



Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στη Γεωργία

Ηλιακή Ενέργεια

Αγγελική Μαραγκάκη
Μηχανικός Ορυκτών Πόρων, PhD



Αγροφωτοβολταϊκά

Τα αγροφωτοβολταϊκά είναι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών που βρίσκονται στον ίδιο χώρο με παραγωγικά φυτά ή ζώα.

Συστήματα

Ανοιχτού χώρου



Κλειστού χώρου (Θερμοκήπια)



Ανοιχτού χώρου

Ενδιάμεσες καλλιέργειες



Εναέριες



Κλίση άξονα

1 ή 2 κλίσεων



Σταθερό



Κλειστού χώρου (θερμοκήπια)



Προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις

| Ζήτημα | Σχεδιαστική Λύση | Τεχνολογική Λύση |
|--|---|--|
| Ελαχιστοποίηση της σκίασης στις καλλιέργειες | <p>Βέλτιστη σχεδίαση:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ιδανική απόσταση μεταξύ των στοιχείων 2. Ιδανική απόσταση των στοιχείων από το έδαφος | <ol style="list-style-type: none"> 1. Συστήματα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου 2. Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία 3. Φωτοεκλεκτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία |
| Μεγιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας | <p>Βέλτιστη σχεδίαση:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Αποφυγή των απωλειών από περιβάλλουσες δομές (κτίρια, δέντρα) 2. Αζιμούθιο στραμμένο προς τον ισημερινό και κλίση κοντά στο γεωγραφικό πλάτος | <ol style="list-style-type: none"> 1. Συστήματα υψηλής απόδοσης (π.χ. παρακολούθηση της ηλιακής τροχιάς) 2. Στοιχεία υψηλής απόδοσης (π.χ. στοιχεία διπλής επιφάνειας) |
| Κοινωνική αποδοχή (διατήρηση του τοπίου) | <p>Βέλτιστη σχεδίαση ως προς το τοπίο:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Φυσικοί φράχτες και κατασκευές χαμηλού ύψους 2. Αφαιρούμενα συστήματα <p>Νέο επιχειρηματικό μοντέλο:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Υψηλότερη οικονομική απόδοση ανά μονάδα γης 2. Επιπλέον οφέλη για την τοπική οικονομία και την απασχόληση (τουρισμός, αναψυχή κλπ.) <p>Βέλτιστη σχεδίαση:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Διαφορετική κλίση, αζιμούθιο και ύψος για να ταιριάζει με τη μορφολογία της περιοχής | <p>Νέα υλικά κατασκευής</p> |

Προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε θερμοκήπια

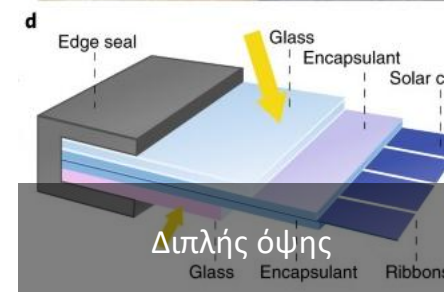
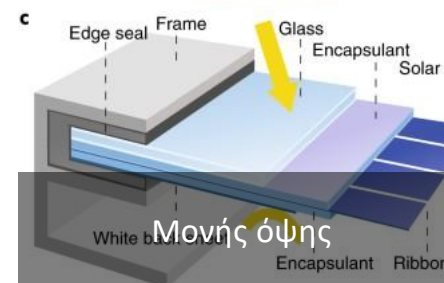
| Ζήτημα | Σχεδιαστική Λύση | Τεχνολογική Λύση |
|---|--|--|
| Ελαχιστοποίηση της σκίασης στις καλλιέργειες | Βέλτιστη σχεδίαση: 1. Διάταξη που θα επιτρέπει την ομογενοποιημένη κατανομή του φωτός μέσα στο θερμοκήπιο 2. Αύξηση του ύψους της υδρορροής του θερμοκηπίου | 1. Δυναμικά συστήματα 2. Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά συστήματα |
| Ελαχιστοποίηση των απωλειών της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας | Χρήση χρωματιστών στοιχείων | 1. Φωτοβολταϊκά συστήματα με επιλεκτική εστίαση διαφορετικού μήκους κύματος του ηλιακού φάσματος για τα φυτά και τα στοιχεία. 2. Τεχνολογία συμπυκνωτή ηλιακής φωταύγειας |
| Μεγιστοποίηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας | Βέλτιστη σχεδίαση για παραγωγή ενέργειας: 1. Μέγιστη ένταση χωρίς την επίδραση σκίασης στα στοιχεία 2. Βέλτιστη τοποθέτηση των στοιχείων (γωνίες κλίσης και αζιμούθιου της οροφής) | 1. Χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων υψηλής απόδοσης |
| Προβλήματα που αφορούν το μικροκλίμα, δηλαδή τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εντός του θερμοκηπίου | 1. Αερισμός (φυσικός μέσω αεραγωγών) 2. Προσανατολισμός (κατεύθυνση προς τον ήλιο) 3. Τοποθεσία (κλίμα) | 1. Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού υψηλής απόδοσης 2. Τεχνητό φως |
| Κοινωνική αποδοχή | 1. Σχεδιασμός του θερμοκηπίου για βέλτιστη οπτική απόδοση (π.χ. υψηλό επίπεδο ενσωμάτωσης του θερμοκηπίου στο τοπίο. | 1. Κατάλληλη επιλογή φωτοβολταϊκών τεχνολογιών που επιτρέπουν αυξημένη οπτική απόδοση |



