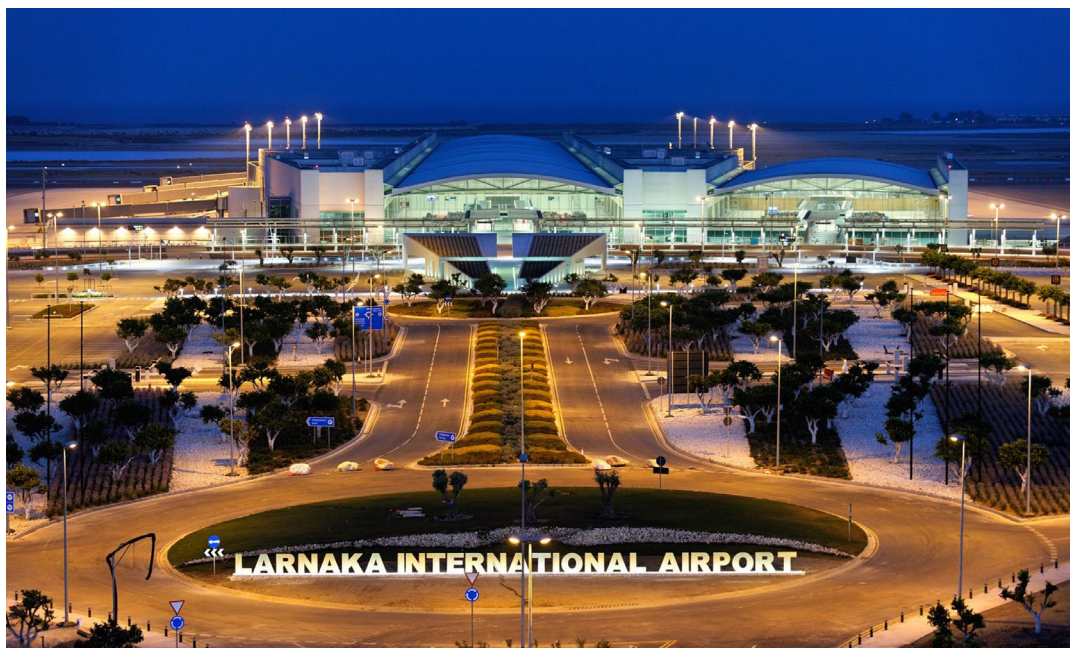




**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ  
ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ  
ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ  
ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ HERMES AIRPORTS LTD  
(ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ)**



**ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019**

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αντικείμενο Μελέτης	Μελέτη αντανάκλασης για την λειτουργία μονάδας παραγωγής ενέργειας με φωτοβολταϊκό σύστημα συνολικής ισχύος μέχρι 3.5MW
Περιοχή Έργου	Διεθνές Αερολιμένας Λάρνακας
Εργοδότης	Hermes Airports Ltd
Μελετητής	Νικολαΐδης & Συνεργάτες Πολιτικοί Μηχανικοί & Μηχανικοί Περιβάλλοντος Αγίου Παύλου 61, 1107, Λευκωσία-Κύπρος Τηλ: +357 22311958, Φαξ: +357 22312519 Email: <a href="mailto:nicol@NandA.com.cy">nicol@NandA.com.cy</a>
Τύπος Παραδοτέου	Τελική Έκθεση (Αναθεωρημένη)
Ημερομηνία Κατάθεσης	Νοέμβριος 2019

## Περιεχόμενα

1	ΜΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
2	ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ .....	7
3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
3.1	Σκοπός .....	8
3.2	Ηλιακή Ακτινοβολία.....	8
4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	10
4.1	Ορισμός Περιοχής Μελέτης.....	10
4.2	Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Προτεινόμενου Έργου .....	10
4.2.1	Γενικά .....	10
4.2.2	Φωτοβολταϊκό φαινόμενο .....	11
4.2.3	Φωτοβολταϊκές μονάδες και συστοιχίες .....	12
4.2.4	Συνοπτική Περιγραφή του Φωτοβολταϊκού Συστήματος .....	12
5	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΑΠΟ Φ/Β .....	16
5.1	Τύποι Αντανάκλασης .....	17
5.2	Αντανεκλαστική επιφάνεια (Anti-reflective coating-ACR) .....	20
5.3	Παράδειγμα από μελέτη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στο χώρο του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος το 2001 .....	24
6	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ .....	28
6.1	Οδηγίες FAA.....	28
6.2	Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Παράμετροι του Λογισμικού .....	29
6.2.1	Χωροθέτηση Φ/β συστήματος .....	29
6.2.2	Πορείες αεροσκαφών.....	29
6.2.3	Παράμετροι ανάλυσης .....	30
6.2.4	Παράμετροι για την Συστοιχία των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων (PV Array).....	30
6.2.5	Πορεία Πτήσης (Flight Path) .....	31
7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ .....	35
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	36
9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	37
10	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	38
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....	39
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ .....	42
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ .....	44
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV .....	53
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V .....	58
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI .....	61

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 3-1: Ηλιακή ενέργεια που δέχονται οι περιοχές της ανατολικής Μεσογείου.....	9
Εικόνα 3-2: Ηλιακή ενέργεια που δέχονται οι περιοχές της Κύπρου.....	9
Εικόνα 4-1: Περιοχή Μελέτης .....	10
Εικόνα 4-2: Λειτουργία φωτοβολταϊκού κυττάρου (Πηγή: <a href="http://www.gpneq.gr">www.gpneq.gr</a> ).....	11
Εικόνα 4-3: Φωτοβολταϊκές κυψέλες, ελάσματα, πίνακες και συστοιχίες .....	12
Εικόνα 4-4: Βάσεις φωτοβολταϊκών πινάκων .....	15
Εικόνα 5-1: Μέσες τιμές συντελεστή ανακλαστικότητας ορατού ηλιακού φωτός από διάφορες επιφάνειες.....	17
Εικόνα 5-2: Κατοπτρική ανάκλαση γυαλισμένες επιφάνειες π.χ. καθρέφτες, λείο γυαλί.....	18
Εικόνα 5-3: Κατοπτρική ανάκλαση γυαλισμένες επιφάνειες π.χ. καθρέφτες, λείο γυαλί.....	18
Εικόνα 5-4: Υπολογιζόμενη αντανάκλαση φωτός από το ηλιακό πλαίσιο ως συνάρτηση της γωνίας πρόσπτωσης .....	20
Εικόνα 5-5: Σχηματική παράσταση μηχανισμού εσωτερικής ανάκλασης από Φ/β πλαίσιο (εγκάρσια τομή πλαισίου).....	21
Εικόνα 6-1: Solar Glare Hazard Analysis Plot .....	28
Εικόνα 6-2: Δορυφορική Φωτογραφία που παρουσιάζει τη συστοιχία των πλαισίων και τις πορείες πτήσης.....	33
Εικόνα 6-3: Πορεία πτήσης 1 (FP1) .....	34
Εικόνα 6-4: Πορεία πτήσης 2 (FP2) .....	34
Εικόνα 7-1: Ενοχλήσεις σύμφωνα με το Solar Glare Hazard Plot για το PV array 1 .....	35
Εικόνα 7-2: Ενοχλήσεις σύμφωνα με το Solar Glare Hazard Plot για το PV array 2 .....	36

## Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 2-1: Κύρια Ομάδα Μελετητών.....	7
Πίνακας 4-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πίνακα .....	13
Πίνακας 5-1: Ανακλαστικότητα υλικών στις προσπίπτουσες γωνίες.....	22

## Πίνακας Σχεδιαγραμμάτων

Σχεδιάγραμμα 5-1: Ανάκλαση από ανοιχτόχρωμη μεταλλική βαφή .....	24
Σχεδιάγραμμα 5-2: Ανάκλαση από ανοιχτόχρωμη μεταλλική βαφή .....	25
Σχεδιάγραμμα 5-3: Ανάκλαση από παρμπρίζ αυτοκινήτου .....	25
Σχεδιάγραμμα 5-4: Ανάκλαση από φωτοβολταϊκό πλαίσιο .....	26
Σχεδιάγραμμα 5-5: Σύγκριση ανάκλασης ακτινοβολίας από επιφάνεια Φ/β πλαισίου, μεταλλικών βαφών και παρμπρίζ για ακτινοβολία ορατού φάσματος με γωνία πρόσπτωσης 80° .....	27

## Ακρωνύμια

ARC	Anti-Reflective Coating
FAA	Federal Aviation Administration
m <sup>2</sup>	τετραγωνικά μέτρα
m <sup>3</sup>	κυβικά μέτρα
SGHAT	Solar Glare Hazard Analysis Tool
A.Η.Κ	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΠΜ	Άμεση Περιοχή Μελέτης
ΕΠΜ	Ευρύτερη Περιοχή Μελέτης
μ	Μέτρα
ΜΕΕΠ	Μελέτη Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον
ΠΕ	Προτεινόμενο Έργο
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
Ρ.Α.Ε.Κ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας Κύπρου
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά

## 1 ΜΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Εταιρία **HERMES AIRPORTS Ltd** (αναφερόμενη στη Μελέτη ως *Εργοδότης*), πρόκειται να κατασκευάσει μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στην περιοχή του αεροδρομίου Λάρνακας (αναφερόμενη στη Μελέτη ως **Προτεινόμενο Έργο - ΠΕ**), με τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκά συστήματα όπως προνοούν οι Νομοθετικές Πρόνοιες, ισχύος μέχρι 3.5MW. Στα πλαίσια κατάθεσης των απαραίτητων εγγράφων ο Εργοδότης έχει αναθέσει στον Οίκο **ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ** (αναφερόμενοι στη Μελέτη ως *Σύμβουλοι*), την ετοιμασία Μελέτης Αντανάκλασης για πιθανές ενοχλήσεις στην λειτουργία του αεροδρομίου από το Προτεινόμενο Έργο. Τα πορίσματα και οι αποτελέσματα των Συμβούλων παρουσιάζονται στα επόμενα Κεφάλαια.

Το Προτεινόμενο Έργο πρόκειται να κατασκευαστεί εντός του περιβάλλοντα χώρου του Διεθνούς Αερολιμένα Λάρνακας σε απόσταση 4km νότια της πόλης Λάρνακας. Το ΠΕ χωροθετείται περίπου 4km δυτικά του δήμου Δρομολαξιάς-Μενεού και 6.5km βορειοδυτικά της κοινότητας Κιτίου. Το προτεινόμενο έργο θα κατασκευαστεί εντός των τεμαχίων 350, 351 και 406 (του Φ/Σχ 50/32) και του τεμαχίου 401 (του Φ/Σχ 50/32. Επίσης, το ΠΕ βρίσκεται σε απόσταση 1,5 χιλιομέτρου από το κτήριο του αεροδρομίου, 2.1km από τον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας και περίπου 1km από το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης.

Οι εγκαταστάσεις του ΠΕ θα κατασκευαστούν από συνήθη υλικά, ενώ οι κατασκευαστικές εργασίες εκτιμάται ότι θα ακολουθήσουν τη συνήθη διαδικασία που ακολουθείται για παρόμοιες εγκαταστάσεις. Οι φωτοβολταϊκοί πίνακες θα εισαχθούν από το εξωτερικό και θα μεταφερθούν στα τεμάχια όπου και θα τοποθετηθούν σε σταθερές μεταλλικές βάσεις. Οι βάσεις θα τοποθετηθούν με την μέθοδο της πασαλόμπηξης. Η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία.

- Φωτοβολταϊκοί πίνακες (11290 πίνακες),
- Μονοπάσσαλες μεταλλικές βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών συστημάτων,
- Μετατροπείς δικτύου,
- Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός,
- Δωμάτιο Μετασχηματιστών (Αρ. 2),
- Δωμάτιο Μετρητών ΑΗΚ (25m<sup>2</sup>),

Στο λογισμικό εισήχθησαν όλοι οι παράμετροι, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ΠΕ και οι πορείες πτήσεις και τα αποτελέσματα παρουσίασαν καθόλου ενόχληση στον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας και κατά μήκος της Πορείας Πτήσης 2. Η Πορεία Πτήσης 1 παρουσίασε πιθανή ενόχληση 27091 λεπτών τον χρόνο αλλά σύμφωνα με τις οδηγίες της FAA δεν είναι απαγορευτικό.

Επιπρόσθετα, οι ηλιακές αντανακλάσεις από τους φωτοβολταϊκούς πίνακες είναι λιγότερο έντονες από ότι εκείνες από λίμνη, θάλασσα ή ακόμη από γυαλί, σίδηρο/ατσάλι. Στην περίπτωση του Αεροδρομίου της Λάρνακας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η θάλασσα που χωροθετείται σε μικρή απόσταση, περίπου 1,7km, νοτιοανατολικά σε παράλληλη πορεία με το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης προκαλεί αντανακλάσεις του ηλιακού φωτός καθώς και οι λίμνες των Αλυκών Λάρνακας (δίπλα από το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης) οι οποίες καλύπτονται πλήρως από νερό το χειμώνα το οποίο ανακλά ηλιακό φως, ενώ το καλοκαίρι ξηραίνονται και η λευκή επιφάνεια που παραμένει επίσης ανακλά φως του ήλιου.

## 2 ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

Η Μελέτη αυτή ετοιμάστηκε από τον Οίκο «**Νικολαΐδης & Συνεργάτες**». Για την ολοκλήρωση της Μελέτης οι πιο κάτω αναγραφόμενοι Σύμβουλοι συγκρότησαν μια πλήρη Ομάδα η οποία αποτελείται από τους επιστήμονες που αναφέρονται στον Πίνακα 2-1.

Πίνακας 2-1: Κύρια Ομάδα Μελετητών

Άτομο	Ειδικότητα	Ακαδημαϊκά Προσόντα
<b>Πανίκος Νικολαΐδης</b>	Πολιτικός Μηχανικός	B. Eng. (Civil Engineering) 1986, City College of the City University of New York, New York, USA
	Μηχανικός Περιβάλλοντος	M. Eng. (Environmental Engineering) 1987, Manhattan College, New York, USA
<b>Ρένα Ξάνθου</b>	Πολιτικός Μηχανικός	B. Eng. (Civil Engineering) 1994, City College of the City University of New York, New York, USA
	Μηχανικός Περιβάλλοντος	M. Eng. (Environmental Engineering) 1996, City College of the City University of New York, New York, USA
<b>Αντώνης Στυλιανού</b>	Μηχανικός Περιβάλλοντος	M. Eng. (Civil and Environmental Engineering) 2013, Cardiff University, United Kingdom
<b>Χαρούλα Χριστοδουλίδου</b>	Γραμματειακή Υποστήριξη	

Η χρονική περίοδος που εκπονήθηκε η μελέτη καλύπτει την περίοδο Νοέμβριο 2019. Όλες οι Εκθέσεις, Πίνακες, Σχεδιαγράμματα, Έγγραφα κλπ. που περιλαμβάνονται σε αυτή την έκθεση βασίζονται στα δεδομένα που ήταν γνωστά κατά την πιο πάνω χρονική περίοδο.

Οι Σύμβουλοι έχουν παρουσιάσει σε αυτή την έκθεση τις τεκμηριωμένες απόψεις της σχετικά με τις πιθανές ενοχλήσεις του Διεθνούς Αερολιμένα Λάρνακας, από την λειτουργία του ΠΕ στην επιλεχθείσα θέση.



### 3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Εταιρία **HERMES AIRPORTS Ltd** (αναφερόμενη στη Μελέτη ως *Εργοδότης*), πρόκειται να κατασκευάσει μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στην περιοχή του αεροδρομίου Λάρνακας (αναφερόμενη στη Μελέτη ως **Προτεινόμενο Έργο - ΠΕ**), με τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκά συστήματα όπως προνοούν οι Νομοθετικές Πρόνοιες, ισχύος μέχρι 3.5MW. Στα πλαίσια κατάθεσης των απαραίτητων εγγράφων ο Εργοδότης έχει αναθέσει στον Οίκο **ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ** (αναφερόμενοι στη Μελέτη ως *Σύμβουλοι*), την ετοιμασία Μελέτης Αντανάκλασης για πιθανές ενοχλήσεις στην λειτουργία του αεροδρομίου από το Προτεινόμενο Έργο. Τα πορίσματα και οι αποτελέσματα των Συμβούλων παρουσιάζονται στα επόμενα Κεφάλαια.

Για την δημιουργία των μοντέλων και την εξαγωγή αποτελεσμάτων για την αντανάκλαση, έχει χρησιμοποιηθεί το λογισμικό ForgeSolar ώστε να εξεταστούν πιθανές ενοχλήσεις στην λειτουργία του Διεθνούς Αερολιμένα Λάρνακας.

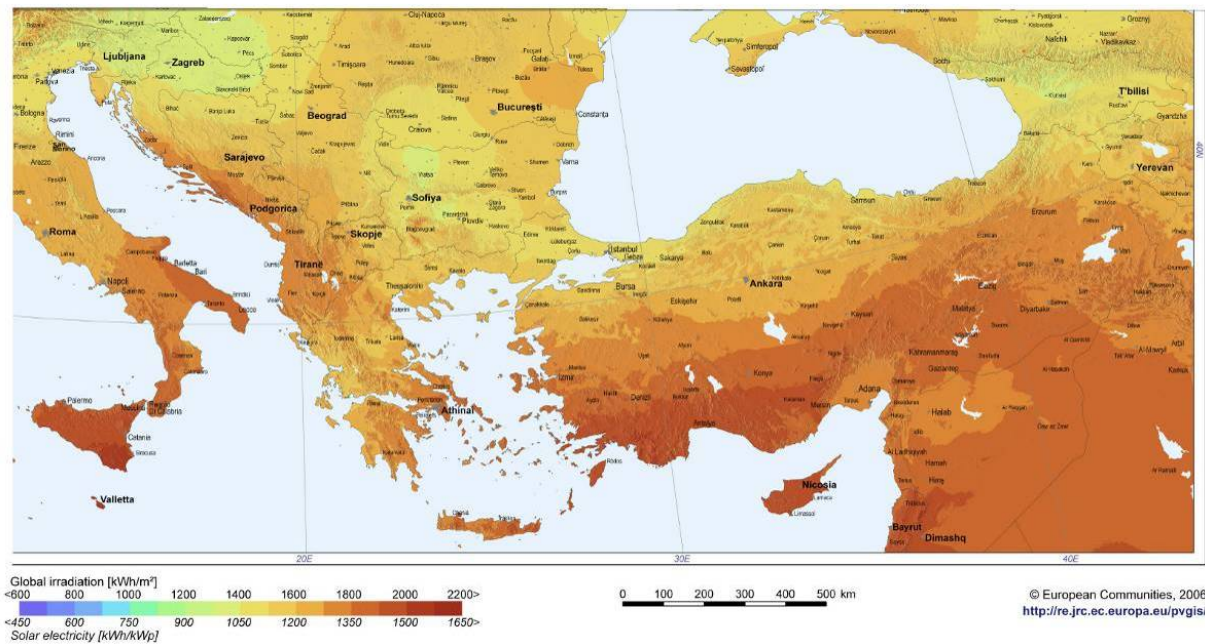
#### 3.1 Σκοπός

Σκοπός της Μελέτης είναι η αναγνώριση και η αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν στις πτήσεις αεροσκαφών και στον πύργο ελέγχου από την αντανάκλαση του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στους φωτοβολταϊκούς (Φ/β) πίνακες, οι οποίοι θα τοποθετηθούν πλησίον του Διεθνούς Αερολιμένα Λάρνακας.

#### 3.2 Ηλιακή Ακτινοβολία

Η θέση της Κύπρου εξασφαλίζει σημαντικά πλεονεκτήματα για την αξιοποίηση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγάλης διάρκειας ηλιοφάνεια που εμφανίζει η Κύπρος θεωρείται αρκετή για την εκμετάλλευσή της και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στις κεντρικές και ανατολικές πεδινές περιοχές ο μέσος όρος των ωρών ηλιοφάνειας, όπου ο ήλιος βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα, για το σύνολο του έτους ανέρχεται στο 75%. Η μέση ημερήσια ακτινοβολία που δέχεται η Κύπρος ανέρχεται στα 2,3 kWh/m<sup>2</sup> κατά τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο – Ιανουάριο) και περίπου 7,2 kWh/m<sup>2</sup> τον Ιούλιο. Η μέση ετήσια ακτινοβολία ανέρχεται στα 2200 kWh/m<sup>2</sup>. **(Εικόνες 3-1 και 3-2)**

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

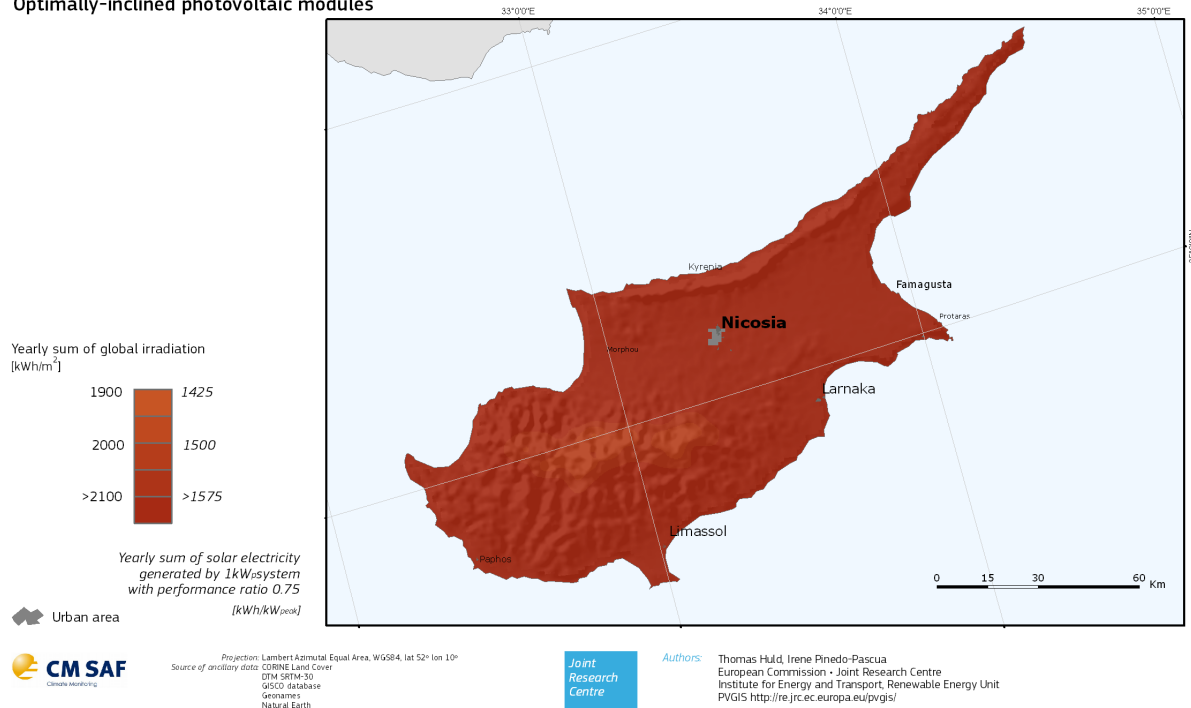


**Εικόνα 3-1:** Ηλιακή ενέργεια που δέχονται οι περιοχές της ανατολικής Μεσογείου (Πηγή: European Community, 2006)



Global irradiation and solar electricity potential  
 Optimally-inclined photovoltaic modules

