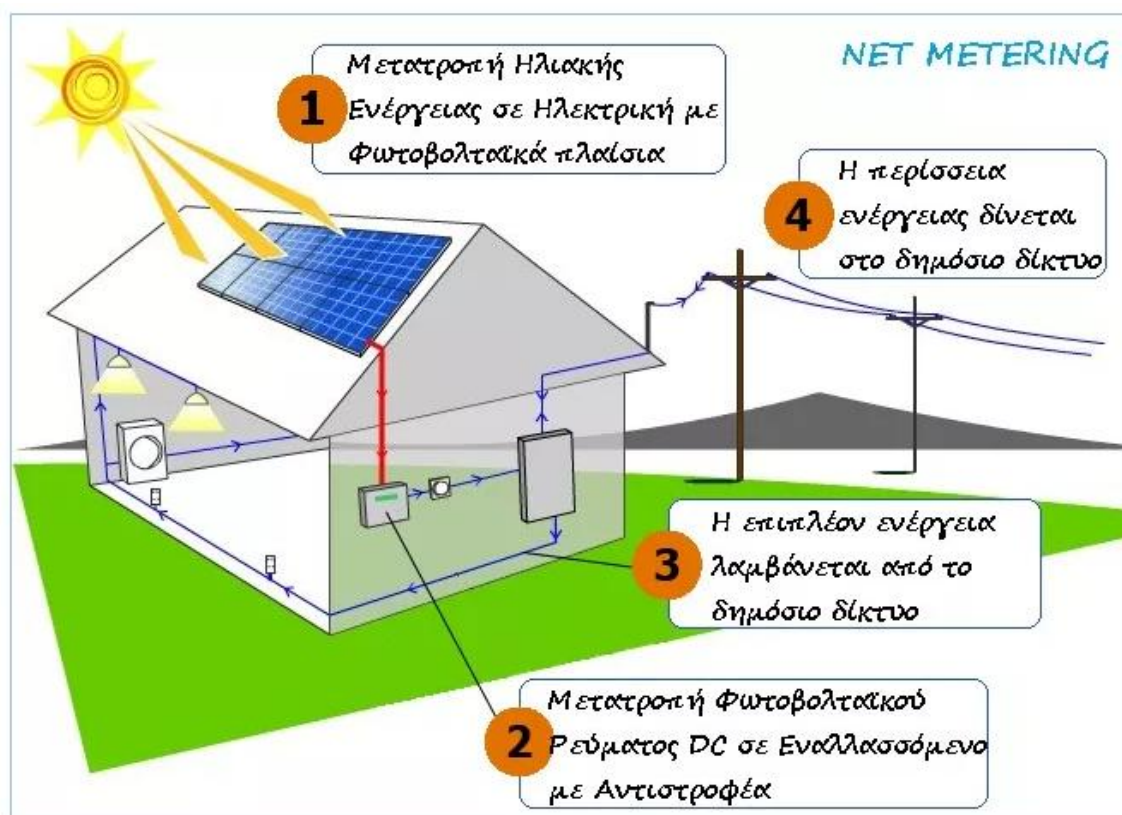


"Μελέτη εγκατάστασης διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος για τις ενεργειακές ανάγκες του σχολικού συγκροτήματος του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - Ε.Κ. Νεάπολης."



A. Τίτλος της Δράσης:

"Μελέτη εγκατάστασης διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος για τις ενεργειακές ανάγκες του σχολικού συγκροτήματος του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - Ε.Κ. Νεάπολης."

B. Υλοποίηση της Δράσης:

Η δράση αφορά τη μελέτη και σχεδιασμό ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του σχολικού συγκροτήματος του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - Ε.Κ. Νεάπολης, στη Θεσσαλονίκη.

Η δράση αποσκοπεί στο να ευαισθητοποιήσει τους μαθητές γύρω από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και την αναγκαιότητα να παρθούν μέτρα το συντομότερο δυνατό. Για τον λόγο αυτό θα εστιάσουμε στους βασικούς άξονες που συνδέονται με τις σύγχρονες ενεργειακές και περιβαλλοντικές προκλήσεις, αλλά και με την εκπαιδευτική αξία της πρωτοβουλίας.

Βασικοί Άξονες

1. Ενεργειακή αυτονομία και βιωσιμότητα

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος εξασφαλίζει τη μείωση της εξάρτησης από συμβατικές πηγές ενέργειας και προωθεί τη χρήση καθαρών πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας, ειδικά για εκπαιδευτικά ιδρύματα που μπορούν να αποτελέσουν παραδείγματα περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

2. Μείωση του ενεργειακού κόστους

Η λειτουργία ενός σχολικού συγκροτήματος απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θα μειώσει δραστικά τα λειτουργικά έξοδα, επιτρέποντας τη διάθεση περισσότερων πόρων για άλλες ανάγκες των μαθητών και του σχολείου.

3. Συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής

Το πρόγραμμα προάγει την ενεργειακή μετάβαση προς την πράσινη ενέργεια, μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Με αυτόν τον τρόπο, το σχολείο συμμετέχει ενεργά στην αντιμετώπιση των κλιματικών προκλήσεων.

4. Ενίσχυση της τεχνικής εκπαίδευσης

Η μελέτη και ο σχεδιασμός του συστήματος παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα να αποκτήσουν πρακτικές γνώσεις για τις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενισχύοντας τις δεξιότητές τους σε ένα πεδίο με αυξανόμενη ζήτηση.

Αφορμές για την επιλογή της δράσης αποτέλεσαν οι παρακάτω λόγοι:

1. Τοπική ανάγκη

Το συγκεκριμένο σχολικό συγκρότημα, όπως και πολλά άλλα δημόσια κτίρια, αντιμετωπίζει αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις κυρίως λόγω της συστέγασης 2 σχολείων με αποτέλεσμα να λειτουργεί σε 2 βάρδιες. Η ιδέα για τη συγκεκριμένη δράση προκύπτει από την ανάγκη επίλυσης ενός πραγματικού προβλήματος, κάνοντάς το άμεσα σχετικό και πρακτικά εφαρμόσιμο.

2. Προώθηση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης

Η δράση ευθυγραμμίζεται με τις αρχές της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να κατανοήσουν τη σημασία της ανανεώσιμης ενέργειας και την επίδρασή της στο περιβάλλον.

3. Ανάπτυξη συνεργατικών δεξιοτήτων

Η ομαδική εργασία που απαιτείται για τη μελέτη, τον σχεδιασμό και την παρουσίαση του συστήματος δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επικοινωνίας, έρευνας και τεχνικής συνεργασίας.

4. Σύγχρονη τάση

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται στο επίκεντρο της διεθνούς συζήτησης για το μέλλον της ενέργειας. Η δράση αντικατοπτρίζει αυτήν την τάση, εισάγοντας τους μαθητές σε τεχνολογίες αιχμής.

5. Διαθεματική προσέγγιση

Η δράση συνδέεται με μαθήματα όπως φυσική, τεχνολογία, πληροφορική και περιβαλλοντική εκπαίδευση, επιτρέποντας μια ολιστική εκπαιδευτική εμπειρία.

Ας εστιάσουμε όμως στο Φωτοβολταϊκό Σύστημα, στην αρχή λειτουργίας του, στα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελείται, στους τύπους των Φ/Β συστημάτων και στα πλεονεκτήματα που τελικά οδήγησαν στην απόφαση για την μελέτη του.

Ένα φωτοβολταϊκό (PV) σύστημα μετατρέπει το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

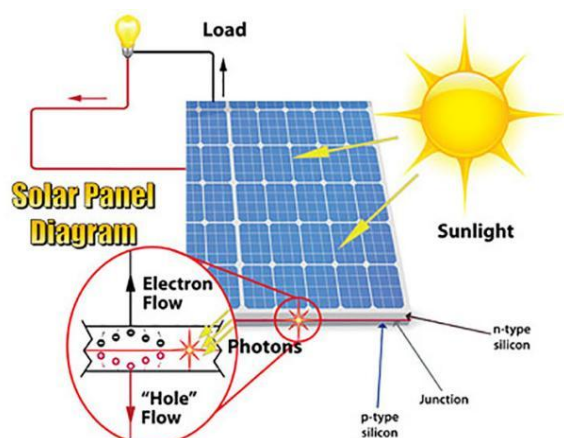
1. Βασική Αρχή του Φωτοβολταϊκού Φαινομένου

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η διαδικασία με την οποία οι ημιαγωγοί παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτίθενται στο φως.

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής:

- **Απορρόφηση φωτονίων:** Όταν το ηλιακό φως (που αποτελείται από φωτόνια) χτυπά ένα ηλιακό κύτταρο, τα φωτόνια μπορούν να μεταφέρουν την ενέργειά τους σε ηλεκτρόνια στον ημιαγωγό.
- **Διέγερση ηλεκτρονίων:** Αυτή η ενέργεια διεγείρει ηλεκτρόνια, αποσπώντας τα από τα άτομά τους και δημιουργώντας ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών.
- **Δράση ηλεκτρικού πεδίου:** Μέσα στο ηλιακό κύτταρο, ένα εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο στη σύνδεση p-n ωθεί τα ηλεκτρόνια προς την μπροστινή επαφή (αρνητική πλευρά) και τις οπές προς την πίσω επαφή (θετική πλευρά).
- **Παραγωγή ρεύματος:** Αυτή η κίνηση παράγει ηλεκτρισμό συνεχούς ρεύματος (DC), ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να αξιοποιηθεί για εξωτερική χρήση.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να απεικονιστεί πολύ εύγλωττα στην παρακάτω εικόνα:



2. Κύρια Στοιχεία ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

α. Ηλιακά Πάνελ (Μονάδες)

- Αποτελούνται από πολλά ηλιακά στοιχεία κατασκευασμένα συνήθως από πυρίτιο.
- Τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά (για αύξηση της τάσης) και παράλληλα (για αύξηση του ρεύματος).
- Περικλείονται σε προστατευτικό γυαλί και υλικά ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες.

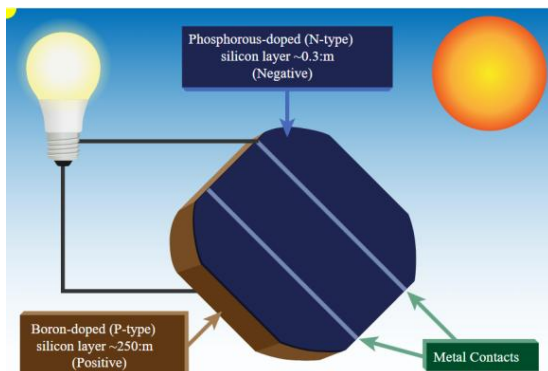
Δομή ενός τυπικού ηλιακού κυττάρου πυριτίου

- Επαφή p-n: Ένα όριο μεταξύ ημιαγωγικών υλικών τύπου p (θετικό) και τύπου n (αρνητικό).
- Αντιανακλαστική επίστρωση: Ελαχιστοποιεί την αντανάκλαση του φωτός.
- Αγώγιμες επαφές: Επιτρέπουν τη ροή ηλεκτρονίων σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

Το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή διαχωρίζει τους φορείς φορτίου.

