

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ  
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:  
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΟΙΡΑΣΓΕΤΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Δρ Κ.Α. ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ**

**ΑΙΓΑΛΕΩ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2020**

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αποτελεί γεγονός πως τα μεγάλα ποσοστά ηλιοφάνειας στην Ελλάδα (περίπου 336 ημέρες το χρόνο), παρέχουν τη δυνατότητα για ευρεία χρήση φωτοβολταϊκών, τόσο με τη μορφή τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στις στέγες κτιρίων για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων όσο και με τη μορφή διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ή φωτοβολταϊκών πάρκων (στο εξής φ/β πάρκων) που έχουν ως αποκλειστικό στόχο την έγχυση ενέργειας προς το δίκτυο. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να αναδείξει τις ευκαιρίες της χώρας στη δραστηριοποίηση των φ/β πάρκων εν γένει και εν συνεχεία να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τη λειτουργία των φ/β πάρκων, συμπεριλαμβανομένων των κινδύνων και των βλαβών που μπορεί να συμβούν. Για την υλοποίηση του στόχου θα χρησιμοποιηθούν τα ευρήματα από δέκα φ/β πάρκα σε περιοχές της Μεσσηνίας, της Αττικής, της Λακωνίας και της Λάρισας, χρησιμοποιώντας το καταγραφικό της αυστριακής εταιρείας «FRONIUS» και θα επιχειρηθεί μια αξιολόγηση της λειτουργίας και ενεργειακής τους απόδοσης.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Φωτοβολταϊκό σύστημα, φ/β πλαίσιο, αντιστροφέας, σύστημα στήριξης, καταγραφικό σύστημα FRONIUS

## **ENERGY PERFORMANCE EVALUATION OF EXISTING PHOTOVOLTAIC PARKS**

### **ABSTRACT**

It is a fact that the large sunshine rates in Greece (about 336 days a year) offer the possibility of large photovoltaic use, both in the form of solar photovoltaic installations for energy and money savings, as well as in the form of interconnected photovoltaic systems or photovoltaic parks (hereinafter referred to as 'PV parks') which have the sole purpose of injecting energy into the grid. The aim of the diploma thesis is to highlight the country's opportunities for PV activity in general and then to give a comprehensive picture of the technical characteristics and operation of the photovoltaic parks as well as the risks and damages that can occur. To achieve the goal, the findings from ten PV parks in the areas of Messinia, Attica, Laconia and Larissa will be used, using the record of the Austrian company "FRONIUS" and an attempt will be made to evaluate their operation and energy decision.

**KEYWORDS:** photovoltaic system, pv panel, inverter, mounting system, FRONIUS monitoring system

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ Κ.Α. Καββαδία για τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξη, με αποτέλεσμα την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω για τη σημαντική συμβολή τους, με την προμήθεια απαραίτητων στοιχείων όσον αφορά τα υφιστάμενα φ/β πάρκα, τον πατέρα μου Γεώργιο Μοιρασγέτη εκ των ιδρυτών της κατασκευαστικής εταιρίας ΝΟΕΛ Α.Ε. και την γραμματέα του κυρία Σοφία Γιοβά.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την απεριόριστη αγάπη και υποστήριξη που μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

## ΣΥΜΒΟΛΑ

**A:** Συνολική επιφάνεια φ/β κυψελών ( $m^2$ )

**N:** Αριθμός φ/β πλαισίων που απαρτίζουν τη φ/β συστοιχία

**P<sub>0</sub>:** Ονομαστική ισχύς φ/β πάρκου (kW)

**E<sub>A</sub>:** Θεωρητική ενεργειακή παραγωγή φωτοβολταϊκής συστοιχίας (Wh)

**E<sub>pv</sub>:** Πραγματική ενεργειακή παραγωγή που εξάγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα (Wh)

**I<sub>T</sub>:** Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ( $W/m^2$ )

**I<sub>T,STC</sub>:** Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για πρότυπες συνθήκες μέτρησης STC ( $W/m^2$ )

**I<sub>T,NOCT</sub>:** Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για πραγματικές συνθήκες μέτρησης NOCT ( $W/m^2$ )

**H<sub>T</sub>:** Ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ( $Wh/m^2$ )

**n<sub>tem</sub>:** Θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών

**NOCT:** Θερμοκρασία φ/β πλαισίου για πραγματικές συνθήκες μέτρησης (°C)

**T<sub>c,STC</sub>:** Θερμοκρασία φ/β πλαισίου για πρότυπες συνθήκες STC (°C)

**T<sub>c</sub>:** Θερμοκρασία φ/β πλαισίου (°C)

**T<sub>amb,NOCT</sub>:** Θερμοκρασία περιβάλλοντος για πραγματικές συνθήκες μέτρησης NOCT (°C)

**T<sub>amb</sub>:** Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)

**CF:** Συντελεστής φορτίου

**n<sub>pv</sub>:** Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος

**n<sub>c</sub>:** Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Δραστηριότητα Φ/Β πάρκων στην Ελλάδα.....	14
1.2 Ανάλυση PEST.....	15
1.2.1 Πολιτική ανάλυση.....	15
1.2.2 Οικονομική ανάλυση.....	15
1.2.3 Κοινωνική ανάλυση.....	16
1.2.4 Τεχνολογική ανάλυση.....	16
1.3 Ευκαιρίες και απειλές στον κλάδο.....	17
1.4 Γενική περιγραφή στοιχείων ενός φ/β πάρκου.....	17
1.4.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	17
1.4.2 Αντιστροφείς (Inverters).....	18
1.4.3 Στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	19
1.4.4 Ηλεκτρολογικές συνδέσεις.....	20
1.4.5 Γειώσεις.....	21
1.4.6 Σύστημα καταγραφής και απομακρυσμένης παρακολούθησης.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ.....	22
2.1 Συνήθεις κίνδυνοι.....	22
2.1.1 Κίνδυνοι λόγω της έκθεσης στις εξωτερικές συνθήκες.....	22
2.1.2 Κίνδυνοι από ελαττωματικά υλικά.....	23
2.1.3 Κίνδυνοι λόγω αστοχίας κατά την μελέτη, τοποθέτηση, συναρμολόγηση.....	23
2.2. Βλάβες.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ Φ/Β ΠΑΡΚΑ.....	30
3.1 Χαρακτηριστικά των υφιστάμενων Φ/Β πάρκων.....	30
3.2 Φ/Β πάρκα στην Λακωνία.....	33
3.3 Φ/β πάρκα στην Μεσσηνία.....	38
3.4 Φ/Β πάρκα στην Αττική.....	43
3.5 Φ/Β πάρκο στη Λάρισα.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ Φ/Β ΠΑΡΚΩΝ.....	53
4.1 Περιγραφή καταγραφικού συστήματος και λήψη μετρήσεων.....	53
4.2 Έλεγχος και ορθότητα των μετρήσεων.....	57
4.2.1 Έλεγχος των τιμών για την ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος.....	60
4.2.2 Έλεγχος των τιμών για την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.....	62
4.2.3 Έλεγχος των τιμών για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων.....	64
4.3 Αξιολόγηση μετρήσεων.....	66
4.3.1 Πάρκο 1.....	68
4.3.2 Πάρκο 2.....	78
4.3.3 Πάρκο 3.....	88
4.3.4 Πάρκο 4.....	98
4.3.5 Πάρκο 5.....	108
4.3.6 Πάρκο 6.....	111
4.3.7 Πάρκο 7.....	115
4.3.8 Πάρκο 8.....	118
4.3.9 Πάρκο 9.....	126

4.3.10 Πάρκο 10 .....	135
4.4 Σύγκριση Φ/Β πάρκων.....	144
4.5 Επίδραση της τοποθεσίας.....	148
4.6 Επίδραση του συστήματος στήριξης φ/β πλαισίων .....	153
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	158
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	160

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1:1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σταθερών βάσεων και ηλιοστατών Πηγή: selasenergy.gr.....	20
Πίνακας 3:1 Ενδεικτικό κόστος επένδυσης φ/β συστήματος 100 kW σταθερών βάσεων και ηλιοστατών διπλού άξονα Πηγή: NOEL A.E.....	31
Πίνακας 3:2 Τιμή πώλησης μεγαβατώρας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για διαφορετικές χρονικές περιόδους Πηγή: ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ (ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ) ...	31
Πίνακας 3:3 Τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε φ/β πάρκο, τοποθεσία και 1ο έτος λειτουργίας .....	32
Πίνακας 3:4 Τεχνικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων (Πάρκο 1,2,3 & 4) .....	35
Πίνακας 3:5 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα (Πάρκο 1,2,3 & 4) .....	36
Πίνακας 3:6 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 1,2,3 & 4).....	37
Πίνακας 3:7 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 5).....	40
Πίνακας 3:8 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 6 & 7).....	40
Πίνακας 3:9 Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 5,6 & 7).....	42
Πίνακας 3:10 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 8 & 9).....	45
Πίνακας 3:11 Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα (Πάρκο 8).....	46
Πίνακας 3:12 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 8) .....	47
Πίνακας 3:13 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 9) .....	48
Πίνακας 3:14 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα (Πάρκο 10).....	50
Πίνακας 3:15 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 10) .....	51
Πίνακας 4:1 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος .....	54
Πίνακας 4:2 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα θερμοκρασίας φ/β πλαισίων .....	55
Πίνακας 4:3 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας .....	55
Πίνακας 4:4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου .....	56
Πίνακας 4:5 Διαθέσιμες μετρήσεις για κάθε φ/β πάρκο.....	57
Πίνακας 4:6 Συχνότητα καταγραφής .....	58
Πίνακας 4:7 Παραλειπόμενα χρονικά διαστήματα .....	59
Πίνακας 4:8 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	69
Πίνακας 4:9 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018).....	71
Πίνακας 4:10 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	72
Πίνακας 4:11 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	73
Πίνακας 4:12 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 1, 2010-2018).....	76
Πίνακας 4:13 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	77
Πίνακας 4:14 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 1).....	77
Πίνακας 4:15 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	79

Πίνακας 4:16 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018).....	82
Πίνακας 4:17 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	83
Πίνακας 4:18 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	84
Πίνακας 4:19 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 2, 2010-2018).....	86
Πίνακας 4:20 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	88
Πίνακας 4:21 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 2).....	88
Πίνακας 4:22 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	89
Πίνακας 4:23 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 3, 2010-2018).....	92
Πίνακας 4:24 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	93
Πίνακας 4:25 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	94
Πίνακας 4:26 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 3, 2010-2018).....	96
Πίνακας 4:27 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	97
Πίνακας 4:28 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 3).....	98
Πίνακας 4:29 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	99
Πίνακας 4:30 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 4, 2010-2018).....	101
Πίνακας 4:31 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	103
Πίνακας 4:32 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	104
Πίνακας 4:33 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 4, 2010-2018).....	106
Πίνακας 4:34 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	107
Πίνακας 4:35 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 4).....	108
Πίνακας 4:36 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 5, 2010-2018) .....	108
Πίνακας 4:37 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 5, 2010-2018) .....	110
Πίνακας 4:38 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 5).....	111
Πίνακας 4:39 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 6, 2011-2018) .....	112
Πίνακας 4:40 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 6, 2011-2018) .....	113
Πίνακας 4:41 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 6).....	114
Πίνακας 4:42 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 7, 2011-2018).....	115
Πίνακας 4:43 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 7, 2011-2018) .....	116
Πίνακας 4:44 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 7).....	117
Πίνακας 4:45 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	118
Πίνακας 4:46 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 8, 2012-2018).....	121
Πίνακας 4:47 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	122
Πίνακας 4:48 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	123
Πίνακας 4:49 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 8, 2012-2018).....	125
Πίνακας 4:50 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	126



Πίνακας 4:51 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 8).....	126
Πίνακας 4:52 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 9).....	127
Πίνακας 4:53 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 9, 2012-2018).....	129
Πίνακας 4:54 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 9, 2012-2018).....	130
Πίνακας 4:55 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 9, 2012-2018).....	131
Πίνακας 4:56 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 9, 2012-2018).....	133
Πίνακας 4:57 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 9, 2012-2018).....	134
Πίνακας 4:58 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 9).....	134
Πίνακας 4:59 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 10).....	135
Πίνακας 4:60 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 10, 2012-2018).....	138
Πίνακας 4:61 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 10, 2012-2018).....	139
Πίνακας 4:62 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 10, 2012-2018).....	140
Πίνακας 4:63 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 10, 2012-2018).....	142
Πίνακας 4:64 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 10, 2012-2018).....	143
Πίνακας 4:65 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 10).....	143
Πίνακας 4:66 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής για κάθε φ/β πάρκο.....	144
Πίνακας 4:67 Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ.....	145
Πίνακας 4:68 Μέσος συντελεστής φορτίου.....	146
Πίνακας 4:69 Μέσο ετήσιο εισόδημα ανηγμένο ως προς την ονομαστική ισχύ για κάθε φ/β πάρκο.....	147
Πίνακας 4:70 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Καλυβάκια).....	149
Πίνακας 4:71 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Ξηροπήγαδο).....	149
Πίνακας 4:72 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Τριμηνία).....	150
Πίνακας 4:73 Απόκλιση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής του Πάρκο 7 από το Πάρκο 4 (2012-2018).....	157

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1-1 Ελληνική αγορά φ/β 2007 – 2018 Πηγή: ΣΕΦ.....	14
Διάγραμμα 3-1 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 1,2,3 & 4).....	37
Διάγραμμα 3-2 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5,6 & 7).....	42
Διάγραμμα 3-3 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8).....	47
Διάγραμμα 3-4 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9).....	48
Διάγραμμα 3-5 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10).....	52
Διάγραμμα 4-1 Ημερήσια διακύμανση ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος πριν τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 1, 30-5-2011).....	61