**CYPRUS/ ΚΥΠΡΟΣ, KIBRIS**



**Εικόνα 3-2:** Ηλιακή ενέργεια που δέχονται οι περιοχές της Κύπρου (Πηγή: PVGIS © European Union, 2001-2012 / [www.re.jrc.ec.europa.eu](http://www.re.jrc.ec.europa.eu))

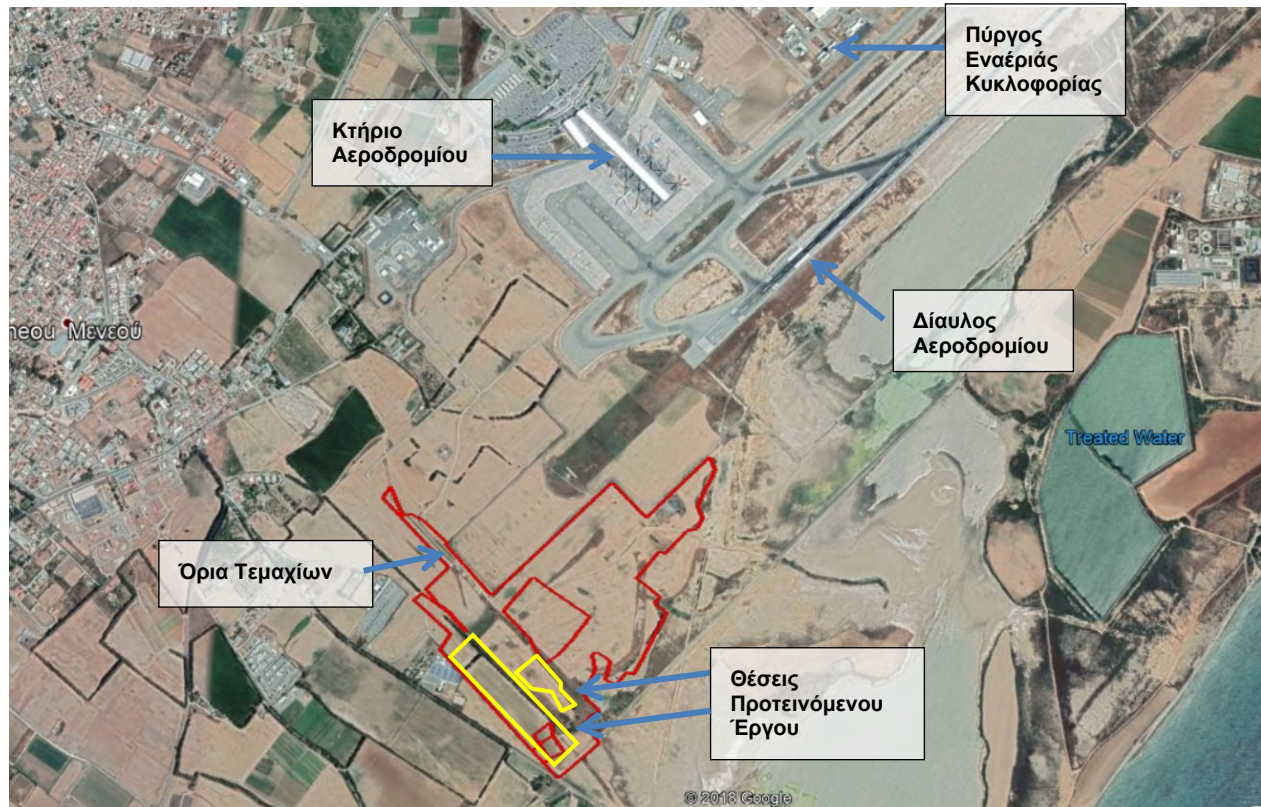
## 4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### 4.1 Ορισμός Περιοχής Μελέτης

Το Προτεινόμενο Έργο πρόκειται να κατασκευαστεί εντός του περιβάλλοντα χώρου του Διεθνούς Αερολιμένα Λάρνακας σε απόσταση 4km νότια της πόλης Λάρνακας. Το ΠΕ χωροθετείται περίπου 4km δυτικά του δήμου Δρομολαξιάς-Μενεού και 6.5km βορειοδυτικά της κοινότητας Κιτίου. Το ΠΕ θα κατασκευαστεί εντός των τεμαχίων 350, 351 και 406 (Φ/Σχ 50/32) και του τεμαχίου 401 (Φ/Σχ 50/32).

Επίσης, το ΠΕ βρίσκεται σε απόσταση 1,5 χιλιομέτρου από το κτήριο του αεροδρομίου, 2.1km από τον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας και περίπου 1km από το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης. Το ΠΕ θα καλύπτει συνολική έκταση 43,236m<sup>2</sup>. Η περιοχή μελέτης όπου θα ανεγερθεί το ΠΕ εμπίπτει στην πολεοδομική ζώνη ΕΑ (Ειδική Ζώνη Αεροδρομίου).

Στο **Παράρτημα Ι** επισυνάπτεται η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πινάκων.



Εικόνα 4-1: Περιοχή Μελέτης  
(Πηγή: Google Earth)

### 4.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Προτεινόμενου Έργου

#### 4.2.1 Γενικά

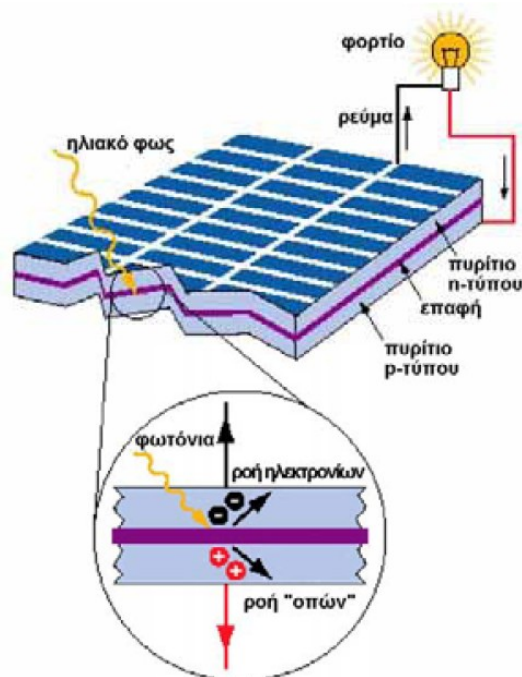
Το ΠΕ αφορά την κατασκευή και λειτουργία φωτοβολταϊκής μονάδας δυναμικότητας μέχρι 3.5 MW, για την παραγωγή και διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρωτογενής μορφή ενέργειας είναι η ηλιακή. Η ενέργεια του ήλιου ενεργοποιεί τα στοιχεία που

δομούν τους φωτοβολταϊκούς πίνακες τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια σε συνεχή μορφή (D.C.), ακολούθως το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα περνάει από αντιστροφέα τάσης (inverter) ο οποίος το μετατρέπει σε εναλλασσόμενο (A.C.) και από εκεί θα διοχετεύεται στον υποσταθμό της ΑΗΚ για διοχέτευση της ενέργειας μέσω γραμμής μεταφοράς είτε στο εθνικό δίκτυο της.

#### 4.2.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αναφέρεται σε μια ηλεκτρική τάση η οποία προκαλείται μετά από την πρόσπτωση του φωτός σε ένα υλικό. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά είτε απορροφάται από το υλικό. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει τη μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Υπάρχουν όμως κάποια υλικά τα οποία μετατρέπουν την ενέργεια του φωτός (φωτόνια – πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα υλικά αυτά είναι οι ημιαγωγοί (π.χ. πυρίτιο Si) των οποίων η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να ελεγχθεί είτε μόνιμα είτε δυναμικά.

Ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι φτιαγμένο κυρίως από ένα ημιαγωγό υλικό που ονομάζεται πυρίτιο (Silicon-Si). Πριν από τη χρήση των ημιαγωγών για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυττάρων, απαραίτητος είναι ο εμποτισμός του, από ξένα σώματα. Ανάλογα με το είδος της πρόσμιξης που θα χρησιμοποιηθεί, ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται είτε ως τύπου n (negative - αρνητικού), είτε ως τύπου p (positive - θετικού). Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του n-τύπου χρησιμοποιείται ο φώσφορος (P), ενώ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του p-τύπου χρησιμοποιείται το βόριο (B). Οι ημιαγωγοί τύπου p διαθέτουν περίσσεια θετικών φορτίων ή οπών, ενώ στους ημιαγωγούς τύπου n πλειοψηφούν τα αρνητικά φορτία, δηλαδή τα ηλεκτρόνια (**Εικόνα 4-2**).



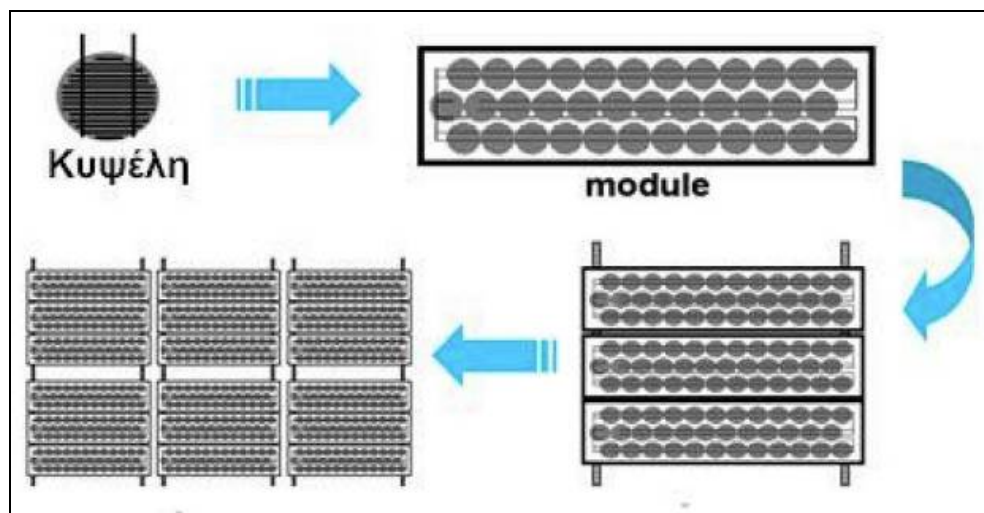
**Εικόνα 4-2:** Λειτουργία φωτοβολταϊκού κυττάρου (Πηγή: [www.gneng.gr](http://www.gneng.gr))

Όταν τα δύο αυτά διαφορετικά στρώματα των ημιαγωγών έρθουν σε επαφή, στο σημείο επαφής δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, καθώς από τη μια πλευρά υπάρχουν ελεύθερα θετικά φορτία (τύπου p) και από την άλλη ελεύθερα αρνητικά (τύπου n). Συνήθως ο ημιαγωγός που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία είναι ο p, και έτσι τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται από τον ημιαγωγό τύπου p οδηγούνται στον ημιαγωγό τύπου n, μέσω της επαφής p-n. Αν αυτές οι δύο επιφάνειες των ημιαγωγών συνδεθούν μεταξύ τους μέσω κάποιων ακροδεκτών και παρεμβληθεί ανάμεσά τους μία αντίσταση φορτίου, είναι προφανές ότι τα ηλεκτρόνια που έχουν μαζευτεί στον ημιαγωγό τύπου n θα κινηθούν μέσω των καλωδίων προς τον ημιαγωγό τύπου p, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος.

Μια τυπική φωτοβολταϊκή κυψέλη έχει την ικανότητα να παράγει περίπου 0,5 – 0,6 (V) συνεχούς ρεύματος σε συνθήκες μηδενικού φορτίου και ανοικτού κυκλώματος. Η ποσότητα ρεύματος που παράγει η κάθε κυψέλη εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα της, το μέγεθος της και είναι ανάλογη με την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

#### 4.2.3 Φωτοβολταϊκές μονάδες και συστοιχίες

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα σε κυκλώματα για την παραγωγή μεγαλύτερης τάσης και ισχύος. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούνται από κυψέλες σφραγισμένες σε προστατευτικό έλασμα (module) και αποτελούν θεμελιώδη δομική μονάδα των φωτοβολταϊκών πινάκων. Οι φωτοβολταϊκοί πίνακες περιέχουν μια ή περισσότερες μονάδες καλωδιωμένες και έτοιμες για εγκατάσταση. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι μια πλήρης μονάδα παραγωγής ρεύματος που μπορεί να περιέχει οποιονδήποτε αριθμό από πίνακες (**Εικόνα 4-3**).



**Εικόνα 4-3:** Φωτοβολταϊκές κυψέλες, ελάσματα, πίνακες και συστοιχίες

#### 4.2.4 Συνοπτική Περιγραφή του Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αναμένεται να λειτουργήσει ως ανεξάρτητη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής και αποτελεί κλασσική εφαρμογή μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ενεργοποίησης των στοιχείων που δομούν τους

φωτοβολταϊκούς πίνακες και μετατροπής τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ιδιαιτερότητα της εγκατάστασης έγκειται στο γεγονός ότι το ΠΕ τροφοδοτείται με ενέργεια αποκλειστικά από τον ήλιο, χωρίς τη διεξαγωγή καμιάς άλλης λειτουργίας που θα μπορούσε να αποτελέσει πηγή ρύπανσης.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα θα αποτελείται από 11290 φωτοβολταϊκούς πίνακες με συνολική ισχύ 3.5 MW. Πιο συγκεκριμένα, κάθε φωτοβολταϊκός πίνακας θα έχει διαστάσεις 1650 x 992 x 35 mm και θα έχει δυναμική παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 315 W. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πινάκων επισυνάπτονται στο **Παράρτημα V**. Οι φωτοβολταϊκές βάσεις θα τοποθετηθούν σε σταθερές βάσεις επί εδάφους με τη μέθοδο της πασαλλόμπτυξης.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα μεταφέρεται πρώτα σε μετατροπείς δικτύου όπου το συνεχές ρεύμα θα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο και ακολούθως θα διοχετεύεται στο υφιστάμενο δίκτυο της ΑΗΚ για κατανάλωση.

#### 4.2.4.1 Χωροδιάταξη

Μέσα από την ορθολογική χωροδιάταξη εξασφαλίζεται ο βέλτιστος τρόπος λειτουργίας και απόδοσης του φωτοβολταϊκού πάρκου καθώς και μείωση των πιθανών επιπτώσεων στις πορείες πτήσεων και στον πύργο εναερίας κυκλοφορίας από τις αντανακλάσεις. Επιπρόσθετα, εξασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση της όχλησης και ο επηρεασμός των ανέσεων σε παρακείμενες ή γειτονικές οικιστικές ή τουριστικές αναπτύξεις σε Οικιστικές Ζώνες ή άλλες ζώνες όπου ενθαρρύνονται τέτοιου είδους αναπτύξεις. Η χωροδιάταξη του ΠΕ παρουσιάζεται στο **Παράρτημα I**.

#### 4.2.4.2 Φωτοβολταϊκοί Πίνακες

Οι φωτοβολταϊκοί πίνακες αποτελούνται από μονοκρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου (P-Si) και βρίσκονται εντός μεταλλικού πλαισίου και καλυμμένα από υαλοπίνακα. Η δυναμική του κάθε φωτοβολταϊκού πίνακα ανέρχεται στα 315W (**Πίνακα 4-1**). Στο **Παράρτημα III** παρουσιάζονται όλα τα χαρακτηριστικά του Φωτοβολταϊκού πίνακα.

**Πίνακας 4-1:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πίνακα

<b>STP 310S- 20/Wfs (MC4_270) SPECIFICATIONS</b>	
All Black Anti-Reflection Coating	
<b>Electrical Data</b>	
Maximun Power (Pmax)	310W
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.1V
Maximum Power Current (Imp)	9.37A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.2V ± 5%
Short-circuit Current (Isc)	9.87A ± 5%
Module Efficiency STC (%)	18.9%
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C

Maximum system voltage	1500VDC (IEC)
Maximum series fuse rating	20A
Power tolerance	0 ± 5W
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C
Temperature coefficients of Voc	-0.34%/°C
Temperature coefficients of Isc	0.060%/°C
Nominal operating cell temperature (NOCT)	42±2°C
<b>Mechanical Data</b>	
Width	1650 mm
Length	992 mm
Depth	35 mm
Weight	18.3 kg
Total Area	1.63m <sup>2</sup>
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Connectors	MC4 compatible
<b>Warranty and Qualifications</b>	
Cell Type	Monocrystalline solar 6 inches
Number of cells	60

#### 4.2.4.3 Μετατροπείς Δικτύου

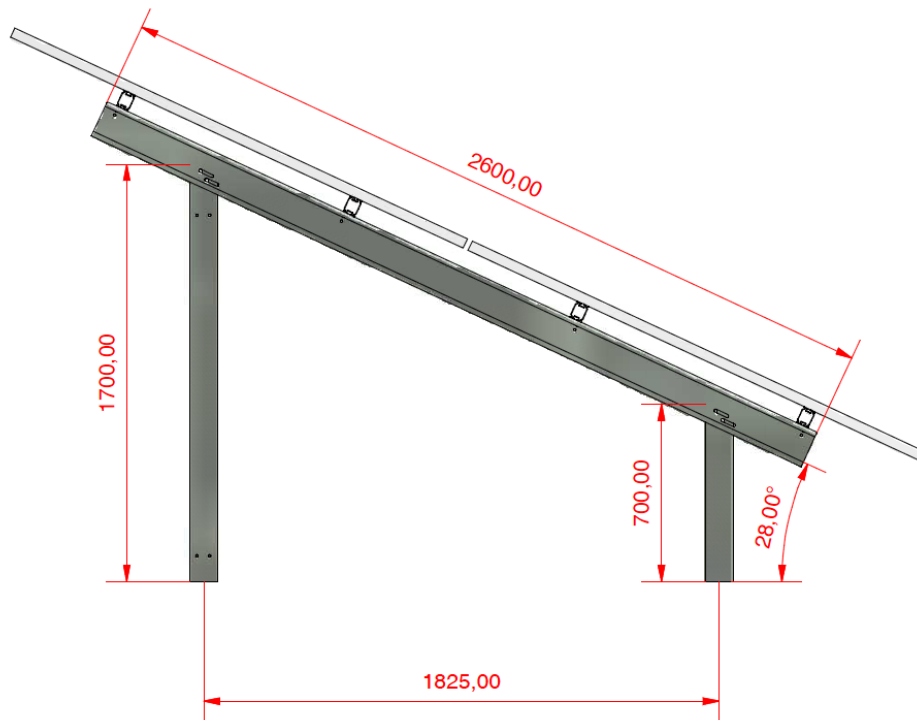
Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πίνακα είναι σε μορφή συνεχής τάσης (D.C). Η μετατροπή της συνεχής τάσης σε εναλλασσόμενη (A.C), που απαιτείται, και από πολλές κοινές συσκευές και από τη σύνδεση του δικτύου, επιτυγχάνεται με τον μετατροπέα τάσης. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, ενώ μπορεί να φτάσει ως και το 98.9%. Οι μετατροπείς συνδέονται άμεσα με το πλαίσιο ενσωματώνοντας έναν μέγιστο ιχνηλάτη σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker-MPPT), ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων, έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξαγάγει πάντα τη μέγιστη ισχύ από το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιούταν για μια ολόκληρη φωτοβολταϊκή διάταξη. Τώρα οι χωριστοί μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν κάθε "σειρά" των πλαισίων ή ακόμα και να επικολληθούν στην πλάτη των μεμονωμένων πλαισίων ("πλαίσια εναλλασσόμενου ρεύματος").

#### 4.2.4.4 Βάσεις στήριξης Φωτοβολταϊκού Πίνακα

Οι βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πινάκων θα είναι μεταλλικές (ανοξειδωτο ατσάλι ή αλουμίνιο) και θα εδράζονται απευθείας στη γη. Οι βάσεις αυτές είναι σταθερές και θα

στηρίζουν τους πίνακες σε κλίση 28 μοιρών και θα τοποθετηθούν με την μέθοδο της πασσαλόμπτυξης (Εικόνα 4-4).



Εικόνα 4-4: Βάσεις φωτοβολταϊκών πινάκων

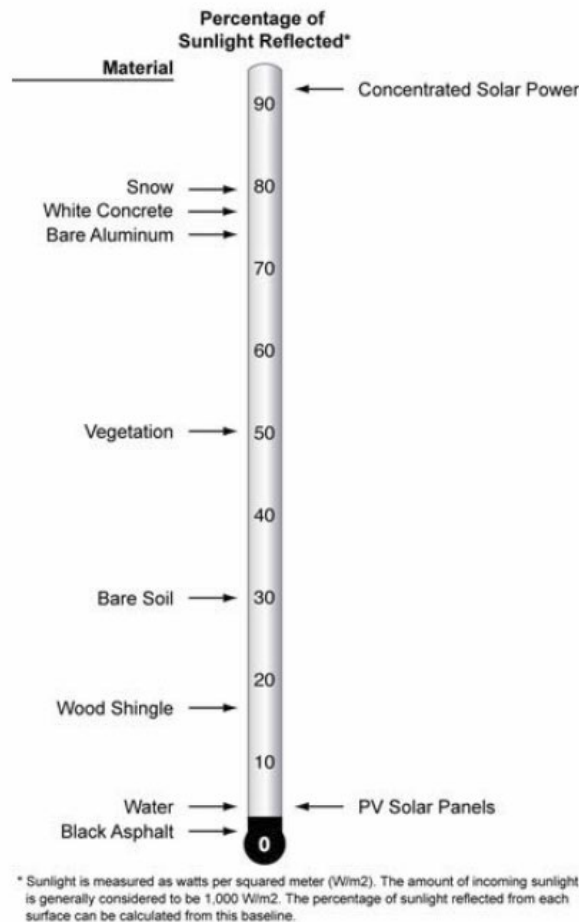


## 5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΑΠΟ Φ/Β

Η ανακλαστικότητα αναφέρεται στο φως που ανακλάται από τις επιφάνειες κάθε αντικείμενου. Οι πιθανές επιπτώσεις της ανακλαστικότητας είναι η λάμψη και έντονο φως (ή θάμπωμα), τα οποία μπορεί να προκαλέσουν μια σύντομη απώλεια της όρασης. Το ποσό της ανακλαστικότητας ποικίλει σημαντικά μεταξύ των ηλιακών τεχνολογιών. Τα έργα που αφορούν εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας πλέον εισάγουν νέες οπτικές επιφάνειες με κατάλληλες ρυθμίσεις για αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων κοντά σε αεροδρόμια όπου η ανακλαστικότητα θα μπορούσε να οδηγήσει σε εκτυφλωτικό φως, σε σύντομη τύφλωση σε πιλότους ή τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας.

