

# Ανάπτυξη αποδοτικών ΦΒ υλικών και διατάξεων τρίτης γενιάς για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας του παραγωγικού τομέα στην πράσινη ενέργεια

*ΠΣΚΕ «ΤΑΕΔΡ 0537347»*

## Παραδοτέο 4.2.

Ανάπτυξη πλατφόρμας / βάσης δεδομένων  
ανοιχτού τύπου (open data platform)



## Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	3
2. Στόχοι και Προδιαγραφές Συστήματος .....	3
2.1 Συνεχής Παρακολούθηση και Αξιοπιστία.....	4
2.2 Ασφάλεια και Προσβασιμότητα.....	4
2.3 Επεξεργασία και Οπτικοποίηση .....	5
2.4 Διαδικτυακή πρόσβαση και διεπαφή χρήστη .....	6
3. Αρχιτεκτονική Υλικού και Λογισμικού .....	6
3.1 Υποδομή Υλικού (Hardware) .....	7
3.2 Λογισμικό και Εικονικοποίηση (Software & Virtualization) .....	7
4. Λειτουργικότητα και Δυνατότητες Ανάλυσης.....	8
5. Διασύνδεση, Ασφάλεια και Εξωστρέφεια.....	9
5.1 Διεπαφές Πρόσβασης .....	9
5.2 Ανάπτυξη API και Διαχείριση Ταυτότητας (Keycloak) .....	9
5.3 Απομακρυσμένη Διαχείριση.....	10
6. Συμμόρφωση με τις αρχές FAIR .....	10
7. Συμπέρασμα και προοπτικές .....	12
Παράρτημα Α :Τρόπος Λειτουργίας της Πλατφόρμας .....	12
A.1 Weather Data Live.....	13
A.2 IV curve live .....	14
A.3 Various Graph Live .....	15

## Πίνακας Εικόνων

<b>Εικόνα 1</b> Πρακτικές ασφαλείας και επίπεδα μετριασμού .....	5
<b>Εικόνα 2</b> Ιστότοπος της Πλατφόρμας .....	6
<b>Εικόνα 2 (Block Diagram):</b> η ροή της πληροφορίας από τους αισθητήρες έως την τελική διάθεση των δεδομένων στον χρήστη.....	8
<b>Εικόνα 4</b> : Ενέργειες για εγγραφή του χρήστη στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr.....	12
<b>Εικόνα 5</b> : Στιγμιότυπο της σελίδας “Weather Data Live” στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr .....	13
<b>Εικόνα 6</b> : Στιγμιότυπο της σελίδας “ IV curve live ” στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr.....	14
<b>Εικόνα 6</b> : Στιγμιότυπο της σελίδας “Various Graph Live” στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr.....	16

## 1. Εισαγωγή

Κατά την διάρκεια του έργου σχεδιάστηκε η υλοποίηση ενός πληροφοριακού συστήματος συλλογής δεδομένων από μετεωρολογικό σταθμό και από φωτοβολταϊκά συστήματα στις εγκαταστάσεις του ΕΛΜΕΠΑ με έμφαση στη συλλογή δεδομένων από φ/β 3ης γενιάς που παρήχθησαν στο παρόν έργο. Το σύστημα ενσωματώνει διάφορες τεχνολογίες και εργαλεία για την απόκτηση, αποθήκευση και οπτικοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Το παρόν παραδοτέο περιγράφει τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και τη λειτουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων, το οποίο υλοποιήθηκε στο Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (ΕΛΜΕΠΑ). Το σύστημα αυτό αποτελεί μια πλατφόρμα ανοιχτών δεδομένων (open data platform) και λειτουργεί ως ένα δυναμικό αποθετήριο γνώσης (knowledge-based repository).

