένας ποιοτικός μετατροπέας κανονικού ή καθαρού ημιτόνου είναι μια πολύ καλή προσέγγιση της πραγματικά ημιτονοειδούς κυματομορφής και όχι 100% ημιτονοειδής. Η προσέγγιση αυτή είναι τόσο καλή που δεν παρατηρείται οποιαδήποτε διαφορά στη λειτουργία ακόμη και ευαίσθητων ιατρικών οργάνων, καταγραφικών, χρονομέτρων κλπ. Οι παλμογράφοι των περισσότερων ασθενοφόρων τροφοδοτούνται από μετατροπείς καθαρού ημιτόνου υψηλής ποιότητας, όπως και τα καταγραφικά όργανα σε σειсмоγραφικούς σταθμούς, καταγραφικά αιολικού δυναμικού κ.α. Η συμβατότητα δεν είναι θεωρητική, καθώς τα παραπάνω παραδείγματα είναι εφαρμογές για τις οποίες έχουμε προμηθεύσει μετατροπείς κανονικού ημιτόνου υψηλής ποιότητας και λειτουργούν χωρίς πρόβλημα εδώ και χρόνια. Γενικά λοιπόν, οι μετατροπείς κανονικού ημιτόνου είναι κατάλληλοι για κάθε συσκευή, έχουν όμως το υψηλότερο κόστος αγοράς.

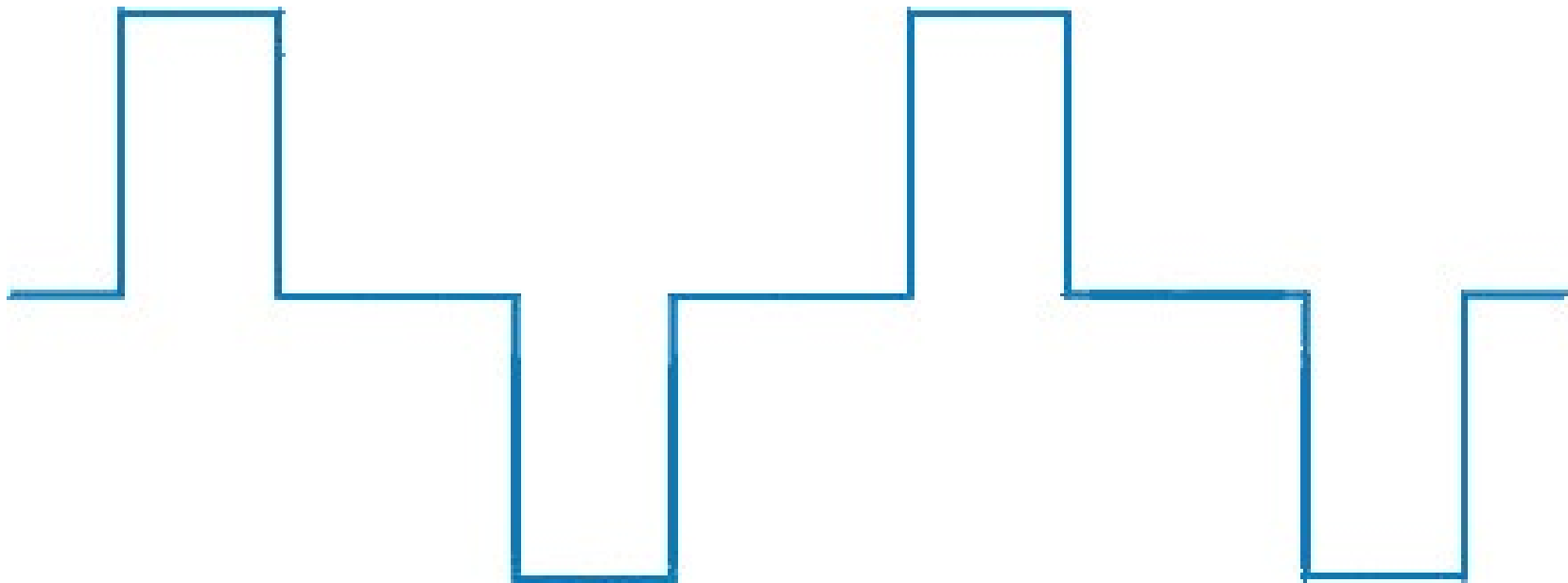


2.5 Inverter Τροποποιημένου Ημ.



Μετατροπείς Τροποποιημένου Ημιτόνου

Το παραγόμενο ρεύμα παρουσιάζει μια κυματομορφή η οποία προσπαθεί να προσεγγίσει το κανονικό ημίτονο όπως φαίνεται στην εικόνα. Η τάση παραμένει στις υψηλότερες (θετικές και αρνητικές) τιμές για μεγαλύτερο διάστημα, και η μετάβαση ανάμεσα στις τιμές γίνεται απότομα. Για πολλές συσκευές δεν υπάρχει διαφορά ή μπορούν να λειτουργήσουν για μικρά χρονικά διαστήματα χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα. Υπάρχουν όμως συσκευές οι οποίες δεν πρέπει να τροφοδοτούνται από τροποποιημένο ημίτονο.