Διάγραμμα 4-2 Ημερήσια διακύμανση ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος μετά τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 1, 30-5-2011) .....	61
Διάγραμμα 4-3 Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 1-1-2014) .....	62
Διάγραμμα 4-4 Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πριν τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 9, 11-6-2016) .....	63
Διάγραμμα 4-5 Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μετά τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 9, 11-6-2016) .....	63
Διάγραμμα 4-6 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος πριν τη διόρθωση (Πάρκο 10, 13-1-2018) .....	64
Διάγραμμα 4-7 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μετά τη διόρθωση (Πάρκο 10, 13-1-2018) .....	65
Διάγραμμα 4-8 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων πριν τη διόρθωση (Πάρκο 3, 2-8-2013) .....	65
Διάγραμμα 4-9 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	69
Διάγραμμα 4-10 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	70
Διάγραμμα 4-11 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων .....	71
Διάγραμμα 4-12 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	72
Διάγραμμα 4-13 Μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	73
Διάγραμμα 4-14 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 1, 2010-2018) .....	74
Διάγραμμα 4-15 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 1, 2010) .....	75
Διάγραμμα 4-16 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 1, 2010) .....	76
Διάγραμμα 4-17 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	79
Διάγραμμα 4-18 Διακύμανση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	80
Διάγραμμα 4-19 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	81
Διάγραμμα 4-20 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	82
Διάγραμμα 4-21 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	83
Διάγραμμα 4-22 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 2, 2010-2018) .....	84
Διάγραμμα 4-23 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 2, 2010) .....	85
Διάγραμμα 4-24 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 2, 2010) .....	87
Διάγραμμα 4-25 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	90
Διάγραμμα 4-26 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	90
Διάγραμμα 4-27 Μεταβολή της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	91

Διάγραμμα 4-28 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018) .....	92
Διάγραμμα 4-29 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 3, 2010-2018).....	93
Διάγραμμα 4-30 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 3) .....	94
Διάγραμμα 4-31 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 3, 2010).....	95
Διάγραμμα 4-32 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 3, 2010).....	96
Διάγραμμα 4-33 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	99
Διάγραμμα 4-34 Μεταβολή ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018).....	100
Διάγραμμα 4-35 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	101
Διάγραμμα 4-36 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018) .....	102
Διάγραμμα 4-37 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 4, 2010-2018).....	103
Διάγραμμα 4-38 Σύγκριση πραγματικής και θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 4, 2010-2018).....	104
Διάγραμμα 4-39 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 4, 2010).....	105
Διάγραμμα 4-40 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 4, 2010).....	106
Διάγραμμα 4-41 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018).....	109
Διάγραμμα 4-42 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018).....	109
Διάγραμμα 4-43 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018).....	110
Διάγραμμα 4-44 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018).....	112
Διάγραμμα 4-45 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018).....	113
Διάγραμμα 4-46 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018).....	114
Διάγραμμα 4-47 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018).....	115
Διάγραμμα 4-48 Μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018)....	116
Διάγραμμα 4-49 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018).....	117
Διάγραμμα 4-50 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	119
Διάγραμμα 4-51 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	119
Διάγραμμα 4-52 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	120
Διάγραμμα 4-53 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018) .....	121
Διάγραμμα 4-54 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8, 2012-2018).....	122
Διάγραμμα 4-55 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8, 2012-2018).....	123
Διάγραμμα 4-56 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 8, 2012).....	124
Διάγραμμα 4-57 Βαθμός απόδοσης συστήματος (Πάρκο 8, 2012).....	125

Διάγραμμα 4-58 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018) .....	127
Διάγραμμα 4-59 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018) .....	128
Διάγραμμα 4-60 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 9, 2012-2018) .....	128
Διάγραμμα 4-61 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018) .....	129
Διάγραμμα 4-62 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9, 2012-2018).....	130
Διάγραμμα 4-63 Σύγκριση πραγματικής ετήσιας και θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9, 2012-2018).....	131
Διάγραμμα 4-64 Ποσοστιαία απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 9, 2012).....	132
Διάγραμμα 4-65 Βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας (Πάρκο 9, 2012) .....	133
Διάγραμμα 4-66 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018) .....	136
Διάγραμμα 4-67 Διακύμανση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018) .....	136
Διάγραμμα 4-68 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 10) .....	137
Διάγραμμα 4-69 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018) .....	138
Διάγραμμα 4-70 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10, 2012-2018).....	139
Διάγραμμα 4-71 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10, 2012-2018).....	140
Διάγραμμα 4-72 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 10, 2012).....	141
Διάγραμμα 4-73 Βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας (Πάρκο 10, 2012) .....	142
Διάγραμμα 4-74 Σύγκριση μέσης ετήσιας ενεργειακής παραγωγής ανηγμένης ως προς την ονομαστική ισχύ .....	145
Διάγραμμα 4-75 Σύγκριση μέσου συντελεστή φορτίου .....	146
Διάγραμμα 4-76 Σύγκριση μέσου ετήσιου εισοδήματος ανηγμένου ως προς την ονομαστική ισχύ .....	147
Διάγραμμα 4-77 Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.....	150
Διάγραμμα 4-78 Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων .....	151
Διάγραμμα 4-79 Ετήσια μεταβολή του θερμοκρασιακού συντελεστή απωλειών.....	152
Διάγραμμα 4-80 Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής ανηγμένης ως προς την ονομαστική ισχύ .....	153
Διάγραμμα 4-81 Μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7 & Πάρκο 4, 2012-2018).....	156

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

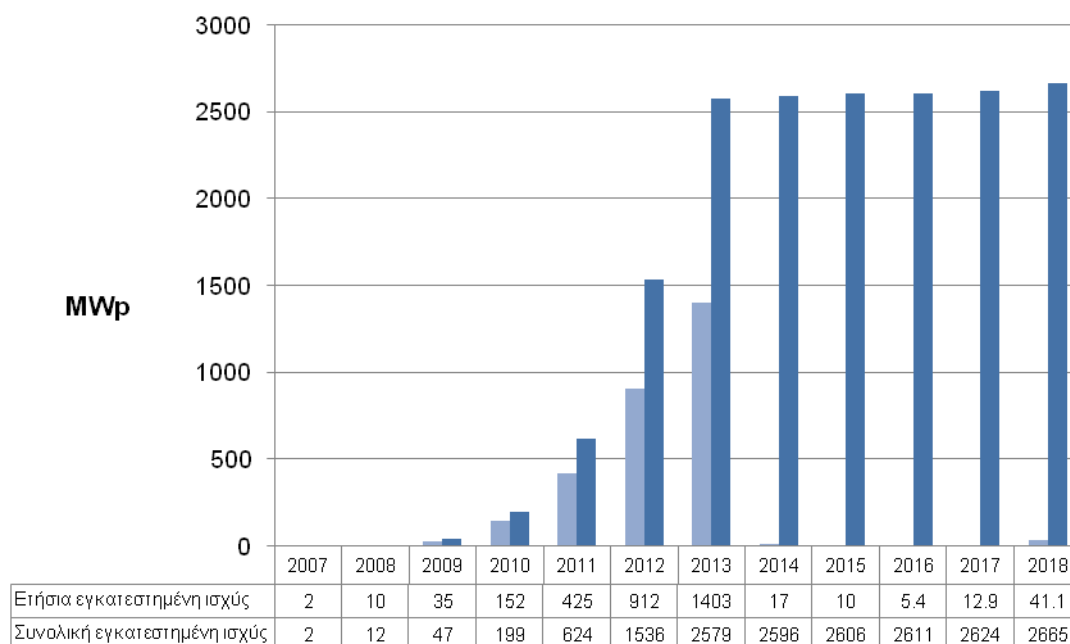
Εικόνα 2-1 Βλάβες σε Φ/Β πάρκα 2012-2015 Πηγή: TUV RHEINALD .....	23
Εικόνα 2-2 Συσσώρευση σκόνης στην επιφάνεια φ/β πλαισίου Πηγή: pv-magazine.com .....	24
Εικόνα 2-3 Αποχρωματισμός φ/β πλαισίου Πηγή: review.solar .....	25

Εικόνα 2-4 Αποκόλληση φ/β πλασιών από τη βάση στήριξης τους Πηγή: pn-magazine-usa.com .....	25
Εικόνα 2-5 Ραγισμένο γυαλί σε φ/β πλαίσιο Πηγή: hovall.com .....	26
Εικόνα 2-6 Ραγισμένα κελιά σε φ/β πλαίσια Πηγή: review.solar .....	26
Εικόνα 2-7 Θερμές κηλίδες σε φ/β πλαίσια Πηγή: pn-magazine-usa.com .....	27
Εικόνα 2-8 Αποχρωματισμός στις διόδους παράκαμψης Πηγή: www.engineeringforchange.org .....	28
Εικόνα 2-9 Βραχυκυκλωμένα καλώδια Πηγή: ec.europa.eu .....	28
Εικόνα 2-10 Βλάβη στο κουτί σύνδεσης Πηγή: rimstar.org.....	29
Εικόνα 3-1 Απεικόνιση της τοποθεσίας των φ/β πάρκων στο χάρτη της Ελλάδας Πηγή: Google Earth .....	33
Εικόνα 3-2 Απεικόνιση των Πάρκων 1,2,3 & 4 στη Λακωνία Πηγή: Google Earth .....	34
Εικόνα 3-3 Απεικόνιση Πάρκου 4.....	34
Εικόνα 3-4 Απεικόνιση των Πάρκων 5,6 & 7 στη Μεσσηνία .....	38
Εικόνα 3-5 Απεικόνιση Πάρκου 6.....	39
Εικόνα 3-6 Απεικόνιση των Πάρκων 8 & 9 στην Αττική .....	43
Εικόνα 3-7 Απεικόνιση Πάρκου 9.....	44
Εικόνα 3-8 Απεικόνιση του Πάρκου 10 στη Λάρισα .....	49
Εικόνα 3-9 Απεικόνιση Πάρκου 10.....	49
Εικόνα 4-1 Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος Πηγή: Fronius.com .....	54
Εικόνα 4-2 Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας φ/β πλασιών Πηγή: Fronius.com .....	55
Εικόνα 4-3 Αισθητήρας μέτρησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας Πηγή: Fronius.com.....	56
Εικόνα 4-4 Αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου Πηγή: Fronius.com .....	56
Εικόνα 4-5 Μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο Πηγή: <a href="http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps">http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps</a> , Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002- 2012 (Μεσσηνία).....	154
Εικόνα 4-6 Τοποθεσία του Πάρκου 7 Πηγή: Google earth .....	155
Εικόνα 4-7 Μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο Πηγή: <a href="http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps">http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps</a> , Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012 (Λακωνία).....	155
Εικόνα 4-8 Τοποθεσία του Πάρκου 4 Πηγή: Google earth .....	156

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Δραστηριότητα Φ/Β πάρκων στην Ελλάδα

Στα τέλη του 2018 στην Ελλάδα ήταν εγκατεστημένα 2.665 μεγαβάτ (MWp) φωτοβολταϊκών, εκ των οποίων τα 2.106 MWp επί εδάφους και τα υπόλοιπα σε στέγες κτιρίων, καλύπτοντας περίπου το 7% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και φέρνοντας την Ελλάδα σε μία από τις πρώτες θέσεις διεθνώς σε ότι αφορά στη συμβολή των φωτοβολταϊκών στη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 1-1 Ελληνική αγορά φ/β 2007 – 2018 Πηγή: ΣΕΦ

Το περιβαλλοντικό αντίκρισμα των φωτοβολταϊκών αυτών, σύμφωνα με συγκρίσεις από στοιχεία της ΔΕΗ αποτυπώνεται στην αποδέσμευση γης, αφού η συνολική έκταση που δεσμεύουν αυτά τα 2.106 MWp είναι περίπου 40.000 στρέμματα, 6,3 φορές μικρότερη από τα 253.000 στρέμματα που καταλαμβάνουν οι λιγνιτικοί σταθμοί και τα λιγνιτωρυχεία, στην περιορισμένη κατανάλωση νερού αφού για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων απαιτούνται κατά μέσο όρο 0,114 m<sup>3</sup> νερού ανά παραγόμενη MWh, 30,5 φορές μικρότερη ανά παραγόμενη MWh από ένα λιγνιτικό σταθμό και στην αποσόβηση της έκλυσης περίπου 3,3 εκατ. Τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα. (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2019)[1]

Το ενδεικτικό κόστος ενός φωτοβολταϊκού σταθμού 100 KWP είναι 90.000€ και περιλαμβάνει:

- Βασικό εξοπλισμό (φ/β γεννήτριες, αντιστροφείς, βάσεις, καλώδια κλπ)
- Μεταφορικά
- Διαμόρφωση χώρου

- Περίφραξη
- Απαιτούμενες μελέτες

Αναφορικά με το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του σταθμού αυτό είναι πολύ χαμηλό καθώς περιορίζεται στην ασφάλιση και φύλαξη του σταθμού, τον περιοδικό καθαρισμό των επιφανειών των γεννητριών και έναν ετήσιο έλεγχο λειτουργίας.