Οι ανακλάσεις των φωτοβολταϊκών πινάκων αποτελούν μια σημαντική παράμετρο η οποία θα πρέπει να τυγχάνει αξιολόγησης για τυχόν επιπτώσεις στο ευρύτερο περιβάλλον της περιοχής μελέτης. Για το συγκεκριμένο ΠΕ έχουν επιλεγεί φωτοβολταϊκοί πίνακες με anti-glaring glass για να μειωθούν οι επιπτώσεις/ ενοχλήσεις από τις αντανάκλασεις.

Σημαντικός παράγοντας για την αξιολόγηση της ανακλαστικής ικανότητας των φωτοβολταϊκών πλαισίων, στα πλαίσια του βαθμού επίπτωσής στο περιβάλλον, αποτελεί η συσχέτιση των ανακλάσεων με άλλα αντικείμενα όπως ανεμοθώρακες αυτοκινήτων, μεταλλικές επιφάνειες, ασφαλτος και άλλα υλικά (**Εικόνα 5-1**) στην περιοχή όπου θα εγκατασταθούν. Δηλαδή σε περίπτωση που οι φωτοβολταϊκοί πίνακες ανακλούν μεγαλύτερες ποσότητες ορατής ακτινοβολίας, σε σχέση με άλλες κατασκευές/αντικείμενα, τότε οι επιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν σημαντικότερες από τις περιπτώσεις όπου άλλες κατασκευές/αντικείμενα υλικά εκπέμπουν μεγαλύτερες ποσότητες ακτινοβολίας σε σχέση με αυτά.

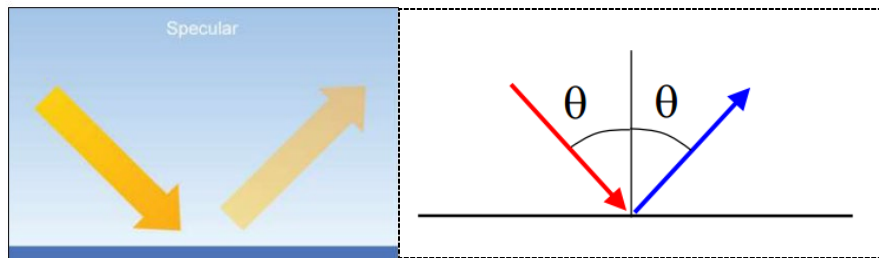


**Εικόνα 5-1:** Μέσες τιμές συντελεστή ανακλαστικότητας ορατού ηλιακού φωτός από διάφορες επιφάνειες

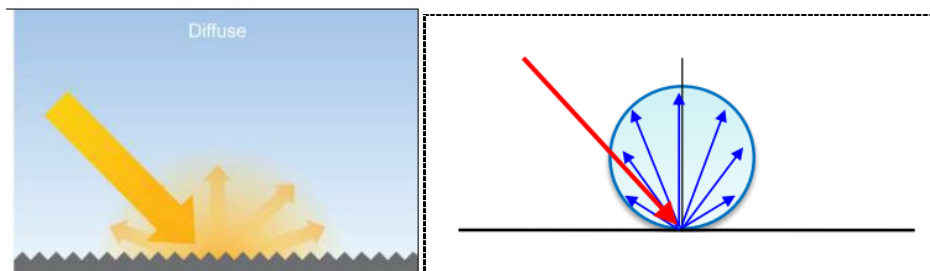
## 5.1 Τύποι Αντανάκλασης

Οι αντανάκλασεις από το φως μπορούν να χαρακτηριστούν ως κατοπτρικές (**Εικόνα 5-2**) ή διάχυτες (**Εικόνα 5-3**). Μια κατοπτρική αντανάκλαση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτή που δημιουργείται από ένα καθρέφτη, ενώ μια διάχυτη αντανάκλαση διασκορπίζει το εισερχόμενο φως σε πολλές κατευθύνσεις. Τα πιο κάτω σχήματα απεικονίζουν τη διαφορά μεταξύ των δύο τύπων των αντανάκλασεων.

Το ηλιακό φως μπορεί να φτάσει σε μια επιφάνεια από όλες τις διευθύνσεις του ημισφαιρίου. Η ακτινοβολία μπορεί να απορροφηθεί από το υλικό της επιφάνειας, να το διαπεράσει ή να το αντανάκλασει. Κάποια ηλιακά πάνελ είναι επίπεδα και έχουν μια ομαλή επιφάνεια στην οποία το μεγαλύτερο μέρος του φωτός που αντανάκλαται είναι κατοπτρικό. Αυτό σημαίνει ότι το προσπίπτον φως από μία συγκεκριμένη κατεύθυνση επανακτινοβολείται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.



Εικόνα 5-2: Κατοπτρική ανάκλαση.

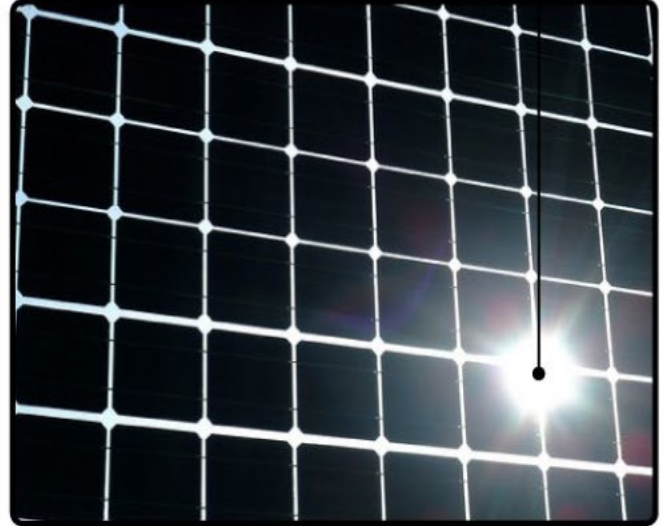


Εικόνα 5-3: Διάχυτη ανάκλαση.

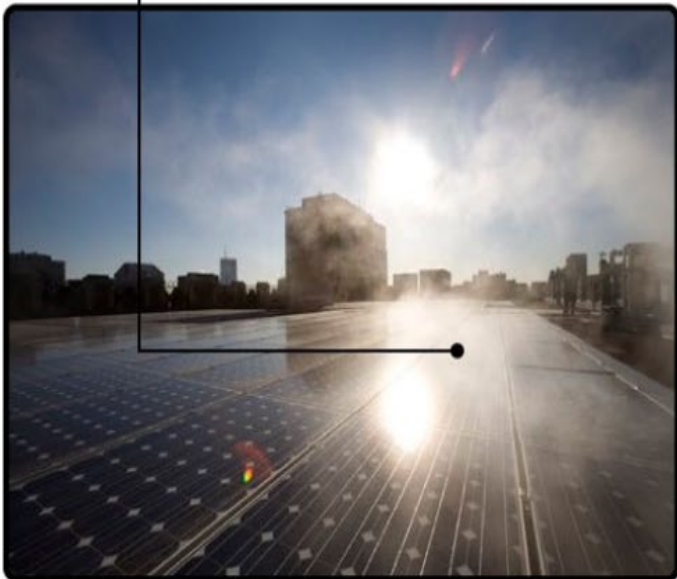
Στα αεροδρόμια ή κοντά σ' αυτά, ενδιαφέρει η ελαχιστοποίηση της κατοπτρικής αντανάκλασης προς οποιαδήποτε γωνία και ειδικότερα προς τους διαδρόμους προσέγγισης των αεροπλάνων και τον πύργο ελέγχου, ώστε να μη δημιουργούνται παρεμβολές στο οπτικό πεδίο των πιλότων και των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας.

Φ/β συστήματα έχουν ήδη εγκατασταθεί σε πολλά αεροδρόμια του κόσμου, (όπως το αεροδρόμιο Ναρίτα του Τόκιο, της Βαρκελώνης, του Μονάχου, του Πίτσμπουργκ, του Φρέσνο, αλλά και στο Ελευθέριος Βενιζέλος στην Αθήνα). Για την εγκατάσταση Φ/β συστήματος σε χώρο ενός αεροδρομίου ή σε άλλο χώρο εγγύς αυτού, θα πρέπει να βεβαιωθεί με τη χρήση αξιόπιστων λογισμικών ότι οι ανακλάσεις δεν προκαλούν οποιοδήποτε πρόβλημα.

Λάμψη ή αλλιώς κατοπτρική ανάκλαση - Δημιουργείται από άμεση αντανάκλαση του ήλιου στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πάνελ. Αυτή η πηγή θα μπορούσε να οδηγήσει σε διάφορα οπτικά προβλήματα

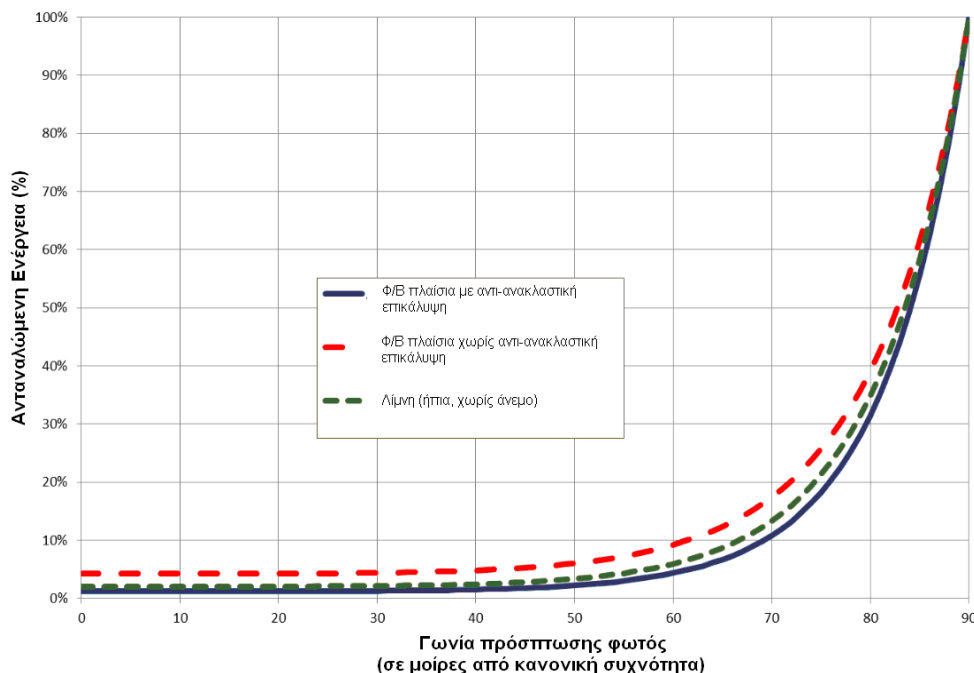


Θάμβωση - Μια συνεχής πηγή φωτεινότητας, που σχετίζεται με τη διάχυτη ανάκλαση. Δεν αφορά άμεση αντανάκλαση του ήλιου, αλλά μια αντανάκλαση του φωτεινού ουρανού. Η θάμβωση είναι λιγότερο έντονη από ότι λάμψη.



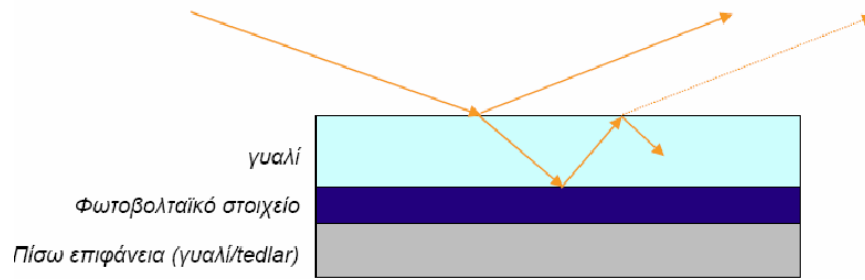
## 5.2 Αντανεκλαστική επιφάνεια (Anti-reflective coating-ACR)

Οι λείες επιφάνειες των Φ/β υλικών που συνθέτουν τις ηλιακές κυψελίδες, προκαλούν αύξηση του ποσοστού της ανακλώμενης ακτινοβολίας και προφανώς μείωση της απόδοσής τους. Είναι λοιπόν εύλογη η ανάγκη που προκύπτει για την δημιουργία μιας αντι-αντανεκλαστικής οπτικής επιφάνειας, με την οποία θα αυξηθεί το ποσοστό της διερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, και αυτό μπορεί να γίνει με την ανάπτυξη μίας διαφανής επικάλυψης (Anti-reflective coating - ARC) αποτελούμενης από ένα ή περισσότερα στρώματα. Με τη χρήση της ARC μπορεί να μειωθεί η αντανάκλαση από τα Φ/β πινάκων μέχρι και 3%. Η **Εικόνα 5-4** συγκρίνει την αντανάκλαση (%) Λίμνης και Φ/β πινάκων (με ή χωρίς αντι-αντανεκλαστική επικάλυψη), σε σχέση με την γωνία πρόσπτωσης του φωτός του ήλιου. Επίσης, από μελέτες και μετρήσεις που έγιναν μπορεί να θεωρηθεί πως η ακτινοβολία που ανακλάται από τους φωτοβολταϊκούς πίνακες κυμαίνεται σε ένα ποσοστό της τάξης των 10% (**Εικόνα 5-5**). Ο Πίνακας 5-1 που ακολουθεί παρουσιάζει την αντανεκλαστικότητα διαφόρων υλικών στις διάφορες προσπίπτουσες γωνίες.



**Εικόνα 5-4:** Υπολογιζόμενη αντανάκλαση φωτός από το ηλιακό πλαίσιο ως συνάρτηση της γωνίας πρόσπτωσης

(Πηγή: Glare Potential Evaluations - Suniva , Inc. - August 2012).



**Εικόνα 5-5:** Σχηματική παράσταση μηχανισμού εσωτερικής ανάκλασης από Φ/β πλαίσιο (εγκάρσια τομή πλαισίου)

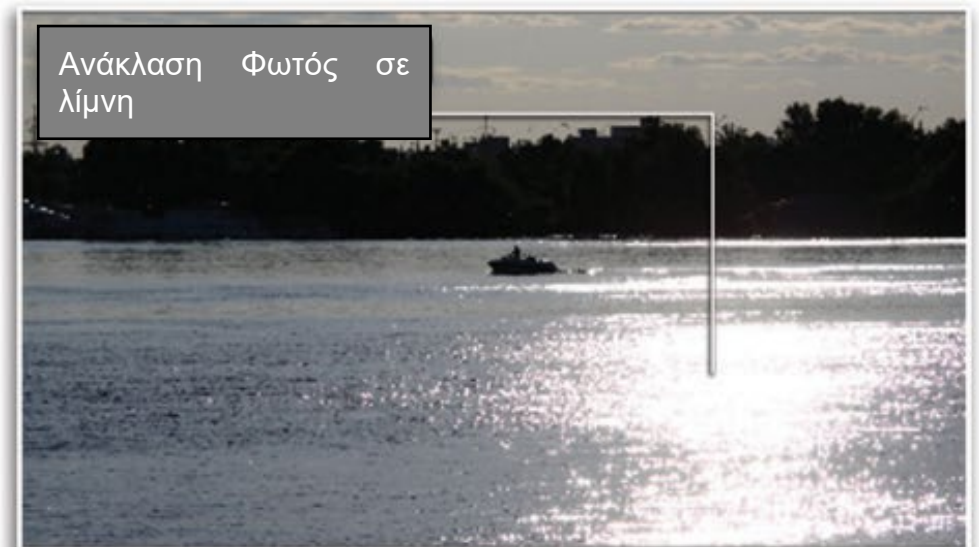
**Πίνακας 5-1:** Ανακλαστικότητα υλικών στις προσπίπτουσες γωνίες

[Πηγή : SOLARGEN Energy Panoche Valley Solar Farm Project Glint and Glare Study, May 2011]

Κοινές αντανакλαστικές επιφάνειες (σε περιβάλλον γύρω από Φ/Β συστήματα)		Προσπίπτουσα γωνία σε μοίρες						
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Ανακλαστικότητα υλικών (% του προσπίπτοντος φωτός που ανακλάται)	Σίδηρος	36.73%	39.22%	46.34%	57.11%	70.02%	83.15%	94.40%
	Χιόνι	21.63%	23.09%	27.29%	33.63%	41.23%	48.96%	55.59%
	Τυπικό γυαλί	8.44%	9.01%	10.65%	13.12%	16.09%	19.10%	21.69%
	Πλέξιγκλας	8%	8.54%	10.09%	12.44%	15.25%	18.11%	20.56%
	Πλαστικό	6.99%	7.46%	8.82%	10.87%	13.33%	15.83%	17.97%
	Νερό με λεία επιφάνεια	4.07%	4.35%	5.14%	6.33%	7.76%	9.22%	10.47%
	Φ/Β Πίνακας με υψηλή μεταβίβαση φωτός, χαμηλό σίδηρο	3.99%	4.26%	5.03%	6.20%	7.61%	9.03%	10.26%
	Φ/Β Πίνακας με αντι-ανακλαστικό υλικό	2.47%	2.64%	3.12%	3.84%	4.71%	5.59%	6.35%

**Σημείωση:** Για τους πιο πάνω υπολογισμούς οι τιμές που αναφέρονται αφορούν τις μέσες ή μερικές ενιαίες τιμές. Ο δείκτης τιμών διάθλασης μπορεί να διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τους προμηθευτές και τα έγγραφα αναφοράς.

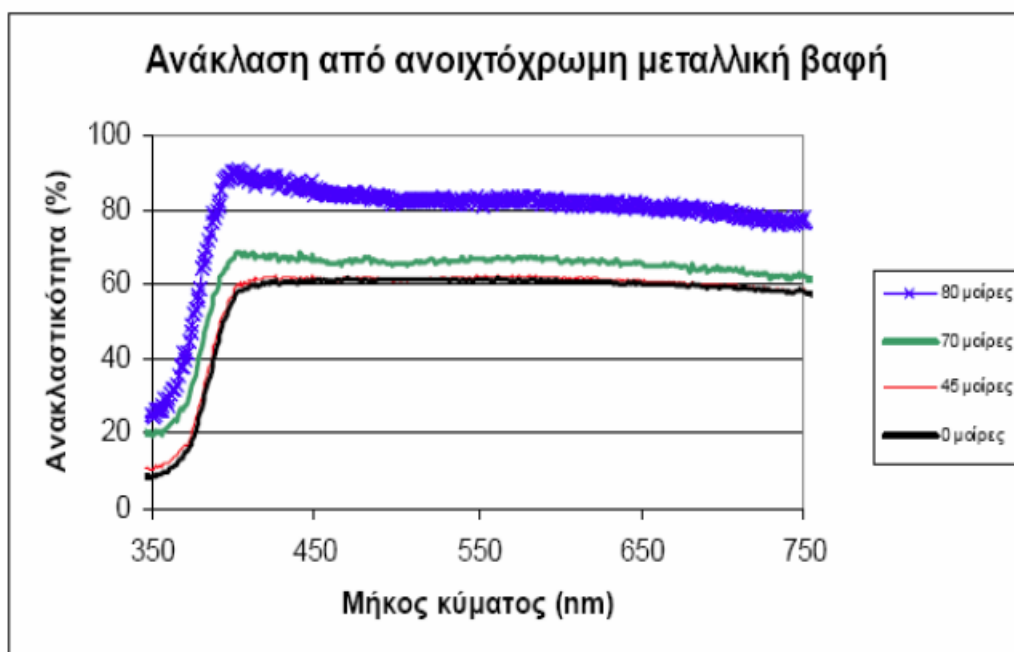
Οι πιο κάτω εικόνες παρουσιάζουν παραδείγματα ανάκλασης του φωτός σε διάφορα υλικά



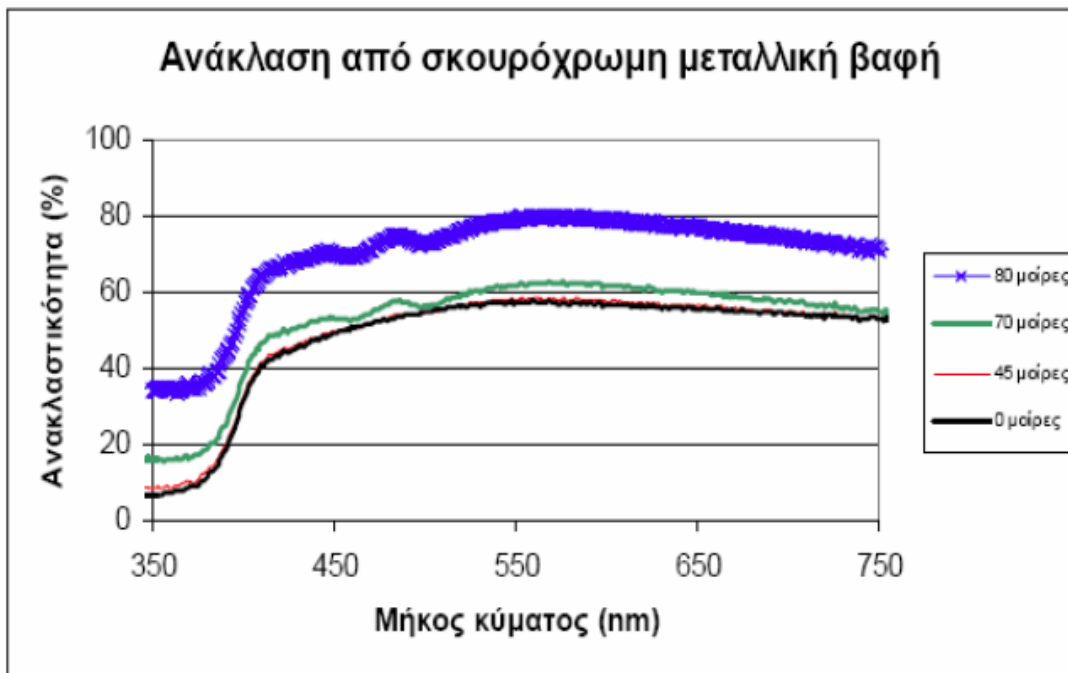


### 5.3 Παράδειγμα από μελέτη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στο χώρο του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος το 2001

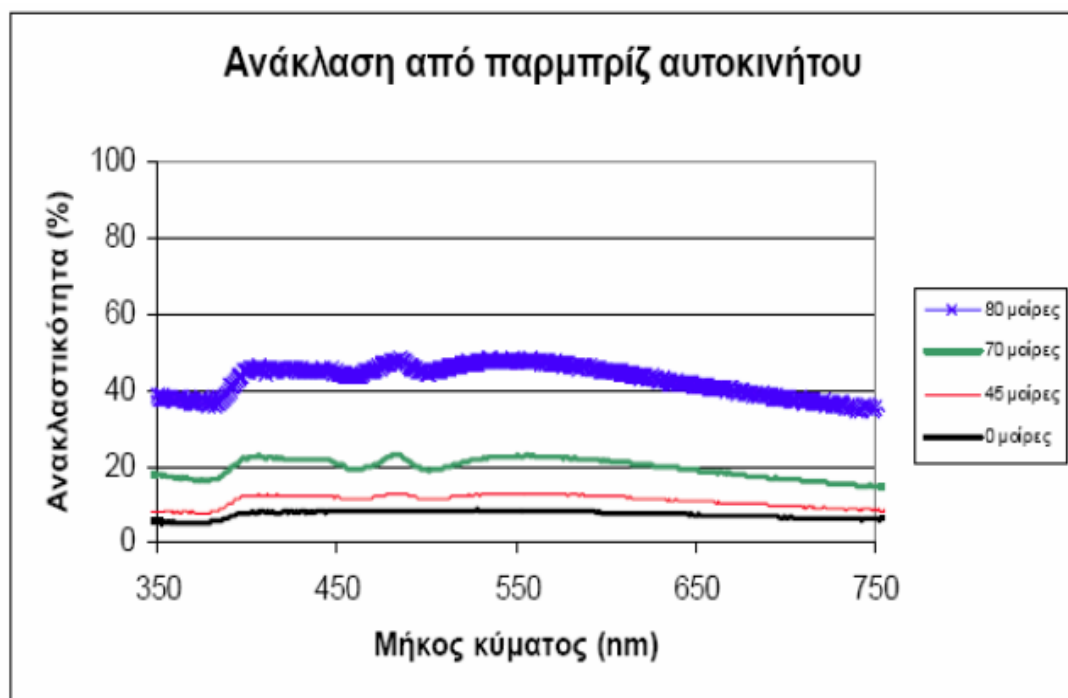
Για να διαπιστωθεί αν θα μπορούσαν να εγκατασταθούν Φ/β στο χώρο του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος, το 2001, σχεδιάστηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) μια πειραματική διάταξη που συγκρίνει την ανάκλαση που προκαλεί η επιφάνεια ενός κλασικού Φ/β πλαισίου, με αυτές από βαφή και παρμπρίζ αυτοκινήτου. Η σύγκριση με τις επιφάνειες ενός αυτοκινήτου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς οχήματα βρίσκονται πρακτικά παντού. Πιο κάτω παρουσιάζονται σχεδιαγράμματα με τις ανακλάσεις ακτινοβολίας διάφορων υλικών. (Πηγή: Η ανακλαστικότητα των φωτοβολταϊκών πλαισίων-Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών , Γ' Έκδοση, Ιανουάριος 2009).