2.5 Inverter Τροποποιημένου Ημ.



•Συσκευές οι οποίες δεν πρέπει να τροφοδοτούνται από τροποποιημένο ημίτονο:

- Εκτυπωτές Laser, φωτοτυπικά
- Φώτα με Dimmers
- Εργαλεία & μοτέρ μεταβλητής ταχύτητας
- Κλιματιστικά τεχνολογίας inverter
- Μοτέρ τα οποία λειτουργούν συνεχώς για μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Ηχοσυστήματα υψηλής πιστότητας
- Ηλεκτρονικά ρολόγια/μετρητές/καταγραφικά
- Εξειδικευμένοι φορτιστές μπαταριών & παλμοτροφοδοτικά (π.χ. ιόντων λιθίου, πολυμερών κλπ)

•Συσκευές οι οποίες λειτουργούν χωρίς κανένα πρόβλημα:

- Θερμικά φορτία (αντιστάσεις, κουζίνες, φουρνάκια, βραστήρες, τοστιέρες)
- Επιτραπέζιοι υπολογιστές
- Τα περισσότερα laptop και tablets
- Απλοί φορτιστές
- Κάθε συσκευή η οποία ουσιαστικά λειτουργεί με συνεχές ρεύμα, καθώς η ανόρθωση εξαλείφει κάθε πρόβλημα σε σχέση με την κυματομορφή

•Συσκευές οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν με τροποποιημένο ημίτονο υπό συνθήκες:

- Ηλεκτρικά εργαλεία για 5-10 λεπτά (π.χ. δράπανο, τροχός κλπ)
- Οι περισσότερες τηλεοράσεις, ραδιόφωνα κλπ

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Χαρακτηριστικά Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού

- Για να μπορέσουμε να περιγράψουμε, να συγκρίνουμε, να παραγγείλουμε και να κατασκευάσουμε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα θα πρέπει να ξέρουμε τα χαρακτηριστικά του, τα κυριότερα από τα οποία είναι: Η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών σε W_p
- Η αναμενόμενη ημερήσια παραγωγή του συστήματος kWh
- Η δυνατότητα αποθήκευσης των μπαταριών σε Ah και σε Wh
- Η αυτονομία του συστήματος
- Η ονομαστική τάση λειτουργίας (DC)
- Η μέγιστη ισχύς του μετατροπέα (W ή VA)
- Η ισχύς εκκίνησης του μετατροπέα (W ή VA)

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Εγκατεστημένη Ισχύς

Για να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση την απαραίτητη εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών διαιρούμε την ημερήσια κατανάλωση σε kWh με 6h εάν χρησιμοποιούμε το σύστημα μόνο το καλοκαίρι και με 2h εάν το χρησιμοποιούμε όλο το χρόνο. Εάν το σύστημα είναι "mission critical", δηλαδή πρέπει να δουλεύει κάθε μέρα του χρόνου ανεξαιρέτως και τυχόν αστοχία είναι δραματική, πολλαπλασιάζουμε με το 1.5 (ή και το 2, ανάλογα με το συντελεστή ασφαλείας που επιθυμούμε). Έτσι προκύπτει η ισχύς των φωτοβολταϊκών σε kW.

Στην περίπτωση ενός A/C που απαιτεί 16kWh ημερησίως η ισχύς είναι περίπου 2.7kWp για λειτουργία μόνο το καλοκαίρι και 8kWp για λειτουργία όλο το χρόνο. Εάν η εγκατάσταση είναι "mission critical", η εγκ. ισχύς διαμορφώνεται αντίστοιχα σε 4 και 12kWp. Η εγκατεστημένη ισχύς επηρεάζεται επίσης από τα διαθέσιμα φωτοβολταϊκά. Εάν η απαιτούμενη ισχύς είναι 2.7kWp και τα διαθέσιμα πάνελ είναι των 200W θα επιλέξουμε $14 \times 200 = 2.8 \text{kWp}$. Εάν αυτό περιορίζεται από τη μέγιστη τάση ή ρεύμα εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης ή του inverter δικτύου όπου θα τα συνδέσουμε, ίσως χρειαστεί να επανεξετάσουμε το σχεδιασμό μας ή να επιλέξουμε διαφορετικά υλικά. Όταν συγκρίνουμε δυο συστήματα, μικροδιαφορές στην εγκατεστημένη ισχύ (έως και 5%) δεν έχουν και τόση σημασία.