Τα ηλεκτρόνια ρέουν προς την πλευρά n, οι οπές προς την πλευρά p.

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό κύτταρο πυριτίου αποτελείται από ένα λεπτό πλακίδιο που αποτελείται από ένα εξαιρετικά λεπτό στρώμα πυριτίου με προσμίξεις φωσφόρου (τύπου N) πάνω από ένα παχύτερο στρώμα πυριτίου με προσμίξεις βορίου (τύπου P). Ένα ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται κοντά στην άνω επιφάνεια του κυττάρου όπου αυτά τα δύο υλικά έρχονται σε επαφή, που ονομάζεται σύνδεση P-N. Όταν το ηλιακό φως χτυπά την επιφάνεια ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου, αυτό το ηλεκτρικό πεδίο παρέχει ορμή και κατεύθυνση σε ηλεκτρόνια που διεγείρονται από το φως, με αποτέλεσμα μια ροή ρεύματος όταν το ηλιακό κύτταρο είναι συνδεδεμένο σε ένα ηλεκτρικό φορτίο.



Ανεξάρτητα από το μέγεθος, ένα τυπικό φωτοβολταϊκό κύτταρο πυριτίου παράγει περίπου 0,5 – 0,6 βολτ συνεχούς ρεύματος υπό συνθήκες ανοιχτού κυκλώματος και χωρίς φορτίο. Το ρεύμα (και η ισχύς) εξόδου ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου εξαρτάται από την απόδοση και το μέγεθος (επιφάνεια) του και είναι ανάλογο με την ένταση του ηλιακού φωτός που χτυπά την επιφάνεια του κυττάρου. Για παράδειγμα, υπό συνθήκες μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας, ένα τυπικό εμπορικό φωτοβολταϊκό κύτταρο με επιφάνεια 160 mm² θα παράγει περίπου 2 watt μέγιστης ισχύος. Εάν η ένταση του ηλιακού φωτός ήταν 40 τοις εκατό της μέγιστης, αυτό το κύτταρο θα παρήγαγε περίπου 0,8 watt.

Παράγοντες Απόδοσης ενός ηλιακού κυττάρου

- Καθαρότητα υλικού και κρυσταλλική δομή
- Θερμοκρασία (η απόδοση μειώνεται με τη θερμότητα)
- Σκίαση και βρωμιά
- Γωνία και προσανατολισμός ως προς τον ήλιο

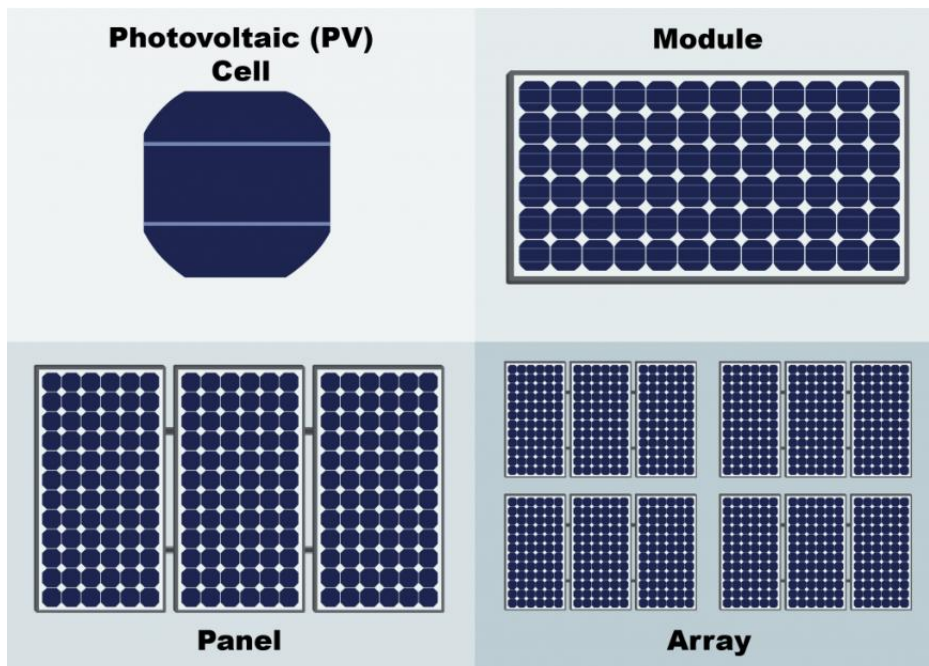
Τύποι ηλιακών κυττάρων:

- ο Μονοκρυσταλλικό: Υψηλή απόδοση, υψηλό κόστος
- ο Πολυκρυσταλλικό: Μέτρια απόδοση, χαμηλότερο κόστος
- ο Λεπτή μεμβράνη: Ελαφρύ, εύκαμπτο, αλλά χαμηλότερη απόδοση

Κυψέλες, Μονάδες, Πάνελ και Συστοιχίες

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά ή/και παράλληλα κυκλώματα για την παραγωγή υψηλότερων τάσεων, ρευμάτων και επιπέδων ισχύος. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από κυκλώματα φωτοβολταϊκών στοιχείων σφραγισμένα σε ένα περιβαλλοντικά προστατευτικό έλασμα και αποτελούν τα θεμελιώδη δομικά στοιχεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά στοιχεία συναρμολογημένα ως προ-καλωδιωμένη, επιτόπια εγκατάσταση μονάδα. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι η πλήρης μονάδα παραγωγής ενέργειας, που αποτελείται από οποιονδήποτε αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων και πάνελ.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται: α) Κυψέλη (cell), β) Μονάδα (Module), γ) Πάνελ (panel) και δ) Συστοιχία (Array)



Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων και συστοιχιών γενικά αξιολογείται σύμφωνα με τη μέγιστη ισχύ εξόδου συνεχούς ρεύματος (watt) υπό Τυπικές Συνθήκες Δοκιμής (STC). Οι Τυπικές Συνθήκες Δοκιμής ορίζονται από θερμοκρασία λειτουργίας μονάδας (κυψέλης) 25°C (77°F) και επίπεδο προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W/m² και φασματική κατανομή μάζας αέρα κάτω από 1,5. Δεδομένου ότι αυτές οι συνθήκες δεν είναι πάντα τυπικές για τον τρόπο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών μονάδων και συστοιχιών στο πεδίο, η πραγματική απόδοση είναι συνήθως 85 έως 90 τοις εκατό της βαθμολογίας STC.

Τα σημερινά φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι εξαιρετικά ασφαλή και αξιόπιστα προϊόντα, με ελάχιστα ποσοστά αστοχίας και προβλεπόμενη διάρκεια ζωής 20 έως 30 ετών. Οι περισσότεροι μεγάλοι κατασκευαστές προσφέρουν εγγυήσεις 20 ή περισσότερων ετών για τη διατήρηση υψηλού ποσοστού αρχικής ονομαστικής ισχύος εξόδου. Όταν επιλέγετε φωτοβολταϊκά πλαίσια, αναζητήστε την καταχώριση προϊόντος (UL), τις δοκιμές πιστοποίησης και τις πληροφορίες εγγύησης στις προδιαγραφές του κατασκευαστή της μονάδας.

β. Μετατροπέας

- Μετατρέπει το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα από τα ηλιακά πάνελ σε εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο χρησιμοποιείται από οικιακές συσκευές και το δίκτυο.

- Τύποι μετατροπέων:

- ο Μετατροπείς σειράς (ένας ανά συστοιχία)

- ο Μικρομετατροπείς (ένας ανά πάνελ)

- ο Βελτιστοποιητές ισχύος (συνδυάζουν χαρακτηριστικά και των δύο)

γ. Σύστημα Τοποθέτησης

- Υποστηρίζει τα ηλιακά πάνελ σε βέλτιστη γωνία και προσανατολισμό για μεγιστοποίηση της έκθεσης στο ηλιακό φως.

- Μπορεί να είναι:

- ο Σταθερή κλίση

- ο Παρακολουύθηση (μονού ή διπλού άξονα)

δ. Σύστημα Παρακολούθησης

- Παρακολουθεί την απόδοση, την παραγωγή ενέργειας, τα σφάλματα κ.λπ.

- Συχνά περιλαμβάνει απομακρυσμένους πίνακες ελέγχου μέσω διαδικτύου.

ε. Αποθήκευση Μπαταρίας (Προαιρετική)