Κύριος στόχος της πλατφόρμας είναι η υποστήριξη της ερευνητικής δραστηριότητας που αφορά τη συμπεριφορά και την απόδοση φωτοβολταϊκών διατάξεων, με ιδιαίτερη έμφαση στις αναδυόμενες τεχνολογίες. Η υποστήριξη αυτή επιτυγχάνεται μέσω της συλλογής δεδομένων πραγματικού χρόνου, της ασφαλούς αποθήκευσής τους και της παροχής εργαλείων προηγμένης ανάλυσης. Παρουσιάζονται οι στόχοι, τα πλεονεκτήματα και οι τεχνικές προκλήσεις του συστήματος, καθώς και μια επισκόπηση της λειτουργικότητάς του

Ο σχεδιασμός του συστήματος εναρμονίζεται πλήρως με τις αρχές FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), ενισχύοντας τη διαφάνεια, τη διαλειτουργικότητα και τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ερευνητικών δεδομένων.

## 2. Στόχοι και Προδιαγραφές Συστήματος

Για την σωστή σχεδίαση του συστήματος, αρχικά οριοθετήθηκαν και καταγράφονται οι προσδοκώμενοι στόχοι από την λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να καλύπτει τρεις βασικούς άξονες :

## 2.1 Συνεχής Παρακολούθηση και Αξιοπιστία

Αυτοματοποιημένη και αδιάλειπτη συλλογή δεδομένων από ετερογενείς πηγές, όπως μετεωρολογικοί αισθητήρες (πυρανόμετρα, αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, ανεμόμετρα και ανεμοδείκτες), φωτοβολταϊκοί αντιστροφείς (inverters), διατάξεις εύρεσης μέγιστου σημείου ισχύος, (maximum power point tracking – MPPT devices) και φασματομέτρα (spectroradiometer). Το σύστημα ενσωματώνει μηχανισμούς αναγνώρισης και διαχωρισμού διαφορετικών τύπων δεδομένων και μορφότυπων (data formats), οι οποίοι προκύπτουν από μεταβαλλόμενες πειραματικές συνθήκες ή από τη χρήση διαφορετικών καταγραφικών συσκευών ακόμα και από εναλλακτικές πειραματικές μεθόδους και συνθήκες που χρησιμοποιούνται.

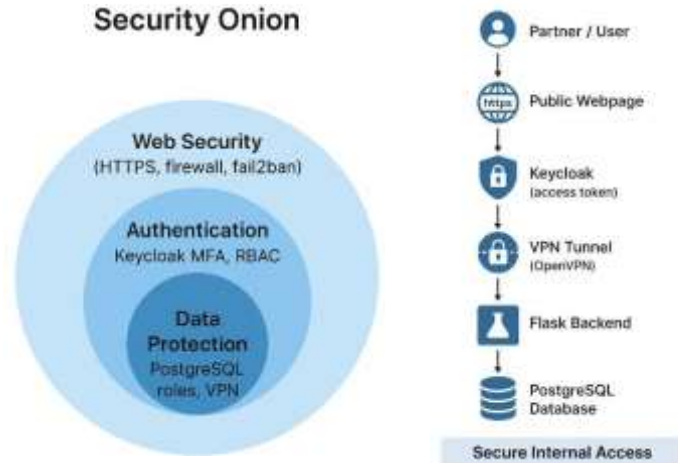
## 2.2 Ασφάλεια και Προσβασιμότητα

Η πλατφόρμα που έχει σχεδιαστεί επιτυγχάνει την διασφάλιση της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων, καθώς και την παροχή ασφαλούς απομακρυσμένης πρόσβασης στους ερευνητές. Παράλληλα, υποστηρίζεται ελεγχόμενη πρόσβαση σε επιλεγμένα δεδομένα και αποτελέσματα για το ευρύ κοινό. Παρέχει ανθεκτικότητα στις αλλαγές του υλικού τροφοδοσίας δεδομένων αφού αποθηκεύει τα δεδομένα σε βάση δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα ασφαλείας και έτσι διασφαλίζει αξιόπιστη και ασφαλή αποθήκευση των συλλεχθέντων δεδομένων για μελλοντική ανάλυση και έρευνα.

Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στην κυβερνοασφάλεια και την προστασία των δεδομένων. Η αρχιτεκτονική ασφάλειας περιλαμβάνει:

- Σύστημα αυθεντικοποίησης μέσω Keycloak.
- Διαχείριση ρόλων και δικαιωμάτων πρόσβασης (Role-Based Access Control – RBAC).
- Χρήση ασφαλούς επικοινωνίας HTTPS (TLS) για τη δημόσια πρόσβαση.
- Απομονωμένη εσωτερική υποδομή (Python backend και PostgreSQL).