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Ημερήσια Παραγωγή

- Η ημερήσια παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος δεν είναι σταθερή, και εξαρτάται (εκτός από την εγκατεστημένη ισχύ) από παράγοντες όπως: Η εποχή του έτους. Το χειμώνα η παραγωγή μπορεί να είναι μέχρι και 4 φορές μικρότερη απ'ότι το καλοκαίρι
- Η τοποθεσία εγκατάστασης. Στην Κρήτη και την Πελοπόννησο η παραγωγή μπορεί να είναι από 20 μέχρι και 35% παραπάνω απ'ότι στη Μακεδονία
- Οι καιρικές συνθήκες. Μια συννεφιασμένη ή βροχερή ημέρα, η παραγωγή μπορεί να είναι σχεδόν μηδενική
- Η κατάσταση των συλλεκτών. Εάν η επιφάνεια είναι λερωμένη, η παραγωγή μπορεί να είναι δραματικά μειωμένη
- Μόνιμες σκιάσεις. Εάν υπάρχουν στο σημείο εγκατάστασης η παραγωγή θα είναι μειωμένη
- Κλίση εγκατάστασης (γωνία σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο) Διαφορετικές γωνίες ευνοούν την παραγωγή σε διαφορετικές εποχές του χρόνου
- Κατεύθυνση εγκατάστασης (Γωνία σε σχέση με τη διεύθυνση του Βορρά)

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Η δυνατότητα αποθήκευσης των μπαταριών σε Ah και σε Wh

Η χωρητικότητα των μπαταριών σε Ah συνήθως αναγράφεται. Προσοχή στο ρυθμό εκφόρτισης (C) στον οποίο έχει υπολογιστεί, καθώς μια μπαταρία 12V/100Ah(C10) έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από μια μπαταρία 12V/100Ah(C100). Όταν έχουμε συστοιχία μπαταριών συνδεδεμένων παράλληλα η συνολική χωρητικότητα προκύπτει από το άθροισμα όλων. Όταν είναι συνδεδεμένες σε σειρά η χωρητικότητα παραμένει ίδια ενώ αυξάνεται η τάση. Εάν δηλαδή υποθέσουμε ότι έχουμε δυο μπαταρίες 200Ah/12V, εάν τις συνδέσουμε παράλληλα η συνολική χωρητικότητα είναι 400Ah@12V, ενώ αν τις συνδέσουμε σε σειρά είναι 200Ah@24V. Και στις δυο περιπτώσεις, η χωρητικότητα σε Wh είναι η ίδια, δηλαδή 4800Wh (400x12 = 200x24)

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Η αυτονομία του συστήματος

Αυτονομία του συστήματος είναι οι συνολικές ημέρες τις οποίες μπορεί να λειτουργήσει εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια, και προκύπτει διαιρώντας τη συνολική χωρητικότητα των μπαταριών σε kWh με την ημερήσια κατανάλωση σε kWh. Εάν καταναλώνουμε 1kWh ημερησίως και οι μπαταρίες μας έχουν 4800Wh, ή 4.8kWh, τότε η αυτονομία μας είναι σχεδόν 5 ημέρες.

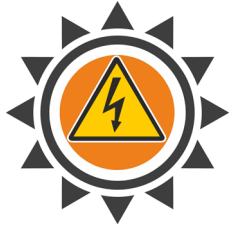
2.6 Υπολογισμός Συστήματος



Η μέγιστη ισχύς του μετατροπέα (W ή VA)

Η μέγιστη ισχύς του μετατροπέα πρέπει να υπερκαλύπτει τη μέγιστη ισχύ όλων των φορτίων που θέλουμε να λειτουργήσουμε παράλληλα. Εάν έχουμε για παράδειγμα μια τοστιέρα (1000W) και μία καφετιέρα (1000W), εάν θέλουμε να λειτουργούμε και τις δύο συσκευές παράλληλα χρειαζόμαστε έναν μετατροπέα μέγιστης ισχύος 2kVA. Εάν τις λειτουργούμε εκ περιτροπής, αρκεί ένας μετατροπέας ισχύος 1000W. Και οι δύο συσκευές είναι καθαρά ωμικά φορτία (αντιστάσεις), οπότε η φαινόμενη ισχύς τους (kVA) είναι ίση με την ενεργό ισχύ τους (kW). Αν τα φορτία μας ήταν επαγωγικά φορτία (λάμπες φθορισμού, κινητήρες) θα έπρεπε να συνυπολογίσουμε και τον συντελεστή ισχύος. Εάν ο συντελεστής ισχύος ήταν 80%, τότε η απαραίτητη φαινόμενη ισχύς του μετατροπέα (kVA) θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερη κατά 20%. Εάν δηλαδή το φορτίο μας ήταν κινητήρας με μέγιστη ισχύ 1000W, ο μετατροπέας θα έπρεπε να έχει ισχύ τουλάχιστον 1200VA. Στη συγκεκριμένη βέβαια περίπτωση, γενικά θα ήταν καλό να επιλέξουμε έτσι κι'αλλιώς αρκετά μεγαλύτερο μετατροπέα, καθώς οι περισσότεροι κινητήρες απαιτούν γενικά αρκετά μεγαλύτερη ισχύ εκκίνησης.