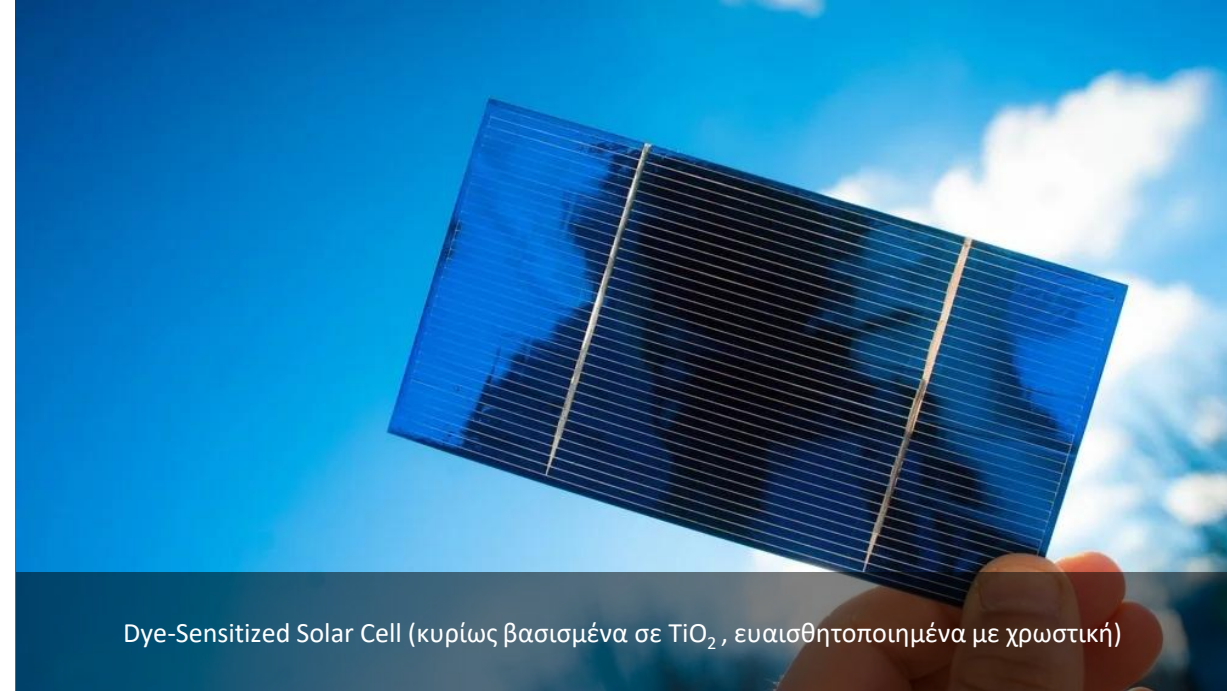
Τεχνολογίες



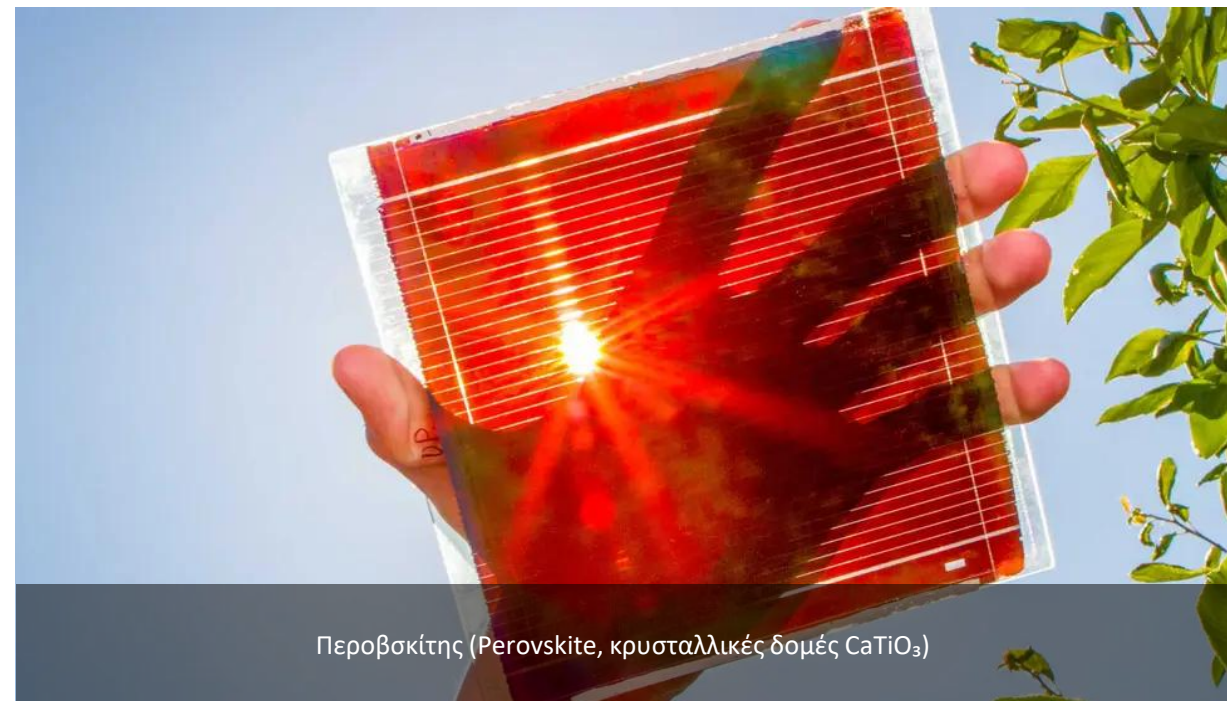
Ωχρά



Ημιπερατά Ημιαγωγών

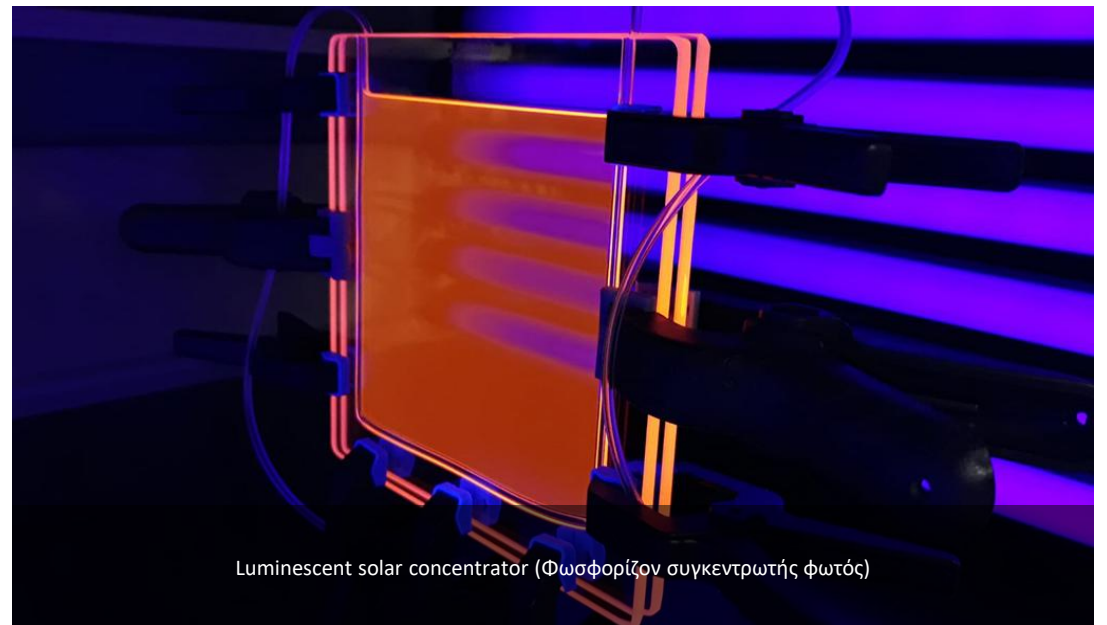
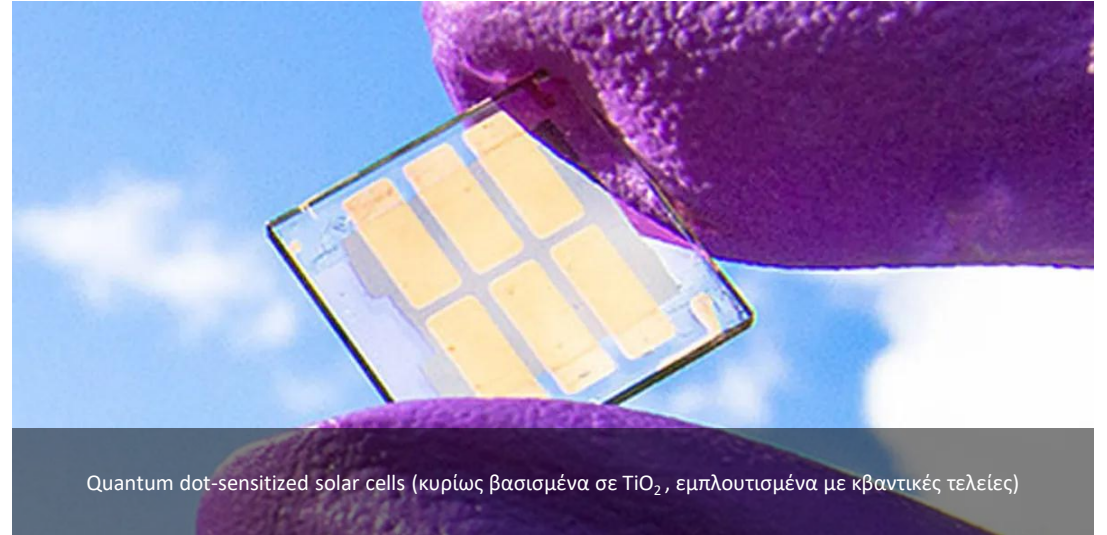


Dye-Sensitized Solar Cell (κυρίως βασισμένα σε TiO_2 , ευαισθητοποιημένα με χρωστική)



Περοβσκίτης (Perovskite, κρυσταλλικές δομές CaTiO_3)

Ημιπερατά Ημιαγωγών



Φωτοβολταϊκά
πολυμερών (Polymer
Solar Cell, πχ 4-μεθύλιο
ή διφαινυλαιθέρας)

Οργανικά Ημιπερατά



Μέση περατότητα
STPVs στο ορατό φάσμα
(AVT) και ποσοστό
μετατροπής ενέργειας
από το φως (PCE)