Κατά τη ροή πρόσβασης, ο χρήστης αυθεντικοποιείται, λαμβάνει διακριτικό πρόσβασης (token) και στη συνέχεια μπορεί να αιτηθεί δεδομένα, τα οποία επιστρέφονται με ασφάλεια σε μορφή JSON, ενώ καταγράφονται αρχεία ελέγχου (audit logs).



**Εικόνα 1** Πρακτικές ασφαλείας και επίπεδα μετριάσμού

### 2.3 Επεξεργασία και Οπτικοποίηση

Η βασική παροχή της πλατφόρμας είναι η δημιουργία ενός φιλικού προς τον χρήστη περιβάλλοντος για τους ερευνητές ώστε να έχουν πρόσβαση και να οπτικοποιούν τα δεδομένα διευκολύνοντας τη διερεύνηση και την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Η πλατφόρμα παρέχει εργαλεία ανάλυσης και οπτικοποίησης μέσω:

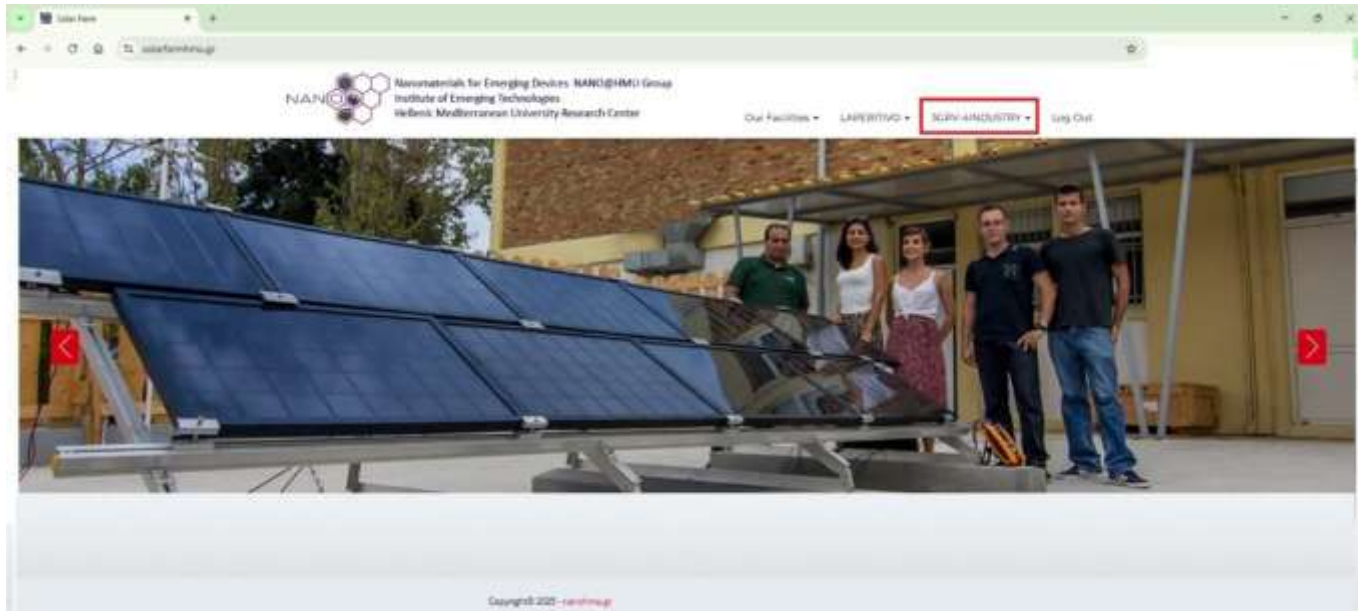
- Back-end εφαρμογής Python, η οποία λειτουργεί ως ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ της βάσης δεδομένων και του χρήστη.
- Ενσωμάτωσης της βιβλιοθήκης Plotly για τη δημιουργία διαδραστικών γραφημάτων.