2.6 Υπολογισμός Συστήματος



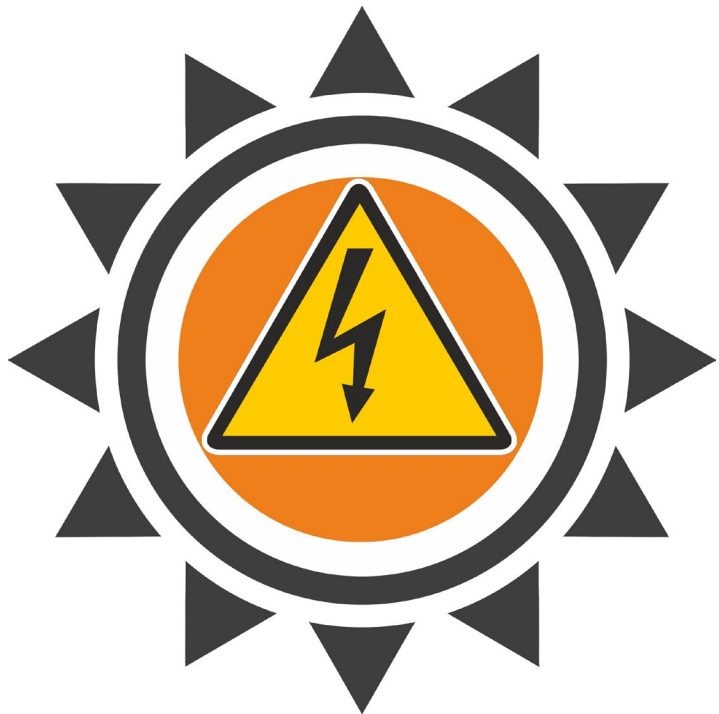
..Η ισχύς εκκίνησης του μετατροπέα (W ή VA)

Πολλά φορτία έχουν αρκετά μεγαλύτερη ισχύ εκκίνησης, δηλαδή απαιτούν πολλαπλάσια ισχύ κατά την εκκίνησή τους. Το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι το μοτέρ των ψυγείων, το οποίο ενώ μπορεί να έχει ισχύ 100W, κατά τις εκκινήσεις μπορεί να απαιτεί στιγμιαία έως και 2000VA, ανάλογα με την παλαιότητα, την κατάσταση και την τεχνολογία.