| Τύπος ΦΒ | AVT% | PCE% |
|--------------------------------------|------|------|
| Ευαισθητοποιημένα με χρωστική (DSSC) | 60 | 9.2 |
| Πολυμερή | 66 | 4 |
| Φωσφορίζον συγκεντρωτής φωτός (LSC) | 86 | 0.4 |
| Περοβσκίτης | 77 | 12.7 |
| Κβαντικές τελείες | 22.7 | 3.88 |
| Ωχρο C-Si | 0 | >23 |

Πυκνότητα φωτοσυνθετικής ροής φωτονίων

Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)

Είναι η **ποσότητα φωτονίων** που εκπέμπονται στο φάσμα της PAR ακτινοβολίας ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας, συνήθως μετρούνται σε $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

- $1 \text{ mol} \approx 6.022 * 10^{23}$

Συνολική ημερήσια ποσότητα φωτός

Daily light integral (DLI)

Είναι η συνολική ποσότητα φωτός PAR που δέχεται ένα φυτό μέσα σε μία ημέρα. Έτσι η σχέση διαμορφώνεται:

$$DLI = PPFD \times \text{Φωτοπερίοδος} \times 3600/10^6$$

όπου η φωτοπερίοδος οι ώρες φωτός, 3600 για τη μετατροπή δευτερολέπτων σε ώρα και 1,000,000 για τη μετατροπή των μmol σε mol

Το DLI είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην παραγωγή βιομάζας, φυσιολογικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του φυτού