Οι χρήστες μπορούν να :

- Παρακολουθούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.
- Αναλύουν μέσες τιμές και ιστορικά δεδομένα.
- Οπτικοποιούν μετεωρολογικά δεδομένα, φασματικά δεδομένα και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (π.χ. IV curves).
- Κατεβάζουν δεδομένα σε μορφή CSV, σύμφωνα με τα δικαιώματα πρόσβασης.

## 2.4 Διαδικτυακή πρόσβαση και διεπαφή χρήστη

Η πρόσβαση στην πλατφόρμα πραγματοποιείται μέσω δημόσιας διαδικτυακής πύλης (<https://solarfarmhmu.gr/>), η οποία λειτουργεί ως front-end της εφαρμογής. Η διεπαφή χρήστη είναι σχεδιασμένη ώστε να είναι φιλική, κατανοητή και κατάλληλη τόσο για ερευνητές όσο και για εξουσιοδοτημένους εξωτερικούς χρήστες ενώ φιλοξενείται σε server του εργαστηρίου ΚΕΤΥΦ (Κέντρου Τεχνολογίας Υλικών και Φωτονικής) του ΕΛΜΕΠΑ.



Εικόνα 2 Ιστότοπος της Πλατφόρμας

## 3. Αρχιτεκτονική Υλικού και Λογισμικού

Η πλατφόρμα ακολουθεί αρθρωτή (modular) αρχιτεκτονική, η οποία επιτρέπει την ευέλικτη ανάπτυξη, τη συντήρηση και την εύκολη ενσωμάτωση νέων λειτουργιών ή πηγών δεδομένων.

Η αρθρωτή αρχιτεκτονική του συστήματος, με προγράμματα ανάκτησης δεδομένων που λειτουργούν μέσω ξεχωριστών συστημικών αρχείων, επιτρέπει την ευέλικτη ανάπτυξη και ενσωμάτωση επιπρόσθετων λειτουργιών, όπως η προσθήκη νέων dataloggers και η επέκταση της εφαρμογής ελέγχου για ανάλυση δεδομένων.

### 3.1 Υποδομή Υλικού (Hardware)

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιείται στο πεδίο (Solar Farm) μέσω μετεωρολογικών σταθμών, φωτοβολταϊκών αντιστροφών και εξειδικευμένων καταγραφικών I-V χαρακτηριστικών. Η υποδομή έχει επεκταθεί με την ενσωμάτωση φασματοραδιομέτρου, επιτρέποντας την καταγραφή φασματικών δεδομένων της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η κεντρική διαχείριση του συστήματος φιλοξενείται σε dedicated server, ο οποίος υποστηρίζεται από σύστημα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS), εξασφαλίζοντας τη συνεχή και απρόσκοπτη λειτουργία της πλατφόρμας.

### 3.2 Λογισμικό και Εικονικοποίηση (Software & Virtualization)

Η διαχείριση των υπολογιστικών πόρων του server πραγματοποιείται μέσω του περιβάλλοντος εικονικοποίησης Proxmox, το οποίο επιτρέπει τη βέλτιστη κατανομή πόρων μέσω διαχείρισης εικονικών μηχανών (VMs) και τη δυνατότητα άμεσης επαναφοράς (backup/restore). βελτιστοποιώντας την απόδοση του συστήματος.

Πάνω σε αυτή την υποδομή λειτουργούν:

- **Controller Application (Flask – Python):**

Η κεντρική εφαρμογή ελέγχου, η οποία αυτοματοποιεί την ανάκτηση δεδομένων, παρέχει τοπική δικτυακή διεπαφή (web interface) και διεπαφή API ( Application Programming Interface), και συντονίζει τους αλγορίθμους ανάλυσης.

- **Data Retrieval Schedulers:**

Χρονοπρογραμματιστές υλοποιημένοι σε Python, οι οποίοι εκτελούνται ως υπηρεσίες συστήματος (systemd units) και εξασφαλίζουν την περιοδική και αξιόπιστη λήψη δεδομένων από διάφορους αισθητήρες και συσκευές πεδίου.