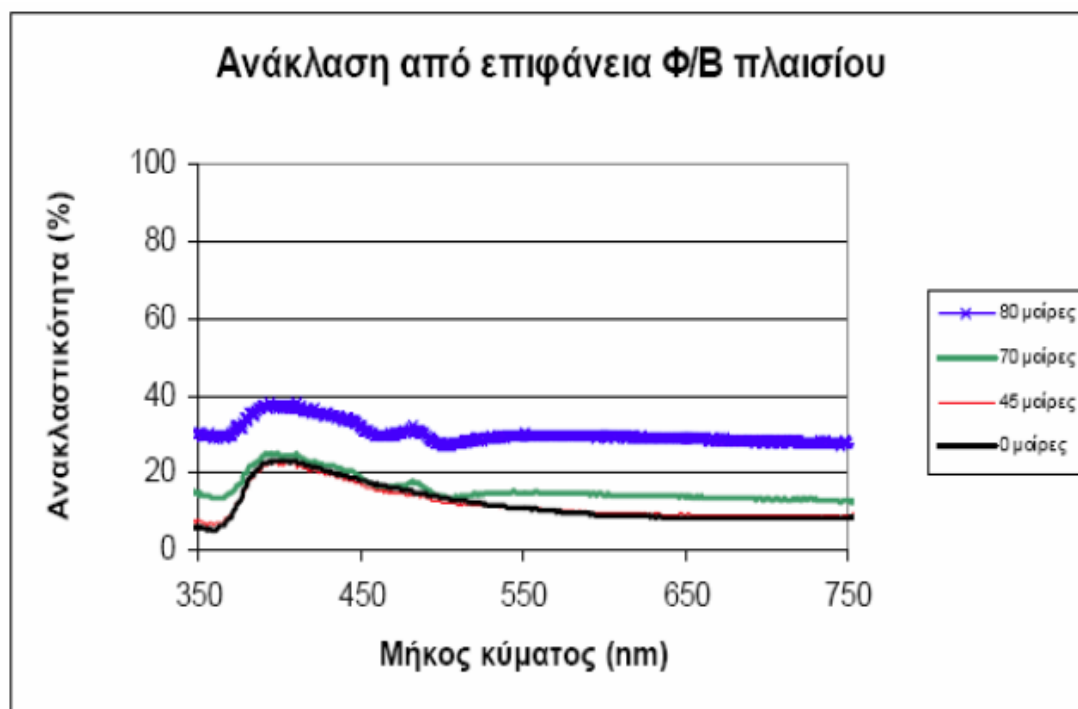
Σχεδιάγραμμα 5-1: Ανάκλαση από ανοιχτόχρωμη μεταλλική βαφή



Σχεδιάγραμμα 5-2: Ανάκλαση από ανοιχτόχρωμη μεταλλική βαφή



Σχεδιάγραμμα 5-3: Ανάκλαση από παρμπρίζ αυτοκινήτου



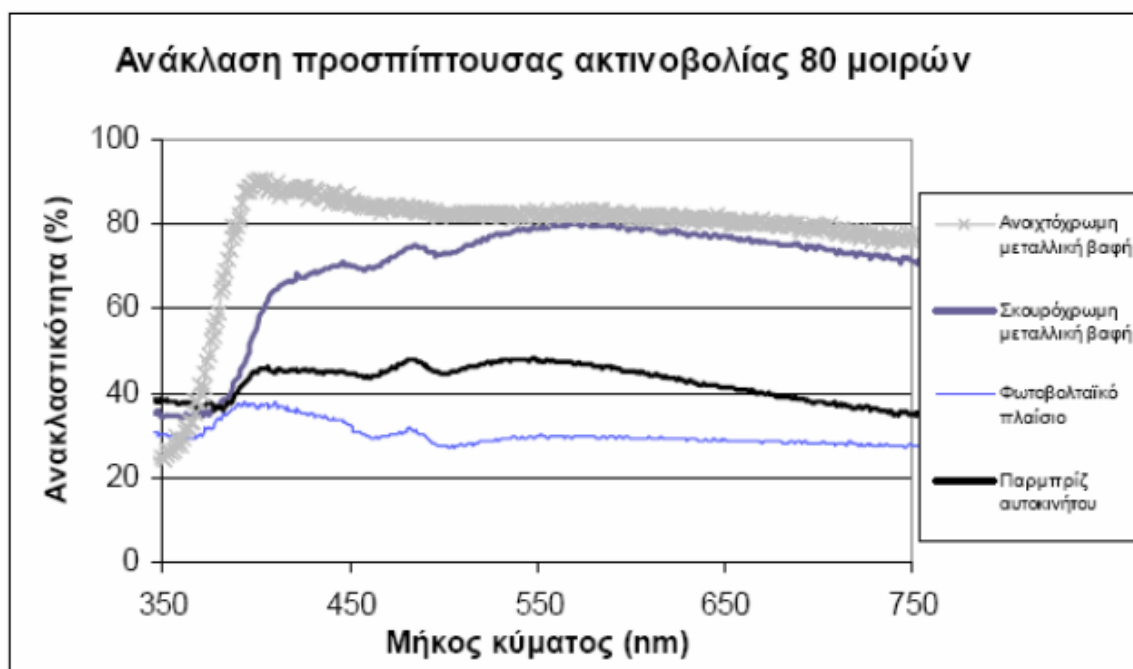
Σχεδιάγραμμα 5-4: Ανάκλαση από φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Αν συγκριθούν οι ανακλάσεις που μετρήθηκαν από τα διάφορα υλικά μεταξύ τους, στα σχεδιαγράμματα, φαίνεται καθαρά ότι στην ανάκλαση της κάθετης ακτινοβολίας οι μεταλλικές βαφές έχουν σαφώς μεγαλύτερη ανακλαστικότητα από τις επιφάνειες του Φ/β πλαισίου και του παρμπρίζ. Το παρμπρίζ και το Φ/β πλαίσιο έχουν παρόμοια ποσοστά ανάκλασης και μάλιστα κάτω από 10% στην μεγαλύτερη περιοχή του ορατού φάσματος. Παρότι το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό δεν είναι διαφανές, όπως το παρμπρίζ και στην ανάκλαση προστίθεται η ανάκλαση που προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που βρίσκονται κάτω από το προστατευτικό τζάμι, οι ειδικές προδιαγραφές του γυαλιού που χρησιμοποιείται διατηρούν τη συνολική ανακλαστικότητα σε χαμηλά επίπεδα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι ειδικά επεξεργασμένα για να ελαχιστοποιείται η ανάκλαση της ακτινοβολίας καθώς στόχος είναι η μέγιστη απορρόφηση για τη μετατροπή της ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η συμβολή στην ανακλώμενη ακτινοβολία, που προέρχεται από το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, είναι εντονότερη στην περιοχή των 400-450nm, με αποτέλεσμα η συνολική ανακλαστικότητα να αγγίζει το 20% σε αυτή την περιοχή. Αυτό είναι χαρακτηριστικό του πολυκρυσταλλικού πυριτίου και του προσδίδει το μπλε χρώμα. Σε Φ/β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου ή τεχνολογιών λεπτού υμενίου (thin film) αυτή η ανακλαστικότητα είναι μικρότερη καθώς το χρώμα τους φαίνεται μαύρο.

Στο Φ/β πλαίσιο η αύξηση της ανάκλασης είναι επίσης αισθητή, αλλά είναι μικρότερη από ότι για τα υπόλοιπα υλικά. Αυτό οφείλεται στις ειδικές προδιαγραφές του γυαλιού που χρησιμοποιείται στα Φ/β πλαίσια (χαμηλή περιεκτικότητα σιδήρου για μεγαλύτερη διαπερατότητα και κατεργασμένη επιφάνεια [texture] για μείωση ανακλαστικότητας),

που του μειώνει την ανακλαστικότητα ενώ η ανακλαστικότητα που προστίθεται από το πυρίτιο ελαχιστοποιείται σε αυτές τις γωνίες λόγω εσωτερικής ανάκλασης και παγίδευσης του φωτός. Χαρακτηριστικό της έλλειψης της συνιστώσας που προέρχεται από το πυρίτιο είναι η σχετικά επίπεδη μορφή του φάσματος του ανακλώμενου φωτός σε αντίθεση με την αύξηση της ανακλαστικότητας στην περιοχή των 400-450nm που παρατηρείται στην κάθετη ακτινοβολία και προσδίδει τη μπλε απόχρωση του πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Από τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα είναι ξεκάθαρο ότι η ανάκλαση της ορατής ακτινοβολίας από την επιφάνεια των Φ/β πλαισίων δεν είναι σε επίπεδα που θα μπορούσε να προκαλέσει οπτική όχληση, τουλάχιστον όχι μεγαλύτερη απ' αυτή που προκαλούν τα αυτοκίνητα.



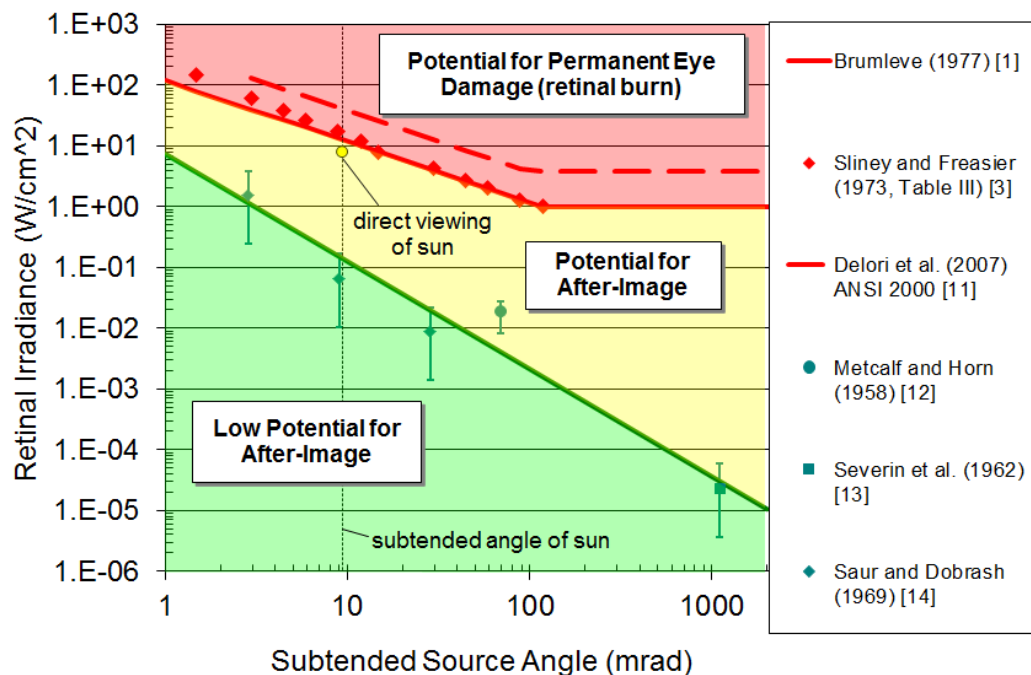
**Σχεδιάγραμμα 5-5:** Σύγκριση ανάκλασης ακτινοβολίας από επιφάνεια Φ/β πλαισίου, μεταλλικών βαφών και παρμπρίζ για ακτινοβολία ορατού φάσματος με γωνία πρόσπτωσης 80°.

## 6 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

### 6.1 Οδηγίες FAA

Η Federal Aviation Administration (FAA – Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας των Ηνωμένων Πολιτειών) για να εξασφαλίσει την ασφάλεια των ταξιδιωτών και των αερομεταφορών έχει δημιουργήσει διάφορα λογισμικά προσομοίωσης αντανάκλασης. Η FAA θέλει να σιγουρευτεί ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν δημιουργούν αντανάκλαση ώστε να δημιουργηθεί οπτική ενόχληση στους πιλότους και στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας εξασφαλίζοντας την ασφάλεια του συστήματος αεροπορικών μεταφορών.

Η FAA δημιούργησε το Solar Glare Hazard Analysis Plot (**Εικόνα 6-1**) ως σταθερό μέτρο σύγκρισης της πιθανής ενόχλησης από φωτοβολταϊκά πάρκα κοντά σε αεροδρόμια. Για να δοθεί έγκριση από την FAA για αναθεώρηση του χωροταξικού ενός αεροδρομίου ώστε να συμπεριληφθεί το φωτοβολταϊκό πάρκο, ο διαχειριστής του αεροδρομίου πρέπει να αναφερθεί στο Solar Glare Hazard Analysis Plot και να ετοιμάσει μοντέλα αντανάκλασης μέσω του λογισμικού ForgeSolar για να παρουσιάσει τις πιθανές αντανάκλασεις από το ΠΕ.



**Εικόνα 6-1:** Solar Glare Hazard Analysis Plot

Οι 3 περιοχές που φαίνονται στην **Εικόνα 6-1** δείχνουν τα εξής:

- Πιθανή μόνιμη ζημιά στο μάτι (Κόκκινο Χρώμα),
- Πιθανή προσωρινή ενόχληση στο μάτι (Κίτρινο Χρώμα),
- Ελάχιστες πιθανότητες για προσωρινή ενόχληση στο μάτι (Πράσινο χρώμα).

Σε περίπτωση που το φωτοβολταϊκό πάρκο εγκατασταθεί μέσα ή πλησίον των ορίων του αεροδρομίου, τότε ο διαχειριστής του αεροδρομίου πρέπει να παρουσιάσει ότι το φωτοβολταϊκό πάρκο ακολουθά τις πιο κάτω οδηγίες και παραμέτρους της FAA:

- Καθόλου ενόχληση από αντανάκλασεις στον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας.
- Καθόλου ή ελάχιστες πιθανότητες (Πράσινο Χρώμα- Εικόνας 6-1) για αντανάκλαση κατά μήκος της τελικής πορείας προσγείωσης ή μελλοντικών πορειών προσγείωσης (συμπεριλαμβανομένων και ενδιάμεσων φάσεων της προσγείωσης).

Λόγω της πολυπλοκότητας της δεύτερης παραμέτρου, η FAA ενδιαφέρεται για την πιθανή ενόχληση του πιλότου από απόσταση 2 μιλίων από τον δίαυλο προσγείωσης. Η ίδια μέθοδος υιοθετήθηκε και από το Τμήμα Πολιτικής Αεροπορίας της Κυπριακής Δημοκρατίας και έχει ακολουθηθεί για τους σκοπούς του ΠΕ.

Η FAA ετοίμασε το λογισμικό ForgeSolar για να εντοπίσει πιθανές ενοχλήσεις από την αντανάκλαση από το φωτοβολταϊκό πάρκο. Τα προηγούμενα χρόνια ήταν σε ελεύθερη χρήση το λογισμικό SGHAT, αλλά πλέον χρησιμοποιείται μόνο για κυβερνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς στις Η.Π.Α.

## 6.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Παράμετροι του Λογισμικού

Για την χρήση του λογισμικού πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός, της συστοιχίας του Φ/β πάρκου στο χώρο των τεμαχίων. Για την πρόβλεψη των πιθανών αντανάκλασεων, που αναμένεται να δημιουργούνται λόγω πρόσπτωσης των ακτινών του ήλιου πάνω στα Φ/β πλαίσια, έγινε εισαγωγή των πιο κάτω παραμέτρων στο λογισμικό.

### 6.2.1 Χωροθέτηση Φ/β συστήματος

Πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός από του Μελετητές στους χώρους των τεμαχίων όπου θα λειτουργεί το φωτοβολταϊκό πάρκο. Η προσομοίωση του ΠΕ στο λογισμικό χωρίστηκε σε 2 τμήματα (PV array 1 και PV array 2), λόγω της χωροθέτησης του ΠΕ. Επίσης έγινε εισαγωγή της παραμέτρου που αφορά την ώρα για την Κύπρο όπου UTC/GMT +2 hours.

### 6.2.2 Πορείες αεροσκαφών

Οι πορείες πτήσης που επιλέχθηκαν έγιναν με βάση των στοιχείων που συλλέχθηκαν από την Υπηρεσία Αεροναυτικών Πληροφοριών του Τμήματος Πολιτικής Αεροπορίας, του Υπουργείου Μεταφορών, Επικοινωνιών και Έργων.

Τα στοιχεία και οι χάρτες που αφορούν τις πορείες/πτήσεις των αεροσκαφών προς το αεροδρόμιο έχουν ληφθεί από την Υπηρεσία Αεροναυτικών Πληροφοριών (Εκδόσεις 2017 και 2018). Η εκτέλεση του λογισμικού έγινε με βάση των στοιχείων που εισάχθηκαν στο πρόγραμμα των παραμέτρων με βάση των σχεδίων που λήφθηκαν. Στο

πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός 2 πορειών (Flight Paths – FP1 , FP2). Στο Παράρτημα VI επισυνάπτονται τα σχέδια με τις πορείες των αεροσκαφών.

### 6.2.3 Παράμετροι ανάλυσης

**Μονάδες ύψους (Units Height):** Το ύψος των ηλιακών συλλεκτών και το ύψος πάνω από το έδαφος της κάθε σημείο παρατήρησης σε μέτρα.

**Χρονικό διάστημα της ανάλυσης (Time interval):** Καθορίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση της αντανάκλασης. Η θέση του ήλιου θα καθορίζεται σε κάθε βήμα για όλο το έτος. Στην προκειμένη περίπτωση της μελέτης, το χρονικό διάστημα που χρησιμοποιήθηκε είναι ανα 1 λεπτό με αποτέλεσμα η ανάλυση των αποτελεσμάτων να είναι και πιο ακριβές.

**Γωνία του ήλιου (Subtended angle of the sun):** Η μέση γωνία του ήλιου που σχηματίζεται, όπως φαίνεται από την Γη είναι ~ 9,3 mrad ή 0,5°.

**Μέγιστη Άμεση Κανονική Ακτινοβολία (AKA) - Direct Normal Irradiation (DNI):** Η μέγιστη AKA ( $W/m^2$ ) που μπορεί να παρατηρηθεί σε συγκεκριμένη θέση. Η τιμή αυτή μπορεί να κλιμακωθεί σε κάθε χρονικό βήμα λαμβάνοντας υπόψη την αλλαγή της θέσης του ήλιου και την μειωμένη AKA κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες. Σε μια καθαρή ηλιόλουστη ημέρα το μια τυπική AKA είναι ~ 1000  $W/m^2$ . Για την περιοχή μελέτης, μέσα από υπολογισμούς του λογισμικού PVGIS<sup>1</sup>, η ανώτερη AKA σε καθαρό ουρανό ανέρχεται στα 1040  $W/m^2$  (βλ. Παράρτημα V).

**Συντελεστής οφθαλμικής μετάδοσης (Ocular transmission coefficient):** Ο συντελεστής οφθαλμικής μετάδοσης ακτινοβολίας αφορά την τιμή που απορροφάται από το μάτι πριν φθάσει στον αμφιβληστροειδή. Μια τυπική τιμή είναι 0,5.

**Η διάμετρος κόρης ματιού (Pupil diameter):** Το μέγεθος των επιπτώσεων που αναλογεί με την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο μάτι. Οι τυπικές τιμές κυμαίνονται από 0,002 m για την ημέρα και 0.008 m για τη νύχτα.

**Μήκος εστίασης ματιού (Eye focal length):** Η απόσταση μεταξύ του κομβικού σημείου όπου οι ακτίνες τέμνονται στο μάτι και στον αμφιβληστροειδή. Αυτή η τιμή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το μέγεθος της προβαλλόμενης εικόνας πάνω στον αμφιβληστροειδή για μία δεδομένη γωνία που σχηματίζεται από το έντονο φως πηγής. Η τυπική τιμή είναι 0,017 m.