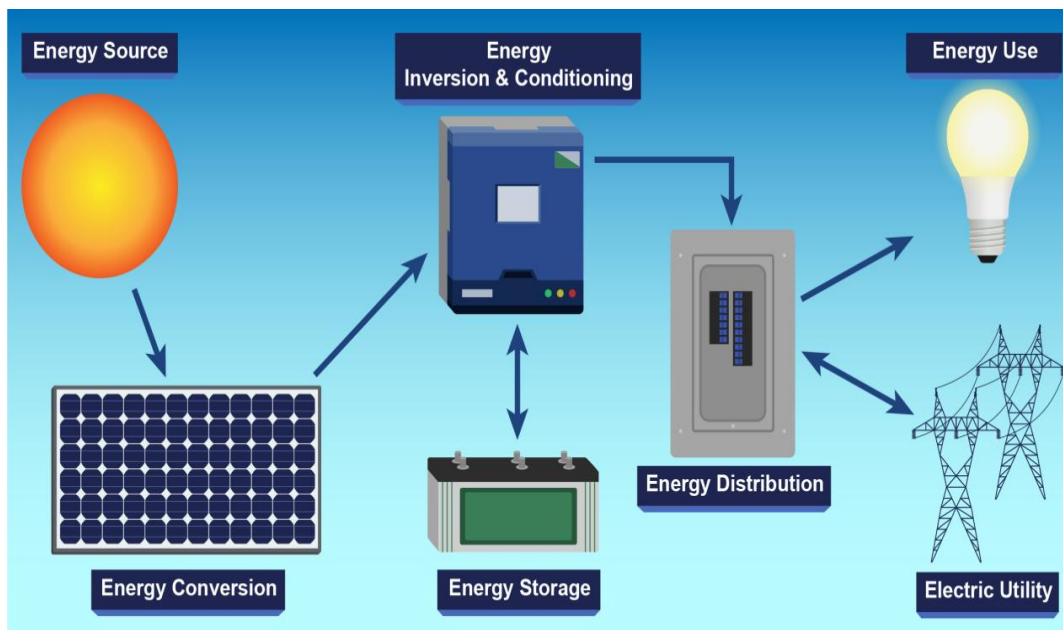
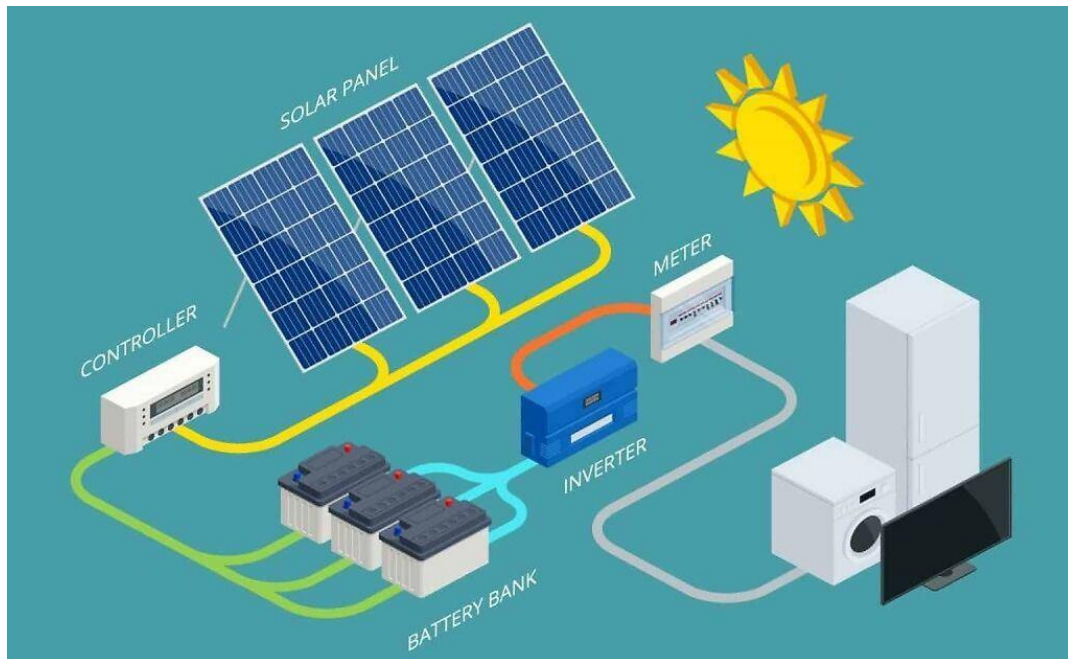
- Αποθηκεύει την πλεονάζουσα ενέργεια για μελλοντική χρήση (π.χ., κατά τη διάρκεια της νύχτας).

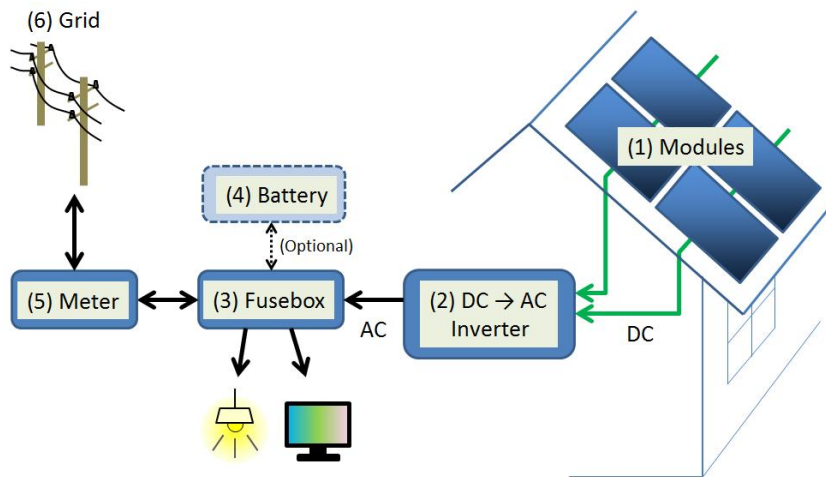
- Οι μπαταρίες είναι συνήθως ιόντων λιθίου ή μολύβδου-οξέος.

στ. Ισορροπία Συστήματος (BoS)

- Περιλαμβάνει καλωδίωση, ασφάλειες, διακόπτες αποσύνδεσης, διακόπτες κυκλώματος, κιβώτια συνδυασμού, γείωση κ.λπ.

Παρακάτω επισυνάπτονται εικόνες που απεικονίζουν τα μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος:





Επεξήγηση των αριθμών του παραπάνω σχήματος:

(1) Modules: Τα ηλιακά πάνελ, που αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία, συλλέγουν το ηλιακό φως και μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς ρεύματος (DC).

(2) Inverter: Το ηλεκτρικό ρεύμα DC αποστέλλεται σε έναν μετατροπέα, ο οποίος το μετατρέπει σε ηλεκτρικό ρεύμα εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

(3) Fusebox: Περιλαμβάνει καλωδιώσεις, ασφάλειες, διακόπτες αποσύνδεσης, διακόπτες κυκλώματος, κιβώτια συνδυασμού, γειώσεις κ.λπ.

(4) Battery: Οποιαδήποτε πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για χρήση οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας.

(5) Meter: Μετρητής της ηλεκτρικής ενέργειας.

(6) Grid: Οποιαδήποτε πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διοχετευτεί πίσω στο δίκτυο.

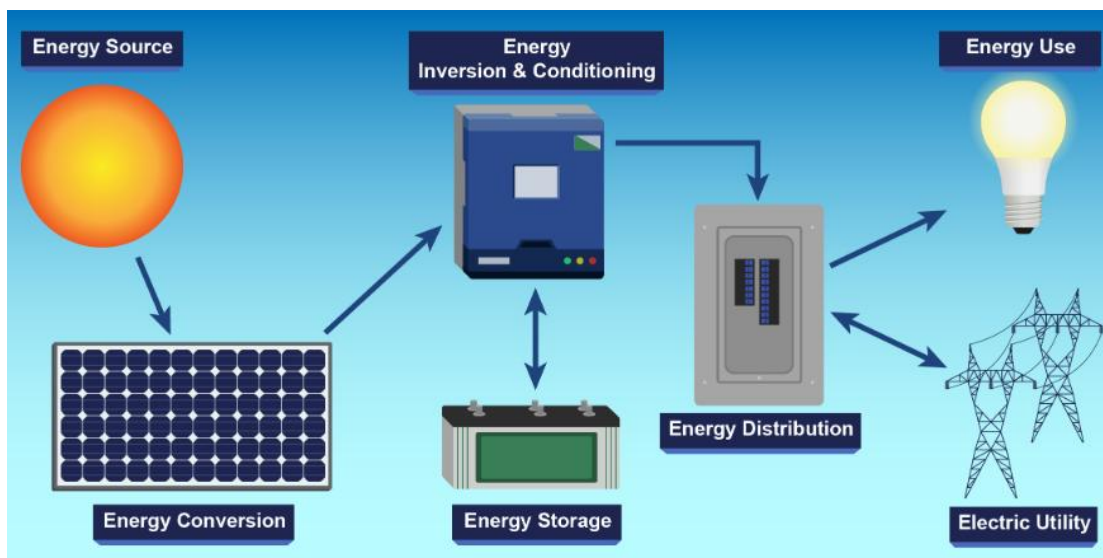
3. Λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Με απλά λόγια, τα Φ/Β συστήματα είναι όπως κάθε άλλο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, απλώς ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι διαφορετικός από αυτόν που χρησιμοποιείται για τα συμβατικά ηλεκτρομηχανικά συστήματα παραγωγής. Ωστόσο, οι αρχές λειτουργίας και η διασύνδεση με άλλα ηλεκτρικά συστήματα παραμένουν οι ίδιες και καθοδηγούνται από ένα καθιερωμένο σύνολο ηλεκτρικών κωδίκων και προτύπων.

Παρόλο που μια Φ/Β συστοιχία παράγει ενέργεια όταν εκτίθεται στο ηλιακό φως, απαιτούνται ορισμένα άλλα εξαρτήματα για την σωστή διεξαγωγή, τον έλεγχο, τη μετατροπή, τη διανομή και την αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από τη συστοιχία.

Ανάλογα με τις λειτουργικές και λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, τα συγκεκριμένα εξαρτήματα που απαιτούνται μπορεί να περιλαμβάνουν

κύρια εξαρτήματα όπως έναν μετατροπέα ισχύος DC-AC, μια συστοιχία μπαταριών, έναν ελεγκτή συστήματος και μπαταρίας, βοηθητικές πηγές ενέργειας και μερικές φορές το καθορισμένο ηλεκτρικό φορτίο (συσκευές). Επιπλέον, μια ποικιλία υλικού ισορροπίας συστήματος (BOS), συμπεριλαμβανομένων καλωδιώσεων, υπερέντασης, συσκευών προστασίας από υπερτάσεις και αποσύνδεσης, και άλλου εξοπλισμού επεξεργασίας ενέργειας. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα βασικό διάγραμμα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και τη σχέση των επιμέρους εξαρτημάτων.



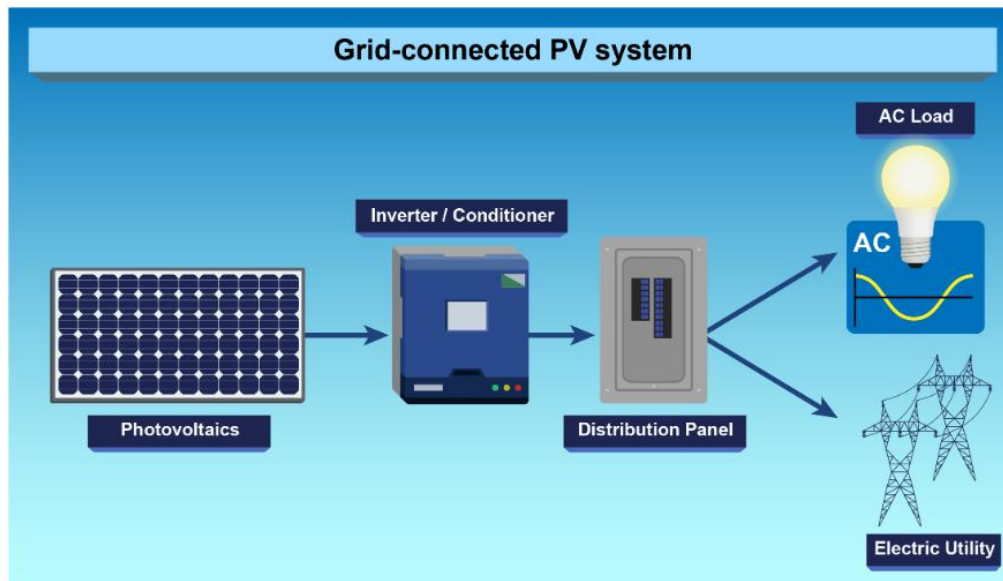
Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται συχνά σε φωτοβολταϊκά συστήματα με σκοπό την αποθήκευση ενέργειας που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία κατά τη διάρκεια της ημέρας και την παροχή της σε ηλεκτρικά φορτία ανάλογα με τις ανάγκες (κατά τη διάρκεια της νύχτας και σε περιόδους συννεφιασμένου καιρού). Άλλοι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούνται μπαταρίες σε φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η λειτουργία της φωτοβολταϊκής συστοιχίας κοντά στο σημείο μέγιστης ισχύος της, η τροφοδοσία ηλεκτρικών φορτίων σε σταθερές τάσεις και η παροχή υπερρευσμάτων σε ηλεκτρικά φορτία και μετατροπείς. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιείται ένας ελεγκτής φόρτισης μπαταρίας για την προστασία της μπαταρίας από υπερφόρτιση και υπερεκφόρτιση.

4. Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος ταξινομούνται γενικά ανάλογα με τις λειτουργικές τους απαιτήσεις, τις διαμορφώσεις των εξαρτημάτων τους και τον τρόπο σύνδεσης του εξοπλισμού με άλλες πηγές ενέργειας και ηλεκτρικά φορτία. Οι δύο κύριες ταξινομήσεις είναι τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ή διαδραστικά με το δίκτυο κοινής ωφέλειας και τα αυτόνομα συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για να παρέχουν υπηρεσία συνεχούς ή/και εναλλασσόμενου ρεύματος, μπορούν να λειτουργούν διασυνδεδεμένα με ή ανεξάρτητα από το δίκτυο κοινής ωφέλειας και μπορούν να συνδεθούν με άλλες πηγές ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

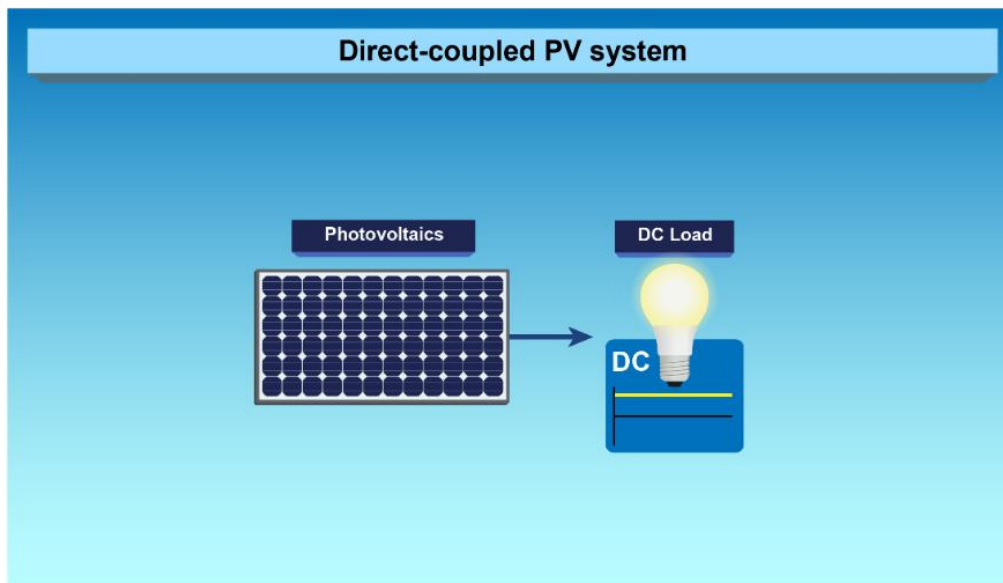
Α) Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ή διαδραστικά με το δίκτυο κοινής ωφέλειας φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν παράλληλα και διασυνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το κύριο στοιχείο στα συνδεδεμένα στο δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ο μετατροπέας ή η μονάδα επεξεργασίας ισχύος (PCU). Η PCU μετατρέπει την ισχύ συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία σε ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις τάσης και ποιότητας ισχύος του δικτύου κοινής ωφέλειας και σταματά αυτόματα την παροχή ισχύος στο δίκτυο όταν το δίκτυο κοινής ωφέλειας δεν είναι ενεργοποιημένο. Δημιουργείται μια αμφίδρομη διεπαφή μεταξύ των κυκλωμάτων εξόδου εναλλασσόμενου ρεύματος του φωτοβολταϊκού συστήματος και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, συνήθως σε έναν πίνακα διανομής ή σε μια είσοδο υπηρεσίας. Αυτό επιτρέπει στην εναλλασσόμενη ισχύ που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα είτε να τροφοδοτεί τα επιτόπια ηλεκτρικά φορτία είτε να ανατροφοδοτεί το δίκτυο όταν η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μεγαλύτερη από την επιτόπια ζήτηση φορτίου. Τη νύχτα και σε άλλες περιόδους όπου τα ηλεκτρικά φορτία είναι μεγαλύτερα από την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος, η ισορροπία ισχύος που απαιτείται από τα φορτία λαμβάνεται από την εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το χαρακτηριστικό ασφαλείας απαιτείται σε όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο και διασφαλίζει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν θα συνεχίσει να λειτουργεί και να ανατροφοδοτεί το δίκτυο όταν το δίκτυο δεν λειτουργεί για σέρβις ή επισκευή.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα:



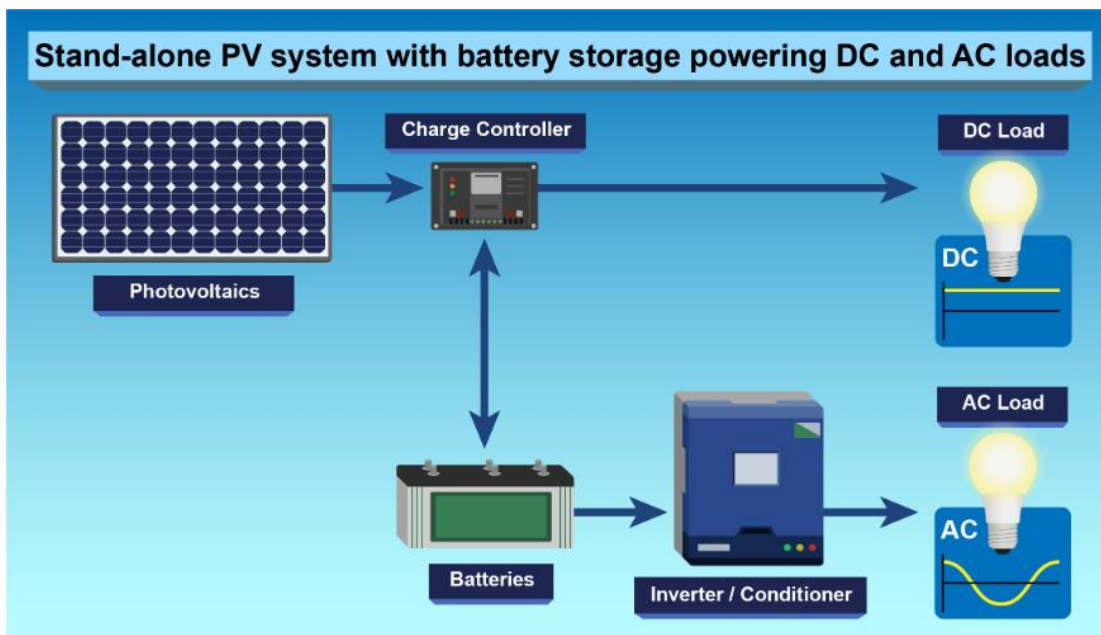
Β) Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο και γενικά σχεδιάζονται και έχουν διαστασιολογηθεί για να τροφοδοτούν ορισμένα ηλεκτρικά φορτία DC ή/και AC. Αυτοί οι τύποι συστημάτων μπορεί να τροφοδοτούνται μόνο από μια φωτοβολταϊκή συστοιχία ή μπορεί να χρησιμοποιούν άνεμο, μια γεννήτρια κινητήρα ή ηλεκτρική ενέργεια ως βοηθητική πηγή ενέργειας σε αυτό που ονομάζεται φωτοβολταϊκό υβριδικό σύστημα. Ο απλούστερος τύπος αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ένα σύστημα άμεσης ζεύξης, όπου η έξοδος DC μιας φωτοβολταϊκής μονάδας ή συστοιχίας συνδέεται απευθείας με ένα φορτίο DC. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας (μπαταρίες) σε συστήματα άμεσης ζεύξης, το φορτίο λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια των ωρών ηλιοφάνειας, καθιστώντας αυτά τα σχέδια κατάλληλα για κοινές εφαρμογές όπως ανεμιστήρες εξαερισμού, αντλίες νερού και μικρές αντλίες κυκλοφορίας για ηλιακά θερμικά συστήματα θέρμανσης νερού. Η αντιστοίχιση της σύνθετης αντίστασης του ηλεκτρικού φορτίου με τη μέγιστη ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής συστοιχίας είναι ένα κρίσιμο μέρος του σχεδιασμού ενός συστήματος άμεσης ζεύξης με καλή απόδοση. Για ορισμένα φορτία, όπως οι αντλίες νερού θετικής μετατόπισης, χρησιμοποιείται ένας τύπος ηλεκτρονικού μετατροπέα DC-DC, που ονομάζεται ιχνηλάτης σημείου μέγιστης ισχύος (MPPT), μεταξύ της συστοιχίας και του φορτίου για να βοηθήσει στην καλύτερη αξιοποίηση της διαθέσιμης μέγιστης ισχύος εξόδου της συστοιχίας.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα άμεσης ζεύξης:

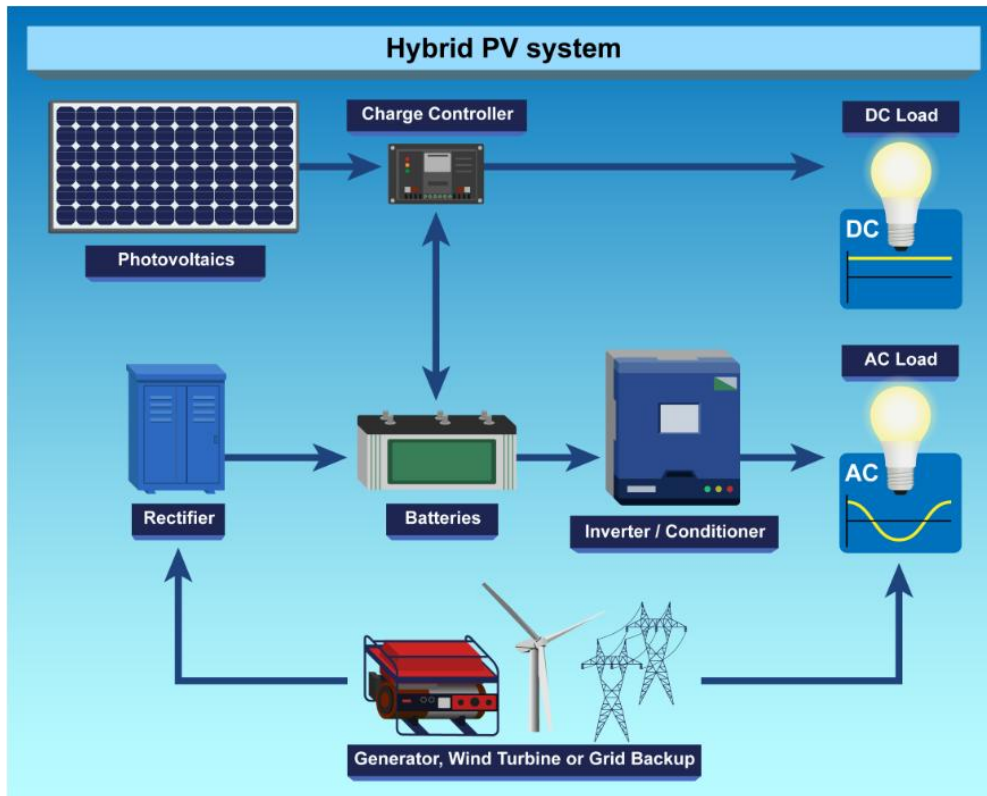


Σε πολλά αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενέργειας. Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν δύο πιθανές διαμορφώσεις.