- **Βάση Δεδομένων PostgreSQL:**

Βάση δεδομένων υψηλής απόδοσης και χρησιμοποιείται για την αποθήκευση μεγάλου όγκου χρονοσειρών. Η επιλογή της PostgreSQL επιτρέπει την εκτέλεση υπολογισμών απευθείας εντός της βάσης (in-database calculations), προσφέροντας υψηλή απόδοση σε σενάρια ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.

Αναλύοντας τα παραπάνω, παρουσιάζεται το μπλοκ διάγραμμα του πληροφοριακού συστήματος και τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης σχεδίασης.



**Εικόνα 3 (Block Diagram):** η ροή της πληροφορίας από τους αισθητήρες έως την τελική διάθεση των δεδομένων στον χρήστη.

#### 4. Λειτουργικότητα και Δυνατότητες Ανάλυσης

Το σύστημα έχει εξελιχθεί πέρα από έναν απλό καταγραφέα δεδομένων (data logger), ενσωματώνοντας δυνατότητες ευφυούς ανάλυσης:

- Αυτόματη Επέκταση (Auto-Expansion):

Δυναμική αναγνώριση νέου εξοπλισμού και αυτόματη προσαρμογή των διαδικασιών καταγραφής και ανάλυσης κατά την προσθήκη νέων φωτοβολταϊκών μονάδων.

- Προηγμένοι Αλγόριθμοι Ανάλυσης για ερευνητική χρήση

Αυτόματη επεξεργασία των μετρήσεων για τον υπολογισμό κρίσιμων παραμέτρων των περσοβκιτικών κελιών, όπως η υστέρηση (hysteresis), η αντίσταση σειράς (Rs) και η παράλληλη αντίσταση (Rsh).





όπου απαιτείται (π.χ. για πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα λειτουργίας του δικτύου), διασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση είναι πάντα νόμιμη και ασφαλής.

### 6.3. Interoperable (Διαλειτουργικά)

Αυτή η αρχή επιτρέπει στα δεδομένα της πλατφόρμας που αναπτύχθηκε από το ΕΛΜΕΠΑ να «συνομιλούν» με άλλα συστήματα και να ενσωματώνονται σε ευρύτερες μελέτες. Τα δεδομένα διατίθενται σε κοινές μορφές αρχείων (μορφότυποι) που δεν απαιτούν εμπορικές άδειες χρήσης, όπως CSV, JSON ή XML, οι οποίοι είναι αναγνώσιμοι από σχεδόν κάθε ανοικτού κώδικα λογισμικού. Τέλος χρησιμοποιούνται πρότυπα ορολογίας για τις μετεωρολογικές και ηλεκτρικές παραμέτρους (π.χ. πρότυπα IEC), ώστε τα δεδομένα να μπορούν να συγκριθούν άμεσα με δεδομένα από άλλες ερευνητικές ή τεχνικές υποδομές.

### 6.4. Reusable (Επαναχρησιμοποιήσιμα)

Ο τελικός στόχος των αρχών FAIR είναι η μεγιστοποίηση της αξίας των δεδομένων μέσω της μελλοντικής χρήσης τους. Γι' αυτό το λόγο η πλατφόρμα που αναπτύχθηκε παρέχει λεπτομερή μεταδεδομένα προέλευσης (Provenance). Δηλαδή παρέχεται πλήρες ιστορικό για το πώς συλλέχθηκαν τα δεδομένα, ώστε ο επόμενος ερευνητής να γνωρίζει την αξιοπιστία τους. Παράλληλα υπάρχουν, σαφείς Άδειες Χρήσης. Κάθε σύνολο δεδομένων συνοδεύεται από μια άδεια ανοικτής ερευνητικής χρήσης, η οποία ορίζει ακριβώς πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν, να αναδιανεμηθούν ή να αναμειχθούν τα δεδομένα από τρίτους, ενώ τα δεδομένα περιλαμβάνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες (context) ώστε να είναι κατανοητά ακόμα και χρόνια μετά την ολοκλήρωση του αρχικού πειράματος.