### 6.2.4 Παράμετροι για την Συστοιχία των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων (PV Array)

**Άξονας παρακολούθησης (Axis Tracking):** Υποδεικνυεί το είδος της παρακολούθησης που χρησιμοποιούνται από τους Φ/β πίνακες (εάν υπάρχει). Οι παράμετροι επιλογής είναι «Καμία/None» για πίνακες σταθερής κλίσης, «Ενιαίο/Single»

<sup>1</sup> PVGIS: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#MR](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR)

για τον εντοπισμό ενός άξονα και «Διπλό/Dual» για τον εντοπισμό δύο αξόνων. Σημειώνεται ότι η παρακολούθηση επηρεάζει την θέση των πάνελ σε κάθε χρονικό διάστημα όταν υπάρχει θέαση ήλιου. Στην περίπτωση μας η παράμετρος που επιλέγεται είναι «Καμία/None» αφού τα πάνελ έχουν σταθερή κλίση.

**Κλίση φωτοβολταϊκών πινάκων (Panel tilt):** Η κλίση των πινάκων θα είναι 28°.

**Προσανατολισμός της Συστοιχίας (Orientation):** Προσδιορίζεται ο προσανατολισμός της συστοιχίας σε μοίρες, που μετράται δεξιόστροφα από τον Βορρά δηλαδή στις 0°. Για ανατολικά ο προσανατολισμός είναι 90°, και για νότια ο προσανατολισμός θεωρείται ότι είναι 180°. Στην περίπτωση του Φ/β Πάρκου ο προσανατολισμός των Φ/β πινάκων θα είναι Νότια δηλαδή 180°.

**Εκτιμώμενη ισχύς (Rated power):** Η ισχύς σε kW του Φ/β συστήματος. Η εκτιμώμενη ισχύς του Φ/β πάρκου είναι 3500kW.

**Υλικό επιφάνειας των πλαισίων (Module surface material):** Υλικό επιφάνειας των Φ/β πινάκων. Οι πίνακες που επιλέγηκαν θα είναι κατεργασμένης επιφάνειας (deeply textured glass), επικαλυμμένα με αντι-ανακλαστικό υλικό.

**Η ανακλαστικότητα να μεταβάλλεται ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης (Reflectivity varies with incidence angle):** Σε περίπτωση που επιλεγθεί το λογισμικό υπολογίζει την ανακλαστικότητα των πινάκων ανάλογα με τη θέση του ήλιου για κάθε χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση της Μελέτης μας έχει επιλεγθεί η παράμετρος 0.2 για να υπολογιστεί η βέλτιστη πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Στο **Παράρτημα II** παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί του λογισμικού για την συγκεκριμένη παράμετρο.

**Συσχέτιση μεταξύ σφάλματος κλίσης με τον τύπο επιφάνειας του υλικού (Correlate slope error to module surface type):** Σε περίπτωση που επιλεγθεί τότε το λογισμικό αναλύει και συσχετίζει το σφάλμα κλίσης με τον τύπο της επιφάνειας του υλικού. Στην περίπτωση της Μελέτης μας έχει επιλεγθεί η παράμετρος, ούτως ώστε να υπολογιστεί η βέλτιστη πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα ότι το σφάλμα κλίσης είναι 82,6mrad αλλά για τους σκοπούς του ΠΕ έχει το σφάλμα κλίσης είναι 83mrad ως την χειρότερη περίπτωση. Στο **Παράρτημα II** παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί από το λογισμικό για την συγκεκριμένη παράμετρο.

**Ύψος από το έδαφος (Height above ground):** Το ύψος που θα βρίσκονται τα Φ/β πλαίσια πάνω από το έδαφος. Για σκοπούς αυτής της μελέτης το ύψος καθορίστηκε στα 1,47m.

### 6.2.5 Πορεία Πτήσης (Flight Path)

**Κατεύθυνση (Direction):** Κατεύθυνση από το κατώτατο σημείο (threshold) κατά μήκος του οποίου θα καθοριστούν οι παρατηρήσεις (0° = βόρεια, 90° = ανατολικά του βορρά κλπ). Η κατεύθυνση της πορείας πτήσης για FP 1 είναι προς το αεροδρόμιο σε γωνία 41° και FP 2 σε γωνία 221°.



**Κλίση καθόδου/ανόδου (Glide slope):** Η γωνία ανόδου ή καθόδου της πτήσης κατά μήκος της διαδρομής. Η γωνία καθόδου στην περίπτωση είναι  $3^\circ$  για το FP1 και  $2.75^\circ$  για το FP2.

**Κατώτατο ύψος διασταύρωσης (Threshold crossing height):** Το ύψος του αεροπλάνου καθώς διασχίζει το σημείο κατώτατο σημείο (threshold). Στη περίπτωση μας για σκοπούς μελέτης είναι 50 πόδια (15.24m).

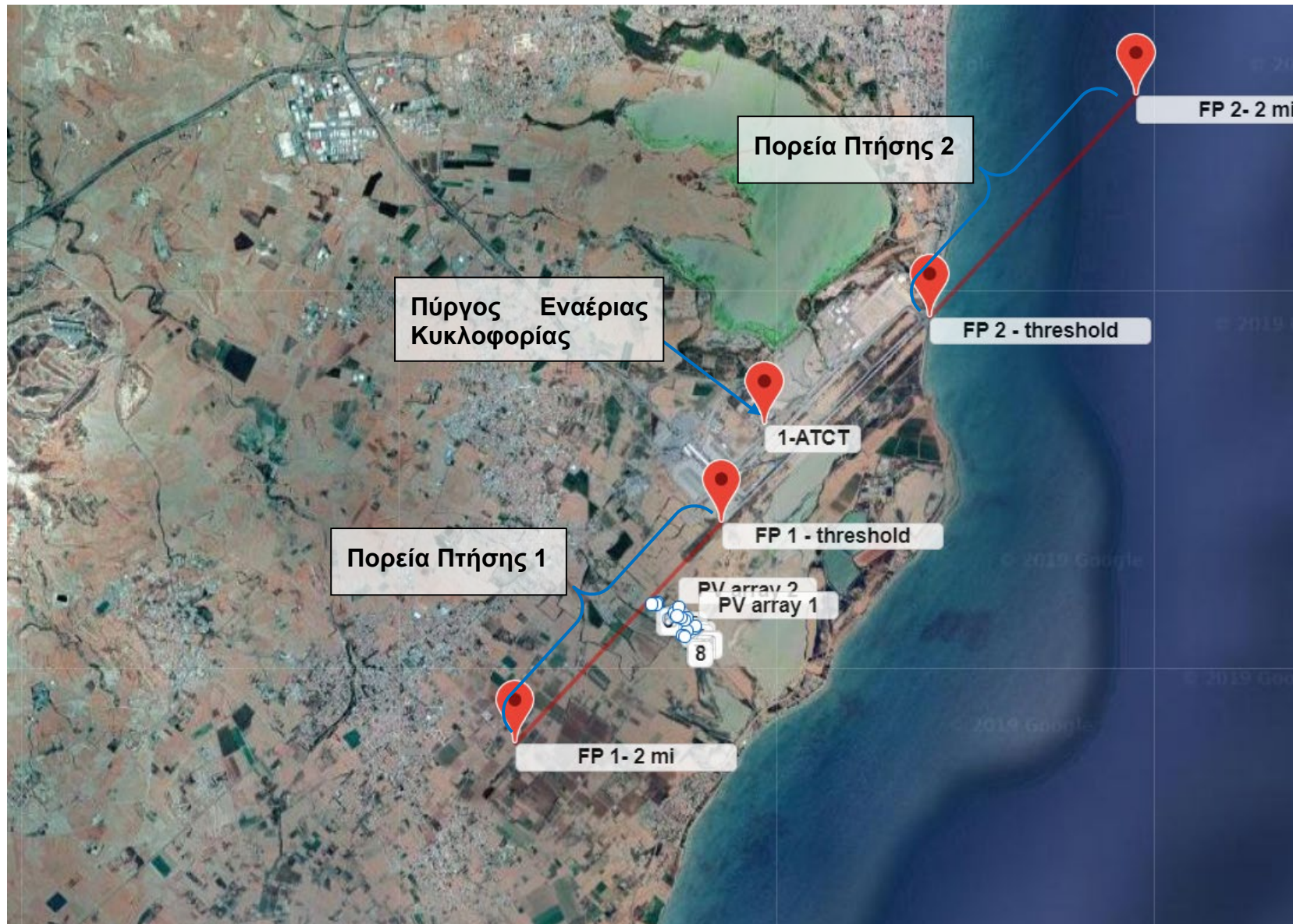
Να θεωρηθεί η ορατότητα των πιλότων από το πιλοτήριο (Consider pilot visibility from cockpit): Σε περίπτωση που επιλεγθεί, τότε ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τα όρια των γωνιών θέασης του πιλότου από το πιλοτήριο. Αν δεν επιλεγθεί τότε το πρόγραμμα αφήνει τις δικές του παραμέτρους που είναι :

- Μέγιστη καθοδική γωνία θέασης :  $30^\circ$
- Αζιμουθιακή γωνία θέασης :  $120^\circ$

Για την συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχει επιλεγθεί η συγκεκριμένη επιλογή αφού τα προτεινόμενες παράμετροι είναι επαρκής.

Οι πιο κάτω εικόνες παρουσιάζουν την θέση του ΠΕ, την θέση του Πύργου Εναέριας Κυκλοφορίας καθώς επίσης και τις πορείες πτήσης.

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

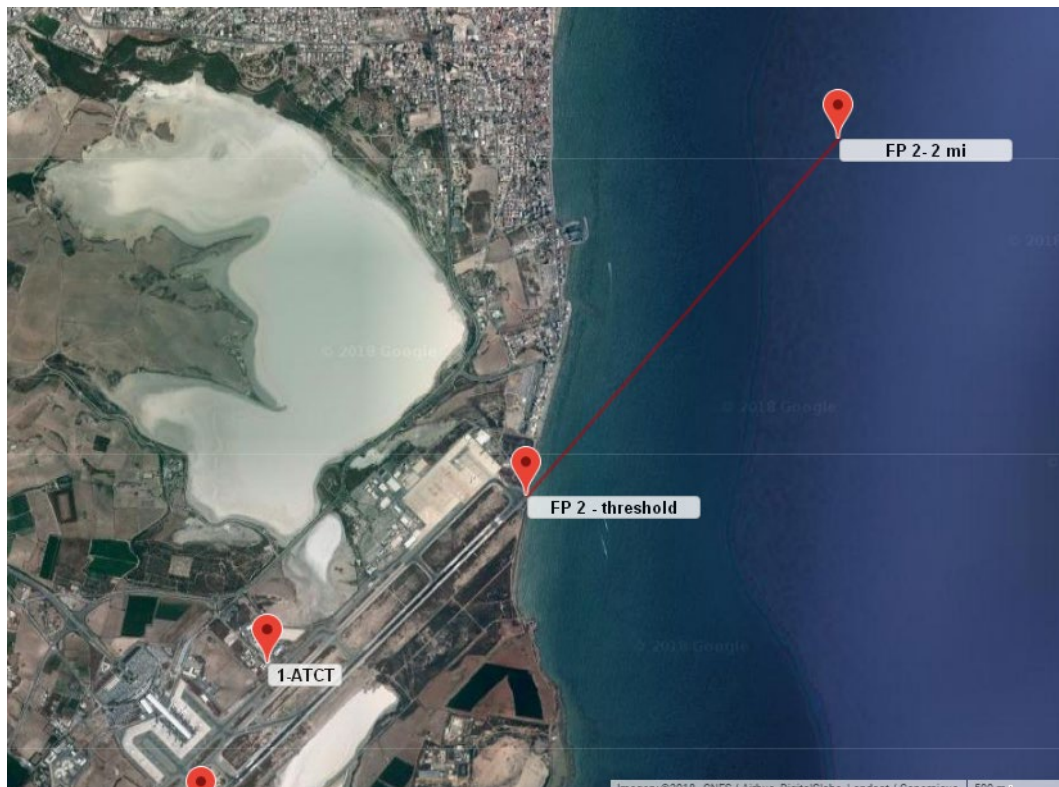


**Εικόνα 6-2:** Δορυφορική Φωτογραφία που παρουσιάζει τη συστοιχία των πλαισίων και τις πορείες πτήσης.

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**



**Εικόνα 6-3: Πορεία πτήσης 1 (FP1)**

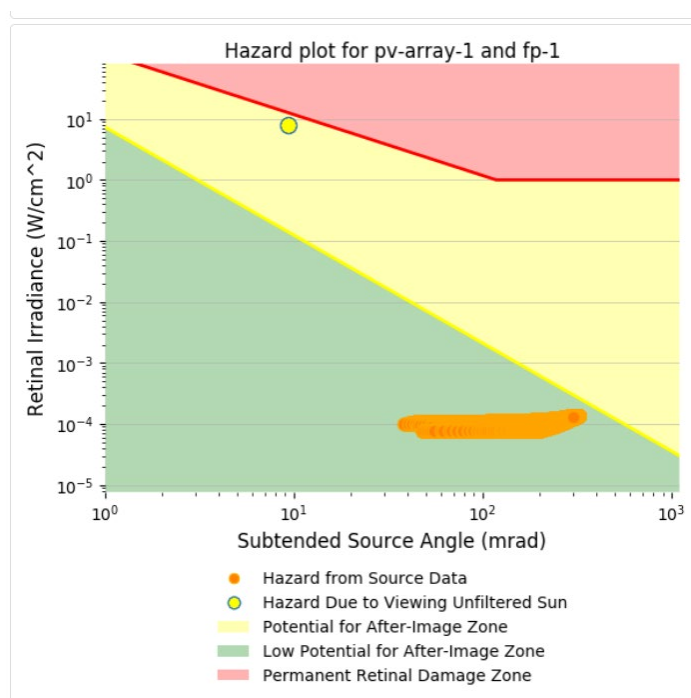


**Εικόνα 6-4: Πορεία πτήσης 2 (FP2)**

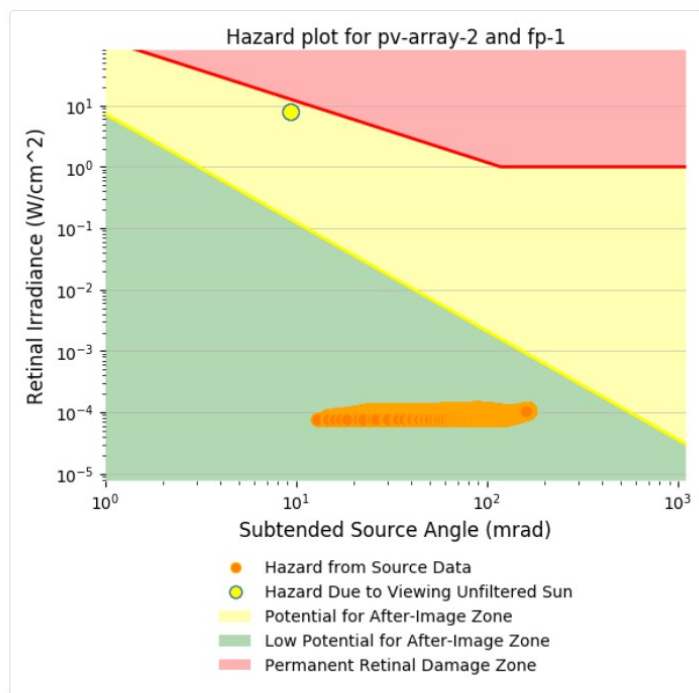
## 7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

Τα αποτελέσματα από τις αντανάκλασεις για το προτεινόμενο φωτοβολταϊκό πάρκο παρουσιάζονται συνοπτικά στις εικόνες που ακολουθούν. Σημειώνεται ότι, το πιο κάτω Σχεδιάγραμμα αφορά συχνότητα αντανάκλασης για χρονικό διάστημα ανά 1 λεπτού, όλες οι ώρες είναι σε σταθερό χρόνο (θερινές ώρες προσθέσετε μία ώρα). Οι λεπτομερείς παράμετροι και τα αναλυτικά αποτελέσματα από την εκτέλεση του λογισμικού επισυνάπτονται στο **Παράρτημα III**. Όπως προαναφέρεται και πιο πάνω, λόγω της χωροδιάταξης των πλαισίων έχουν εισαχθεί στο λογισμικό σαν 2 τμήματα (PV array 1 και PV array 2).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν υπάρχει καθόλου ενόχληση στον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας και κατά μήκος της Πορείας Πτήσης 2 (FP2). Στην Πορεία Πτήσης 1 (FP1) θα υπάρχει πιθανή ενόχληση για 27091 λεπτά τον χρόνο κυρίως κατά το πρωί 06:00-10:00, παρόλα αυτά σύμφωνα με τις οδηγίες της FAA οι εν λόγω ενοχλήσεις κρίνονται αποδεκτές. Σε γενικές γραμμές η γεωμετρική διάταξη των φωτοβολταϊκών συστοιχιών σε σχέση με τη διαδρομή του ηλιακού φωτός θεωρείται να προκαλεί συνθήκες χαμηλής ανακλαστικότητας από τα Φ/β πλαίσια.



Εικόνα 7-1: Ενοχλήσεις σύμφωνα με το Solar Glare Hazard Plot για το PV array 1



Εικόνα 7-2: Ενοχλήσεις σύμφωνα με το Solar Glare Hazard Plot για το PV array 2

## 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού ForgeSolar, που παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα III**, φαίνεται ότι σε καμία περίπτωση δεν θα υπάρχει οποιαδήποτε σημαντική επίπτωση ή βλάβη στην όραση των πιλότων που χρησιμοποιούν τις συγκεκριμένες πορείες πτήσης ούτε και στον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας. Επίσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους μικρής διάρκειας υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας προσωρινής παρατεταμένης εικόνας (low potential for temporary after-image), η οποία σύμφωνα με τις οδηγίες της FAA δεν θεωρείται απαγορευτική.

Επιπρόσθετα, οι φωτοβολταϊκοί πινάκες που επιλέγηκαν έχουν χαμηλό συντελεστή αντανάκλασης (deeply texture glass). Σύμφωνα με μελέτες και την **Εικόνα 5-1** οι ηλιακές αντανάκλασεις από τους φωτοβολταϊκούς πινάκες είναι λιγότερο έντονες από ότι εκείνες από λίμνη, θάλασσα ή ακόμη από γυαλί, σίδηρο/ατσάλι.

Στην περίπτωση του Αεροδρομίου της Λάρνακας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η θάλασσα που χωροθετείται σε μικρή απόσταση, περίπου 1,7km, νοτιοανατολικά σε παράλληλη πορεία με το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης προκαλεί αντανάκλασεις του ηλιακού φωτός καθώς και οι λίμνες των Αλυκών Λάρνακας (δίπλα από το διάδρομο προσγείωσης/ απογείωσης) οι οποίες καλύπτονται πλήρως από νερό το χειμώνα το οποίο ανακλά ηλιακό φως, ενώ το καλοκαίρι ξηραίνονται και η λευκή επιφάνεια που παραμένει επίσης ανακλά φως του ήλιου.

## 9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- FAA, “Technical Guidance for Evaluation Selected Solar Technologies on Airports”, November 2010.
- Clifford et all, “Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards from Concentrating Solar Power Plants”, 2011.
- Clifford et all, “Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT), Technical Reference Manual”, 2014.
- Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (Σ.Ε.Φ), 2017, Διαθέσιμο στο: <http://helapco.gr/>.
- Υπηρεσία Αεροναυτικών Πληροφοριών, «Flight Paths, API Amendment 2017 & 2018».

## 10 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα I- Χωροταξικό

Παράρτημα II- Υπολογισμοί του λογισμικού για τις πιο κάτω παραμέτρους

Παράρτημα III – Παράμετροι και Αποτελέσματα Λογισμικού

Παράρτημα IV - Υπολογισμοί PVGIS της Άμεσης Κανονικής Ακτινοβολίας (ΑΚΑ) - Direct Normal Irradiation (DNI)

Παράρτημα V – Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Φωτοβολταϊκών Πινάκων

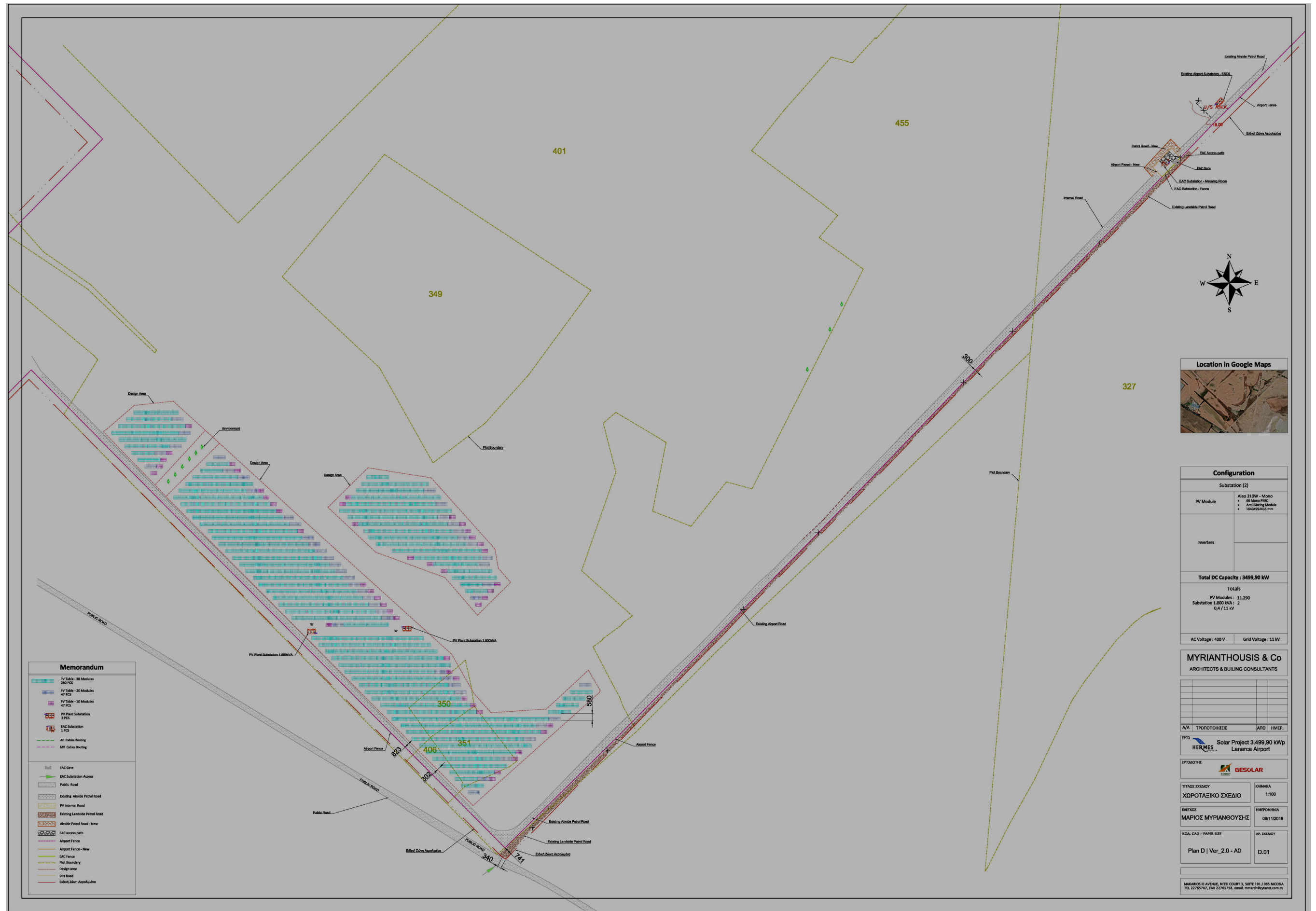
Παράρτημα VI – Σχέδια με τις πορείες των αεροσκαφών Τμήμα Πολιτικής Αεροπορίας (VOR 04)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

## **ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟ**



ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

**Υπολογισμοί του λογισμικού για τις πιο κάτω παραμέτρους :**

Ανακλαστικότητα ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης (Reflectivity varies with incidence angle).