Αντίστοιχα για ένα φωτοβολταϊκό σταθμό 500 kWp το ενδεικτικό κόστος επένδυσης είναι 400.000€.<sup>1</sup>

## 1.2 Ανάλυση PEST

Η ανάλυση PEST (political, economical, social, technological) είναι το πιο συχνό εργαλείο για την ανάλυση του εξωτερικού περιβάλλοντος μιας επιχείρησης και ο λόγος που προτάθηκε στο έγγραφο αυτό είναι για να αναπτυχθεί μια εις βάθος κατανόηση σχετικά με το πλαίσιο στο οποίο λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά πάρκα στην Ελλάδα. (Gurta, 2013)[2]

### 1.2.1 Πολιτική ανάλυση

Παρά τις αντιθέσεις μελετητών και μηχανικών οι εξελίξεις και η πρόοδος στον τομέα των φ/β οφείλεται μάλλον σε καινοτομίες και πράξεις του πολιτικού συστήματος παρά στην τεχνολογική πρόοδο. (Luque & Hegedus, 2003)[3]

Το 2016 αποτέλεσε σταθμό για την επανεκκίνηση της αγοράς φωτοβολταϊκών με την ψήφιση του νόμου (ο Ν.4414/2016) που έθεσε τις βάσεις για ένα νέο καθεστώς στήριξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) βασισμένο σε μηχανισμούς αγοράς (feed-in-premium και διαγωνιστικές διαδικασίες), το οποίο εγκρίθηκε από την Κομισιόν και είναι συμβατό με τις Κατευθυντήριες Γραμμές της ΕΕ για τις κρατικές ενισχύσεις αλλά και το γενικότερο στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Με τους διαγωνισμούς που θα διενεργηθούν την περίοδο 2018 – 2020 εκκινεί εκ νέου η αγορά φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα η οποία μετά από μια εντυπωσιακή ανάπτυξη την περίοδο 2011 – 2013, παρουσίασε καθίζηση τα επόμενα χρόνια. (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2018)[4]

Παρόλα αυτά η γραφειοκρατία που ταλανίζει το ελληνικό κράτος και στη συγκεκριμένη περίπτωση σχετίζεται με τα αδειοδοτικά στάδια που εμπλέκουν Περιφέρεια, Πολεοδομία, ΔΕΔΔΗΕ και λοιπές αρμόδιες αρχές αποτελεί έναν αναίτιο παράγοντα καθυστερήσεων για μεσαία και μεγάλα έργα.<sup>2</sup>

### 1.2.2 Οικονομική ανάλυση

Παρά τη δυσμενή οικονομική κατάσταση του ελληνικού κράτους που επιτάσσει υψηλή φορολόγηση (13% για κέρδος από διαχείριση ΑΠΕ έως 100 KW και 23% για παραπάνω<sup>3</sup>) και

<sup>1</sup> <http://www.photovoltaic.gr/el/master/page/services/solar-parks>

<sup>2</sup> <http://www.photovoltaic.gr/el/master/page/services/solar-parks>

<sup>3</sup> Άρθρο 116 νόμου 4316/2014

τα υψηλά επίπεδα πληθωρισμού (1%) σύμφωνα με στοιχεία της EUROSTAT οι συνθήκες σε ότι αφορά τη χρηματοδότηση για εγκατάσταση φ/β είναι σχετικά ευνοϊκές τα τελευταία χρόνια που το ελληνικό κράτος και η διεθνής αγορά οδεύουν προς την πράσινη ανάπτυξη.

Ενδεικτικά αναφέρονται η δράση του Green Banking από την Τράπεζα Πειραιώς που παρέχουν χρηματοδότηση σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις που θέλουν να επενδύσουν σε φ/β με χαμηλά επιτόκια<sup>4</sup>, οι επενδύσεις της Eurobank και AlphaBank ύψους 200 εκ. ευρώ σε έργα που σχετίζονται με την πράσινη ενέργεια<sup>5</sup> αλλά και το Horizon 2020: Work programme 2018 – 2020 “Secure, clean and efficient energy” από την Κομισιόν που παρέχει συνολική χρηματοδότηση ύψους 212 εκ.

Παρόλα αυτά αξίζει να αναφερθεί ότι οι προϋποθέσεις δανειοδότησης στην Ελλάδα, όπως και παγκοσμίως, γίνονται όλο και πιο αυστηρές επηρεάζοντας τον κλάδο των φ/β που εντάσσονται στις επιχειρήσεις υψηλής έντασης κεφαλαίου. Σημαντικό ρόλο για την εκάστοτε χρηματοδότηση κατασκευής ενός πάρκου είναι ο προτεινόμενος εξοπλισμός, η αξιοπιστία του επιλεγμένου εγκαταστάτη και τα διαθέσιμα ίδια κεφάλαια που διατίθενται για την επένδυση.

### 1.2.3 Κοινωνική ανάλυση

Οι κλιματικές αλλαγές που βιώνει η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια καθώς και η αυξημένη ζήτηση για ενέργεια, έχει ευαισθητοποιήσει τη μεγαλύτερη μερίδα του πληθυσμού σε οτιδήποτε αφορά την προστασία του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να ενημερώνονται και να ζητούν περισσότερη πράσινη ανάπτυξη και επομένως ΑΠΕ και φ/β.

Αξίζει παρόλα αυτά να αναφερθεί ότι μέχρι τώρα η συμβολή των κοινωνικό-οικονομικών επιστημών αφορά στην έννοια και στο περιεχόμενο της αειφορίας η οποία σχετίζεται με την οικονομική ανάπτυξη που λαμβάνει υπόψη το περιβάλλον παρά στην πράσινη ανάπτυξη που δίνει προτεραιότητα στο περιβάλλον παρά στην οικονομία. Έτσι το βάρος της κοινωνικής συνείδησης στρέφεται κυρίως σε ενέργειες όπως η ενημέρωση και κατανάλωση οικολογικών προϊόντων ή προώθηση χρήσης «ενεργειακά καθαρών» μορφών μετακίνησης (ηλεκτρικά αυτοκίνητα) παρά στην προώθηση ενεργειών υπέρ της πράσινης ανάπτυξης. (Δελησταύρου, Χ.Η.)[5]

### 1.2.4 Τεχνολογική ανάλυση

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η χρήση του διαδικτύου προσφέρει πολλές δυνατότητες στους ιδιοκτήτες φωτοβολταϊκών πάρκων οι οποίοι εφευρίσκουν ολοένα και περισσότερους τρόπους να κάνουν οικονομία τόσο σε χρόνο όσο και σε κόστος.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η χρήση κάμερας παρακολούθησης μέσω κινητών συσκευών, η οποία εξοικονομεί πόρους από τη συνεχή παρακολούθηση για τυχόν βλάβες, ειδικά σε περιπτώσεις όπου οι εγκαταστάσεις είναι μακριά από την τοποθεσία του ιδιοκτήτη, η προμήθεια φθηνού εξοπλισμού από την Ασία, η ανακάλυψη και χρήση επιφανειοδραστικών ουσιών που εξοικονομούν νερό στην καθαριότητα των πάνελ. (Moharram, Elhady, Kandil, Sherif, 2013)[6].

<sup>4</sup><https://www.piraeusbank.gr/>

<sup>5</sup><http://newpost.gr/>



Επίσης αξίζει να αναφερθεί και η τεχνολογική πρόοδος σε ότι αφορά τη μετεωρολογία που επιτρέπει στους ιδιοκτήτες φ/β συστημάτων να εξετάζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις κλιματικές αλλαγές που επηρεάζουν άμεσα τα φ/β (όπως θα δούμε και στη συνέχεια) αλλά και στους επενδυτές επιτρέποντας τους να γνωρίζουν τι κλιματικές αλλαγές πρόκειται να υποστεί μια χώρα σε βάθος 30-40 χρόνων. (Panagea, Koutroulis, Grillakis, & Tsanis, 2014)[7]

Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα σε σύγκριση με τις άλλες χώρες της Ευρώπης προχωράει με πιο αργούς ρυθμούς στη τεχνολογική πρόοδο με το 70.1% του συνολικού πληθυσμού να χρησιμοποιεί το διαδίκτυο (σε σχέση με το 85.2% του μ.ο. της Ευρώπης).<sup>6</sup>

### 1.3 Ευκαιρίες και απειλές στον κλάδο

Οι ευκαιρίες και απειλές σε μια εταιρεία ή ένα κλάδο προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης (μακροπεριβάλλον), στο οποίο περιλαμβάνονται και οι PEST παράγοντες.

Όπως φαίνεται από την ανάλυση PEST ο κλάδος των φωτοβολταϊκών έχει περισσότερες ευκαιρίες παρά αδυναμίες.

Συγκεκριμένα στις ευκαιρίες συγκαταλέγονται οι ευνοϊκές ρυθμίσεις και νομοθεσίες τόσο από το ελληνικό κράτος όσο και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, με τη μορφή χρηματοδοτήσεων, διαγωνισμών και άλλων διευκολύνσεων που είναι μέρος μιας συνολικής προσπάθειας για πράσινη ανάπτυξη, η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σε περιβαλλοντικά ζητήματα, η οποία ιστορικά επηρεάζει και «πιέζει» σε μεγάλο βαθμό τις κρατικές αρχές και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία επιτρέπει στους ιδιοκτήτες των φωτοβολταϊκών πάρκων να είναι πιο ευέλικτοι σε ότι αφορά χρόνο και κόστος.

Σε ότι αφορά τις αδυναμίες του κλάδου, σε αυτές συγκαταλέγονται η γραφειοκρατία που καθυστερεί μεσαία και μεγάλα έργα, η «αργή» ενημέρωση της κοινής γνώμης, που παρότι είναι ευαισθητοποιημένη στα περιβαλλοντικά θέματα, η ενημέρωση σε σχέση με την πράσινη ενέργεια και τα φ/β δεν είναι επαρκής και η γενικότερη αδυναμία του ελληνικού κράτους (σε σχέση με τις άλλες χώρες της Ευρώπης) να εκμεταλλευτεί τις υπέρμετρες δυνατότητες του διαδικτύου.

### 1.4 Γενική περιγραφή στοιχείων ενός φ/β πάρκου

Στην εν λόγω υποενότητα, επιχειρείται μια σύντομη περιγραφή των βασικών στοιχείων ενός φ/β πάρκου έτσι ώστε κάθε έννοια που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια της εργασίας να είναι κατανοητή.

#### 1.4.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν το βασικότερο στοιχείο ενός φ/β συστήματος, καθώς η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, επιτυγχάνεται μέσω των ενθυλακωμένων στοιχείων του (κυψέλες). Οι κυψέλες αποτελούνται από ημιαγωγικά υλικά, τα οποία δεχόμενα την ηλιακή ακτινοβολία, απελευθερώνουν ηλεκτρόνια, δημιουργώντας

<sup>6</sup><https://www.internetworldstats.com/>

έτσι ηλεκτρικό φορτίο. Η εκμετάλλευση του έγκειται στην παρουσία μεταλλικών ελασμάτων στην εμπρόσθια και οπίσθια επιφάνεια των κυψελών, τα οποία δύναται να οδηγήσουν αυτή την ελεύθερη ροή ηλεκτρονίων προς κάποια κατεύθυνση, παράγοντας έτσι ηλεκτρικό ρεύμα με τη μορφή του συνεχούς. (Roberts & Guariento, 2009)[8]

Ενώ υφίστανται διάφορες τεχνολογίες όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, η πιο διαδεδομένη, είναι αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου. Στα φ/β πάρκα όπου θα γίνει αξιολόγηση σε επόμενο κεφάλαιο συναντώνται δυο υποκατηγορίες αυτής της τεχνολογίας:

- τα φ/β πλαίσια με κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- και τα φ/β πλαίσια με κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται συνήθως από μία ράβδο κρυστάλλου, υψηλής καθαρότητας μέσω μιας μεθόδου ευρέως γνωστή ως μέθοδος "Czochralski" κατά την οποία η ράβδος κόβεται σε λεπτά κομμάτια, τα οποία έπειτα από κάποια επεξεργασία συνθέτουν τα ηλιακά κελιά. Ανάλογα από την ποσότητα του υλικού που έχει αφαιρεθεί, τα κελιά αυτά μπορούν να έχουν σχήμα κυκλικό, ημικυκλικό ή πολυγωνικό (Roberts & Guariento, 2009)[8]. Τα χαρακτηρίζει η υψηλή τους απόδοση (15 – 18%) αλλά και το υψηλό τους κόστος. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται επίσης από μια ράβδο κρυστάλλου που κόβεται με παρόμοιο τρόπο και συνθέτονται ηλιακά κελιά τετραγωνικής μορφής. Για τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου το υλικό που χυτεύεται – ώστε να πάρει τη μορφή της ράβδου – όταν αρχίσει να στερεοποιείται, εμφανίζει ανομοιομορφίες. Οι ανομοιομορφίες αυτές μειώνουν σε ένα βαθμό την αποδοτικότητα τους σε σύγκριση με αυτών του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, γι' αυτό το λόγο όμως είναι και πιο οικονομικά. (Roberts & Guariento, 2009)[8]

#### 1.4.2 Αντιστροφείς (Inverters)

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχει τη μορφή συνεχούς ρεύματος (DC). Οι αντιστροφείς αποτελούν τον διαμεσολαβητή, έτσι ώστε μετατραπεί η ενέργεια αυτή, σε μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Σε αυτή τη μορφή και δεδομένου ότι η τάση και η συχνότητα στην έξοδο είναι εντός συγκεκριμένων ορίων, το οποίο διασφαλίζεται από τα κυκλώματα ελέγχου της διάταξης, μπορεί να τροφοδοτήσει το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. (Lynn, 2010)[10]

Αν και σε οικιακά φ/β συστήματα η τοποθέτηση ενός και μόνο αντιστροφέα μπορεί να είναι αρκετή, σε φ/β συστήματα μεγαλύτερης κλίμακας (φ/β πάρκα) το σύνηθες είναι, η τοποθέτηση περισσότερων αντιστροφέων. Σε αυτή την περίπτωση η φ/β συστοιχία απαρτίζεται από στοιχειοσειρές, καθεμία από τις οποίες συνδέεται με τον κατάλληλο αντιστροφέα. Η επιλογή του προϋποθέτει την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος για διάφορες συνθήκες ηλιοφάνειας και στόχος είναι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός MPP tracker (ευρετής μέγιστου σημείου ισχύος στοιχειοσειράς), έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες κατά τη μετατροπή και να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις. (Lynn, 2010) [10]

Από τεχνολογικής άποψης, διακρίνονται σε αντιστροφείς με και χωρίς μετασχηματιστή, ενώ η κατηγοριοποίηση τους γίνεται ως εξής με βάση τη χρήση τους. (Lynn, 2010) [10]

- Κεντρικοί αντιστροφείς

- Αντιστροφείς στοιχειοσειρών
- Αντιστροφείς πολλαπλών στοιχειοσειρών
- Αντιστροφείς ενσωματωμένοι στα φ/β πλαίσια

Επίσης ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν διακρίνονται σε:

- Μονοφασικούς αντιστροφείς
- Τριφασικούς αντιστροφείς

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ΔΕΗ για φ/β συστήματα άνω των 5 kW, απαιτεί την σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα, ενώ για φ/β συστήματα άνω των 100 kW, την σύνδεση τους στο δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται από τον παραγωγό η εγκατάσταση ενός υποσταθμού μέσης τάσης. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

#### 1.4.3 Στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων

Εδώ παρατηρούνται δύο διαφορετικοί τρόποι στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως προς το έδαφος. Ο πρώτος είναι σε σταθερές βάσεις και ο δεύτερος σε βάσεις με διατάξεις παρακολούθησης της πορείας του Ήλιου (ηλιοστάτες).