Α) Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα με μπαταρίες αποθήκευσης που τροφοδοτούν DC και AC φορτία:



B) Υβριδικό Φωτοβολταϊκό Σύστημα:



Το υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

- Συνδυάζει τη σύνδεση στο δίκτυο με την αποθήκευση σε μπαταρίες.
- Επιτρέπει ευελιξία κατά τη διάρκεια διακοπών δικτύου ή ωρών αιχμής φορτίου.

5. Πλεονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

- Ανανεώσιμες και καθαρές πηγές ενέργειας
- Μειώνουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος
- Χαμηλό κόστος συντήρησης
- Επεκτάσιμα από μικρή έως και σε κλίμακα κοινής ωφέλειας
- Αυξάνουν την ενεργειακή ανεξαρτησία

6. Μετρήσεις απόδοσης ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

- *Watt-peak (Wp)*: Μέγιστη ισχύς υπό τυπικές συνθήκες δοκιμής.
- *Συντελεστής χωρητικότητας*: Πραγματική ισχύς έναντι θεωρητικού μέγιστου.
- *Ενεργειακή απόδοση*: kWh/kWp/έτος
- *Απόδοση*: Ποσοστό ηλιακού φωτός που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Το σχολικό συγκρότημα του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - ΕΚ Νεάπολης βρίσκεται στην περιοχή Κρυονερίου του Δήμου Νεάπολης-Συκεών με Γεωγραφικές Συντεταγμένες: 40.653° N, 22.960°.

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του σχολικού συγκροτήματος αποφασίστηκε να μελετηθεί η εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος λόγω των πλεονεκτημάτων που έχει σε σχέση με ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ιδανικό για αστικές περιοχές με σταθερό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όπως αυτή στην οποία βρίσκεται και το σχολικό συγκρότημα του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - ΕΚ Νεάπολης.

Ένα διασυνδεδεμένο σύστημα συνδέεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΔΔΗΕ και λειτουργεί συνοπτικά ως εξής:

1. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία.
2. Η συνεχής τάση που παράγουν τα πάνελ μετατρέπεται σε εναλλασσόμενη τάση μέσω ενός μετατροπέα (inverter), συμβατή με την τάση του δικτύου (230V, 50Hz).
3. Όταν το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνεται, η περίσσεια ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο. Σε περιόδους χαμηλής παραγωγής (π.χ., νύχτα), το σύστημα καλύπτει τις ανάγκες του καταναλωτή αντλώντας ενέργεια από το δίκτυο.
4. Στο διασυνδεδεμένο σύστημα τοποθετείται ένας μετρητής ενέργειας διπλής κατεύθυνσης ο οποίος καταγράφει:
 - Την ενέργεια που τροφοδοτείται στο δίκτυο.
 - Την ενέργεια που καταναλώνεται από αυτό.
5. Το κόστος της ενέργειας που εξάγεται στο δίκτυο συμψηφίζεται με την ενέργεια που καταναλώνεται μέσω του μηχανισμού net metering.

Πλεονεκτήματα

- Δεν απαιτεί μπαταρίες, μειώνοντας το κόστος.
- Σταθερή τροφοδότηση ενέργειας μέσω του δικτύου.
- Αξιοποιεί πλήρως την παραγόμενη ενέργεια.

Μειονεκτήματα

- Εξαρτάται από τη σταθερότητα του δικτύου.
- Δεν λειτουργεί σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, αν δεν υπάρχει ειδικός εξοπλισμός.

Για την εκπόνηση της μελέτης απαιτήθηκαν μια σειρά από βήματα που βασίζονται:

- α) στις ημερήσιες ανάγκες κατανάλωσης της ενέργειας στο σχολείο και
- β) στη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας στην περιοχή.

1. Υπολογισμός Ημερήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας

Υπολογίσαμε την εγκατεστημένη ισχύ όλων των καταναλώσεων που θα λειτουργούν στο σχολικό συγκρότημα και στις 2 βάρδιες (βλ. συνημμένο αρχείο xls) η οποία ανέρχεται σε 34666 Watt. Ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας των συσκευών (βλ. συνημμένο αρχείο xls) υπολογίσαμε την ημερήσια κατανάλωση η οποία ανέρχεται σε 323302 Wh ή 323,30 kWh. Για τις καταναλώσεις που σχετίζονται με τον φωτισμό των αιθουσών που χρησιμοποιούνται και από τα δύο σχολεία (Γυμνάσιο το πρωί και Επαγγελματικό Λύκειο το απόγευμα) θεωρήσαμε συνεχή λειτουργία 14 ωρών και για τις υπόλοιπες ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και την χρήση τους (βλ. συνημμένο αρχείο xls).

2. Υπολογισμός της Ηλιακής Ενέργειας στην περιοχή του σχολείου

Για τον υπολογισμό και την προσομοίωση του φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιήθηκε το πλέον σύγχρονο λογισμικό που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Γενεύης (PVSYST), λογισμικό το οποίο είναι ευρύτατα διαδεδομένο στην αγορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το λογισμικό αρχικά αντλεί ακριβή κλιματικά δεδομένα σχετικά με την περιοχή τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας από μία ευρωπαϊκή βάση δεδομένων. Στη συνέχεια υπολογίζει τα παρακάτω στοιχεία:

Slope angle [°]: 34 (opt)

- Κλίση πάνελ: Η γωνία που σχηματίζουν τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.
- 34° (optimal): Αυτή η γωνία είναι η βέλτιστη για την περιοχή και εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή συλλογή ηλιακής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Azimuth angle [°]: 1 (opt)

- Αζιμουθιακή γωνία: Η κατεύθυνση προς την οποία κοιτάζουν τα πάνελ σε σχέση με τον Βορρά.
- 1° (optimal): Τα πάνελ είναι σχεδόν στραμμένα προς τον γεωγραφικό Νότο, κάτι που θεωρείται ιδανικό στο βόρειο ημισφαίριο για τη μέγιστη απόδοση.

Yearly PV energy production [kWh]: 1379.32

- Ετήσια παραγωγή ενέργειας: Η συνολική ενέργεια που θα παραχθεί από το φωτοβολταϊκό σύστημα σε ένα έτος.
- 1379.32 kWh: Αυτή είναι η υπολογιζόμενη ετήσια παραγωγή με βάση την ηλιακή ακτινοβολία και την απόδοση του συστήματος.

Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]: 1855.02

- Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία: Η συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια των πάνελ, λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία κλίσης.
- 1855.02 kWh/m²: Η ποσότητα ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο πάνελ.

Year-to-year variability [kWh]: 42.60

- Ετήσια μεταβλητότητα: Η πιθανή απόκλιση της παραγωγής ενέργειας από έτος σε έτος λόγω κλιματικών παραγόντων.
- 42.60 kWh: Υποδηλώνει πόσο μπορεί να διαφέρει η παραγωγή ενέργειας ανά έτος.

Changes in output due to:

Αυτή η ενότητα αναλύει τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των πάνελ:

a. Angle of incidence [%]: -2.68

- Γωνία πρόσπτωσης: Μείωση απόδοσης λόγω της γωνίας με την οποία οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν στην επιφάνεια των πάνελ.
- -2.68%: Η απώλεια είναι μικρή λόγω της βέλτιστης γωνίας εγκατάστασης.

b. Spectral effects [%]: 0.77

- Φασματικές επιδράσεις: Επιδράσεις του φάσματος του ηλιακού φωτός (π.χ., υδρατμοί, σκόνη).
- +0.77%: Ένας μικρός θετικός παράγοντας που ενισχύει την απόδοση.

c. Temperature and low irradiance [%]: -11.84

- Θερμοκρασία και χαμηλή ακτινοβολία: Απώλειες από τις υψηλές θερμοκρασίες και το χαμηλό φως.
- -11.84%: Αυτές οι συνθήκες μειώνουν την αποδοτικότητα των πάνελ.

Total loss [%]: -25.64

- Συνολικές απώλειες: Όλες οι απώλειες από φυσικούς, τεχνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.
- -25.64%: Μειώνει την απόδοση του συστήματος, αλλά είναι μέσα στα φυσιολογικά επίπεδα για μια τέτοια εγκατάσταση.

Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν ότι το σύστημα είναι σχεδιασμένο για βέλτιστη απόδοση με κάποιες φυσικές απώλειες.

Η μονάδα μέτρησης 1 kWp (κιλοβάτ-κορυφή ή kilowatt-peak) αναφέρεται στη μέγιστη ισχύ που μπορεί να παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα υπό ιδανικές συνθήκες δοκιμής (STC), δηλαδή:

- Ηλιακή ακτινοβολία: 1.000 W/m^2
- Θερμοκρασία πάνελ: 25°C
- Φάσμα φωτός: τυποποιημένο για εξωτερικές συνθήκες.