Συσχέτιση μεταξύ σφάλματος κλίσης με τον τύπο επιφάνειας του υλικού (Correlate slope error to module surface type).

## Module surface reflectivity as function of incidence angle

Angle (deg)	Smooth glass without anti-reflective coating	Smooth glass with anti-reflective coating	Light textured glass without anti-reflective coating	Light textured glass with anti-reflective coating	Deeply textured glass
0	0.0441	0.0324	0.0431	0.0390	0.0210
10	0.0357	0.0242	0.0333	0.0301	0.0152
20	0.0297	0.0190	0.0266	0.0240	0.0107
30	0.0262	0.0167	0.0229	0.0208	0.0076
40	0.0250	0.0174	0.0223	0.0204	0.0059
50	0.0262	0.0210	0.0247	0.0229	0.0056
60	0.0298	0.0276	0.0302	0.0281	0.0066
70	0.0789	0.0744	0.0776	0.0738	0.0143
80	0.2185	0.2128	0.2097	0.1994	0.0330
90	0.6052	0.6086	0.5666	0.5388	0.0760

## Correlation between slope error and surface material type

PV Glass Cover Type	Average RMS Slope Error (mrad)	Average Beam Spread (mrad)	Standard deviation of slope error	Standard deviation of beam error
Smooth Glass without Anti-Reflection Coating	6.55	87.9	4.43	53.3
Smooth Glass with Anti-Reflection Coating	8.43	110	2.58	30.9
Light Textured Glass without Anti-Reflection Coating	9.70	126	2.78	33.3
Light Textured Glass with Anti-Reflection Coating	9.16	119	3.17	38.0
Deeply Textured Glass	82.6	1000	N/A	N/A

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

### Παράμετροι και αποτελέσματα του λογισμικού



## FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **Larnaca Airport PV park**

Proposed 3.5MW PV Park at Larnaca International Airport

Site configuration: **PV Park- Larnaca Airport-temp-113-temp-116**

Analysis conducted by Nicolas Nicolaidis (nicol@nanda.com.cy) at 20:11 on 14 Nov, 2019.

### U.S. FAA 2013 Policy Adherence

The following table summarizes the policy adherence of the glare analysis based on the 2013 U.S. Federal Aviation Administration Interim Policy 78 FR 63276. This policy requires the following criteria be met for solar energy systems on airport property:

- No "yellow" glare (potential for after-image) for any flight path from threshold to 2 miles
- No glare of any kind for Air Traffic Control Tower(s) ("ATCT") at cab height.
- Default analysis and observer characteristics (see list below)

ForgeSolar does not represent or speak officially for the FAA and cannot approve or deny projects. Results are informational only.

COMPONENT	STATUS	DESCRIPTION
Analysis parameters	PASS	Analysis time interval and eye characteristics used are acceptable
Flight path(s)	PASS	Flight path receptor(s) do not receive yellow glare
ATCT(s)	PASS	Receptor(s) marked as ATCT do not receive glare

Default glare analysis parameters and observer eye characteristics (for reference only):

- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

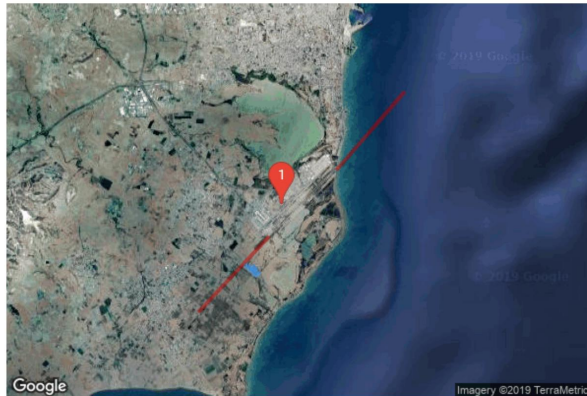
FAA Policy 78 FR 63276 can be read at <https://www.federalregister.gov/d/2013-24729>

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**SITE CONFIGURATION**

**Analysis Parameters**

DNI: peaks at 1,040.0 W/m<sup>2</sup>  
 Time interval: 1 min  
 Ocular transmission coefficient: 0.5  
 Pupil diameter: 0.002 m  
 Eye focal length: 0.017 m  
 Sun subtended angle: 9.3 mrad  
 Site Config ID: 33141.1462



**PV Array(s)**

**Name:** PV array 1  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 28.0°  
**Orientation:** 180.0°  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Deeply textured glass  
**Reflectivity:** 0.2  
**Slope error:** 83.0 mrad

Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	34.853612	33.608761	1.64	1.47	3.11
2	34.853766	33.608640	2.22	1.47	3.69
3	34.853418	33.607876	2.95	1.47	4.42
4	34.856099	33.604445	5.97	1.47	7.44
5	34.855956	33.604210	6.00	1.47	7.47
6	34.855945	33.603825	6.00	1.47	7.47
7	34.853026	33.607328	3.65	1.47	5.12
8	34.852903	33.607503	3.16	1.47	4.63

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**Name:** PV array 2  
**Axis tracking:** Fixed (no rotation)  
**Tilt:** 28.0°  
**Orientation:** 180.0°  
**Rated power:** -  
**Panel material:** Deeply textured glass  
**Reflectivity:** 0.2  
**Slope error:** 83.0 mrad



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	34.855154	33.606258	3.49	1.47	4.96
2	34.855620	33.606869	4.63	1.47	6.10
3	34.854634	33.607867	4.00	1.47	5.47
4	34.854370	33.607502	3.47	1.47	4.94
5	34.854652	33.607234	3.08	1.47	4.55
6	34.854793	33.606601	2.97	1.47	4.44

**Flight Path Receptor(s)**

**Name:** FP 1  
**Description:**  
**Threshold height:** 15 m  
**Direction:** 43.0°  
**Glide slope:** 3.0°  
**Pilot view restricted?** No




Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	34.863849	33.611886	3.30	15.24	18.54
Two-mile	34.842704	33.587826	11.06	176.16	187.22



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**Name:** FP 2  
**Description:**  
**Threshold height:** 15 m  
**Direction:** 221.0°  
**Glide slope:** 2.75°  
**Pilot view restricted?** No



Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	34.883424	33.636009	1.00	15.24	16.24
Two-mile	34.905245	33.659160	-21.45	192.30	170.85

**Discrete Observation Receptors**

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
1-ATCT	1	34.873121	33.616762	2.37	33.70

Map image of 1-ATCT



## GLARE ANALYSIS RESULTS

### Summary of Glare

PV Array Name	Tilt (°)	Orient (°)	"Green" Glare min	"Yellow" Glare min	Energy kWh
PV array 1	28.0	180.0	14,548	0	-
PV array 2	28.0	180.0	12,543	0	-

Total annual glare received by each receptor

Receptor	Annual Green Glare (min)	Annual Yellow Glare (min)
FP 1	27091	0
FP 2	0	0
1-ATCT	0	0

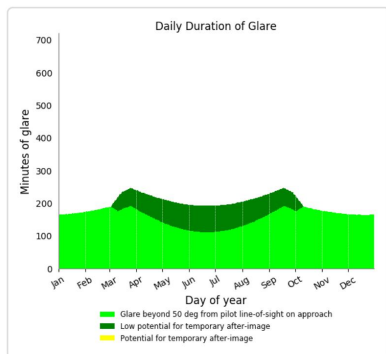
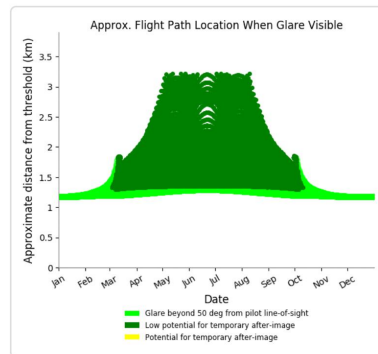
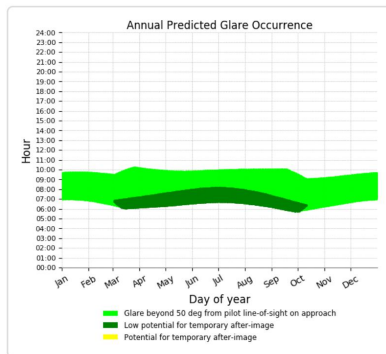
### Results for: PV array 1

Receptor	Green Glare (min)	Yellow Glare (min)
FP 1	14548	0
FP 2	0	0
1-ATCT	0	0

#### Flight Path: FP 1

0 minutes of yellow glare  
14548 minutes of green glare

# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ



## Flight Path: FP 2

0 minutes of yellow glare  
0 minutes of green glare

## Point Receptor: 1-ATCT

0 minutes of yellow glare  
0 minutes of green glare

## Results for: PV array 2

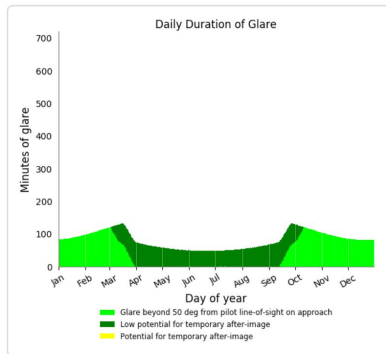
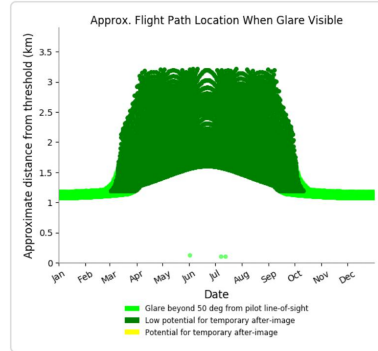
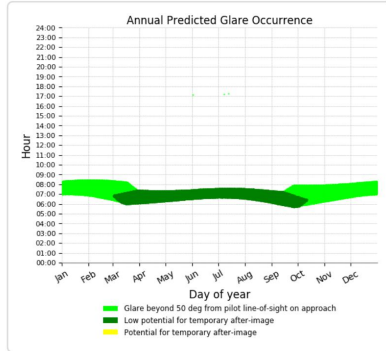
Receptor	Green Glare (min)	Yellow Glare (min)
FP 1	12543	0
FP 2	0	0
1-ATCT	0	0

# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

## Flight Path: FP 1

0 minutes of yellow glare

12543 minutes of green glare



## Flight Path: FP 2

0 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

## Point Receptor: 1-ATCT

0 minutes of yellow glare

0 minutes of green glare

## Assumptions

## ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

"Green" glare is glare with low potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

"Yellow" glare is glare with potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.

Glare analyses do not account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.

Several calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.

The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)

Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.

Glare vector plots are simplified representations of analysis data. Actual glare emanations and results may differ.

The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual results and glare occurrence may differ.

Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid based on aggregated research data. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.

2016-2019 © Sims Industries d/b/a ForgeSolar, All Rights Reserved.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

### Υπολογισμοί PVGIS της Άμεσης Κανονικής Ακτινοβολίας (ΑΚΑ) - Direct Normal Irradiation (DNI)

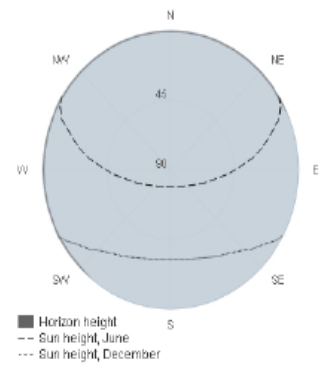
**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**



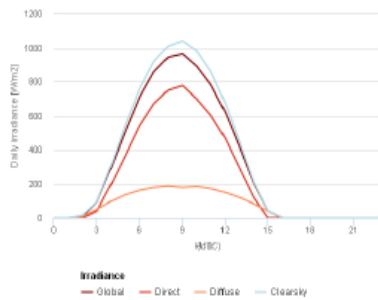
**PVGIS-5 geo-temporal irradiation database**

Provided inputs  
 Latitude/Longitude: 34.857, 33.613  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-CMSAF  
 Month: May

**Outline of horizon at chosen location:**



**Daily average irradiance on fixed plane with slope 28° and azimuth 0°**

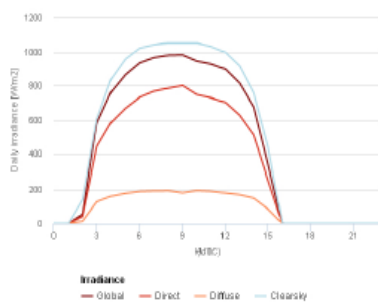


**Irradiance on a fixed plane**

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
G	0	0	8	91	295	508	709	858	944	964	891	780	620	415	202	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Gb	0	0	0	39	195	307	541	671	749	770	698	601	465	291	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gd	0	0	8	50	96	134	160	177	185	177	168	170	147	118	82	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Gc	0	0	16	92	309	547	758	919	1010	1040	982	858	678	440	210	40	0	0	0	0	0	0	0	0

G: Global irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gb: Direct irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gd: Diffuse irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gc: Global Clear-sky irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]

**Daily average irradiance on sun-tracking plane**



**Irradiance on sun-tracking plane**

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
A	0	0	54	581	702	804	934	965	979	981	945	928	897	814	674	342	0	0	0	0	0	0	0	0
DNI	0	0	41	442	584	667	731	766	784	800	747	728	701	626	509	252	0	0	0	0	0	0	0	0
Ad	0	0	18	126	158	175	186	189	190	178	191	187	177	167	147	84	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	0	0	188	604	838	957	1020	1040	1050	1050	1030	990	910	757	442	40	0	0	0	0	0	0	0	0

A: Global irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]  
 DNI: Direct normal irradiance [W/m<sup>2</sup>]  
 Ad: Diffuse irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Ac: Global Clear-sky irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]

# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

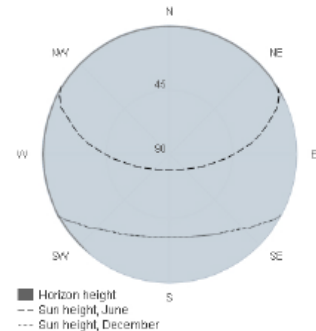


## PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

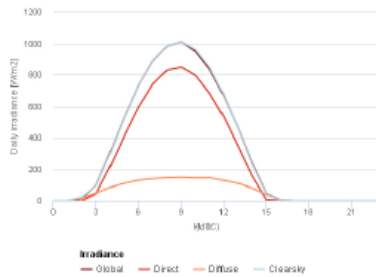
### Provided inputs

Latitude/Longitude: 34.857, 33.613  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-CMSAF  
 Month: June

### Outline of horizon at chosen location:



### Daily average irradiance on fixed plane with slope 28° and azimuth 0°

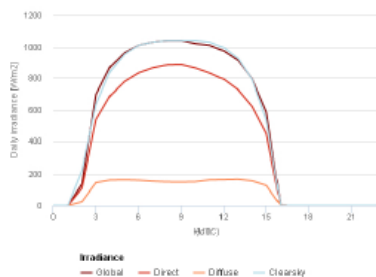


#### Irradiance on a fixed plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:4	
G	0	0	16	90	308	532	735	880	984	1010	950	835	660	400	237	46	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gb	0	0	0	44	210	415	597	740	820	848	795	662	530	345	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gd	0	0	16	49	84	110	129	138	144	147	143	144	127	109	79	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Gc	0	0	23	94	302	530	735	801	985	1010	962	847	673	458	230	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0

G: Global irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gb: Direct irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd: Diffuse irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gc: Global Clear-sky irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].

### Daily average irradiance on sun-tracking plane



#### Irradiance on sun-tracking plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:4	
A	0	0	185	690	873	962	1010	1030	1040	1040	1020	1010	978	919	794	584	1	0	0	0	0	0	0	0	0
DNI	0	0	109	537	690	778	838	865	884	886	864	832	791	725	619	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ad	0	0	24	144	100	102	159	158	149	148	150	161	163	165	155	120	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	0	0	210	684	844	958	1010	1030	1040	1040	1040	1030	994	925	790	582	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A: Global irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].  
 DNI: Direct normal irradiance [W/m<sup>2</sup>].  
 Ad: Diffuse irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Ac: Global Clear-sky irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].



# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

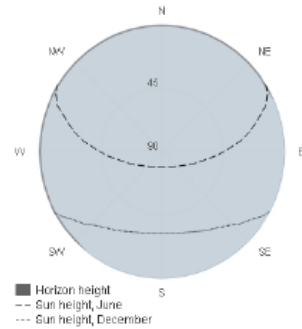


## PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

### Provided inputs

Latitude/Longitude: 34.857, 33.613  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-CMSAF  
 Month: July

### Outline of horizon at chosen location:



### Daily average irradiance on fixed plane with slope 28° and azimuth 0°

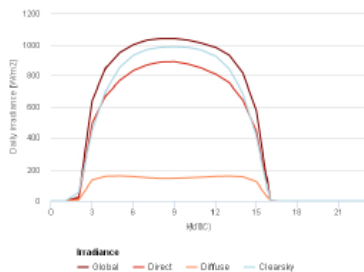


#### Irradiance on a fixed plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
G	0	0	0	8	74	284	511	721	882	965	1020	968	855	686	480	253	53	2	0	0	0	0	0	0
Gd	0	0	0	28	200	398	588	739	834	861	815	710	555	370	172	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gc	0	0	13	78	200	470	677	836	935	960	927	822	658	458	238	63	0	0	0	0	0	0	0	0

(G: Global irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gd: Direct irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gc: Diffuse irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Gc: Global Clear-sky irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>].

### Daily average irradiance on sun-tracking plane



#### Irradiance on sun-tracking plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
A	0	0	24	637	851	949	1000	1030	1040	1040	1030	1010	982	931	815	572	1	0	0	0	0	0	0	0
DNI	0	0	17	490	673	767	831	867	887	889	873	847	807	751	641	439	0	0	0	0	0	0	0	0
Ad	0	0	7	188	157	155	148	143	144	147	151	150	158	154	122	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	0	0	50	448	705	858	931	968	983	980	982	965	925	841	683	400	0	0	0	0	0	0	0	0

A: Global irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].  
 DNI: Direct normal irradiance [W/m<sup>2</sup>].  
 Ad: Diffuse irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].  
 Ac: Global Clear-sky irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>].

# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

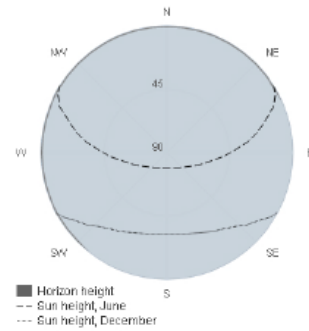


## Daily irradiance data

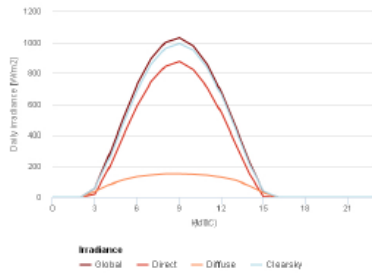
### PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

**Provided inputs**  
 Latitude/Longitude: 34.857, 33.613  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-CMSAF  
 Month: August

### Outline of horizon at chosen location:



### Daily average irradiance on fixed plane with slope 28° and azimuth 0°

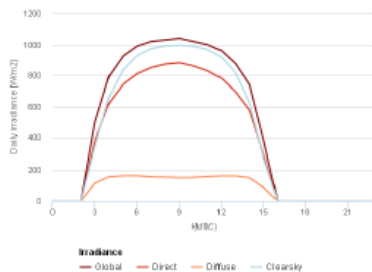


#### Irradiance on a fixed plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
G	0	0	0	58	270	508	720	828	1000	1030	970	850	674	454	224	33	0	0	0	0	0	0	0	0
Gb	0	0	0	19	186	394	539	743	843	875	821	707	541	341	147	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gd	0	0	0	37	80	109	130	140	148	148	145	139	126	107	73	29	0	0	0	0	0	0	0	0
Gc	0	0	0	59	245	474	689	857	901	902	840	684	457	209	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0

G: Global irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gb: Direct irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gd: Diffuse irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Gc: Global Clear-sky irradiance on a fixed plane [W/m<sup>2</sup>]

### Daily average irradiance on sun-tracking plane



#### Irradiance on sun-tracking plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
A	0	0	0	498	795	926	990	1020	1030	1040	1020	1000	960	876	739	383	0	0	0	0	0	0	0	0
DNI	0	0	0	370	622	748	811	850	873	882	861	830	781	694	574	290	0	0	0	0	0	0	0	0
Ad	0	0	0	118	153	160	153	151	148	140	155	159	147	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	0	0	0	342	662	837	929	973	991	995	969	908	816	622	271	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A: Global irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]  
 DNI: Direct normal irradiance [W/m<sup>2</sup>]  
 Ad: Diffuse irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]  
 Ac: Global Clear-sky irradiance on a 2-axis tracking plane [W/m<sup>2</sup>]

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

### Τεχνικά Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκών Πινάκων

# HyPro STP310S - 20/Wfy STP305S - 20/Wfy STP300S - 20/Wfy



## 310 Watt MONOCRYSTALLINE SOLAR MODULE



### Features



#### High module conversion efficiency

Module efficiency up to 18.9% achieved through advanced cell technology and manufacturing capabilities



#### High PID resistant

Advanced cell technology and qualified materials lead to high resistance to PID



#### Positive tolerance

Positive tolerance of up to 5W delivers higher output reliability



#### Suntech current sorting process

System output maximized by reducing mismatch losses up to 2% with modules sorted & packaged by amperage



#### Extended wind and snow load tests

Module certified to withstand extreme wind (3800 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) \*



#### Withstanding harsh environment

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline

Certifications and standards:  
IEC 61215, IEC 61730, conformity to CE



### Trust Suntech to Deliver Reliable Performance Over Time

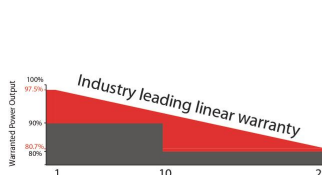
- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Unrivaled manufacturing capacity and world-class technology
- Rigorous quality control meeting the highest international standards: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and ISO 17025: 2005
- Regular independently checked production process from international accredited institute/company
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing testing: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)\*\*\*
- Long-term reliability tests
- 2 x 100% EL inspection ensuring defect-free modules



### Advanced HyPro Technology

The HyPro cell uses back surface passivation and local BSF technology, which can improve cell efficiency by a large margin.