Οι σταθερές βάσεις σαν τρόπος έδρασης των φ/β πλαισίων είναι απλούστερος και οικονομικότερος. Η τοποθέτηση τους γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι ακτίνες του Ήλιου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των φ/β πλαισίων κατά την ηλιακή μεσημβρία και κατασκευάζονται έτσι ώστε η κλίση τους να παραμένει σταθερή. Μια ικανοποιητική μέση κλίση για τα ελληνικά δεδομένα είναι οι 30 μοίρες. Οι βάσεις αυτές τοποθετούνται επί του εδάφους είτε με σκυροδέτηση είτε απευθείας με εδαφόμπτυξη και είναι συνήθως κατασκευασμένες είτε από αλουμίνιο είτε από ανοξείδωτο χάλυβα. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του Ήλιου (ηλιοστάτες) στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της κίνησης των βάσεων των φ/β πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας, με σκοπό την επίτευξη της κάθετης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα συστήματα αυτά είναι πιο πολύπλοκα και συνεπώς λιγότερο οικονομικά σε σύγκριση με τις σταθερές βάσεις, επιτυγχάνουν όμως και μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση. Διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες, τους ηλιοστάτες μονού άξονα και τους ηλιοστάτες διπλού άξονα. Στους ηλιοστάτες μονού άξονα (single axis) η κίνηση των φ/β πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας λαμβάνει χώρα σε ένα άξονα, αυτού της Ανατολής - Δύσης. Η παραγωγή που επιτυγχάνουν σε σύγκριση με τα συστήματα των σταθερών βάσεων είναι προσαυξημένη περίπου κατά 20 – 25%. Στους ηλιοστάτες διπλού άξονα είναι δυνατή η ρύθμιση της κίνησης των φ/β πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας και ως προς τον οριζόντιο άξονα, αυτόν του Βορρά-Νότου. Με την προσθήκη αυτού του παράγοντα, επιτυγχάνεται αύξηση της ενεργειακής παραγωγής σε σύγκριση με αυτής των σταθερών βάσεων περίπου κατά 25 – 40%. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

Στον Πίνακα 1:1 παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δύο συστημάτων στήριξης.

**Πίνακας 1:1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σταθερών βάσεων και ηλιοστατών Πηγή: selasenergy.gr**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μικρότερο κόστος επένδυσης	Χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση	Μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση	Αυξημένο κόστος επένδυσης
Μικρότερο κόστος συντήρησης	Μικρότερο εισόδημα	Μεγαλύτερο εισόδημα	Πολυπλοκότητα συστήματος
Απλούστερη κατασκευή			Ανάγκη αυτοκατανάλωσης μέρους της παραγόμενης ενέργειας για την περιστροφή του άξονα
Ταχύτερη υλοποίηση κατασκευής			Μεγαλύτερο κόστος συντήρησης
Μεγαλύτερη ανεξάρτηση του επενδυτή απ' τον κατασκευαστή σε θέματα αξιοπιστίας			Μεγαλύτερη ανάγκη για την τηλεοπτεία του συστήματος
			Μεγαλύτερη πιθανότητα πρόκλησης βλαβών σε ακραία καιρικά φαινόμενα
			Δέσμευση μεγαλύτερης έκτασης

#### 1.4.4 Ηλεκτρολογικές συνδέσεις

Για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου βασικό κομμάτι αποτελούν οι καλωδιώσεις. Απαιτείται η χρήση καλωδίων DC για τη σύνδεση των φ/β πλαισίων μεταξύ τους καθώς και για την έξοδο κάθε στοιχειοσειράς με τις αντίστοιχες εισόδους των αντιστροφέων, όπως επίσης και η χρήση καλωδίων AC για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με το δίκτυο.

Τα καλώδια που συνδέουν σειριακά τα φ/β πλαίσια είναι μικρής διατομής και λαμβάνεται υπόψη και ο παράγοντας της έκθεσης τους στο εξωτερικό περιβάλλον. Μια τυπική διατομή είναι τα 4mm<sup>2</sup> και μπορεί να είναι είτε πολύκλωνα είτε μονόκλωνα με κύριο χαρακτηριστικό την ανθεκτικότητα τους στις καιρικές συνθήκες και την υπερϊώδη ακτινοβολία. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

Τα καλώδια που συνδέουν την στοιχειοσειρά των φ/β πλαισίων με τον αντίστοιχο αντιστροφέα είναι μεγαλύτερης διατομής (6-12mm<sup>2</sup>) και λαμβάνονται υπόψη κυρίως οι απώλειες λόγω των αποστάσεων και της αντίστασης των καλωδίων. Έτσι η διατομή των καλωδιώσεων θα πρέπει να είναι κατάλληλη ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. Για τα καλώδια εναλλασσομένου ρεύματος η επιλογή γίνεται με βάση τα απαιτούμενα από τον νόμο και η υποδομή της σύνδεσης γίνεται κατόπιν υποδείξεως της ΔΕΗ. (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης, Στεργιόπουλος, 2011)[9]

Ένα άλλο βασικό κομμάτι για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση αποτελούν οι ηλεκτρικοί πίνακες. Χωρίζονται κι αυτοί στους πίνακες συνεχούς και εναλλασσομένου ρεύματος. Οι πίνακες DC μεσολαβούν μεταξύ των καλωδίων της στοιχειοσειράς που καταλήγουν στην είσοδο των αντιστροφέων, ενώ οι πίνακες AC είναι συνδεδεμένοι με τα καλώδια στην έξοδο των αντιστροφέων. Στην έξοδό τους συνδέεται το παροχικό καλώδιο και

ο μετρητής παραγωγής της ΔΕΗ. Το υλικό κατασκευής τους μπορεί να είναι είτε από πλαστικό, είτε από μέταλλο και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες ασφαλιστικές και διακοπτικές διατάξεις.

#### **1.4.5 Γειώσεις**

Όλες οι βάσεις στα φ/β πλαίσια και όλα τα υποσυστήματα του σταθμού είναι γειωμένα κατόπιν μελέτης γειώσεων, σύμφωνα πάντα με την κείμενη νομοθεσία. Αυτό αποσκοπεί τη σταθερή διαδρομή των ρευμάτων σφαλμάτων, για να μειώνεται η τάση επαφής των μεταλλικών εξαρτημάτων και για να μην υφίσταται διαφορά δυναμικού σε ευαίσθητα ηλεκτρικά όργανα.

Υπάρχουν τριών ειδών γειώσεις, οι γειώσεις λειτουργίας, οι γειώσεις προστασίας και οι γειώσεις συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Η γείωση λειτουργίας είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, συγκεκριμένα γειώνονται τα σημεία του ενεργού κυκλώματος και συνδέονται με τη γη. Η γείωση προστασίας έχει ως σκοπό τη διοχέτευση επικίνδυνων ρευμάτων από εκτεθειμένες επιφάνειες του συστήματος προς τη γη, για την αποφυγή κινδύνων ηλεκτροπληξίας. Ενώ η γείωση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας διοχετεύει το ρεύμα από χτύπημα κεραυνού στη γη και αυτό για να αποφεύγεται η εμφάνιση κρουστικών τάσεων, ικανών να προκαλέσουν βλάβη στα ηλεκτρικά κυκλώματα του συστήματος. (Τρασανίδης, 2009)[11]

#### **1.4.6 Σύστημα καταγραφής και απομακρυσμένης παρακολούθησης**

Ως σύστημα καταγραφής λογίζονται οι διατάξεις που είναι υπεύθυνες για τη μέτρηση, αποθήκευση και τηλεμετάδοση δεδομένων της λειτουργίας του φ/β σταθμού σε μια ψηφιακή βάση δεδομένων. Το ζητούμενο είναι η δυνατότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης από τον επενδυτή, ώστε να μπορεί να ελέγξει τη λειτουργία του φ/β πάρκου είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε σε βάθος χρόνου μέσα από το ιστορικό καταγραφής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ

### 2.1 Συνήθεις κίνδυνοι

Καθώς τα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι φυσικό και επακόλουθο να ελλοχεύουν κίνδυνοι. Οι κίνδυνοι που αναφέρονται στην παρούσα εργασία είναι κατά κύριο λόγο κίνδυνοι που έχουν εντοπιστεί σε μελέτες παρόμοιων διπλωματικών συναδέλφων και έχουν επιβεβαιωθεί με τη βοήθεια έμπειρου στελέχους της κατασκευαστικής εταιρίας NOEL A.E..

Με κριτήριο την πηγή προέλευσης τους, μπορούν να αναλυθούν σε τρεις κατηγορίες.

- Κίνδυνοι λόγω της έκθεσης στις εξωτερικές συνθήκες
- Κίνδυνοι από αστοχίες κατά τη μελέτη, τοποθέτηση
- Κίνδυνοι από ελαττωματικά υλικά

#### 2.1.1 Κίνδυνοι λόγω της έκθεσης στις εξωτερικές συνθήκες

Αυτή η κατηγορία συμπεριλαμβάνει τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει η σφοδρότητα των καιρικών φαινομένων, στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται αντιμέτωπες με αυτές. Είναι τέτοια η φύση των φ/β πάρκων που για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος των εγκαταστάσεων βρίσκεται εκτεθειμένο στο περιβάλλον και ενώ κατά τη διάρκεια ενός έτους, οι μέρες με ηλιοφάνεια και χαμηλές ταχύτητες ανέμων εξασφαλίζουν μια καλή απόδοση, δεν παύει να ελλοχεύει ο κίνδυνος για πρόκληση βλάβης αντίστοιχα, σε μέρες που επικρατούν δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Αυτά τα φαινόμενα αναλύονται σε:

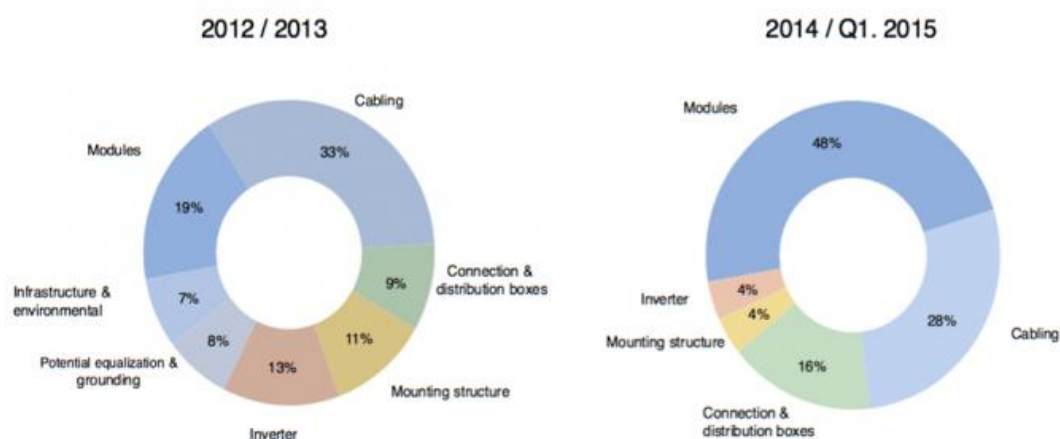
- θυελλώδεις ανέμους
- χαλαζοπτώσεις
- έντονες βροχοπτώσεις και πλημμυρικά φαινόμενα
- εκδήλωση κεραυνών
- χιονοπτώσεις
- απότομες εναλλαγές της θερμοκρασίας
- υψηλά ποσοστά της υγρασίας

Δεν είναι όμως μόνο τα φαινόμενα μετεωρολογικής προέλευσης αυτά που ενδεχομένως μπορεί να αποβούν ζημιογόνα. Έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον σημαίνει και έκθεση στους ατμοσφαιρικούς ρύπους, καθώς και σε άλλες εξωγενείς δραστηριότητες. Τα πτηνά για παράδειγμα έχει παρατηρηθεί, ότι κατασκευάζουν τις φωλιές τους στις γωνίες της οπίσθιας όψης των φ/β πλαισίων, αλλοιώνοντας έτσι με τον καιρό τα στοιχεία των ενώσεων τους, όπως επίσης ακαθαρσίες που αφήνουν στην εμπρόσθια επιφάνεια τους, προξενούν σκιασμούς σε μεμονωμένα σημεία. Η εμφάνιση τρωκτικών είναι άλλος ένας εξωγενής παράγοντας, που δύναται να δημιουργήσει προβλήματα, καθώς αυτά έχουν την τάση να τρώνε τμήματα των καλωδιώσεων. Άλλες εξωγενείς δραστηριότητες μπορεί να είναι η παρουσία ρύπων και σκόνης, η εκδήλωση γειτονικής πυρκαγιάς, ενδεχόμενοι βανδαλισμοί και δολιοφθορές αλλά και η εκδήλωση σεισμού.