Η υιοθέτηση των αρχών FAIR από την πλατφόρμα που αναπτύχθηκε από το ΕΛΜΕΠΑ δεν είναι απλώς μια τυπική υποχρέωση για τις ανάγκες του προγράμματος αλλά ένα χρήσιμο εργαλείο μετατρέποντας την πλατφόρμα από ένα απλό «αποθετήριο» μετρήσεων σε έναν ζωντανό κόμβο γνώσης, που μπορεί να τροφοδοτήσει μελέτες για την εμπορευματοποίηση των αναδυόμενων φ/Β 3<sup>ης</sup> γενιάς.

## 7. Συμπέρασμα και προοπτικές

Τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που έχουν ενσωματωθεί στην σχεδίαση του πληροφοριακού συστήματος επιλέχθηκαν αρχικά βάσει του διαθέσιμου εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις του ΕΛΜΕΠΑ αλλά και βάσει των λογισμικών που παρέχονται σε ανοικτό κώδικα και μπορούν να παραμετροποιηθούν για τις ανάγκες του έργου. Η πλατφόρμα που αναπτύχθηκε αποτελεί ένα ολοκληρωμένο και εξελιγμένο οικοσύστημα παρακολούθησης και ερευνητικής ανάλυσης. Συνδυάζοντας σύγχρονες τεχνολογίες IoT, βάσεων δεδομένων και διαδικτυακών εφαρμογών, επιτυγχάνει όχι μόνο την αξιόπιστη καταγραφή δεδομένων αλλά και την εξαγωγή ουσιαστικής γνώσης μέσω προηγμένων εργαλείων ανάλυσης.

Η υιοθέτηση ανοιχτών προτύπων και η ανάπτυξη ασφαλούς API καθιστούν το σύστημα ένα πρότυπο εργαλείο Ανοιχτής Επιστήμης, ικανό να υποστηρίξει μελλοντικές ερευνητικές ανάγκες και να επεκταθεί περαιτέρω σε νέες εφαρμογές.

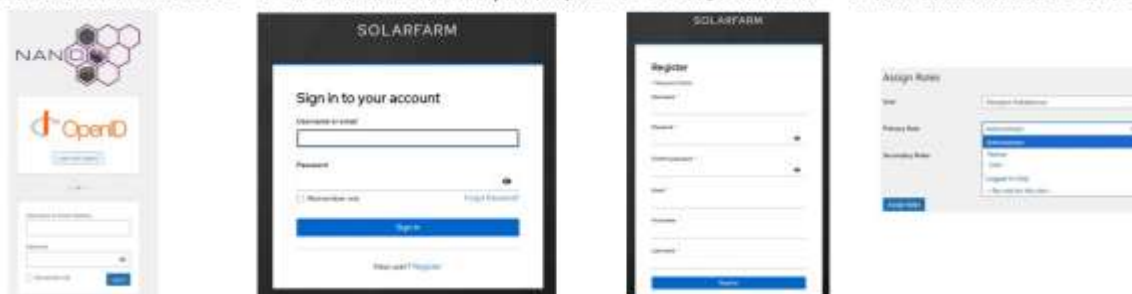
## Παράρτημα Α :Τρόπος Λειτουργίας της Πλατφόρμας

Ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στην πλατφόρμα πληκτρολογώντας σε ένα διακομιστή δικτύου την διεύθυνση : <https://solarfarmhmu.gr/>

Στην συνέχεια επιλέγει Sign In Ανακατευθύνεται στο Keycloak → Πρόκληση MFA → λαμβάνει διακριτικό πρόσβασης. Το frontend του ιστοτόπου χρησιμοποιεί το όνομα χρήστη για να ζητήσει πρόσβαση στα εσωτερικά δεδομένα μέσω του Flask (μέσω VPN). Το Flask επικυρώνει το όνομα χρήστη με ερωτήματα στην PostgreSQL και επιστρέφει JSON στο frontend. Τα αρχεία καταγραφής ελέγχου καταγράφουν το αναγνωριστικό χρήστη, την IP και τη χρονική σήμανση.