Τα μαρούλια έχουν συνήθη φωτοπερίοδο 16 ωρών στη παραγωγή τους, με $270 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR. Το DLI λοιπόν διαμορφώνεται σε:

$$\text{DLI} = 270 \times 16 \times 3600 / 1000000 = 15.5 \text{ mol}$$

Παράδειγμα

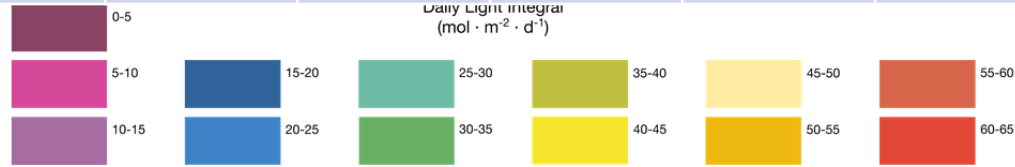
Ανάγκες μαρουλιού



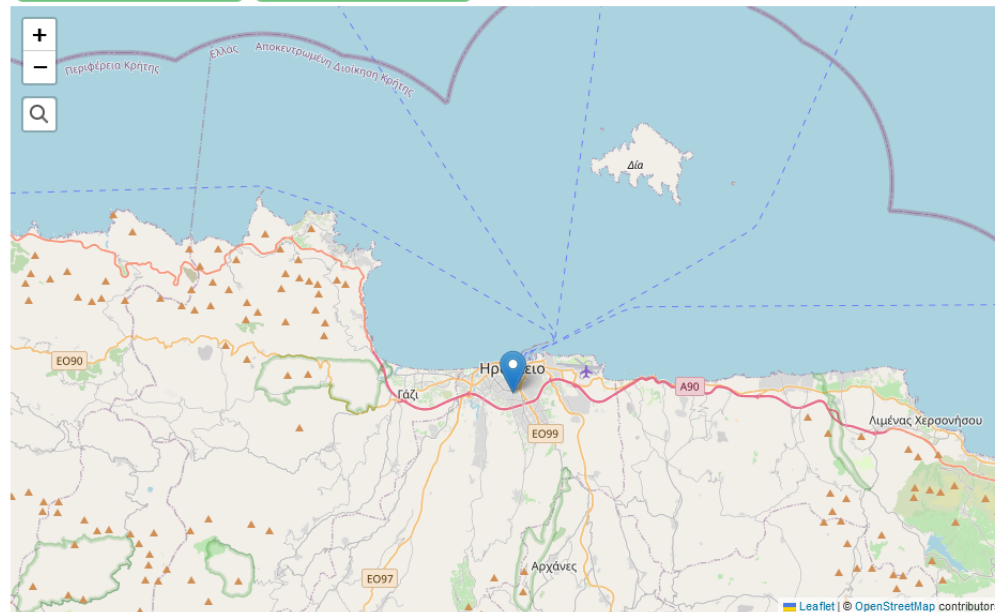
DLI στο Ηράκλειο

<https://dli.suntrackertech.com/>

| Μήνας | Ιαν | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μαϊ | Ιουν | Ιουλ | Αυγ | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DLI | 16.886 | 17.823 | 29.458 | 43.744 | 53.879 | 56.181 | 63.378 | 50.684 | 39.847 | 24.461 | 20.675 | 13.984 |