### 2.1.2 Κίνδυνοι από ελαττωματικά υλικά

Ένας παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε ενδεχόμενες βλάβες των στοιχείων της εγκατάστασης και ακολούθως στη δυσλειτουργία της φωτοβολταϊκής μονάδας, έγκειται στην προέλευση των εξαρτημάτων και στη χρήση αμφιβόλου ποιότητας φ/β πλαίσιων. Συχνά οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων χρησιμοποιούν φθηνά και αμφιβόλου ποιότητας, παραβλέποντας το γεγονός ότι σε βάθους χρόνου η κίνηση τους αυτή, εμπεριέχει το ρίσκο να αποβεί πιο ζημιογόνα από άποψη κόστους, λόγω πιθανής αντικατάστασης τους και συχνότερων συντηρήσεων.

Σύμφωνα με την επίσημη μελέτη και τα διαγράμματα που δημοσίευσε η TÜV RHEINALD, προέκυψε ότι στο μεσοδιάστημα (2013 – 2015) το ποσοστό των βλαβών σε φωτοβολταϊκά πάρκα, από ελαττωματικά φ/β πλαίσια αυξήθηκε περίπου κατά 29%. Το χρονικό διάστημα (2012 – 2013) αποτελούσε περίπου το 19% των συνολικών βλαβών στα πάρκα, για να φτάσει το διάστημα (2014 – 2015) στα ύψη του 48%.



Εικόνα 2-1 Βλάβες σε Φ/Β πάρκα 2012-2015 Πηγή: TÜV RHEINALD

Επομένως γίνεται εύκολα κατανοητό ότι η επιλογή των κατάλληλων φ/β πλαίσιων χρήζει απαραίτητης σημασίας και αυτό γιατί αποτελούν το 50-60% της αξίας της αρχικής επένδυσης. Βασικό κριτήριο αποτελεί, η απαίτηση για ομαλή και αδιάλειπτη λειτουργία για τουλάχιστον 25 χρόνια, δεδομένου ότι βρίσκονται εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον.

Παρόμοια φιλοσοφία ισχύει και για τα υπόλοιπα στοιχεία των εγκαταστάσεων, όπως είναι οι αντιστροφείς, οι ηλεκτρικοί πίνακες και οι καλωδιώσεις. Επιλέγοντας αξιόπιστες εταιρίες με διαπιστευτήρια στον τομέα τους, διασφαλίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου.

### 2.1.3 Κίνδυνοι λόγω αστοχίας κατά την μελέτη, τοποθέτηση, συναρμολόγηση

Ακόμα και αν τα στοιχεία της φωτοβολταϊκής μονάδας προέρχονται από αξιόπιστες εταιρίες και έχει δοθεί από τον ιδιοκτήτη βαρύτητα στην ποιότητα των υλικών, υπάρχει περίπτωση το αποτέλεσμα να μην είναι το βέλτιστο δυνατό αν κατά τη διάρκεια της

τοποθέτησης, της εκπόνησης της μελέτης και της συναρμολόγησης, οι εργασίες δεν έγιναν από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αστοχιών που μπορεί να προκληθούν από ανειδίκευτο προσωπικό είναι τα εξής:

- Αστοχία στην τοποθέτηση που μπορεί να οφείλεται σε σκιάσεις από γειτονικά κτίρια, δέντρα, βουνά ή κολώνες
- Αστοχία στη μελέτη και τα υλικά στήριξης
- Αστοχία στην επιλογή των χαρακτηριστικών των φ/β πλαισίων, αντιστροφών
- Αστοχία στο μέγεθος και τον τύπο των καλωδιώσεων
- Λανθασμένη εκτίμηση στη γείωση των εξαρτημάτων και την αντικεραυνική προστασία
- Κακές ή χαλαρές συνδέσεις εξαρτημάτων
- Μη τήρηση οδηγιών των κατασκευαστών
- Αμέλεια, προχειρότητα, βιασύνη
- Φθορά των εξαρτημάτων κατά τη μεταφορά
- Μη τήρηση των γενικών κανόνων τεχνικών έργων

## 2.2 Βλάβες

Αποτελέσματα του χώρου καταδεικνύουν, ότι κατά τη διάρκεια ενός προσδόκιμου χρόνου ζωής (20-30 χρόνια), τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αναμένεται να αποτύχουν ή να φθαρούν, με μακροχρόνιες μελέτες επίδοσης να υποδεικνύουν τυπικές απώλειες της τάξεως (1-2%) για κάθε έτος. Παρακάτω αναλύονται οι συνηθέστερες βλάβες που συναντώνται στους φ/β συλλέκτες. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007)[12]

- **Συσώρευση σκόνης στην επιφάνεια των φ/β πλαισίων**

Η επικάλυψη σκόνης στην επιφάνεια των πλαισίων, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση της μονάδας. Ο άνεμος και οι βροχές κρατούν βέβαια τις απώλειες αυτές σε χαμηλά επίπεδα, καθαρίζοντας τα κατά ένα τρόπο. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007)



Εικόνα 2-2 Συσώρευση σκόνης στην επιφάνεια φ/β πλαισίου Πηγή: pv-magazine.com



- **Αποχρωματισμός των φ/β πλαισίων**

Η έκθεση σε ακτινοβολία UV, η υγρασία και η οξείδωση των υλικών στις άκρες των φ/β πλαισίων ή στα ηλεκτρικά κουτιά μπορεί να οδηγήσει στον αποχρωματισμό των ενθυλακωμένων υλικών που έχει ως αποτέλεσμα, τη σταδιακή μείωση στην απόδοση. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-3 Αποχρωματισμός φ/β πλαισίου Πηγή: review.solar

- **Αποκόλλσεις**

Τα στοιχεία που ως σύνολο αποτελούν το φ/β πλαίσιο (γυαλί, μεταλλικό πλαίσιο, κελιά) μπορεί υπό συνθήκες να παρουσιάσουν σημάδια αποκόλλησης στα σημεία που ενώνονται. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί λόγω της εισχώρησης υγρασίας στις ενώσεις τους και τη σταδιακή γήρανση αυτών, καθώς και από το θερμικό στρες που υπόκεινται, από απότομες εναλλαγές της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα αποκόλληση μπορεί να υπάρξει και στα φ/β πλαίσια από τις βάσεις στήριξης τους, λόγω των ισχυρών ανέμων σε μια ενδεχόμενη θύελλα. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-4 Αποκόλληση φ/β πλαισίων από τη βάση στήριξης τους Πηγή: pv-magazine-usa.com

- **Σπάσιμο του γυαλιού των φ/β πλαισίων**

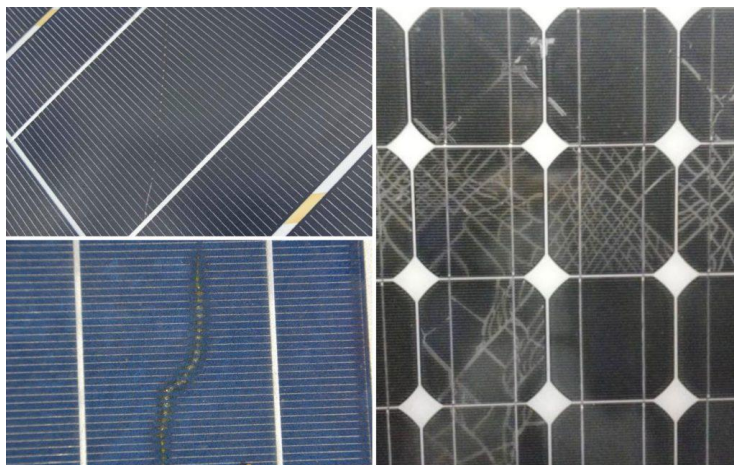
Το γυαλί που επικαλύπτει τα φ/β πλαίσια, μπορεί να παρουσιάσει σπασίματα ή ραγίσματα από την πρόκληση φθορών λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών (εκδήλωση χαλαζόπτωσης, ισχυρών ανέμων), το λάθος χειρισμό κατά την τοποθέτηση τους από το τεχνικό προσωπικό αλλά και από το θερμικό στρες που μπορεί να προκύψει, από ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-5 Ραγισμένο γυαλί σε φ/β πλαίσιο Πηγή: [hovall.com](http://hovall.com)

- **Ραγισμένα κελιά**

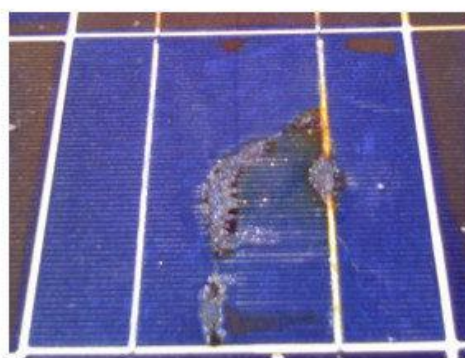
Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι πολύ σύνηθες, αν και υπάρχουν διατάξεις που καθιστούν ένα ραγισμένο κελί λειτουργικό, ακόμα και σε αυτή την κατάσταση. Τα ραγίσματα αυτά, μπορούν να προκύψουν είτε από το θερμικό στρες, είτε από χαλαζόπτωση ή κάποιο χαλίκι. Συχνά κατά την κατασκευή και επεξεργασία τους δημιουργούνται “λανθάνοντα” ραγίσματα, μη ανιχνεύσιμα κατά τον εργοστασιακό έλεγχο, τα οποία παρουσιάζονται αργότερα στο χρόνο. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-6 Ραγισμένα κελιά σε φ/β πλαίσια Πηγή: [review.solar](http://review.solar)

- **Θερμές κηλίδες**

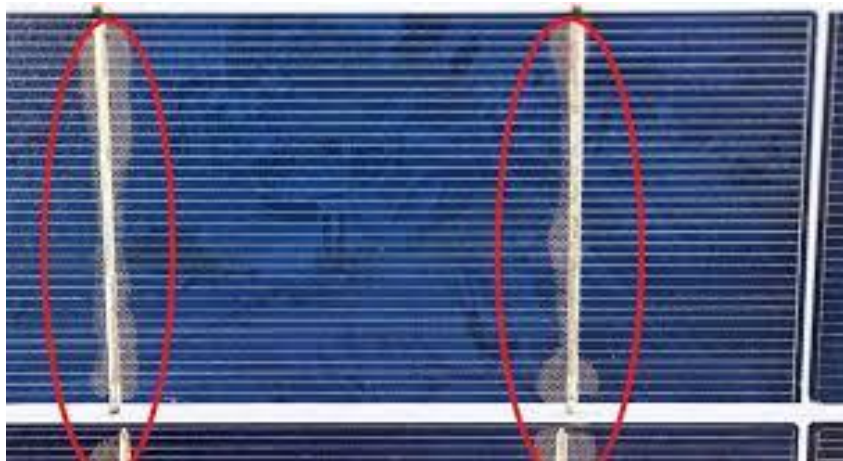
Ραγισμένα, σκιασμένα ή μη σωστά τοποθετημένα κελιά μέσα σε ένα φ/β πλαίσιο, υπάρχει περίπτωση να οδηγήσουν σε μια κατάσταση, όπου κάποια κελιά θα παράγουν ενέργεια και κάποια θα απορροφούν. Σε μια σειρά από κελιά, εάν ένα από αυτά είναι προβληματικό, μπορεί να μειώνει την ροή του ρεύματος, αναγκάζοντας τα υπόλοιπα να παράγουν υψηλότερη τάση. Αυτή συνήθως του προσδίδει αντίστροφες ιδιότητες και πλέον συσσωρεύει ενέργεια. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αυτή η συσσώρευση ενέργειας δύναται να προκαλέσει τοπική υπερθέρμανση σε διάφορα σημεία του φ/β πλαισίου, ή αλλιώς θερμές κηλίδες που με τη σειρά τους μπορούν να οδηγήσουν σε σπάσιμο των κελιών ή του γυαλιού. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-7 Θερμές κηλίδες σε φ/β πλαίσια Πηγή: pv-magazine-usa.com

- **Βλάβη στις διόδους παράκαμψης**

Στο προηγούμενο παράδειγμα αναφέρθηκε το φαινόμενο των θερμών κηλίδων και ένας τρόπος για να μην επεκταθεί το πρόβλημα στη λειτουργία του φ/β πλαισίου από την εμφάνισή τους, είναι η χρήση διόδων παράκαμψης. Σε μια σειρά από κελιά, για να εξασφαλιστεί η ομαλή ροή ρεύματος ακόμα κι όταν κάποια από αυτά δυσλειτουργούν, με την τοποθέτηση μιας διόδου που θα παρακάμπτει τα δυσλειτουργικά κελιά, εξασφαλίζεται η προηγούμενη συνθήκη. Συνήθως για να μην προκληθούν βλάβες, τα κελιά ομαδοποιούνται σε σειρές των 10 - 15 κελιών το πολύ, για κάθε δίοδο. Η μη τήρηση αυτού του κριτηρίου όμως μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση σε αυτή, με αποτέλεσμα να πάψει να λειτουργεί. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-8 Αποχρωματισμός στις διόδους παράκαμψης Πηγή: [www.engineeringforchange.org](http://www.engineeringforchange.org)