*“ Στρέψου στον
Ήλιο, και θα
αφήσεις τις σκιές
πίσω σου”*

Ενότητα 2: Ερωτήσεις



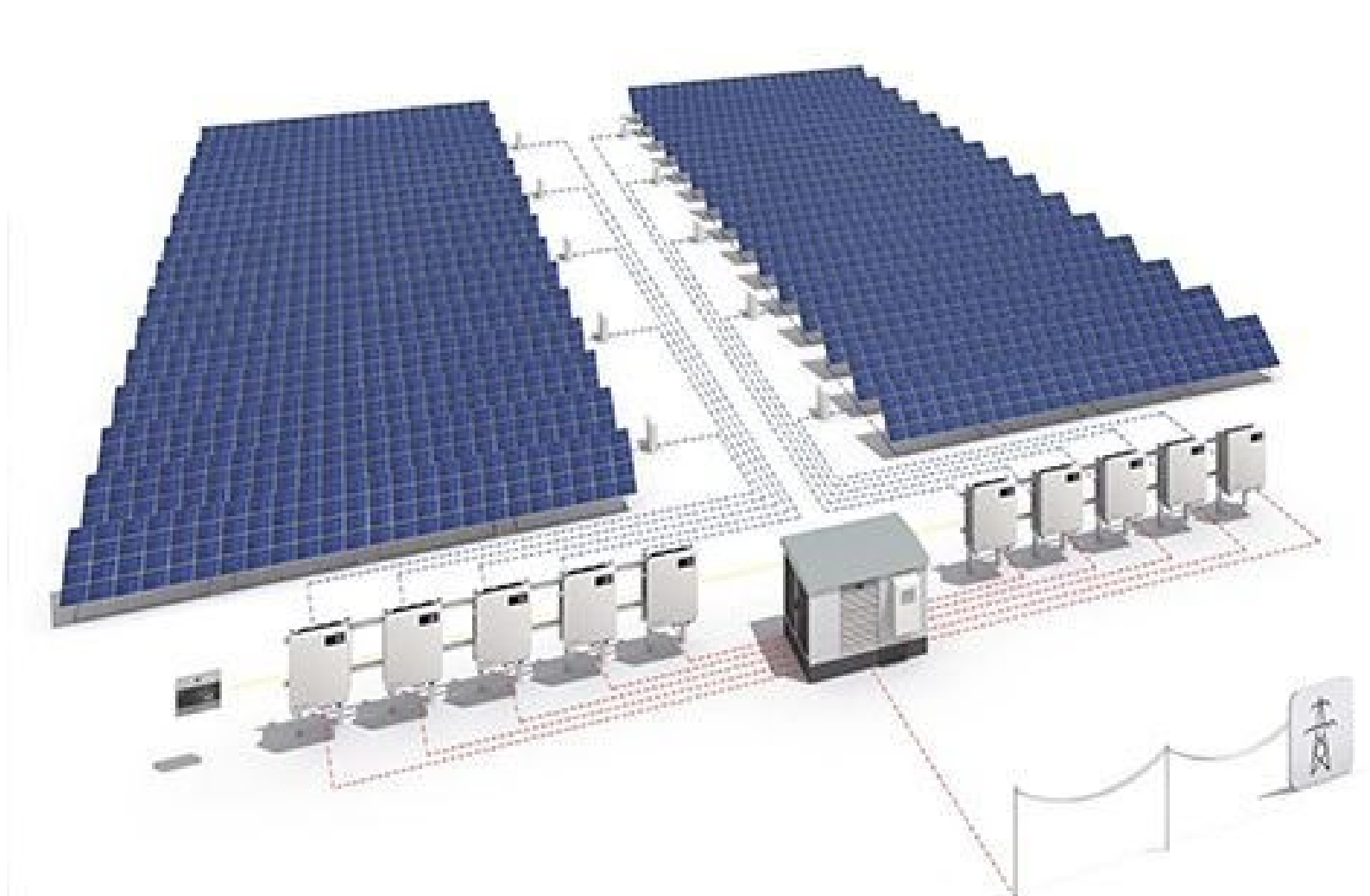
*“ Στρέψου στον
Ήλιο, και θα
αφήσεις τις σκιές
πίσω σου”*

Ενότητα 3: Φωτοβολταϊκά Συνδεδεμένα με
το Δίκτυο

3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.0 Φωτοβολταϊκά στο Δίκτυο



3.1 Νέο Πλαίσιο



Με το ισχύον καθεστώς ενίσχυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ν.4414/2016), οι ενισχύσεις για έργα μεσαίας και μεγάλης ισχύος (που ισχύουν για 20 χρόνια) χορηγούνται ως διαφορική προσαύξηση, επιπλέον της αγοραίας τιμής με την οποία οι παραγωγοί πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια απευθείας στην αγορά, ισχύει δηλαδή ο υποστηρικτικός μηχανισμός των εγγυημένων διαφορικών τιμών (feed-in-premium). Επιπλέον, οι ενισχύσεις για τα έργα αυτής της κλίμακας χορηγούνται στο πλαίσιο μιας ανταγωνιστικής διαδικασίας.

Με το Ν.4602/2019, την ΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30971/1190 (ΦΕΚ 1045Β/26.3.2020), την ΠΝΠ 30.3.2020 (ΦΕΚ 75Α/30.3.2020) και το Ν.4685/2020 (ΦΕΚ 92Α/7.5.2020) καθορίστηκαν νέες τιμές αναφοράς (τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας) και για τα έργα που δεν συμμετέχουν σε ανταγωνιστικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα, το 2020 και μέχρι και 30/4/2021, οι τιμές αναφοράς για την κατηγορία αυτή έργων θα συναρτώνται από τα αποτελέσματα των προηγούμενων ανταγωνιστικών διαδικασιών, ενώ από 1/5/2021 οι τιμές αυτές θα είναι ρυθμιζόμενες και σταθερές.