Παρακάτω φαίνεται η ακολουθία ενεργειών :

ΑΣΦΑΛΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ → ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ/ΕΓΓΡΑΦΗΣ → ΕΓΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ → ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΑΝΑΘΕΣΗ ΡΟΛΟΥ

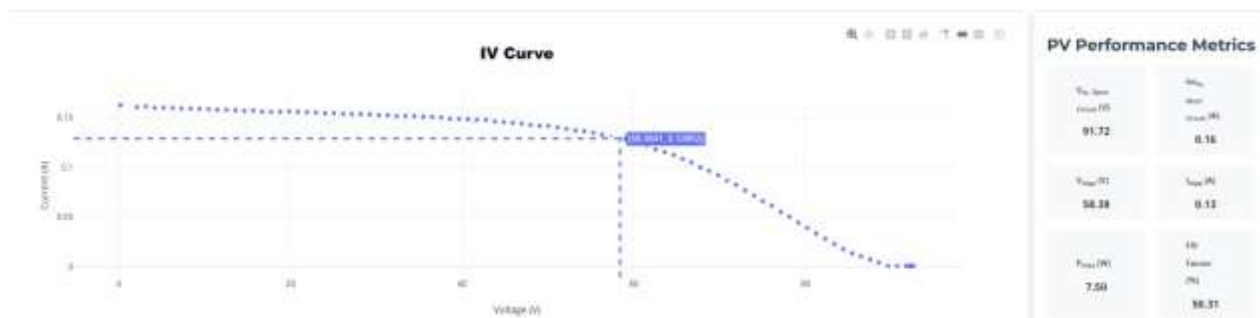


Εικόνα 4 : Ενέργειες για εγγραφή του χρήστη στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr



- Πίεση αέρα (Bar): Οι διακυμάνσεις στην πίεση του αέρα επηρεάζουν την πυκνότητα του αέρα, η οποία μπορεί να επηρεάσει ελαφρώς τόσο την εξασθένηση της ακτινοβολίας όσο και την θερμοκρασία των Φ/Β στοιχείων και πλαισίων.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C): Οι υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος γενικά μειώνουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων αυξάνοντας τη θερμοκρασία των στοιχείων.
- Σχετική υγρασία (%): Η αυξημένη υγρασία μπορεί να δημιουργήσει αντανάκλαση είτε να απορροφήσει το ηλιακό φως πριν φτάσει στα Φ/Β πλαίσια και μπορεί να προωθήσει την υποβάθμιση των Φ/Β ειδικότερα αυτά αναδυόμενης τεχνολογίας σε περίπτωση ελαττωματικής ενθυλάκωσης των Φ/Β στοιχείων.
- Ταχύτητα ανέμου (m/s): Η αυξημένη ταχύτητα ανέμου ενισχύει την ψύξη με επαγωγή των Φ/Β μονάδων, συμβάλλοντας στη διατήρηση υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης.

## A.2 IV curve live



**Εικόνα 6 :** Στιγμιότυπο της σελίδας “ IV curve live ” στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr

Στην σελίδα αυτή εμφανίζονται οι διαδραστικές καμπύλες IV είτε με ορθή (forward) είτε με ανάστροφη (reverse) φορά την συγκεκριμένη χρονική στιγμή (ημερομηνία και ώρα) που ζητάει ο χρήστης για συγκεκριμένο Φ/Β που μετρείται από τις διατάξεις του εργαστηρίου ενώ παρουσιάζονται και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που απορρέουν από την καμπύλη.

Μια καμπύλη IV (καμπύλη ρεύματος-τάσης) αντιπροσωπεύει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού (ΦΒ) κελιού, στοιχείου ή πλαισίου. Δείχνει τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της

τάσης εξόδου υπό διάφορες συνθήκες. Οι βασικές παράμετροι που απεικονίζονται με μια μικρή περιγραφή όπως φαίνεται στον ιστότοπο είναι οι εξής :

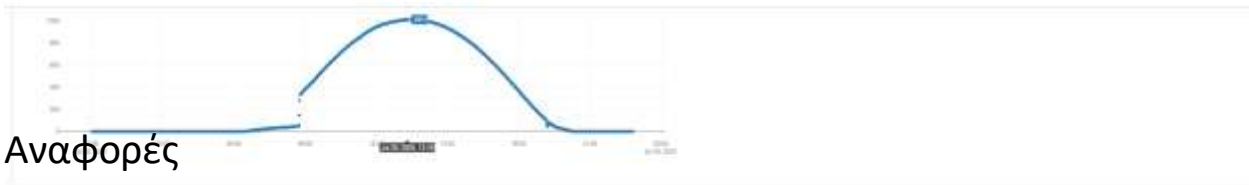
Voc (Τάση ανοιχτού κυκλώματος): Η μέγιστη τάση που παράγεται όταν δεν ρέει ρεύμα.