- **Βραχυκυκλώματα**

Τα βραχυκυκλώματα που μπορεί να παρουσιαστούν σε ένα φ/β πλαίσιο, συνήθως είναι αποτέλεσμα που πηγάζει από αστοχίες κατά την κατασκευή τους. Ένας άλλος παράγοντας δημιουργίας τους όμως, είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες μπορεί να εκτεθούν τα εσωτερικά κυκλώματα, λόγω της σταδιακής φθοράς της μόνωσης. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-9 Βραχυκυκλωμένα καλώδια Πηγή: [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)

- **Ανοιχτά κυκλώματα**

Οι καλωδιώσεις στα κουτιά σύνδεσης των φ/β πλαισίων, εφόσον εκτεθούν στις δυνατές ριπές των ανέμων, άλλα και στην υγρασία υπάρχει περίπτωση να φθαρούν και να καταστραφούν, δημιουργώντας έτσι ανοιχτά κυκλώματα. (Wenham, Green, Watt, Corkish, 2007) [12]



Εικόνα 2-10 Βλάβη στο κουτί σύνδεσης Πηγή: rimstar.org

Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι εκτός από τα φ/β πλαίσια, βλάβες μπορούν να προκληθούν τόσο στους αντιστροφείς όσο και στα συστήματα στήριξης και στο λοιπό εξοπλισμό με αποτέλεσμα να μειωθεί η απόδοση του συστήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ Φ/Β ΠΑΡΚΑ

### 3.1 Χαρακτηριστικά των υφιστάμενων Φ/Β πάρκων

Τα υφιστάμενα φ/β πάρκα έχουν κατασκευαστεί από την ίδια εταιρία, είναι ιδιόκτητες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και αποτελούν διασυνδεδεμένα φ/β συστήματα. Ανήκουν στην κατηγορία «feed in tariff», επομένως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο, με στόχο την οικονομική αποζημίωση του παραγωγού. Η ημερομηνία σύνδεσης τους στο δίκτυο εντοπίζεται μεταξύ του διαστήματος (2010 – 2012) και η πλειονότητα τους αποτελείται από φ/β συστήματα της τάξεως των 100 kW. Όσον αφορά το σύστημα στήριξης συναντώνται δύο διαφορετικές τεχνολογίες και αυτές αναλύονται σε:

- διατάξεις με σταθερές βάσεις
- ηλιοστάτες διπλού άξονα

Οι ιδιοκτήτες τους στράφηκαν σε αυτού τους είδους τις επιχειρήσεις, επειδή η ισχύουσα νομοθεσία τότε (N 3468/2006), που έθετε ως εθνικό στόχο την συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ποσοστό τουλάχιστον 40% μέχρι το 2020, προέβλεπε πολύ υψηλή τιμή πώλησης για τη διαθέσιμη ενέργεια από τον παραγωγό. Επίσης για την προτροπή τέτοιων επενδύσεων, το κράτος προέβλεπε επιχορήγηση έως και 60% επί του συνολικού κόστους, με βάση το μέγεθος στο οποίο κατατάσσεται η επιχείρηση και την περιοχή στην οποία δραστηριοποιείται (N 3299/2004). Επομένως η συνολική δαπάνη δεν επιβάρυνε εξ' ολοκλήρου τον ιδιοκτήτη, καθώς η απαίτηση από τον ίδιο ήταν για κάλυψη του 25%, ενώ το υπόλοιπο ποσό πλην επιχορήγησης μπορούσε να ξεχρεωθεί με τραπεζικό δάνειο.

Η προτίμηση φ/β πάρκων της τάξεως των 100 kW δεν είναι τυχαία και αυτό επειδή η διαδικασία αδειοδότησης για φ/β σταθμούς έως και 150 kW ήταν πιο εύκολη, ενώ η αναλογία κόστους επένδυσης και υψηλής παραγωγής τα καθιστούσαν ελκυστική επιλογή. Η επιλογή του συστήματος στήριξης αφέθηκε στην κρίση του ιδιοκτήτη καθώς οι δύο τεχνολογίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Για την εκτίμηση της μέσης ετήσιας ενεργειακής παραγωγής σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία υπολογισμού απόδοσης φωτοβολταϊκών έργων από το Photovoltaic Geographical Institute System (PVGIS) της European Commission, εισάγοντας στην ηλεκτρονική πλατφόρμα τις γεωγραφικές συντεταγμένες και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πάρκων (Πίνακας 3:3), το ενδεικτικό κόστος επένδυσης σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία για ένα φ/β σύστημα της τάξεως των 100 kW με βάση τα οικονομικά δεδομένα της εποχής και για τις δύο τεχνολογίες στήριξης (Πίνακας 3:1) και η τιμή πώλησης ανά μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας (Πίνακας 3:2). Η τοποθέτηση τους στην ελληνικό χάρτη απεικονίζεται στην Εικόνα 3-1.

**Πίνακας 3:1 Ενδεικτικό κόστος επένδυσης Φ/β συστήματος 100 kW σταθερών βάσεων και ηλιοστατών διπλού άξονα Πηγή: NOEL A.E.**

Τεχνολογία στήριξης	Ενδεικτικό κόστος
Φ/β συστήματα με σταθερές βάσεις	450.000 €
Φ/β συστήματα με ηλιοστάτες διπλού άξονα	600.000 €

**Πίνακας 3:2 Τιμή πώλησης μεγαβατώρας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για διαφορετικές χρονικές περιόδους Πηγή: ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ (ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ)**

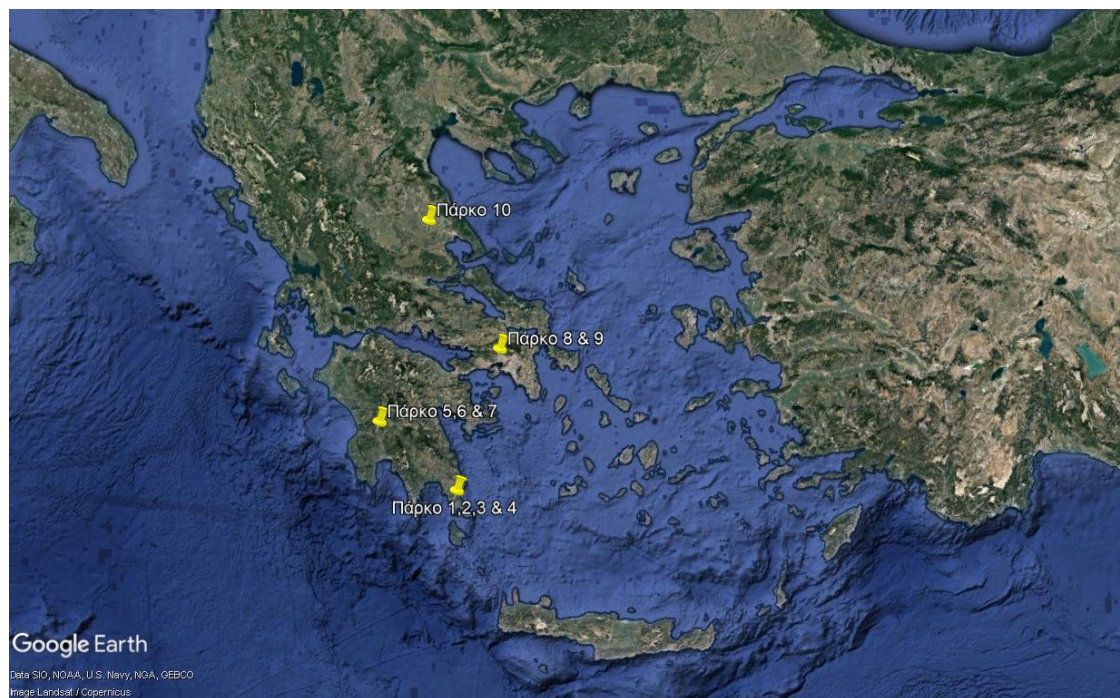
Έτος / Μήνας	Τιμή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (€/ MWh)		
	Διασυνδεδεμένο		Μη Διασυνδεδεμένο
	A	B	Γ
	>100kW	<=100kW	(ανεξαρτήτως ισχύος)
2009 Φεβ.	400,00	450,00	450,00
2009 Αυγ.	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβ.	400,00	450,00	450,00
2010 Αυγ.	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβ.	372,83	419,43	419,43
2011 Αυγ.	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβ.	333,81	375,54	375,54
2012 Αυγ.	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβ.	298,87	336,23	336,23
2013 Αυγ.	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβ.	268,94	302,56	302,56
2014 Αυγ.	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3χμΟΤΣν-1	1,4χμΟΤΣν-1	1,4χμΟΤΣν-1

μΟΤΣν-1 Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος από το προηγούμενο έτος ν-1

Πίνακας 3:3 Τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε φ/β πάρκο, τοποθεσία και 1ο έτος λειτουργίας

α/α	Ονομασία	Ονομαστική Ισχύς (kW)	Συνολική επιφάνεια φ/β πλαϊσίων (m <sup>2</sup> )	Γωνία τοποθέτησης	Τοποθεσία (Γεωγραφικό πλάτος & μήκος, υψόμετρο)	Έτος 1ης λειτουργίας
1	Πάρκο 1	100	727,30	31°	Καλυβάκια <b>Λακωνία</b> (36.35'.25"/22.57'.12") 138 μέτρα	22-09-10
2	Πάρκο 2	100	712,33	31°	Καλυβάκια <b>Λακωνία</b> (36.35'.24"/22.57'.10") 130 μέτρα	04-05-10
3	Πάρκο 3	100	727,30	31°	Καλυβάκια <b>Λακωνία</b> (36.35'.23"/22.57'.09") 127 μέτρα	14-09-10
4	Πάρκο 4	100	712,33	31°	Καλυβάκια <b>Λακωνία</b> (36.35'.22"/22.57'.08") 123 μέτρα	18-06-10
5	Πάρκο 5	100	712,33	ηλιοστάτες	Βαρικά <b>Μεσσηνία</b> (37.17'.38"/21.56'.11") 93 μέτρα	02-03-10
6	Πάρκο 6	100	699,01	ηλιοστάτες	Βαρικά <b>Μεσσηνία</b> (37.17'.33"/21.56'.15") 92 μέτρα	20-05-11
7	Πάρκο 7	100	710,52	ηλιοστάτες	Βαρικά <b>Μεσσηνία</b> (37.17'.37"/21.56'.11") 93 μέτρα	04-08-11
8	Πάρκο 8	40	270,06	31°	Ξηροπήγαδο <b>Αττική</b> (38.03'.35"/23.30'.30") 51 μέτρα	05-07-12
9	Πάρκο 9	150	1011,91	31°	Ξηροπήγαδο <b>Αττική</b> (38.03'.34"/23.30'.28") 52 μέτρα	06-03-12
10	Πάρκο 10	1000	6777,58	31°	Τριμηνία <b>Λάρισα</b> (39.23'.21"/22.33'.08") 412 μέτρα	12-06-12





Εικόνα 3-1 Απεικόνιση της τοποθεσίας των φ/β πάρκων στο χάρτη της Ελλάδας Πηγή: Google Earth

### 3.2 Φ/Β πάρκα στην Λακωνία

Η θέση εγκατάστασης των μονάδων είναι στη θέση “Καλυβάκια”, εκτός ορίων του οικισμού του Δ.Δ. Παντάνασσα, του Δήμου Βοιών, στο Νομό Λακωνίας. Αφορά τέσσερα γήπεδα και η έκταση των γηπέδων εγκατάστασης είναι:

- 4031.76 m<sup>2</sup>(Πάρκο 1)
- 4122.35 m<sup>2</sup>(Πάρκο 2)
- 4536.81 m<sup>2</sup>(Πάρκο 3)
- 4467.48 m<sup>2</sup>(Πάρκο 4)

Λόγω μεγέθους κατατάσσονται στο καθεστώς εύκολης αδειοδότησης για την τελική τους σύνδεση στο εθνικό δίκτυο και η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας για τα τέσσερα φ/β πάρκα καθορίστηκε ως 450 €/ MWh.



Εικόνα 3-2 Απεικόνιση των Πάρκων 1,2,3 & 4 στη Λακωνία Πηγή: Google Earth



Εικόνα 3-3 Απεικόνιση Πάρκου 4

### Μηχανολογικός/ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- **Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες**

Τα φ/β πλαίσια είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας SCHUKO και συγκεκριμένα της σειράς PS 05. Παρέχουν εγγύηση κατασκευής 5 ετών και την εξασφάλιση για ονομαστική ισχύ 90% τα πρώτα 12 έτη και 80% μέχρι και το πέρας 25 ετών από την ημερομηνία εγκατάστασης. Η πιστοποίηση τους είναι κατά DIN EN 61215, IEC 61215 και TUV Protection Class II.