3. Εκμεταλλεύσιμη Επιφάνεια Στέγης και Φ/Β Πλαίσια

Η τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων θα γίνει στην στέγη του σχολικού συγκροτήματος. Η διαθέσιμη στέγη του σχολικού συγκροτήματος για εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων υπολογίστηκε με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού Google Earth και την χρήση των εργαλείων μέτρησης της επιφάνειας που διαθέτει. Επίσης το εμβαδόν επαληθεύτηκε και με τα αντίστοιχα εργαλεία του λογισμικού του Ελληνικού Κτηματολογίου (gsis.ktimanet.gr). Στο κτίριο υπάρχουν 3 πυραμοειδείς στέγες με συνολική επιφάνεια 985m^2 (βλ. 3 συνημμένα αρχεία). Από έρευνα που έγινε στο διαδίκτυο για τα Φ/Β πλαίσια που διατίθενται στην Ελληνική αγορά καταλήξαμε σε πολυκρυσταλλικά πάνελ ισχύος 330 W με εμβαδό 2 m^2 έκαστο. Λόγω όμως της ιδιαιτερότητας του σχήματος των 3 στεγών ο συνολικός αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν ανέρχεται σε $3 * 106 = 318$ (βλ. συνημμένο αρχείο). Η συνολική επιφάνεια που καλύπτουν τα Φ/Β πλαίσια ανέρχεται σε $318 * 2 \text{ m}^2 = 636 \text{ m}^2$ δηλαδή έχουμε κάλυψη $64,5 \%$ της συνολικής επιφάνειας των στεγών του σχολικού συγκροτήματος, τιμή που είναι αποδεκτή.

4. Υπολογισμός της εγκατεστημένης Ισχύος του Φωτοβολταϊκού Συστήματος και της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β πλαισίων υπολογίζεται ως εξής:
 $318 \text{ πλαίσια} \times 330 \text{ W} = 104940 \text{ W}$ ή $104,94 \text{ kWp}$

Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή σύμφωνα με τα δεδομένα του PVGIS για την περιοχή του σχολικού συγκροτήματος είναι: $104,94 \text{ kWp} \times 1379,32 \text{ kWh/kWp} = 144746 \text{ kWh}$.

Συνεπώς η ημερήσια παραγωγή των Φ/Β πλαισίων θα είναι:

$144746 \text{ kWh} / 365 \text{ ημέρες} = 396,56 \text{ kWh}$, τιμή που υπερκαλύπτει τις ημερήσιες ανάγκες των $323,30 \text{ kWh}$ του σχολείου. Η περίσσεια ενέργεια των $73,26 \text{ kWh}$ μπορεί να διοχετεύεται στο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο.

5. Υπολογισμός Inverter

Η συνολική ισχύς του Φ/Β συστήματος είναι $318 * 330 \text{ W} = 105,94 \text{ kW}$. Προτείνεται τριφασικός μετατροπέας ή συνδυασμός inverter μερικής ισχύος π.χ., $2 \times 60 \text{ kW}$ ή $3 \times 40 \text{ kW}$, λαμβάνοντας υπόψη απώλειες και μελλοντική ευελιξία.

Ενδεικτικά προτείνονται οι παρακάτω Inverter:

SMA Sunny Tripower Core2 110kW

Huawei SUN2000-100KTL-M1

Fronius Eco 27.0-3-S (x3)

6. Περιβαλλοντικό Όφελος

Η αντικατάσταση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα με ανανεώσιμες πηγές μειώνει τις εκπομπές CO_2 .

Οι εκπομπές CO_2 ανά kWh για διάφορα καύσιμα είναι:

Λιγνίτης: $1200 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$

Φυσικό Αέριο: $450 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$

Πετρέλαιο: $800 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$

Οι παραπάνω τιμές βασίζονται σε μέσες εκτιμήσεις διεθνών οργανισμών (IEA, Eurostat) και εθνικών δεδομένων για την παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα.

Συνεπώς η εξοικονόμηση εκπομπών CO_2 σε σχέση με παραγωγή από:

- Λιγνίτη ($1,2 \text{ kg/kWh}$): $144746 \times 1,2 = 173695 \text{ kg CO}_2$ ή $173,6$ τόνοι CO_2

- Πετρέλαιο ($0,8 \text{ kg/kWh}$): $144746 \times 0,8 = 115797 \text{ kg CO}_2$ ή $115,8$ τόνοι CO_2

- Φυσικό Αέριο ($0,45 \text{ kg/kWh}$): $144746 \times 0,45 = 65136 \text{ kg CO}_2$ ή $65,1$ τόνοι CO_2

Οι παραπάνω τιμές αντιπροσωπεύουν την ποσότητα CO_2 που θα αποφεύγονταν ετησίως με την παραγωγή της ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αντί των αντίστοιχων ορυκτών καυσίμων.

Όμως για να γίνει περισσότερο αντιληπτό το περιβαλλοντικό όφελος από την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος στο σχολείο μας θα μεταφράσουμε την εξοικονόμηση CO_2 σε "πόσα δέντρα ισοδυναμούν" ή "πόσα χιλιόμετρα αυτοκινήτου αποφεύγονται".

Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή του Φ/Β συστήματος στο σχολικό συγκρότημα του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών υπολογίζεται σε 144746 kWh.

1. Ισοδυναμία σε δέντρα που απορροφούν CO₂

Κατά μέσο όρο, ένα δέντρο απορροφά περίπου 21 kg CO₂ το χρόνο.

Πηγή ενέργειας	Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂	Ισοδύναμα δέντρα
Λιγνίτης	173695 kg	~8271 δέντρα
Πετρέλαιο	115797 kg	~5514 δέντρα
Φυσικό αέριο	65136 kg	~3102 δέντρα

2. Ισοδυναμία σε αποφυγή διαδρομών με αυτοκίνητο

Ένα μέσο αυτοκίνητο εκπέμπει περίπου 120-140 g CO₂ ανά χιλιόμετρο. Ας πάρουμε 130 g/km:

1 kg CO₂ ≈ 7,7 km με ΙΧ

Πηγή ενέργειας	Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂	Χλμ. αποφυγής με ΙΧ
Λιγνίτης	173695 kg	~1.337.452 km
Πετρέλαιο	115797 kg	~891.637 km
Φυσικό αέριο	65136 kg	~501.547 km

Συμπερασματικά η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος στο 1ο ΕΠΑΛ Συκεών μπορεί να καλύψει σημαντικό μέρος των ετήσιων ενεργειακών αναγκών του σχολείου, εξοικονομώντας δεκάδες τόνους CO₂ και προωθώντας την πράσινη ενέργεια. Το έργο μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για παρόμοιες εγκαταστάσεις σε σχολικά συγκροτήματα.

Τεχνική Περιγραφή Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Το διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (*Grid-Connected Photovoltaic System*) που προτείνεται για το σχολικό συγκρότημα του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών είναι μια εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ακτινοβολία, η οποία συνδέεται άμεσα με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής. Το σύστημα αυτό λειτουργεί παράλληλα με το δίκτυο, καλύπτοντας είτε μέρος είτε το σύνολο των ηλεκτρικών αναγκών του καταναλωτή, ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο.

1. Κύρια Συστατικά Μέρους του Συστήματος:

Φωτοβολταϊκά Πάνελ (PV Modules):

Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε συνεχές ρεύμα (DC). Τα πάνελ προβλέπεται να εγκατασταθούν στις 3 κεκλιμένες στέγες του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση που έχει υπολογιστεί από το λογισμικό PVSYST ώστε να μεγιστοποιείται η ετήσια παραγωγή.

Μετατροπείς Ισχύος (Inverters):

Μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγεται από τα πάνελ σε εναλλασσόμενο (AC), συμβατό με τις προδιαγραφές του δημόσιου δικτύου.

Ηλεκτρολογικός Πίνακας & Διασυνδέσεις:

Περιλαμβάνει ασφαλειοδιακόπτες, αντικεραυνική προστασία και ρυθμιστικές διατάξεις. Εξασφαλίζει την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία του συστήματος.

Μετρητής Παραγωγής & Ενέργειας Δικτύου:

Καταγράφει την παραγόμενη και απορροφώμενη ενέργεια από και προς το δίκτυο. Σε συστήματα *net metering* γίνεται συμψηφισμός της ενέργειας που παράγεται με αυτή που καταναλώνεται.

2. Τρόπος Λειτουργίας:

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτή διοχετεύεται στον μετατροπέα, όπου και μετατρέπεται σε AC, κατάλληλη για την κατανάλωση στο κτίριο ή την έγχυση στο δίκτυο.

Το σύστημα λειτουργεί συγχρονισμένα με το δίκτυο. Αν η παραγόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση η πλεονάζουσα ενέργεια

διοχετεύεται στο δίκτυο. Αν η παραγόμενη ενέργεια είναι μικρότερη από την κατανάλωση το υπόλοιπο της ενέργειας καλύπτεται από το δίκτυο.

3. Πλεονεκτήματα Διασυνδεδεμένων Συστημάτων:

- Υψηλή ενεργειακή απόδοση, χωρίς ανάγκη αποθήκευσης.
- Συμψηφισμός ενέργειας με το δίκτυο (*net metering*), μειώνοντας σημαντικά τον λογαριασμό.
- Απλή και αξιόπιστη τεχνολογία με περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης.
- Μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη.

4. Συμμόρφωση με Πρότυπα & Κανονισμούς:

Η εγκατάσταση γίνεται σύμφωνα με:

- Τις τεχνικές προδιαγραφές του ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας).
- Τις οδηγίες του ΚΕΝΑΚ για βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.
- Τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς ασφαλείας και τα πρότυπα IEC/EN.

Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης Διασυνδεδεμένου Φ/Β Συστήματος

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού (PV) συστήματος στη στέγη του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών, με σκοπό τη μείωση του ενεργειακού κόστους και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

1. Τεχνικά Χαρακτηριστικά του προτενόμενου Φ/Β Συστήματος

- Τύπος πάνελ: Πολυκρυσταλλικά
- Ονομαστική ισχύς πάνελ: 330 W
- Επιφάνεια ανά πάνελ: 2 m²
- Συνολικός αριθμός πάνελ: 318
- Συνολική ισχύς συστήματος: $318 * 330 = 104,94 \text{ kWp}$
- Κλίση τοποθέτησης: $\sim 34^\circ$
- Προσανατολισμός: Νότιος
- Αντιστροφέας (inverter): 1 ή 2 ή 3 μονάδες, συνολικής ισχύος 120 kW (τύπου Fronius, SMA ή Huawei)
- Υποδομή στήριξης: μεταλλική βάση στέγης κεραμοσκεπής
- Σύστημα παρακολούθησης: Online monitoring με WiFi ή LAN (ενσωματωμένο στον inverter)
- Προστασίες: αντικεραυνική, υπέρτασης και γείωση

2. Οικονομική Ανάλυση (Ενδεικτική κατόπιν έρευνας στο διαδίκτυο)

- Κόστος πάνελ: $318 \times 150 \text{ €} = 47.000 \text{ €}$
- Κόστος inverter(s): $\sim 9.000 \text{ €}$
- Κόστος βάσεων στήριξης: $\sim 4.000 \text{ €}$

Επιπλέον Εξοπλισμός

- DC καλώδια ανθεκτικά στην UV ακτινοβολία: $\sim 2.500 \text{ €}$
- πίνακας AC/DC προστασίας, γειώσεις και αντικεραυνική προστασίας: $\sim 2.500 \text{ €}$
- Παρακολούθηση/μετρητές/προσωρινή αποθήκευση: $\sim 3.500 \text{ €}$
- Ηλεκτρολογική εγκατάσταση: $\sim 3.500 \text{ €}$
- Μελέτη/αδειοδότηση εγκατάστασης: $\sim 3.000 \text{ €}$
- Συνολικό εκτιμώμενο κόστος: $\sim 75.000 \text{ €}$

Η απόσβεση της επένδυσης υπολογίζεται σε περίπου 4–6 έτη με βάσει τους τρέχοντες λογαριασμούς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά, η παρούσα δράση ανέδειξε τη σημασία της διασύνδεσης θεωρίας και πράξης στην τεχνική εκπαίδευση. Παρείχε ένα πλούσιο πεδίο εφαρμογής γνώσεων και δεξιοτήτων, ενίσχυσε την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και προσέφερε εφελκτήριο για την περαιτέρω ανάπτυξη πρωτοβουλιών βιώσιμης ενέργειας στον σχολικό χώρο. Τέλος η δράση αποτέλεσε μια καινοτόμο και επιτυχημένη εκπαιδευτική εμπειρία με σαφή προσανατολισμό στην πράσινη μετάβαση και στην τεχνική παιδεία του αύριο. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το σχολικό συγκρότημα του 1ου ΕΠΑΛ Συκεών - Ε.Κ. Νεάπολης μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως καταναλωτής, αλλά και ως παραγωγός καθαρής ενέργειας, ενισχύοντας τον ρόλο του ως «ζωντανού οργανισμού μάθησης» και περιβαλλοντικής υπευθυνότητας.