Isc (Ρεύμα βραχυκυκλώματος): Το μέγιστο ρεύμα όταν οι ακροδέκτες εξόδου είναι βραχυκυκλωμένοι.

MPP (Σημείο μέγιστης ισχύος): Η τάση και το ρεύμα όταν παρέχεται η μέγιστη ισχύς.

Συντελεστής πλήρωσης (FF) : Ένα μέτρο της ποιότητας του φωτοβολταϊκού, που υπολογίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος προς το γινόμενο Voc και Isc.

### A.3 Various Graph Live

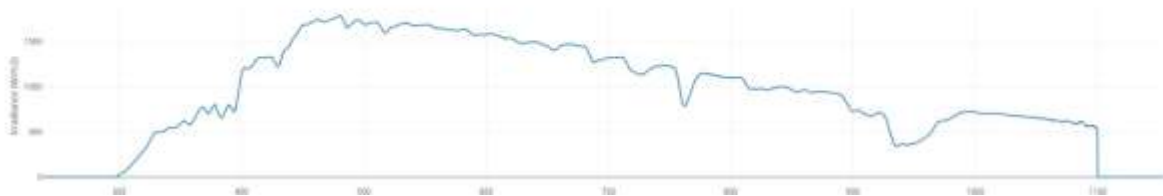


### Αναφορές

<sup>1</sup> Khenkin, M. V. et al. Consensus statement for stability assessment and reporting for perovskite photovoltaics based on ISOS procedures. Nat Energy 5, 35–49 (2020).

3. S Pescetelli, A Agresti, G Viskadourous, S Razza, K Rogdakis, et al, Integration of two-dimensional materials-based perovskite solar panels into a stand-alone solar farm, Nature Energy 7 (7), 597-607

#### Spectral Data



#### PV Performance Metrics

Дата/Time	2025-07-29 13:37	Μεγ. Τάση (V)	92.9518
Μεγ. Ισχύς (W)	0.17485	Ισχύς (W)	60.8362
Ισχύς (W)	0.13494	Ρεύμα (A)	8.209237
FF Factor (%)	80.51023		

### Meteo Metrics

Irradiance (W/m <sup>2</sup> )	1011	Air Pressure (hPa)	998
Ambient Temperature (°C)	30.47	Relative Humidity (%)	55.49
Wind Speed (m/s)	4.136	Wind Direction (°)	334.9
Temperature TC 1 (°C)	39.05	Temperature TC 2 (°C)	39.05
Temperature TC 3 (°C)	39.05	Temperature TC 4 (°C)	39.05
PT3MF (°C)	41.31	Battery Voltage Min (V)	13.72
Albedo	329.4		

**Εικόνα 7** : Στιγμιότυπο της σελίδας “Various Graph Live” στην πλατφόρμα solarfarmhmu.gr

Στην σελίδα αυτή εμφανίζεται αρχικά διαδραστική καμπύλη με την ακτινοβολία την συγκεκριμένη χρονική στιγμή (ημερομηνία και ώρα) που ζητάει ο χρήστης. Πάνω στο γράφημα της ακτινοβολίας σε σχέση με το χρόνο (με μετρήσεις ανά λεπτό), ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας και τότε εμφανίζονται παρακάτω οι καμπύλες IV σε ορθή και ανάστροφη φορά για το συγκεκριμένο λεπτό, ενώ παράλληλα εμφανίζεται και το φάσμα του ήλιου εκείνη τη στιγμή από τις μετρήσεις του φασματοραδιομέτρου του εργαστηρίου του ΕΛΜΕΠΑ. Τέλος εμφανίζονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από τις καμπύλες ρεύματος – τάσης όπως αναλύθηκαν παραπάνω καθώς και τα μετεωρολογικά δεδομένα στο σημείο της εγκατάστασης.