**Πάρκο 1 & Πάρκο 3:** Έχουν εγκατασταθεί σε κάθε πάρκο 486 φ/β πλαίσια τύπου MPE 205 PS 05 Poly. (Πίνακας 3:4)

**Πάρκο 2 & Πάρκο 4:** Έχουν εγκατασταθεί σε κάθε πάρκο 476 φ/β πλαίσια τύπου MPE 210 PS 05 Poly. (Πίνακας 3:4)

**Πίνακας 3:4 Τεχνικά χαρακτηριστικά φ/β πλαισίων (Πάρκο 1,2,3 & 4)**

Model	MPE 205 PS 05	MPE 210 PS 05
Ονομαστική Ισχύς (P <sub>mp</sub> )	205 Wp	210 Wp
Απόκλιση ονομαστικής ισχύος (Δ P <sub>mp</sub> )	+5%/-0%	+5%/-0 %
Εγγυημένη ελάχιστη Ισχύς (P <sub>mp,min</sub> )	205 Wp	210 Wp
Ονομαστική Τάση (U <sub>mp</sub> )	26.90 V	27.00 V
Ονομαστικό Ρεύμα (I <sub>mp</sub> )	7.59 A	7.75 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U <sub>oc</sub> )	32.80 V	32.90 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I <sub>sc</sub> )	8.40 A	8.52 A
Βαθμός απόδοσης κυψέλης	15.3 %	15.7 %
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	13.7 %	14.1 %
Συντελεστής θερμοκρασίας α (P <sub>mp</sub> )	-0.4 %/°C	-0.4 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας β (I <sub>sc</sub> )	+0.04 %/°C	+0.04 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας χ (U <sub>oc</sub> )	-0.38 %/°C	-0.38 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας δ (I <sub>mp</sub> )	+0.04 %/°C	+0.04 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας ε (U <sub>mp</sub> )	-0.38 %/°C	-0.38 %/°C
Normal Operating Cell Temperature	45 °C (± 3°C)	45 °C (± 3°C)
Μέγιστη επιτρεπτή τάση συστήματος	1,000 V	1,000 V
Αριθμός κυψελών	54 (6 x 9)	54 (6 x 9)
Μέγεθος κυψέλης	156 x 156 mm	156 x 156 mm

**Συνθήκες μέτρησης (STC):** Ακτινοβολία 1000 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία κυψέλης 25°C

**Συνθήκες μέτρησης (NOCT):** Ακτινοβολία 800 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C

- **Αντιστροφείς**

Σε κάθε φ/β πάρκο, τοποθετήθηκαν 8 αντιστροφείς, της Αυστριακής εταιρίας FRONIUS τύπου IG PLUS 150 – 3 (Πίνακας 3:5). Ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας της ΔΕΗ και είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50178, EN 61000, EN 55022, EN 60146.

**Πίνακας 3:5 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα (Πάρκο 1,2,3 & 4)**

<b>Τύπος</b>	<b>IG PLUS 150 - 3</b>
Κατασκευαστής	FRONIUS GMBH AUSTRIA
Ισχύς AC	12,0 kW
Ισχύς φ/β συλλεκτών	12,6 kWp
Τάση εξόδου	400 VAC
Κυματομορφή	Ημιτονική
Συχνότητα	50 Hz ± 0,1 Hz
Τάση εισόδου MPP	230- 500 VDC
Μέγιστη τάση εισόδου	600 VDC
Συντελεστής απόδοσης	95,5 %
Συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης	<5 %
Συντελεστής ισχύος	1
Απώλειες (νυχτερινή λειτουργία)	1 W
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Υγρασία	0-95 %
Προστασία IP	IP-44
Διαστάσεις	1221 x 434 x 244 mm
Βάρος	38 kgr

- **Σύστημα στήριξης**

Τα φ/β πλαίσια εδράζονται σε σταθερές βάσεις στήριξης με κλίση 31° και νότιο προσανατολισμό. Είναι προϊόν της εταιρίας SCHUKO, κατασκευής αλουμινίου ενώ οι βίδες και οι σύνδεσμοι είναι φτιαγμένοι από υψηλής ποιότητας ανοξείδωτο χάλυβα. Η στερέωση στο έδαφος έχει γίνει με αγκύρια M25 τοποθετημένα σε βάσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- **Πίνακες/ Καλώδια**

Οι ηλεκτρικοί πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τις απαραίτητες ασφάλειες και διακοπτικό υλικό για την σύνδεση των φ/β συλλεκτών με τους αντιστροφείς είναι πλαστικοί, προστασίας IP65. Όλα τα καλώδια είναι με μόνωση PVC, τύπου H07V-K με κατάλληλες διατομές, ενώ τα καλώδια δικτύωσης είναι θωρακισμένα τύπου SFTP CAT 6.

### Λοιπός εξοπλισμός

- Περίφραξη και περιμετρικός φωτισμός
- Γειώσεις
- Συστήματα ασφαλείας
- Σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης
- Σύστημα online καταγραφής

### Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή

Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος εκτιμήθηκε, καταχωρώντας στα εργαλεία υπολογισμού της διαδικτυακής πλατφόρμας (PVGIS) τα παρακάτω δεδομένα:

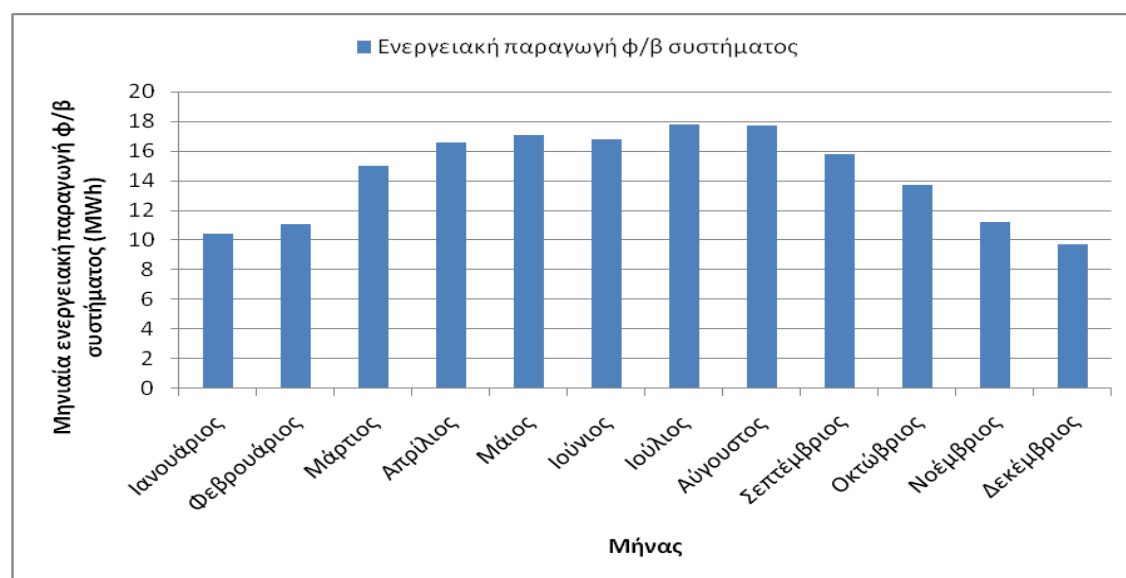
- Ονομαστική Ισχύς: 100 kW

- Κλίση φ/β πλαισίων: 31°
- Αζιμούθιο: 0
- Γεωγραφικές συντεταγμένες (γ.πλάτος, γ.μήκος): 36.59, 22.95
- Απώλειες συστήματος: 14%
- Τεχνολογία φ/β πλαισίων: κρυσταλλικό πυρίτιο

Στον Πίνακα 3:6 αποτυπώνεται η μηνιαία εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή για όλο το έτος και για τα τέσσερα φ/β πάρκα, ενώ στο Διάγραμμα 3-1 απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της.

Πίνακας 3:6 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 1,2,3 & 4)

Μήνας	Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή (MWh)
Ιανουάριος	10,40
Φεβρουάριος	11,10
Μάρτιος	15,00
Απρίλιος	16,60
Μάιος	17,10
Ιούνιος	16,80
Ιούλιος	17,80
Αύγουστος	17,70
Σεπτέμβριος	15,80
Οκτώβριος	13,70
Νοέμβριος	11,20
Δεκέμβριος	9,75
<b>Ετήσια ενεργειακή παραγωγή</b>	<b>172,95</b>



Διάγραμμα 3-1 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 1,2,3 & 4)

### Ετήσιο εκτιμώμενο εισόδημα

Το ετήσιο εισόδημα λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια παραγόμενη ενέργεια και την τιμή πώλησης που είχε καθοριστεί από τη σύμβαση για κάθε μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας προέκυψε ως:

$$172,95 \text{ MWh} * 450 \text{ €/ MWh} = 77827,50 \text{ €}$$

### 3.3 Φ/β πάρκα στην Μεσσηνία

Τα φ/β πάρκα είναι εγκατεστημένα σε τρία αγροτεμάχια στη θέση Βαρικά, του Δήμου Ανδανίας, στον Νομό Μεσσηνίας. Η έκταση των γηπέδων εγκατάστασης είναι:

- 4053.69 m<sup>2</sup> (Πάρκο 5)
- 4026.67 m<sup>2</sup> (Πάρκο 6)
- 4016.40 m<sup>2</sup> (Πάρκο 7)

Λόγω μεγέθους κατατάσσονται στο καθεστώς εύκολης αδειοδότησης για την τελική τους σύνδεση στο εθνικό δίκτυο και η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας για τα τρία φ/β πάρκα καθορίστηκε ως:

- 450 €/ MWh για το Πάρκο 5
- 419.43 €/ MWh για τα Πάρκο 6 & 7



Εικόνα 3-4 Απεικόνιση των Πάρκων 5,6 & 7 στη Μεσσηνία



Εικόνα 3-5 Απεικόνιση Πάρκου 6

### Μηχανολογικός/ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- **Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες**

Για το Πάρκο 5, τα εγκατεστημένα φ/β πλαίσια είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας SCHUKO και ανήκουν στη σειρά MS 06. Παρέχουν εγγύηση κατασκευής 10 ετών και την εξασφάλιση ονομαστικής ισχύος 90% για τα πρώτα 12 έτη και 80% μέχρι και το πέρας 25 ετών από την ημερομηνία εγκατάστασής τους. Η πιστοποίηση τους είναι κατά DIN IEC 61215, EN 61730 και TUV Protection Class II.

Για τα Πάρκο 6 & 7 τα εγκατεστημένα φ/β πλαίσια είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρείας IBC SOLAR και ανήκουν στη σειρά IBC PolySol. Παρέχουν εγγύηση κατασκευής 10 ετών και την εξασφάλιση ονομαστικής ισχύος 80% μέχρι και το πέρας 25 ετών από την ημερομηνία εγκατάστασής τους. Η πιστοποίηση τους είναι κατά DIN IEC 61215, EN 61730 και TUV Protection Class II.

**Πάρκο 5:** Έχουν εγκατασταθεί 555 φ/β πλαίσια τύπου MPE 180 MS 06. (Πίνακας 3:7)

**Πάρκο 6:** Έχουν εγκατασταθεί 425 φ/β πλαίσια τύπου PolySol 235 LS. (Πίνακας 3:8)

**Πάρκο 7:** Έχουν εγκατασταθεί 432 φ/β πλαίσια τύπου PolySol 230 LS. (Πίνακας 3:8)

**Πίνακας 3:7 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 5)**

Model	MPE 180 MS 06
Ονομαστική Ισχύς (P <sub>mpp</sub> )	180 Wp
Απόκλιση ονομαστικής ισχύος (Δ P <sub>mpp</sub> )	+5%/-0%
Εγγυημένη ελάχιστη Ισχύς (P <sub>mppmin</sub> )	180 Wp
Ονομαστική Τάση (U <sub>mpp</sub> )	35,3 V
Ονομαστικό Ρεύμα (I <sub>mpp</sub> )	5,10 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U <sub>oc</sub> )	44,80 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I <sub>sc</sub> )	5,45 A
Βαθμός απόδοσης κυψέλης	16.10 %
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	14.10 %
Συντελεστής θερμοκρασίας α (P <sub>mpp</sub> )	-0.47 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας β (I <sub>sc</sub> )	+0.03 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας χ (U <sub>oc</sub> )	-0.35 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας δ (I <sub>mpp</sub> )	+0.03 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας ε (U <sub>mpp</sub> )	-0.35 %/°C
Normal Operating Cell Temperature	47 °C (± 3°C)
Μέγιστη επιτρεπτή τάση συστήματος	1,000 V
Αριθμός κυψελών	72 (6 x 12)
Μέγεθος κυψέλης	125 x 125 mm

**Συνθήκες μέτρησης (STC):** Ακτινοβολία 1000 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία κυψέλης 25°C

**Συνθήκες μέτρησης (NOCT):** Ακτινοβολία 800 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C

**Πίνακας 3:8 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 6 & 7)**

Model	PolySol 230 LS	PolySol 235 LS
Ονομαστική Ισχύς (P <sub>mpp</sub> )	230 Wp	235 Wp
Ονομαστική Τάση (U <sub>mpp</sub> )	29,7 V	30,1 V
Ονομαστικό Ρεύμα (I <sub>mpp</sub> )	7,74 A	7,81 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U <sub>oc</sub> )	36,7 V	36,7 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I <sub>sc</sub> )	8,72 A	8,86 V
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Ονομαστική Ισχύς	165,1 Wp	170,9 Wp
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Ονομαστική Τάση	26,1 V	26,3 V
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Τάση ανοιχτού κυκλώματος	33,8 V	34,1 V
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Ρεύμα βραχυκύκλωσης	6,83 A	7,24 A
Σχετική μείωση απόδοσης 200 W/m <sup>2</sup>	4.5 %	4.5 %
Συντελεστής θερμοκρασίας (I <sub>sc</sub> )	+0.06 %/°C	+0.06 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας (U <sub>oc</sub> )	-125 mV/°C	-125 mV/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας (P <sub>mpp</sub> )	-0.44 %/°C	-0.44 %/°C
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	14.0 %	14.3 %
Normal Operating Cell Temperature	47 °C	47 °C
Μέγιστη επιτρεπτή τάση συστήματος	1000 V	1000 V

**Συνθήκες μέτρησης (STC):** Ακτινοβολία 1000 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία κυψέλης 25°C

**Συνθήκες μέτρησης (NOCT):** Ακτινοβολία 800 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C



- **Αντιστροφείς**

Σε κάθε φ/β πάρκο, τοποθετήθηκαν 8 αντιστροφείς, της Αυστριακής εταιρίας FRONIUS τύπου IG PLUS 150 – 3 (Πίνακας 3:5). Ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας της ΔΕΗ και είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50178, EN 61000, EN 55022, EN 60146.