Toggle Weather Stations Display DLI Map Colors



Φωτοβολταϊκά ΣΤΙΣ ΣΤΕΓΕΣ



**Φωτοβολταϊκά
Σε Σιδηρόδρομους
Ελβετία**



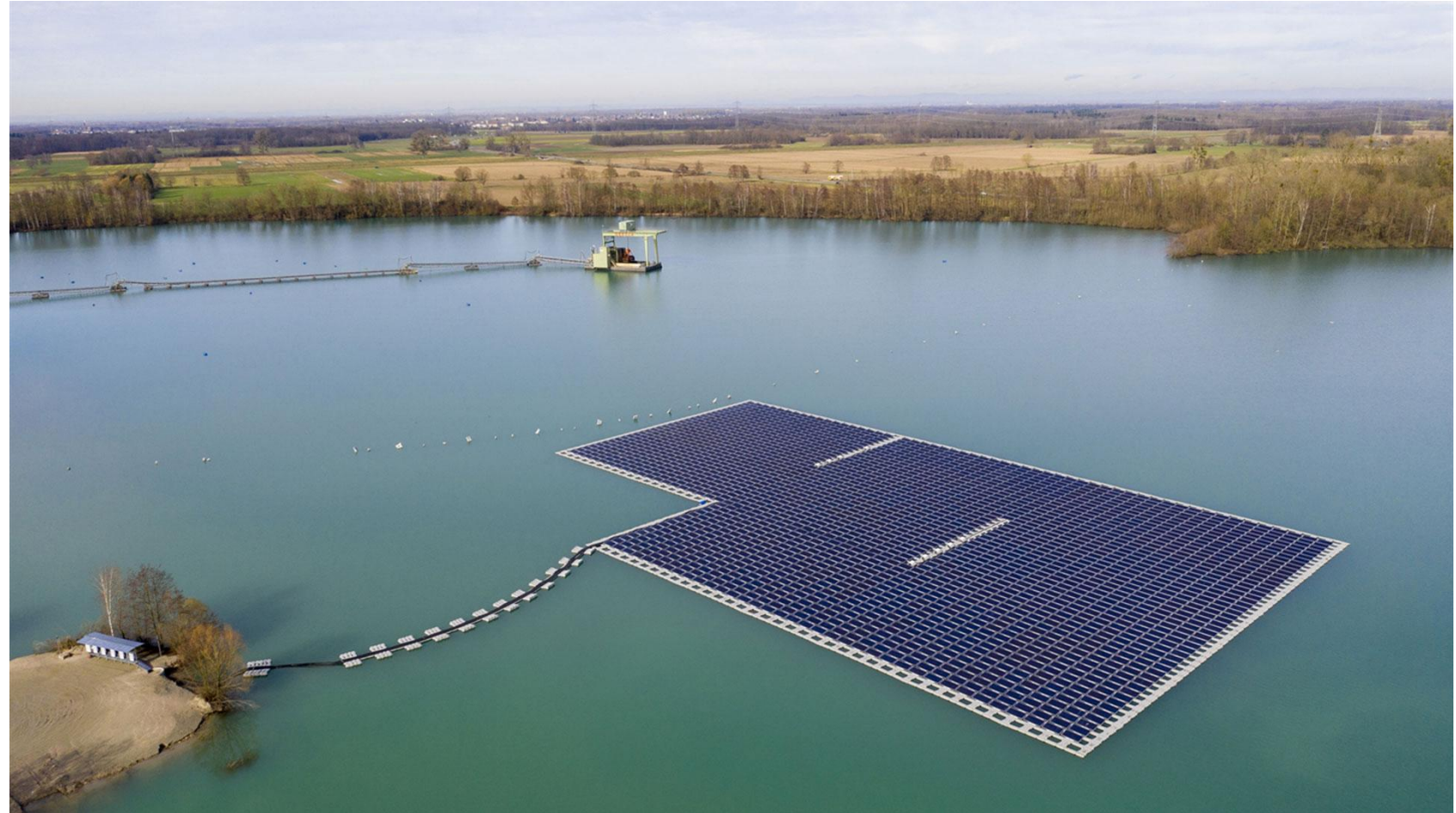
Φωτοβολταϊκά Σε φάρμες



Φωτοβολταϊκά Πλωτά



Φωτοβολταϊκά Πλωτά Σε λίμνες



**Φωτοβολταϊκά
αυτοκατανάλωσης
(net billing)
έχοντας
αντικαταστήσει
εκείνο του
ενεργειακού
συμψηφισμού (net
metering)**

Απόσβεση μίας τέτοιας επένδυσης:

- 5 έως 7 χρόνια για τους οικιακούς καταναλωτές και
- 3,6 έως 4,5 χρόνια για τους επαγγελματίες

Κύρια Σημεία:

- Ο χρόνος αποσβέσεως εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως επιδοτήσεις και τιμές.
- Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μειώνει το κόστος ενέργειας. Αυτό είναι σημαντικό.
- Φορολογικές ελαφρύνσεις και επιδοτήσεις βοηθούν στη χρηματοδότηση των έργων.

Φωτοβολταϊκά ενεργειακού συμψηφισμού (net metering)

Το τριφασικό φωτοβολταϊκό σύστημα συμψηφισμού παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας net metering 10kWp της προσφοράς παράγει ως 16.500kWh ετησίως

12650.0€

Το σύστημα καλύπτει την κατανάλωση μίας μονοκατοικίας με αντλία θερμότητας για 25 χρόνια

Απαιτούμενη επιφάνεια για την εγκατάσταση:

| | |
|------------------|------------|
| Ταράτσα ή έδαφος | 80-90 τ.μ. |
| Στέγη | 50-60 τ.μ. |