3.2 Στόχοι



Στα τέλη του 2019 οριστικοποιήθηκε το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο προβλέπει τα εξής σε ότι αφορά την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών:

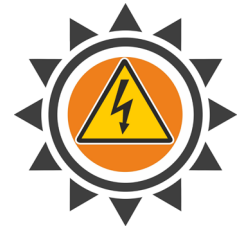
Στόχοι για φωτοβολταϊκά	2016	2020	2022	2025	2027	2030
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (GWp)	2,6	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά (TWh)	3,9	4,5	6,0	8,2	9,7	11,8
Συμμετοχή φωτοβολταϊκών στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή	8,1%	8,7%	11,3%	15,1%	17,7%	20,7%

3.3 Φωτοβολταϊκά Δικτύου



Σήμερα λοιπόν, οι επιλογές που έχει κάποιος που θέλει να επενδύσει στα φωτοβολταϊκά είναι είτε να πωλήσει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο είτε να εγκαταστήσει ένα σύστημα αυτοπαραγωγής για κάλυψη μέρους ή και όλης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που έχει.

3.4 Net Metering



Παράλληλα με τη θεσμοθέτηση νέων μηχανισμών ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών σταθμών, την τελευταία τετραετία έχει υπάρξει σειρά νομοθετικών ρυθμίσεων για την **αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering)** για έργα ισχύος μέχρι 1 μεγαβάτ (MWp)

Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό θεσπίστηκε το 2013 (ενώ η πιο πρόσφατη ρύθμιση είναι η υπουργική απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382, ΦΕΚ 759B/5.3.2019) και αφορά στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών (με ή χωρίς αποθήκευση ενέργειας) για την κάλυψη ιδίων αναγκών από καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. **Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το φωτοβολταϊκό σταθμό ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε τριετή βάση.** Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη. Αφορά σε φωτοβολταϊκό σταθμό ο οποίος εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο Δίκτυο μέσω της ίδιας παροχής.

3.4 Net Metering



Ο ενεργειακός συμψηφισμός εφαρμόζεται σε όλη την επικράτεια ως εξής:

A. Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ηπειρωτική χώρα και διασυνδεδεμένα με αυτήν νησιά)

α) Η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 κιλοβάτ (kWp) ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kWp.

Π.χ. για συμφωνημένη ισχύ κατανάλωσης 35 kVA (τυποποιημένη παροχή No 3), η μέγιστη επιτρεπτή ισχύς φωτοβολταϊκού είναι 20 kWp, ενώ για συμφωνημένη ισχύ κατανάλωσης 85 kVA (τυποποιημένη παροχή No 5), μέγιστη επιτρεπτή ισχύς είναι 42,5 kWp. Δεδομένου ότι το γενικό όριο σύνδεσης ισχύος παραγωγής στο δίκτυο χαμηλής τάσης είναι τα 100 kWp, για συμφωνημένη ισχύ κατανάλωσης 250 kVA (τυποποιημένη παροχή No 7), η ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού περιορίζεται στα 100 kWp. Επισημαίνεται ότι η μέγιστη αποδεκτή ισχύς μονοφασικών συστημάτων παραγωγής ανέρχεται σε 5 kWp, επομένως σε εγκαταστάσεις κατανάλωσης με μονοφασική σύνδεση η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος περιορίζεται σε 5 kWp.

3.4 Net Metering



β) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, και Ενεργειακές Κοινότητες, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.

γ) Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο του 1 MWp.

3.4 Net Metering



B. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ)

α) Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, η ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10 kWp και ειδικά στην Κρήτη μέχρι 20 kWp ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 10 kWp ή για την Κρήτη τα 20 kWp.

β) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, και Ενεργειακές Κοινότητες, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.

γ) Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς των σταθμών παραγωγής που εγκαθίστανται σε κάθε ηλεκτρικό σύστημα των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, θα προσμετράται στο εκάστοτε ισχύον περιθώριο ισχύος ανά τεχνολογία σταθμών παραγωγής του συστήματος αυτού, σύμφωνα με τις σχετικές αποφάσεις της ΡΑΕ.

3.4 Net Metering



Αυτοπαραγωγή με πώληση έως και του 20% της παραγόμενης ενέργειας (αφορά επιχειρήσεις)

Ο Ν.3468/2006, στο αρθ. 2 ορίζει ως **“αυτοπαραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α τον Παραγωγό που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μονάδες Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α, κυρίως για δική του χρήση και διοχετεύει τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας αυτής στο Σύστημα ή στο Δίκτυο”**. Στο αρθ. 13 προβλέπει ότι **οι τιμές αποζημίωσης για την εγχεόμενη στο δίκτυο ενέργεια αφορούν το “πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο, το οποίο μπορεί να ανέλθει μέχρι ποσοστό 20% της συνολικά παραγόμενης, από τους σταθμούς αυτούς, ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση”**.