A/A	Ονομασία χώρου	Επιφάνεια (τ.μ.)	Χρήση Αίθουσας	Φωτιστικά	Ισχύς (W)	Διαδραστικό ς Πίνακας	Ισχύς (W)	Η/Υ	Ισχύς (W)	Τηλεόρασ η	Ισχύς (W)	Άλλες καταναλώσ	Ισχύς (W)	Συνολική Ισχύς (W)	Ώρες Ημερήσιας Λειτουργίας	Ημερήσια κατανάλωση (Wh)
1	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	128	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	16	576	1	30	1	200			Κονσόλα ήχου	100	906	6	5436
2	ΚΥΛΙΚΕΙΟ	20	Κυλικείο	4	144					1	80	Διαφ. Συσκευές	3000	3224	14	45136
3	ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΟ	160	Γυμναστήριο	24	864									864	6	5184
4	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Ο-1	35	Εργαστήριο Πληροφορικής	12	432	1	30	8	1600			Διαφ. Συσκευές	100	2162	14	30268
5	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30					Διαφ. Συσκευές	500	854	7	5978
6	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ			24	864									864	14	12096
7	WC ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ 1	6	WC	2	72									72	14	1008
8	WC ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ 2	6	WC	2	72									72	14	1008
9	ΑΠΟΘΗΚΗ 1	18	Βοηθητικός Χώρος	3	108									108	6	648
10	ΑΠΟΘΗΚΗ 2	18	Βοηθητικός Χώρος	3	108									108	6	648
11	WC ΑΓΟΡΙΩΝ 1	20	WC	5	180									180	14	2520
12	WC ΑΓΟΡΙΩΝ 2	32	WC	5	180									180	14	2520
13	WC ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ	32	WC	5	180									180	14	2520
14	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ – Α' ΟΡΟΦΟΥ			8	288									288	14	4032
15	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	8	288	1	30							318	14	4452
16	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
17	ΑΙΘΟΥΣΑ 3	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
18	ΑΙΘΟΥΣΑ ΜΗΧΑΝΟΓΡΑΦΗΣΗΣ	16	Μηχανογράφηση	2	72			3	600			Κλιματιστικό	1000	1672	14	23408
19	ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ 1	64	Γραφείο Εκπαιδευτικών	9	324			1	200	1	80	Κλιματιστικό	1000	1604	14	22456
20	ΓΡΑΦΕΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ 2	64	Γραφείο Εκπαιδευτικών	9	324			1	200	1	100	Κλιματιστικό	1000	1624	14	22736
21	ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	12	Βιβλιοθήκη	4	144									144	6	864
22	Εργ. Α-4 (Ηλεκ. Μετρήσεων)	64	Εργαστήριο	8	288	1	30	11	2200			Διαφ. Συσκευές	800	3318	7	23226
23	Εργ. Α-5 (Υπολ. Συστ. & Δικτύων)	64	Εργαστήριο	9	324	1	30	12	2400			Διαφ. Συσκευές	100	2854	7	19978
24	Εργ. Α-6 (Πληροφορικής)	64	Εργαστήριο	9	324	1	30	13	2600			Διαφ. Συσκευές	100	3054	7	21378
25	Εργ Α-7 (Πληροφορικής)	25	Εργαστήριο	6	216	1	30	13	2600			Διαφ. Συσκευές	100	2946	7	20622
26	ΓΡΑΦΕΙΟ ΥΠΟΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ	20	Γραφείο Υποδ/ντή	4	144			3	600	1	80	Κλιματιστικό	1000	1824	7	12768

27	ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ	16	Γραφείο Διευθυντή	3	108			1	200	1	80	Κλιματιστικό	1000	1388	7	9716
28	ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΕΠΑΛ	16	Γραφείο Διευθυντή	3	108			1	200	1	80	Κλιματιστικό	1000	1388	7	9716
29	ΓΡΑΦΕΙΟ ΥΠΟΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΕΠΑΛ	20	Γραφείο Υποδ/ντή	4	144			3	600	1	80	Κλιματιστικό	1000	1824	7	12768
30	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ Α' ΟΡΟΦΟΥ			17	612									612	14	8568
31	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ Α' ΟΡΟΦΟΥ – Β' ΟΡΟΦΟΥ			8	288									288	14	4032
32	ΑΙΘΟΥΣΑ 4	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
33	ΑΙΘΟΥΣΑ 5 (Εργ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ)	64	Εργαστήριο	8	288	6	180	1	200			Διαφ. Συσκευές	800	1468	7	10276
34	ΑΙΘΟΥΣΑ 6	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
35	ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΚ ΣΥΚΕΩΝ	16	Γραφείο Υπεύθυνου Τομέα	2	72			2	400			Κλιματιστικό	1000	1472	7	10304
36	ΑΙΘΟΥΣΑ 8	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
37	ΑΙΘΟΥΣΑ 9	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
38	ΑΠΟΘΗΚΗ ΕΡΓ. ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ	16	Αποθήκη - Ιμαιοθήκη	2	72									72	6	432
39	ΑΙΘΟΥΣΑ 10	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
40	ΑΙΘΟΥΣΑ 11-Εργαστήριο Νοσηλευτικής	40	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30					Διαφ. Συσκευές	300	654	7	4578
41	ΑΙΘΟΥΣΑ 12	64	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
42	ΑΙΘΟΥΣΑ 13	48	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
43	ΑΙΘΟΥΣΑ 7	48	Αίθουσα Διδασκαλίας	9	324	1	30							354	14	4956
44	ΑΙΘΟΥΣΑ 7Α	48	Αίθουσα Διδασκαλίας	6	216	1	30							246	14	3444
45	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ Β' ΟΡΟΦΟΥ			14	504									504	14	7056
46	ΦΥΛΑΚΕΙΟ	8	Φυλάκειο	2	72					1	80	Διαφ. Συσκευές	100	252	7	1764
47	ΑΥΛΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ Επιπέδου 1			8	800									800	12	9600
48	ΑΥΛΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ Επιπέδου 2			8	800									800	12	9600
														34666		323302

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

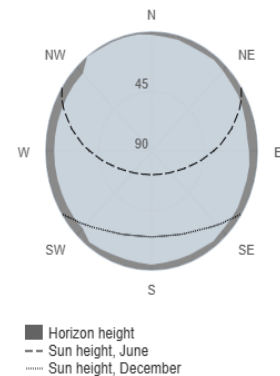
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.653,22.960
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH3
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 1 kWp
System loss: 14 %

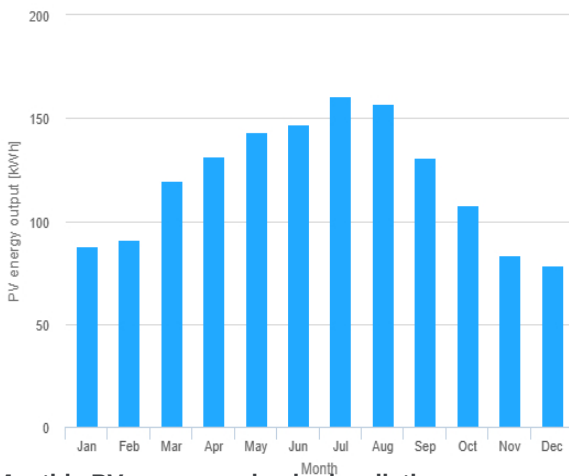
Simulation outputs

Slope angle: 35 °
Azimuth angle: 0 °
Yearly PV energy production: 1439.19 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1854.74 kWh/m²
Year-to-year variability: 45.42 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.67 %
Spectral effects: 0.77 %
Temperature and low irradiance: -8 %
Total loss: -22.4 %

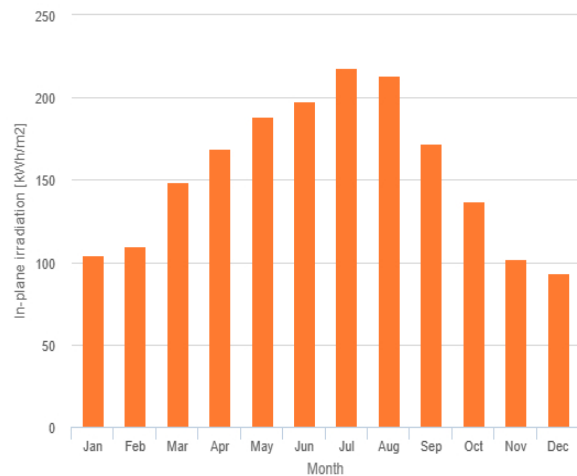
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	88.1	104.2	15.4
February	91.1	110.2	16.4
March	119.7	148.9	13.1
April	131.7	168.8	13.1
May	143.6	188.6	10.3
June	147.1	197.5	7.4
July	160.8	218.4	6.2
August	157.1	213.3	8.1
September	130.7	172.2	10.6
October	107.8	137.2	18.5
November	83.2	101.9	15.3
December	78.3	93.5	15.3

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

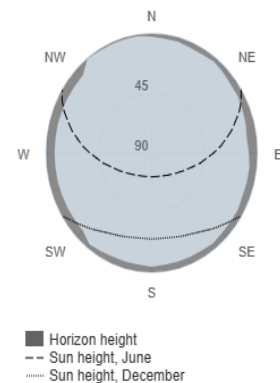
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 40.653,22.960
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH3
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 104.94 kWp
System loss: 14 %