### Industry-leading Warranty based on nominal power



- 97.5% in the first year, thereafter, for years two (2) through twenty-five (25), 0.7% maximum decrease from MODULE's nominal power output per year, ending with the 80.7% in the 25th year after the defined WARRANTY STARTING DATE.\*\*\*\*
- 12-year product warranty
- 25-year linear performance warranty



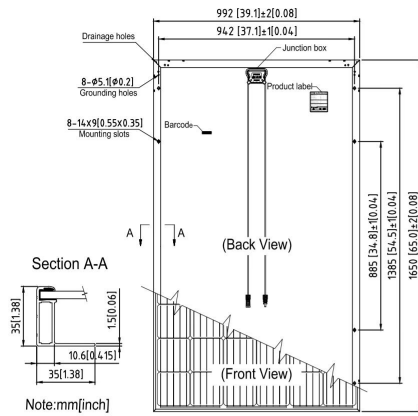
### Anti-Glaring glass

Using high quality and low reflective glass, reduce the typical direct light reflection of about 10% on conventional glass down to less than 3%. Especially in sensitive utility project locations like airports, highways along railways or for noise reductions walls. Avoids costs for counter measurements of blending solar modules.

\* Please refer to Suntech Standard Module Installation Manual for details. \*\*WEEEonly for EU market.

\*\*\* Please refer to Suntech Product Near-coast Installation Manual for details. \*\*\*\* Please refer to Suntech Product Warranty for details.

# HyPro STP310S - 20/Wfy STP305S - 20/Wfy STP300S - 20/Wfy



## Electrical Characteristics

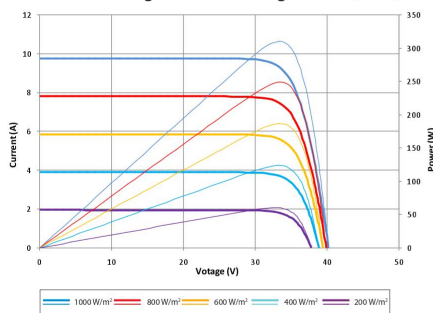
STC	STP310S-20/Wfy	STP305S-20/Wfy	STP300S-20/Wfy
Maximum Power at STC (Pmax)	310 W	305 W	300 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	33.1 V	32.8 V	32.5 V
Optimum Operating Current (Imp)	9.37 A	9.30 A	9.23 A
Open Circuit Voltage (Voc)	40.2 V ±5%	39.8 V ±5%	39.6 V ±5%
Short Circuit Current (Isc)	9.87 A ±5%	9.80 A ±5%	9.72 A ±5%
Module Efficiency	18.9%	18.6%	18.3%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5;  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

NMOT	STP310S-20/Wfy	STP305S-20/Wfy	STP300S-20/Wfy
Maximum Power at NMOT (Pmax)	232.6 W	228.3 W	225.0 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.8 V	30.5 V	30.3 V
Optimum Operating Current (Imp)	7.55 A	7.49 A	7.43 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.6 V	37.1 V	37.0 V
Short Circuit Current (Isc)	7.97 A	7.92 A	7.85 A

NMOT: Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s;  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (310S)



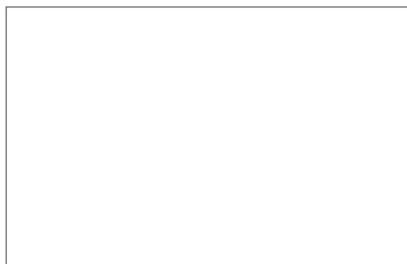
## Temperature Characteristics

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.060 %/°C

## Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 6 inches
No. of Cells	60 (6 × 10)
Dimensions	1650 × 992 × 35mm (64.96 × 39.1 × 1.4 inches)
Weight	18.3 kgs (40.3 lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), symmetrical lengths (-) 1000mm (39.4 inches) and (+) 1000 mm (39.4 inches)
Connectors	MC4 compatible

## Dealer information



Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of the modules relative to the figures as well as discolorations of/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

## Packing Configuration

Container	20' GP	40' HC
Pieces per pallet	30	30
Pallets per container	6	28
Pieces per container	180	840

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

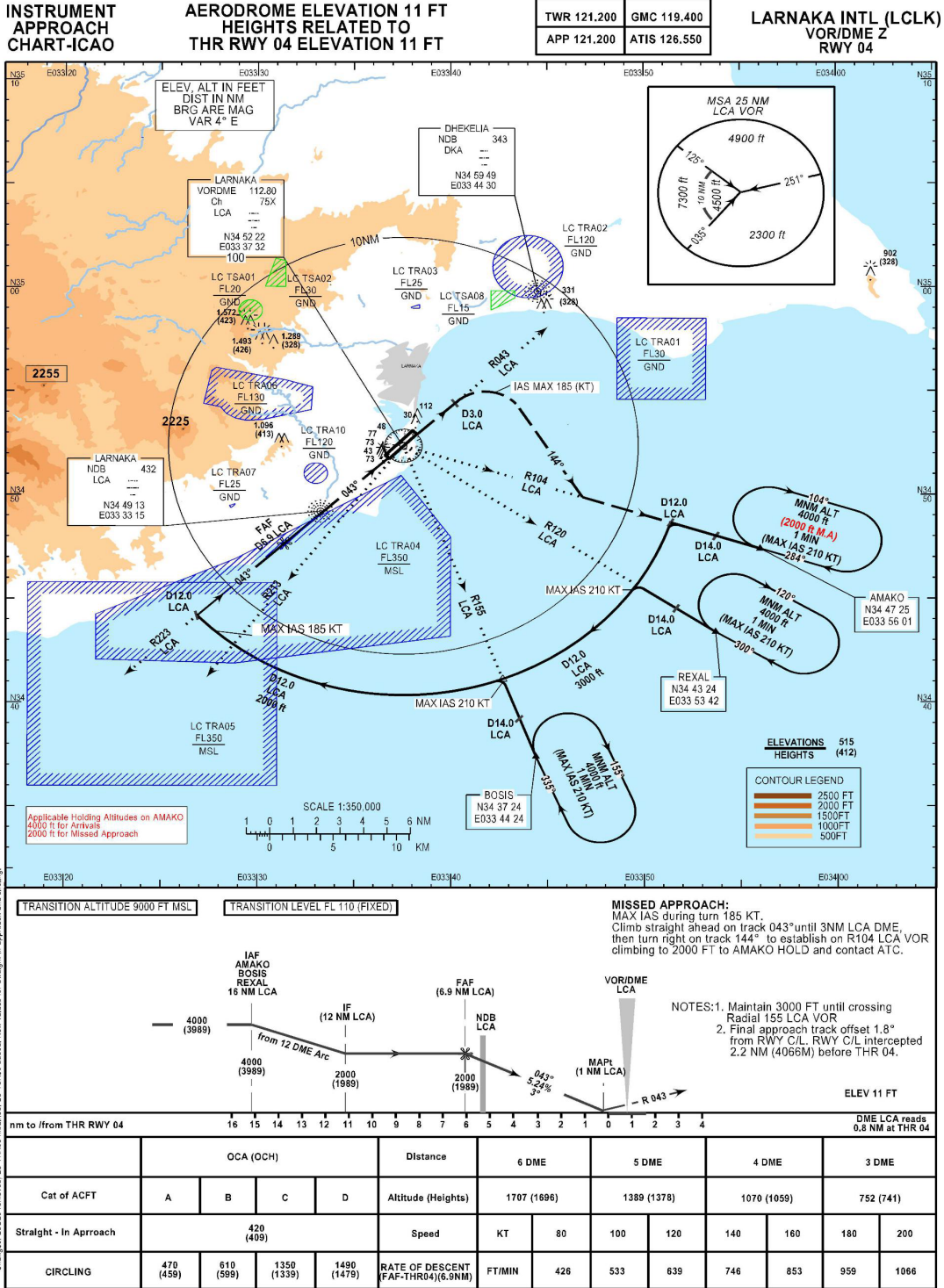
### Σχέδια με τις πορείες των αεροσκαφών Τμήμα Πολιτικής Αεροπορίας (VOR 04)

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

AIP  
CYPRUS

AD 2.LCLK 2.24.2.10 - 1  
01 FEB 18

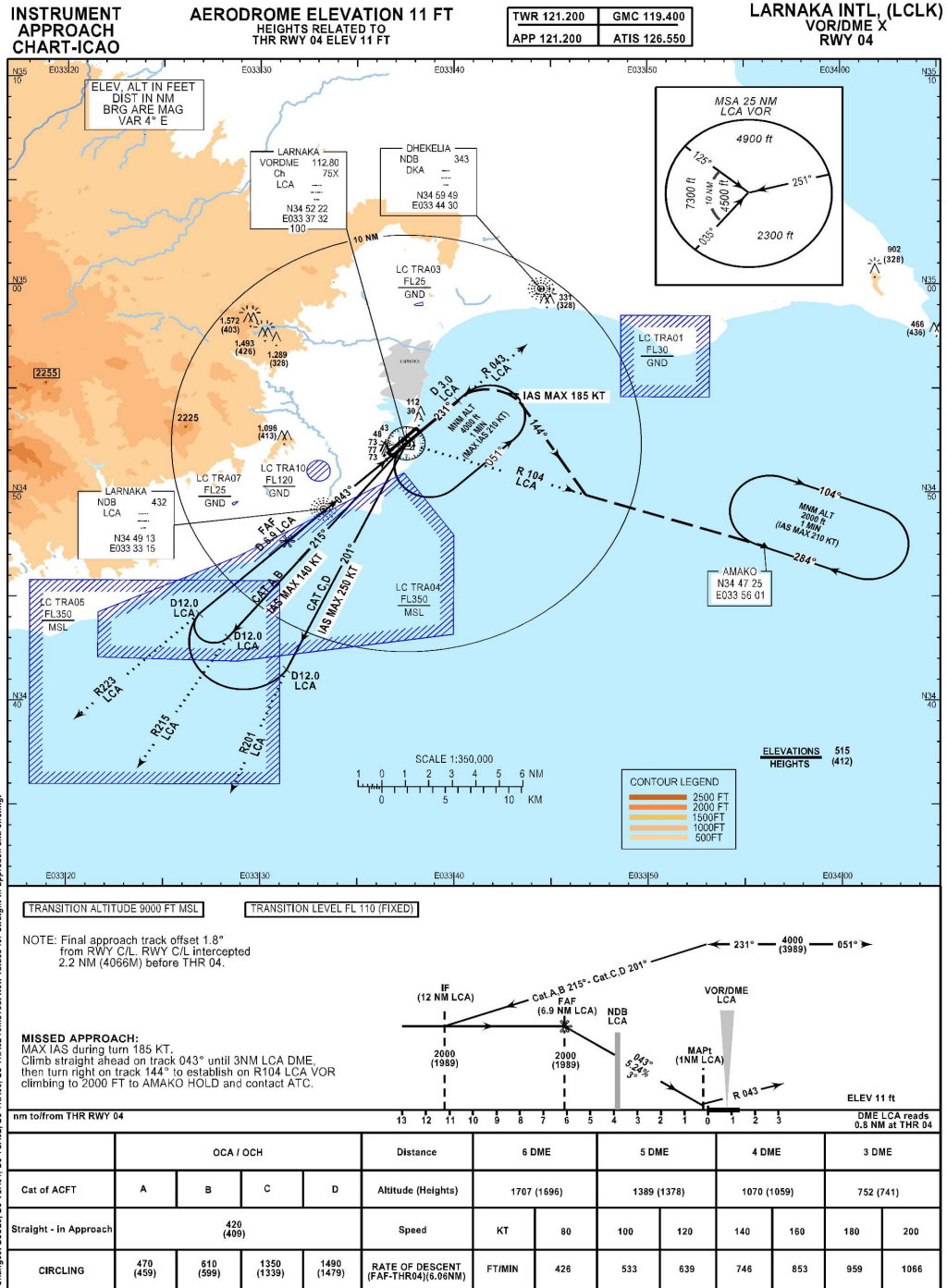




**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

AIP  
CYPRUS

AD 2.LCLK 2.24.2.9 - 1  
01 FEB 18



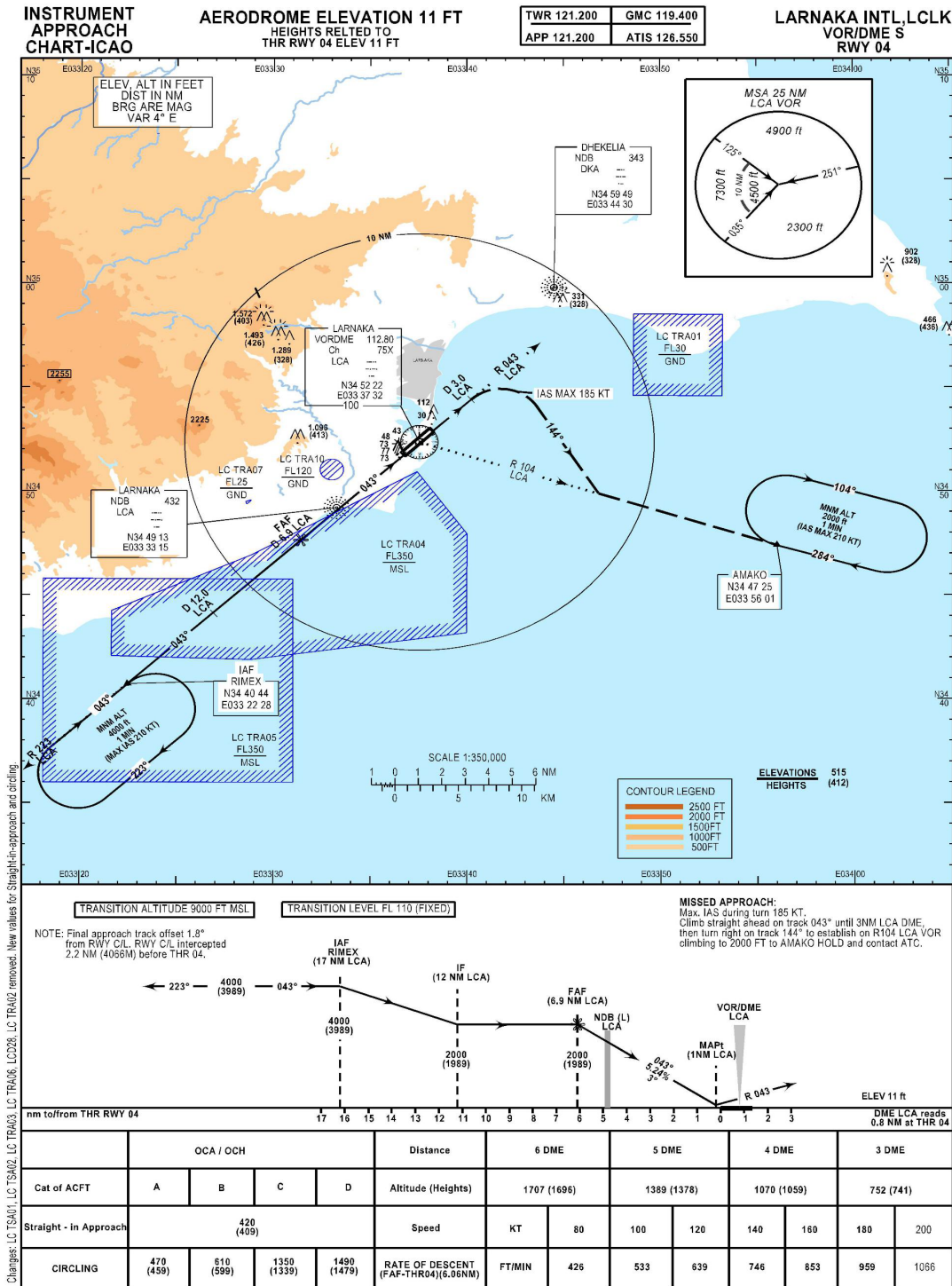
Department of Civil Aviation

AIRAC AIP AMDT 001/18

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

AIP  
CYPRUS

AD 2.LCLK 2.24.2.8 - 1  
01 FEB 18



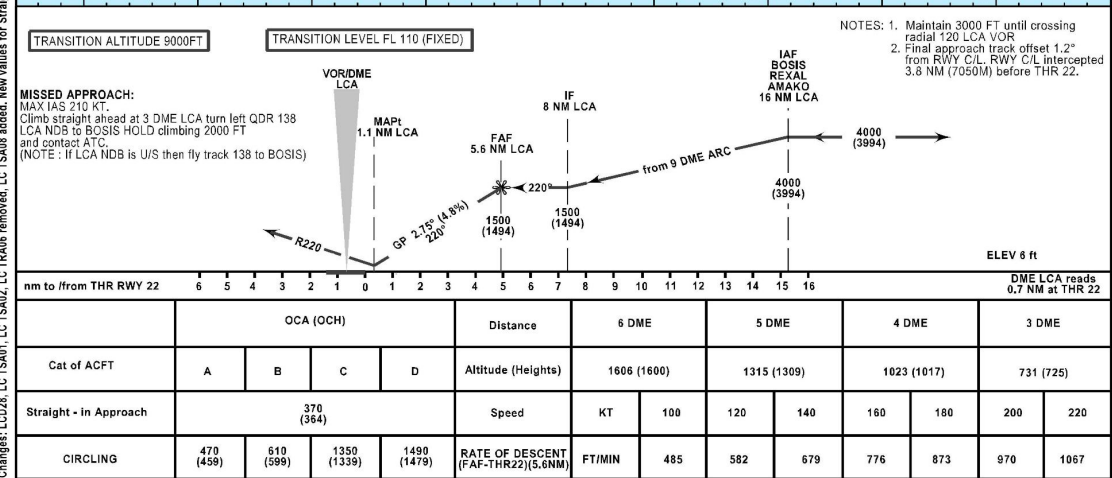
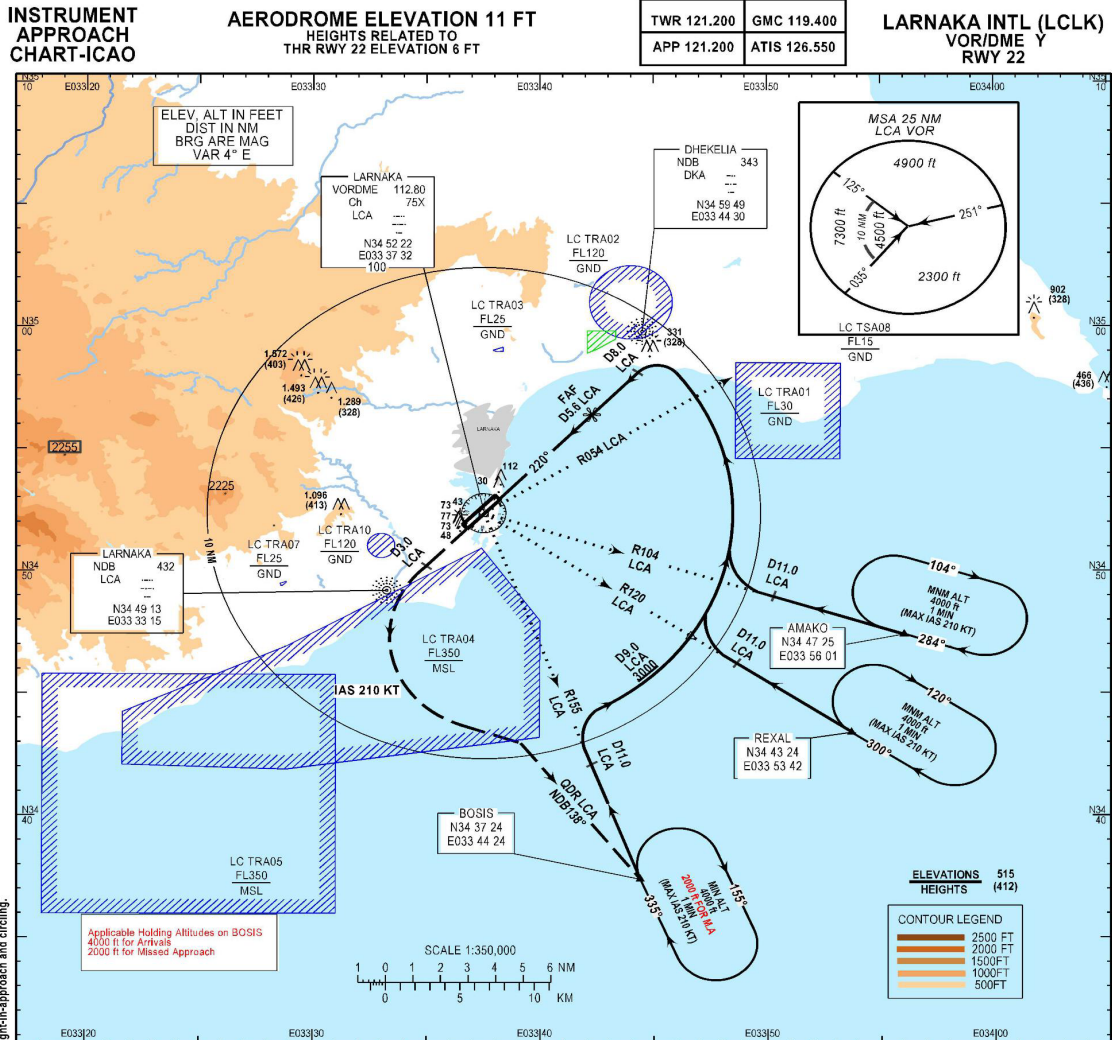
Department of Civil Aviation