Οι ρυθμίσεις αυτές εμπλουτίστηκαν με το Ν.4414/2016, αρθ. 3:

“16. Για τους σταθμούς αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. τα όρια εγκατεστημένης ισχύος ή Μέγιστης Ισχύος Παραγωγής των περιπτώσεων α’ και β’ της παρ. 5 αφορούν στο 20% της εγκατεστημένης ισχύος τους και η Λειτουργική Ενίσχυση χορηγείται στους κατόχους των σταθμών αυτών, στη βάση της αντίστοιχης Τ.Α. του Πίνακα 1 της περίπτωσης β’ της παρ.1 του άρθρου 4, για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, το οποίο μπορεί να ανέλθει μέχρι ποσοστού 20% της συνολικά παραγόμενης, από τους σταθμούς αυτούς, ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση.

3.5 Πώληση όλης της ενέργειας



1. Επενδυτές με έργα που τίθενται σε λειτουργία (κανονική ή δοκιμαστική) μετά την 31.12.2019
Ελέγχεται αν ο κάτοχος του σταθμού κατέχει ήδη άμεσα ή έμμεσα δύο (2) φωτοβολταϊκούς σταθμούς οι οποίοι έχουν λειτουργήσει από 1.1.2016 μέχρι και την 31.12.2019, εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών και στην περίπτωση αυτή, απορρίπτεται η αίτηση για σύναψη σύμβασης λειτουργικής ενίσχυσης εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών.
- 2 Επενδυτές οι οποίοι έχουν υποβάλλει αίτηση για χορήγηση προσφοράς σύνδεσης μετά τις 28.2.2019, και για τους οποίους υποβάλλεται αίτημα για σύναψη σύμβασης λειτουργικής ενίσχυσης εντός του 2019, και ο αιτών άμεσα ή έμμεσα έχει συνάψει ήδη δύο (2) συμβάσεις λειτουργικής ενίσχυσης εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών συνάπτεται υπό τον όρο θέσης σε λειτουργία του σταθμού μέχρι την 31.12.2019 (βλέπε περίπτωση 1), διαφορετικά ο σταθμός υποχρεούται σε συμμετοχή σε ανταγωνιστική διαδικασία υποβολής προσφορών.
3. Επενδυτές που έχουν λειτουργούντα έργα και είχαν υπογράψει στο παρελθόν “Σύμβαση Πώλησης” (όχι Σ.Ε.Σ.Τ) με σταθερή τιμή πώλησης (feed-in-tariff) και καταθέτουν αίτημα για Προσφορά Όρων Σύνδεσης για νέα έργα

3.5 Πώληση όλης της ενέργειας



4 Ενεργειακές Κοινότητες Συνολική εγκατεστημένη ισχύς έργων έως 18 MW εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών

5 Κατ' επάγγελμα αγρότες (για σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ <500 kW)

Για τους σταθμούς αυτούς, ισχύει το “κριτήριο”, άρα δεν επιτρέπεται σε κατ' επάγγελμα αγρότη να συνάπτει (άμεσα ή έμμεσα) σύμβαση λειτουργικής ενίσχυσης εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών, για περισσότερα από δύο (2) έργα φωτοβολταϊκών. Σημειώνεται επίσης ότι σε περίπτωση που ο κατ' επάγγελμα αγρότης έχει συνάψει έμμεσα (π.χ. μέσω της συμμετοχής του σε νομικό πρόσωπο) δύο (2) συμβάσεις λειτουργικής ενίσχυσης εκτός ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών (για σταθμούς που εμπίπτουν στον έλεγχο του “κριτηρίου”, αυτών δηλαδή για τους οποίους υποβλήθηκε αίτημα για χορήγηση προσφοράς σύνδεσης μετά τις 28.2.2019), τότε δεν επιτρέπεται να συνάψει σύμβαση λειτουργικής ενίσχυσης ως κατ' επάγγελμα αγρότης και να υπαχθεί στην

3.5 Πώληση όλης της ενέργειας

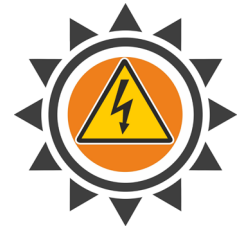


Σύμφωνα με το άρθρο 26 του Ν.4643/2019, που αφορά την εναρμόνιση με τον Κανονισμό (Ε.Ε.) 2019/943 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019 σχετικά με την ευθύνη εξισορρόπησης σταθμών Α.Π.Ε., **από την 1η Ιανουαρίου 2020, σταθμοί εγκατεστημένης ισχύος ή μέγιστης ισχύος παραγωγής μεγαλύτερης ή ίσης των 400 kW, που οι κάτοχοί τους έχουν συνάψει Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης Σταθερής Τιμής και οι οποίοι τέθηκαν σε λειτουργία (κανονική ή δοκιμαστική) από την 4η Ιουλίου 2019 και εφεξής, είναι υπεύθυνοι για τις αποκλίσεις που προκαλούν (“ευθύνη εξισορρόπησης”).**