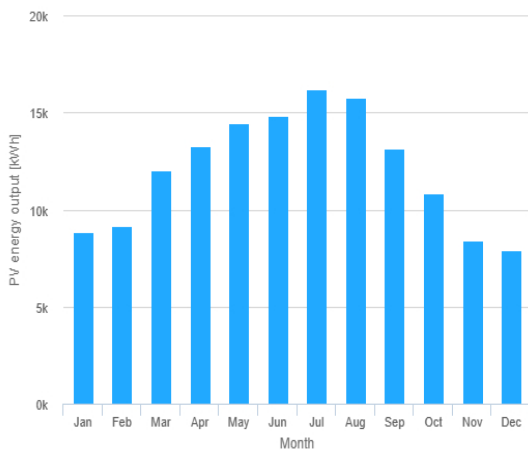
Simulation outputs

Slope angle: 34 (opt) °
Azimuth angle: 1 (opt) °
Yearly PV energy production: 144746.29 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1855.02 kWh/m²
Year-to-year variability: 4470.59 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -2.68 %
Spectral effects: 0.77 %
Temperature and low irradiance: -11.84 %
Total loss: -25.64 %

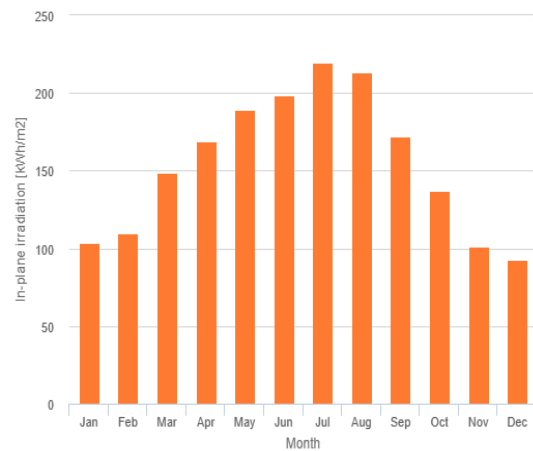
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	8858.8	103.6	1522.1
February	9163.2	109.8	1614.4
March	12022.3	148.7	1290.9
April	13254.3	169.1	1290.8
May	14469.9	189.2	1022.0
June	14825.0	198.3	739.0
July	16173.6	219.3	605.5
August	15760.3	213.8	796.5
September	13118.0	172.1	1041.1
October	10827.8	136.8	1823.3
November	8381.5	101.4	1516.4
December	7891.6	92.9	1510.9

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

ΥΠΟΒΑΘΡΟ: 2015 - 2016 (στα 50 ΕΚΤ) **Σύγκριση υποβάθρων** ΚΛΙΜΑΚΑ: 500



X: 411917.638 , Y: 4500539.553
Εμβαδόν: 328.45288 τ.μ.

Εμβαδόν: 328.45288 τ.μ.

ΠΑΙΣΚΟΥ

ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΥ

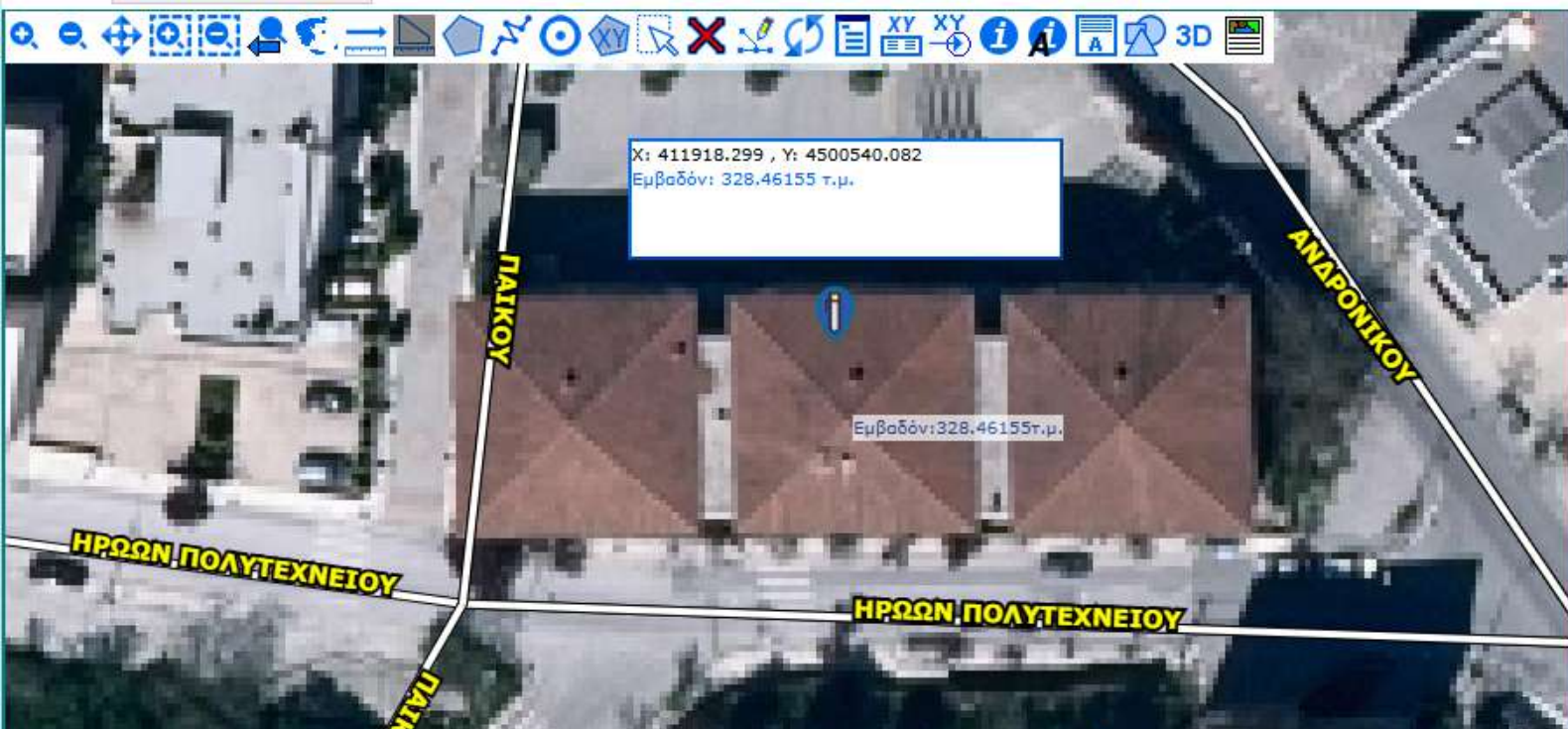
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΠΑΙΣΚΟΥ

ΥΠΟΒΑΘΡΟ: 2015 - 2016 (στα 50 εκ.)

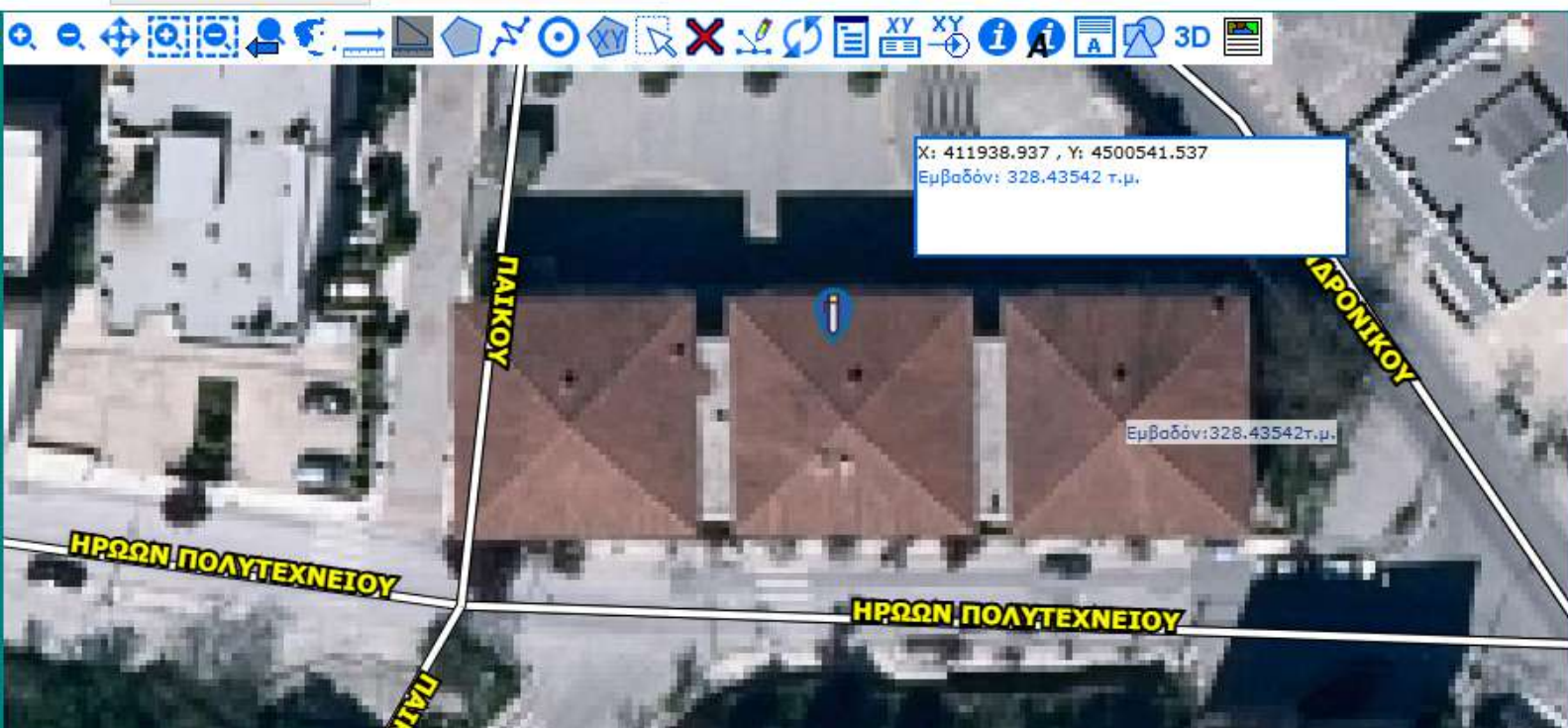
Σύγκριση υποβάθρων ΚΛΙΜΑΚΑ: 500



ΥΠΟΒΑΘΡΟ: 2015 - 2016 (στα 50 εκ.)

Σύγκριση υποβάθρων

ΚΛΙΜΑΚΑ: 500





1ο ΕΠΑΛ ΣΥΚΕΩΝ

Ηρ. Πολυτεχνείου

Μ. Ανδρόνικου