AIRAC AIP AMDT 001/18

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

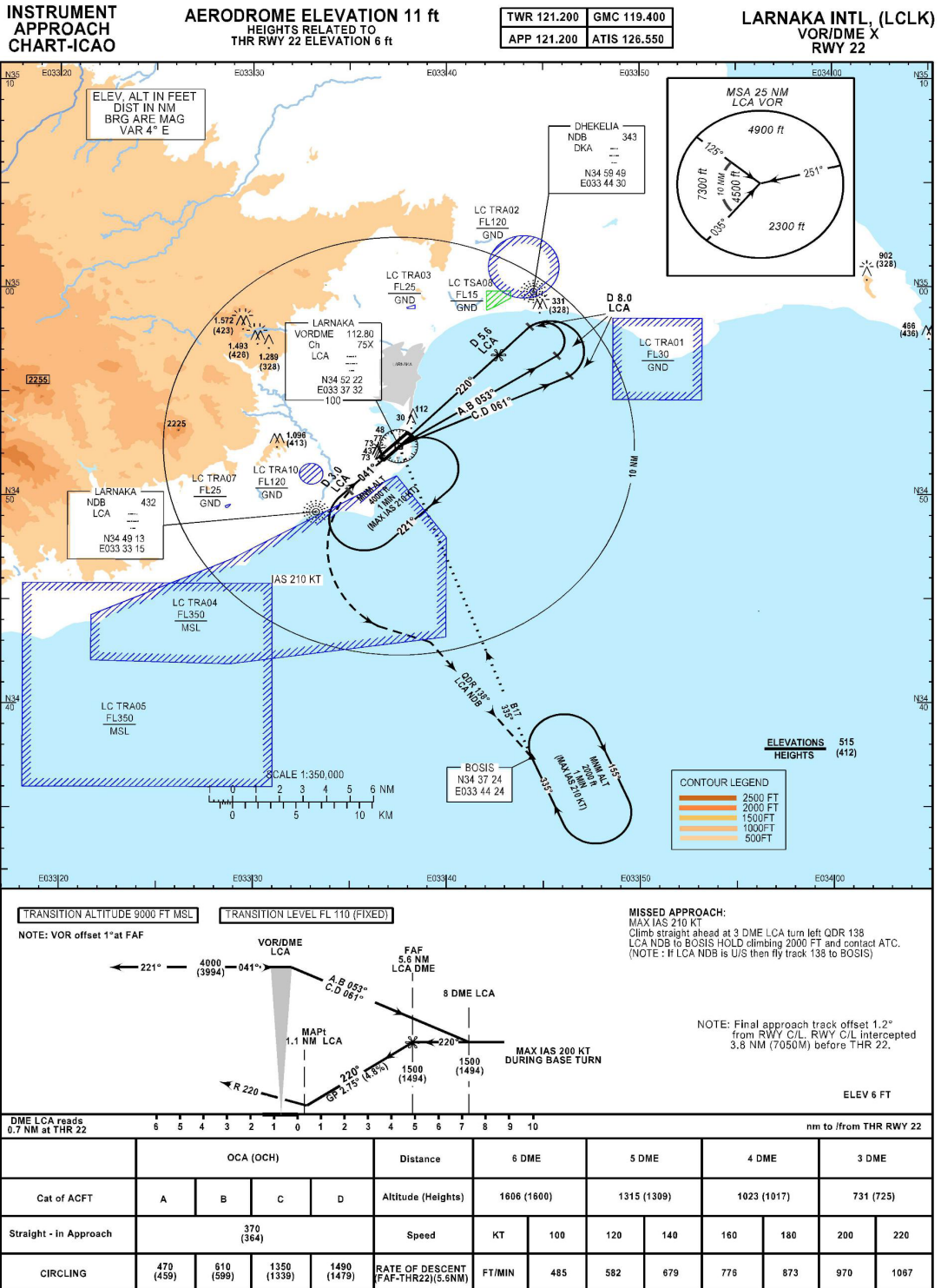
**AD 2.LCLK 2.24.2.7 - 1  
01 FEB 18**



ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

AIP  
CYPRUS

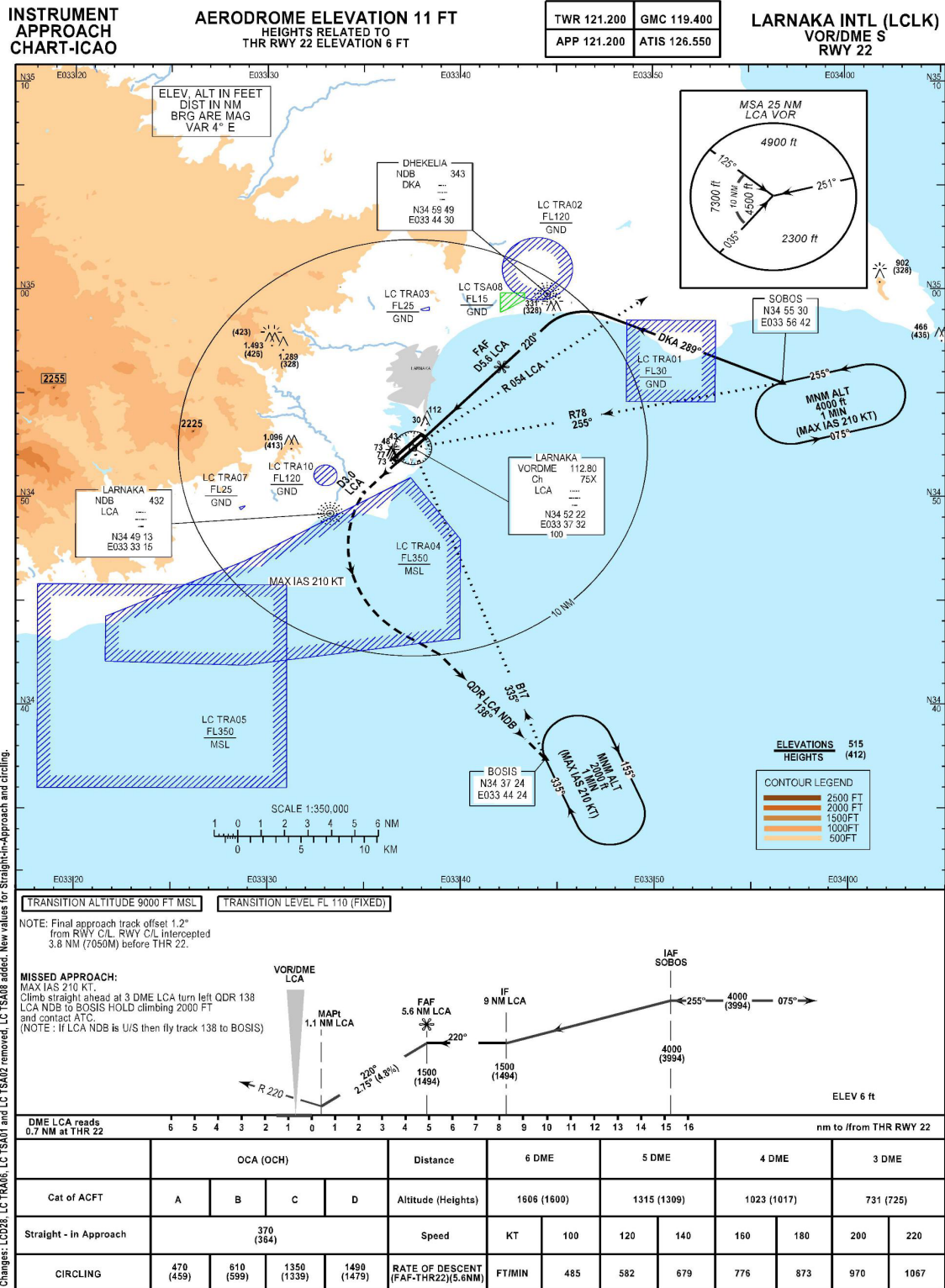
AD 2.LCLK 2.24.2.6 - 1  
01 FEB 18



ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ

AIP  
CYPRUS

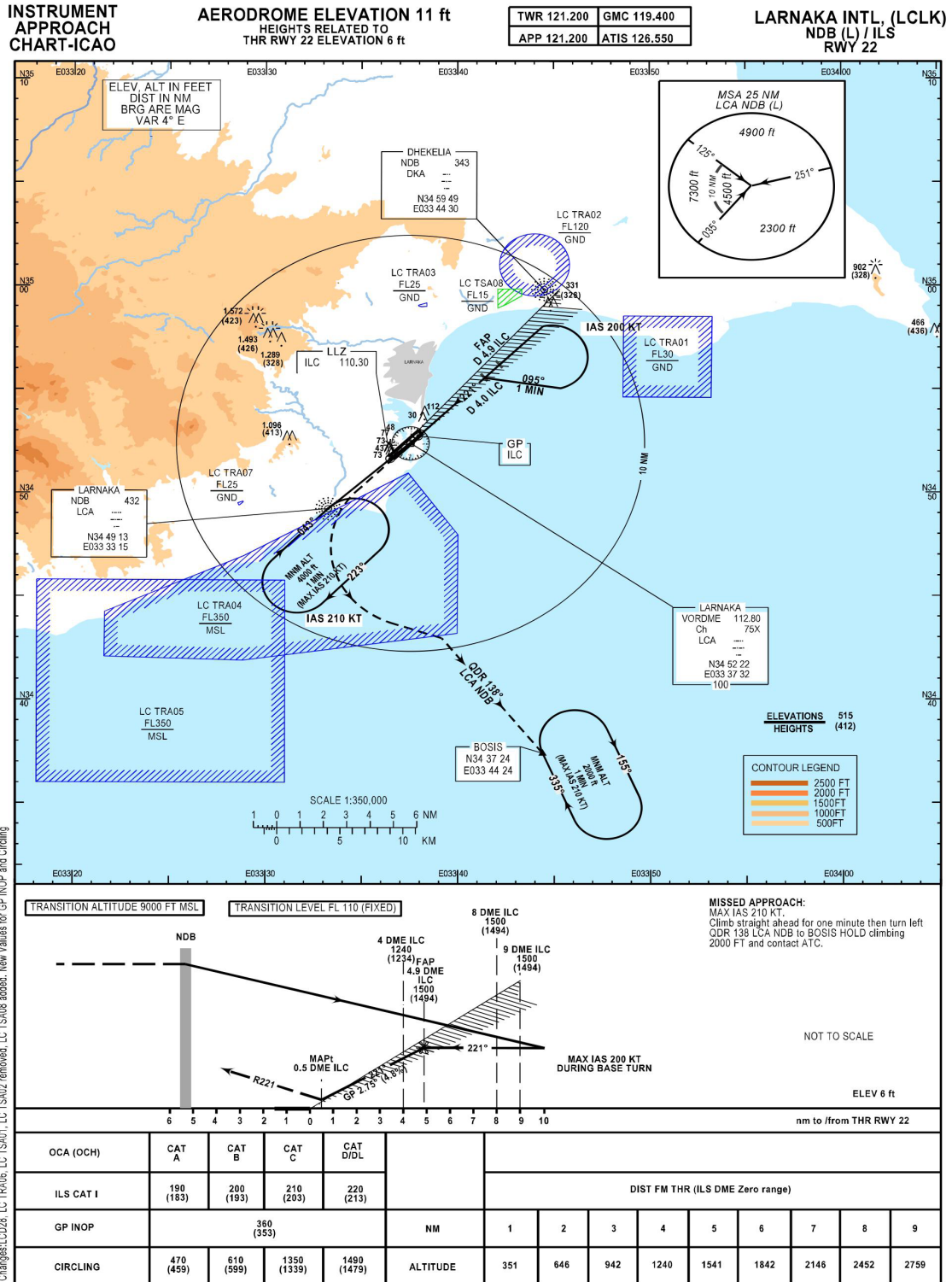
AD 2.LCLK 2.24.2.5 - 1  
01 FEB 18



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

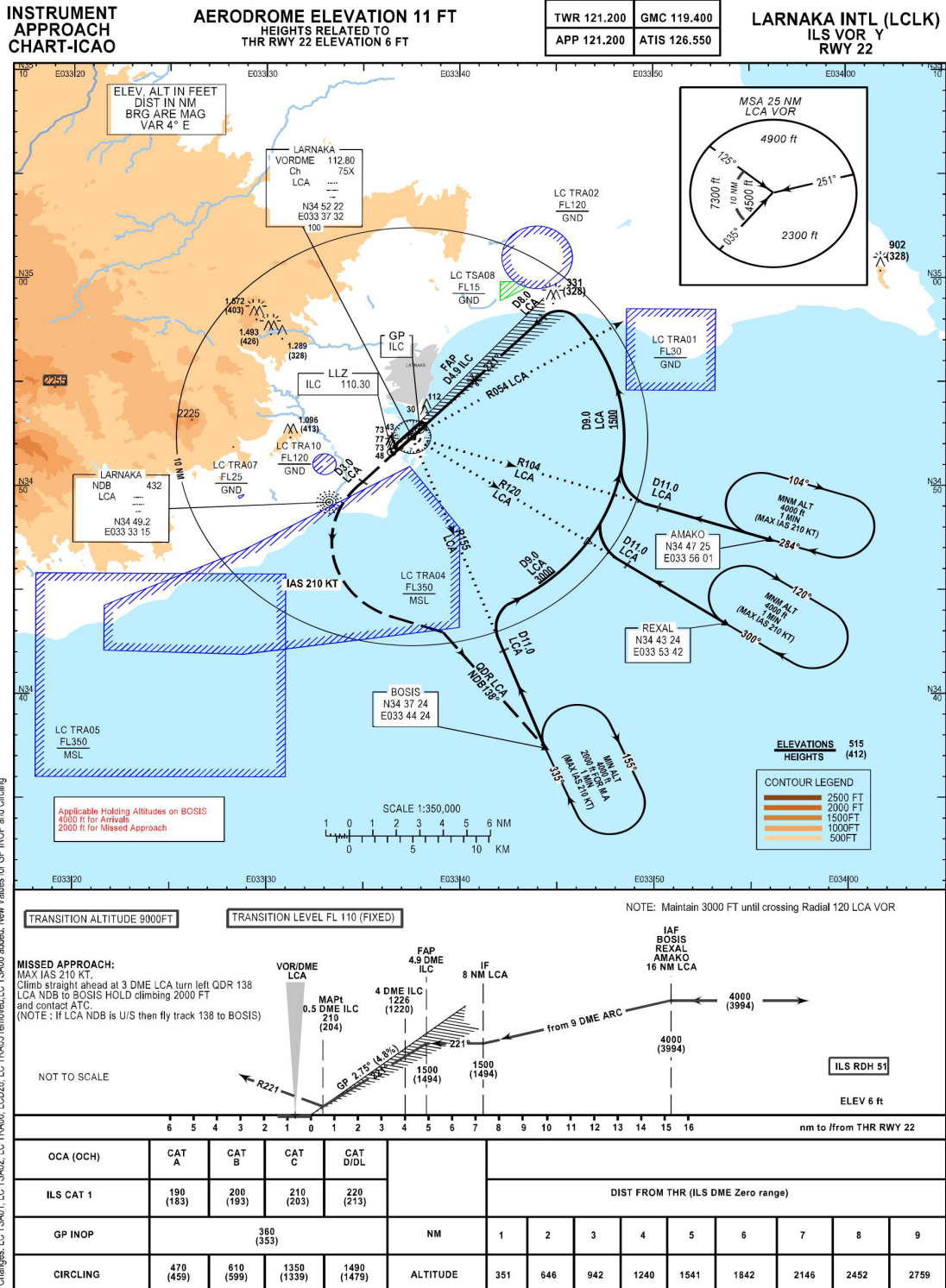
**AD 2.LCLK 2.24.2.4 - 1  
01 FEB 18**



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΟ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

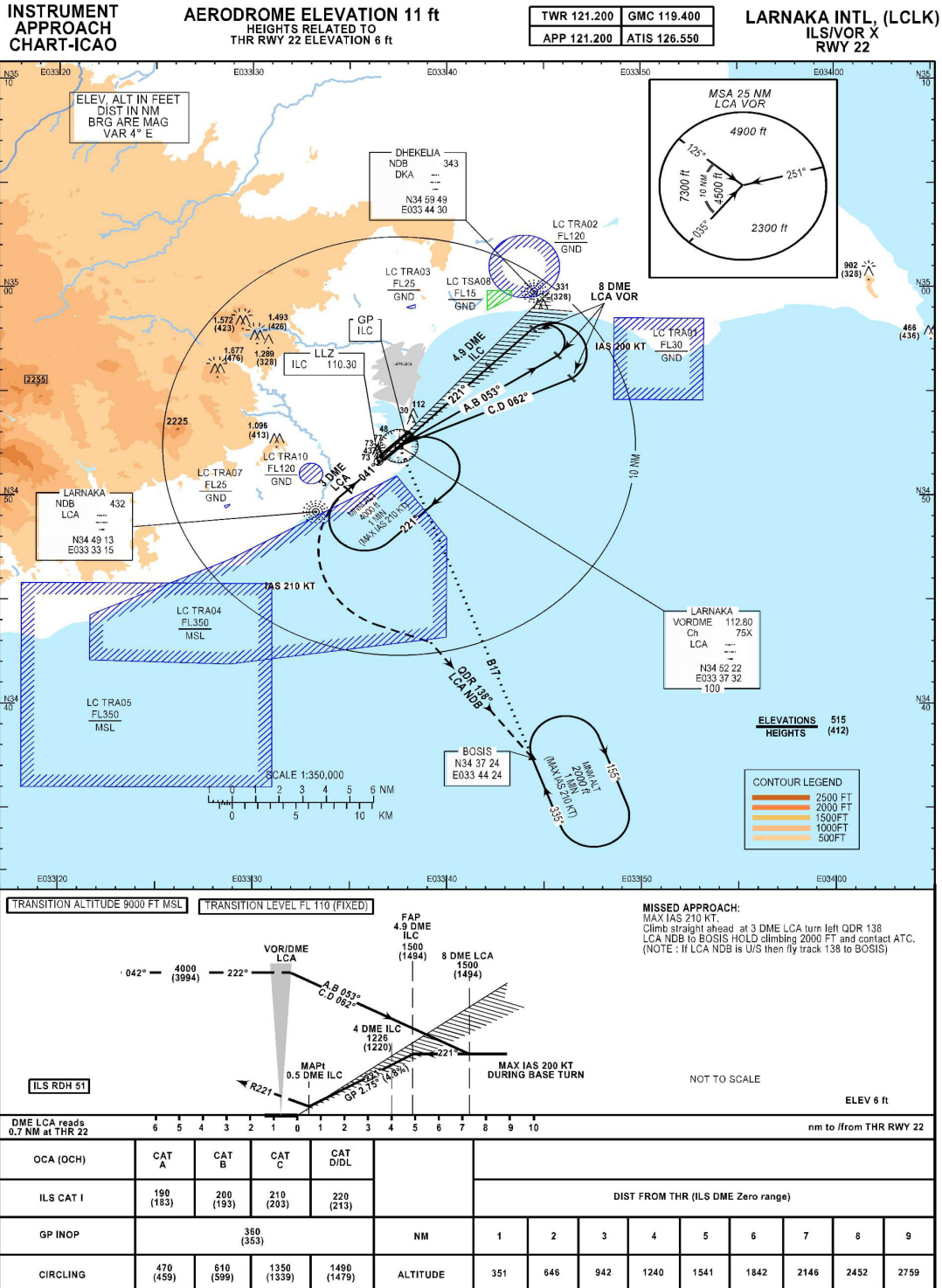
**AD 2.LCLK 2.24.2.3 - 1  
01 FEB 18**



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

**AD 2.LCLK 2.24.2.2 - 1  
01 FEB 18**

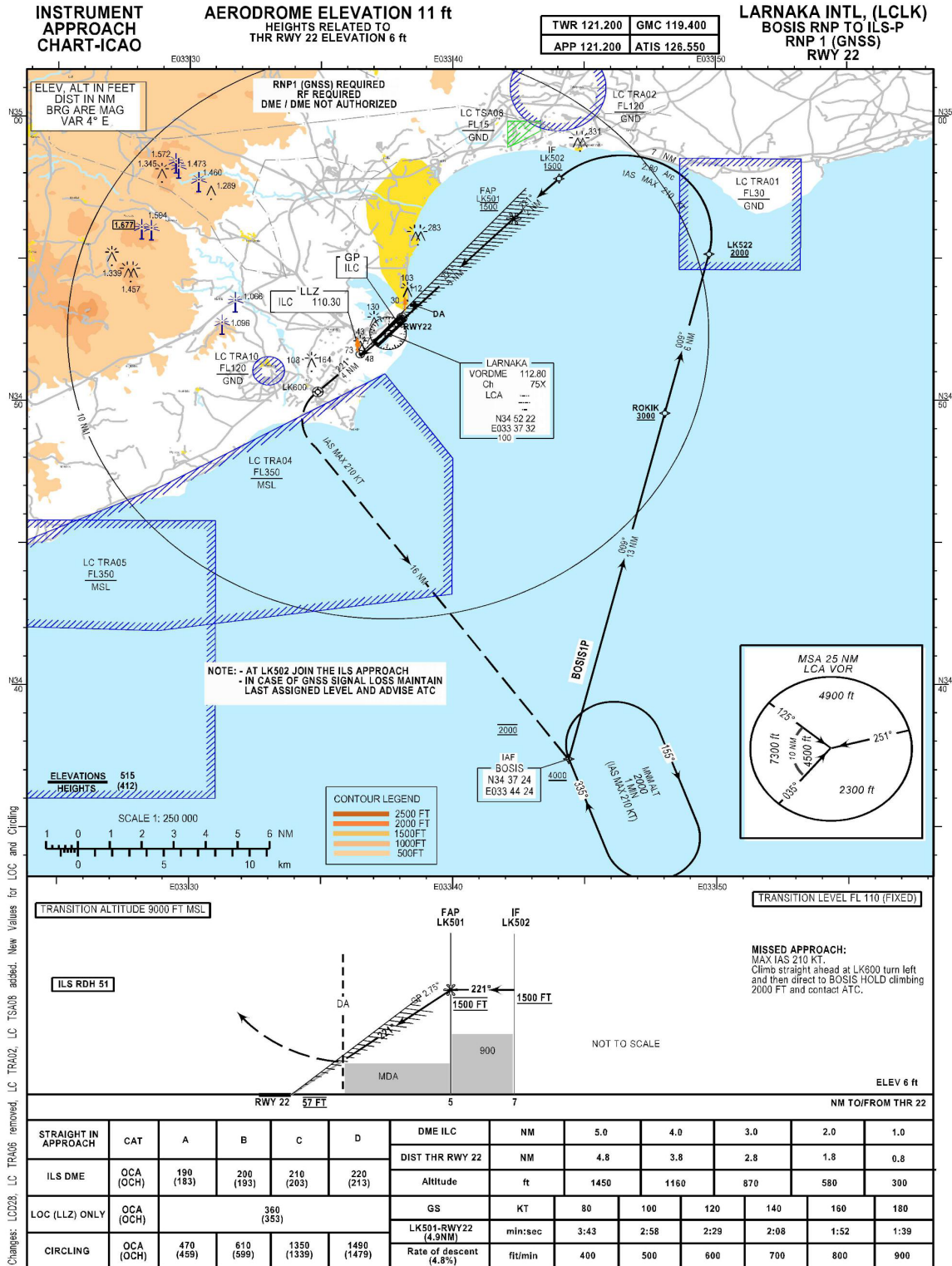




**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

**AD 2.LCLK 2.24.2.12 - 1  
01 FEB 18**



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 3.5MW ΣΤΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ**

**AIP  
CYPRUS**

**AD 2.LCLK 2.24.2.11 - 1  
01 FEB 18**