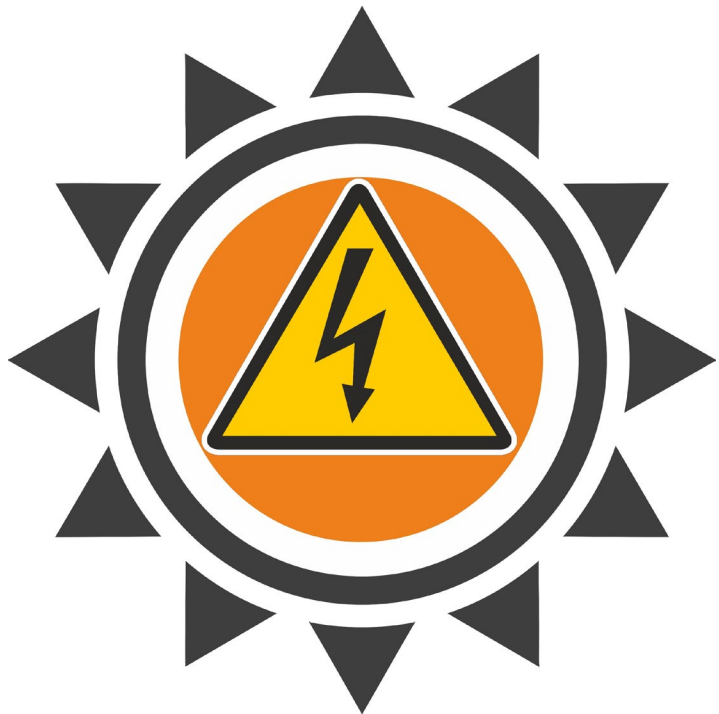
Τι σημαίνει πρακτικά αυτό και γιατί κάποιοι επενδυτές αναρωτιούνται αν θα πρέπει να επενδύσουν σε έργα ισχύος 400 ή 500 kWp; Για τα έργα τα μικρότερα των 400 kWp ισχύουν επί του παρόντος ότι και για τα έργα των 500 kWp, με μία και μόνη εξαίρεση. Τα έργα άνω των 400 kWp θα πρέπει να συνεργαστούν με κάποιο Φορέα Σωρευτικής Εκπροσώπησης (ΦοΣΕ) που θα τους εκπροσωπεί στην αγορά για να ικανοποιήσουν την “ευθύνη εξισορρόπησης”.

Αυτό έχει ένα κόστος (που καθορίζεται από τον ανταγωνισμό στην αγορά και σήμερα είναι κάτω από 1 €/MWh). Τι σημαίνει πρακτικά αυτό; Αν η Τιμή Αναφοράς για ένα σταθμό 400 kW είναι π.χ. 70,3 €/MWh, ένας επενδυτής που έχει ένα σταθμό 500 kW θα παίρνει 70,3 €/MWh μείον π.χ. 0,8 €/MWh για ΦοΣΕ, δηλαδή 69,5 €/MWh.

3.5 Πώληση όλης της ενέργειας



Με την Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/30971/1190, ΦΕΚ 1045B/26.3.2020 δίνεται εκ νέου η δυνατότητα σε οικιακούς καταναλωτές να πωλούν το σύνολο της παραγόμενης από φωτοβολταϊκά ενέργειας στο δίκτυο έναντι μιας καθορισμένης τιμής. Το παλιό πρόγραμμα που αφορούσε συστήματα έως 10 kWp (και αφορούσε, εκτός από οικιακούς, και εμπορικούς καταναλωτές) έληξε στις 31/12/2019. Η νέα ρύθμιση αφορά σε ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται με φωτοβολταϊκούς σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 6 kWp, που είναι συνδεδεμένοι με παροχή οικιακής χρήσης και ανήκουν σε φυσικά πρόσωπα όχι επιτηδευματίες και η τιμή πώλησης καθορίστηκε στα 87 €/MWh (8,7 λεπτά η κιλοβατώρα). Οι λεπτομέρειες εφαρμογής του νέου προγράμματος θα καθοριστούν με υπουργική απόφαση στα μέσα του 2020.



*Ευχαριστώ για την
προσοχή σας*

Γιάννης Ταυλίκος