- **Μετακινούμενες αρθρωτές βάσεις στήριξης**

Τα φ/β πλαίσια εδράζονται σε μετακινούμενες βάσεις συστήματος στήριξης . Η κίνηση των ηλιοστατών είναι διπλή (ανατολή -δύση) και (ναδύρ - ζενίθ) και επιτυγχάνεται μέσα από μηχανικά μέρη , ενώ οι εντολές κίνησης μεταβιβάζονται στους ηλιοστάτες από βιομηχανικό υπολογιστή, στον οποίο εγκαθίσταται ειδικό λογισμικό παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.

- **Πίνακες /Καλώδια**

Οι ηλεκτρικοί πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τις απαραίτητες ασφάλειες και διακοπτικό υλικό για την σύνδεση των φ/β συλλεκτών με τους αντιστροφείς είναι πλαστικοί, προστασίας IP65. Όλα τα καλώδια είναι με μόνωση PVC, τύπου H07V-K με κατάλληλες διατομές, ενώ τα καλώδια δικτύωσης είναι θωρακισμένα τύπου SFTP CAT 6.

### Λοιπός εξοπλισμός

- Περίφραξη και περιμετρικός φωτισμός
- Γειώσεις
- Συστήματα ασφαλείας
- Σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης
- Σύστημα online καταγραφής

### Εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή

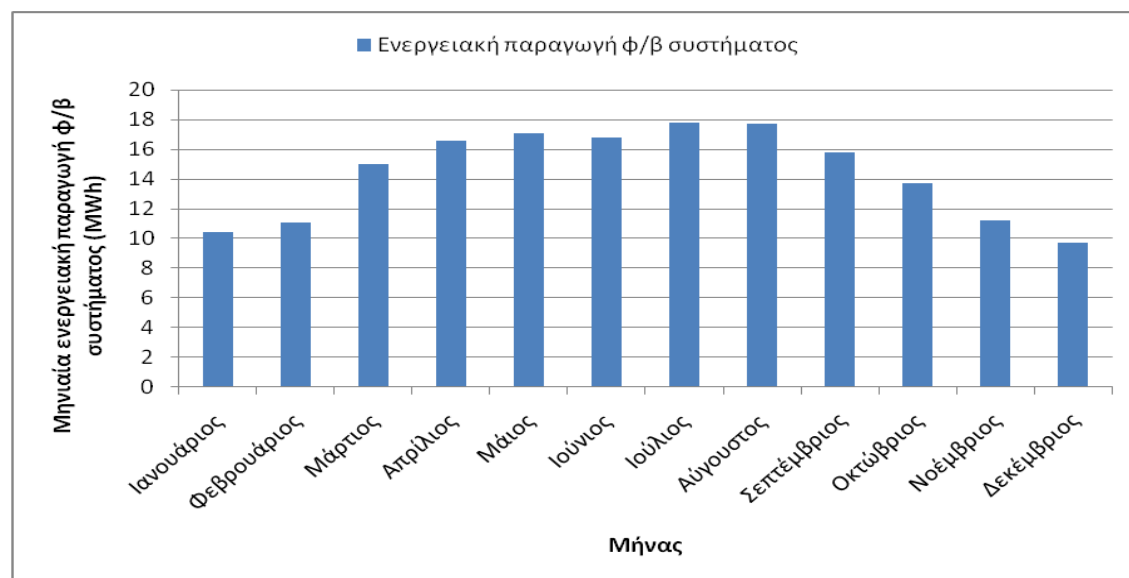
Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος εκτιμήθηκε καταχωρώντας στα εργαλεία υπολογισμού της διαδικτυακής πλατφόρμας (PVGIS) τα παρακάτω δεδομένα:

- Ονομαστική Ισχύς: 100 kW
- Γεωγραφικές συντεταγμένες (γ.πλάτος, γ.μήκος): 37.29, 21.94
- Απώλειες συστήματος: 14%
- Τεχνολογία φ/β πλαισίων: κρυσταλλικό πυρίτιο
- Τεχνολογία στήριξης: διπλός άξονας

Στον Πίνακα 3:9 αποτυπώνεται η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για όλο το έτος και για τα τρία φ/β πάρκα, ενώ στο Διάγραμμα 3-2, απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της.

**Πίνακας 3:9 Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 5,6 & 7)**

Μήνας	Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή (MWh)
Ιανουάριος	11,10
Φεβρουάριος	11,90
Μάρτιος	17,30
Απρίλιος	20,50
Μάιος	23,10
Ιούνιος	25,20
Ιούλιος	27,00
Αύγουστος	24,30
Σεπτέμβριος	20,30
Οκτώβριος	15,50
Νοέμβριος	13,30
Δεκέμβριος	11,10
<b>Ετήσια ενεργειακή παραγωγή</b>	<b>220,60</b>



**Διάγραμμα 3-2 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5,6 & 7)**

### Ετήσιο εκτιμώμενο εισόδημα

Το ετήσιο εισόδημα συνυπολογίζοντας την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του φ/β συστήματος και την τιμή πώλησης που είχε καθοριστεί από τη σύμβαση για κάθε μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας προέκυψε ως:

$$220,60 \text{ MWh} * 450 \text{ €/ MWh} = 99270 \text{ € για το Πάρκο 5}$$

$$220,60 \text{ MWh} * 419,43 \text{ €/MWh} = 92526,26\text{€ για τα Πάρκο 6 & 7}$$

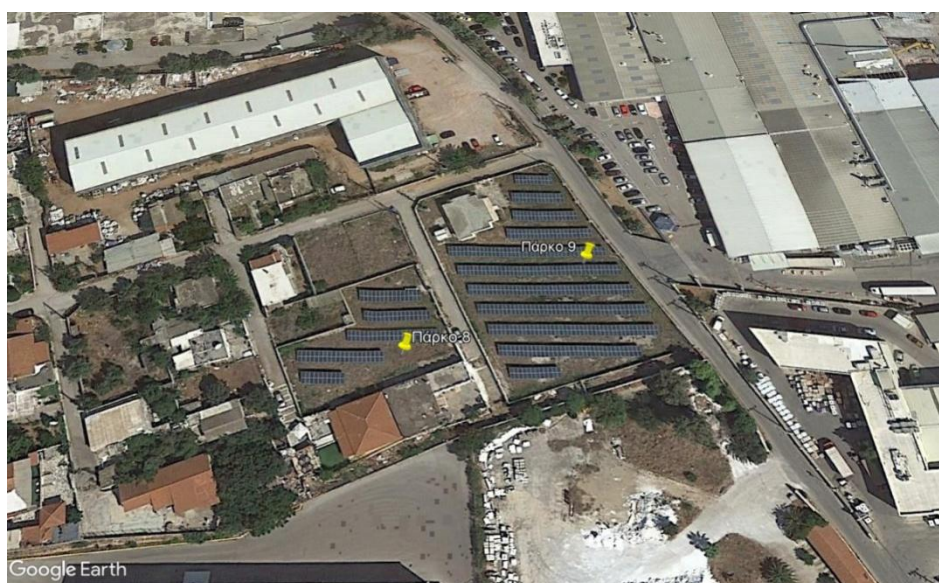
### 3.4 Φ/Β πάρκα στην Αττική

Τα συγκεκριμένα φ/β πάρκα τοποθετούνται στη θέση Ξηροπήγαδο, του Δήμου Μάνδρα Ελευσίνας, στον Νομό Αττικής. Η έκταση των γηπέδων εγκατάστασης είναι:

- 1020 m<sup>2</sup> (Πάρκο 8)
- 2800 m<sup>2</sup> (Πάρκο 9)

Λόγω μεγέθους κατατάσσονται στο καθεστώς εύκολης αδειοδότησης για την τελική τους σύνδεση στο εθνικό δίκτυο και η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας για τα δύο φ/β πάρκα καθορίστηκε:

- 375.54 €/ MWh (Πάρκο 8)
- 333.81 €/ MWh (Πάρκο 9)



Εικόνα 3-6 Απεικόνιση των Πάρκων 8 & 9 στην Αττική



Εικόνα 3-7 Απεικόνιση Πάρκου 9

### Μηχανολογικός/ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- **Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες**

Τα φ/β πλαίσια είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας Risen Energy. Παρέχουν εγγύηση κατασκευής 12 ετών και την εξασφάλιση ονομαστικής ισχύος 90% για τα πρώτα 12 έτη και 80% μέχρι και το πέρας 25 ετών από την ημερομηνία εγκατάστασης. Η πιστοποίησή τους είναι κατά DIN EN 61215, IEC 61215 και TUV Protection Class II.

**Πάρκο 8:** Έχουν εγκατασταθεί 166 φ/β πλαίσια τύπου SYP 240S - Poly. (Πίνακας 3:10)

**Πάρκο 9:** Έχουν εγκατασταθεί 622 φ/β πλαίσια τύπου SYP 240S - Poly. (Πίνακας 3:10)

**Πίνακας 3:10 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φ/β πλαισίων (Πάρκο 8 & 9)**

<b>Model</b>	<b>SYP 240 S</b>
Ονομαστική Ισχύς (P <sub>mp</sub> )	240 Wp
Ονομαστική Τάση (U <sub>mp</sub> )	30,20 V
Ονομαστικό Ρεύμα (I <sub>mp</sub> )	7,96 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U <sub>oc</sub> )	37,20 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I <sub>sc</sub> )	8,33 A
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Ονομαστική Ισχύς	173,4 Wp
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Ονομαστική Τάση	26,56 V
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Ονομαστικό Ρεύμα	6,52 A
800 W/m <sup>2</sup> NOCTAM 1.5 Τάση ανοιχτού κυκλώματος	33,65 V
800 W/m <sup>2</sup> NOCT AM 1.5 Ρεύμα βραχυκύκλωσης	6,8 A
Σχετική μείωση απόδοσης 200 W/m <sup>2</sup>	4.5 %
Συντελεστής θερμοκρασίας (I <sub>sc</sub> )	+0.033 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας (U <sub>oc</sub> )	-0.33 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας (P <sub>mp</sub> )	-0.39 %/°C
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	14.78 %
Βαθμός απόδοσης κυψέλης	17,21 %
Normal Operating Cell Temperature	45 ± 2% °C
Μέγιστη επιτρεπτή τάση συστήματος	1000 V
Αριθμός κυψελών	60 (6 x 10)
Μέγεθος κυψέλης	152.4 x 152.4 mm

**Συνθήκες μέτρησης (STC):** Ακτινοβολία 1000 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία κυψέλης 25°C

**Συνθήκες μέτρησης (NOCT):** Ακτινοβολία 800 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C

- **Αντιστροφείς**

Οι αντιστροφείς είναι της Αυστριακής εταιρίας FRONIUS, ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας της ΔΕΗ και είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50178, EN 61000, EN 55022, EN 60146.

**Πάρκο 8:** Έχουν τοποθετηθεί 4 αντιστροφείς τύπου IG PLUS 120 – 3. (Πίνακας 3:11)

**Πάρκο 9:** Έχουν τοποθετηθεί 12 αντιστροφείς τύπου IG PLUS 150 – 3. (Πίνακας 3:5)

**Πίνακας 3:11 Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα (Πάρκο 8)**

<b>Τύπος</b>	<b>IG PLUS 120 - 3</b>
Κατασκευαστής	FRONIUS GMBH AUSTRIA
Ισχύς AC	10,0 kW
Ισχύς φ/β συλλεκτών	10,0 kWp
Κυματομορφή	Ημιτονική
Συχνότητα	50 Hz ± 0,1 Hz
Τάση εισόδου MPP	230- 500 VDC
Μέγιστη τάση εισόδου	600 VDC
Συντελεστής απόδοσης	96,0 %
Συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης	< 3.5 %
Συντελεστής ισχύος	1
Απώλειες (νυχτερινή λειτουργία)	1 W
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...50 °C
Υγρασία	0-95 %
Προστασία IP	IP-44
Διαστάσεις	926 x 434 x 244 mm
Βάρος	26 kgr

- **Σύστημα στήριξης**

Τα φ/β πλαίσια εδράζονται σε σταθερές βάσεις συστήματος στήριξης, της εταιρίας «Μεταλλοδομή». Η κατασκευή του είναι από αλουμίνιο, ενώ τα υπόλοιπα εξαρτήματα κατασκευάζονται από εν θερμώ χάλυβα, με επικάλυψη ψευδαργύρου, για υψηλή αντίσταση στη διάβρωση. Όλα τα στηρίγματα του συστήματος στήριξης είναι τηλεσκοπικά και προσαρμόστηκαν σε κλίση 31° με νότιο προσανατολισμό. Η στερέωση στο έδαφος πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλων εξαρτημάτων πάκτωσης επί πελμάτων από σκυρόδεμα.

- **Πίνακες/Καλώδια**

Οι ηλεκτρικοί πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τις απαραίτητες ασφάλειες και διακοπτικό υλικό για την σύνδεση των φ/β συλλεκτών με τους αντιστροφείς είναι πλαστικοί, προστασίας IP 65. Όλα τα καλώδια είναι με μόνωση PVC, τύπου H07V-K με κατάλληλες διατομές, ενώ τα καλώδια δικτύωσης είναι θωρακισμένα τύπου SFTP CAT 6.

### Λοιπός εξοπλισμός

- Υποσταθμός Μέσης Τάσης
- Περίφραξη και περιμετρικός φωτισμός
- Γειώσεις
- Συστήματα ασφαλείας
- Σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης
- Σύστημα online καταγραφής

### Ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή

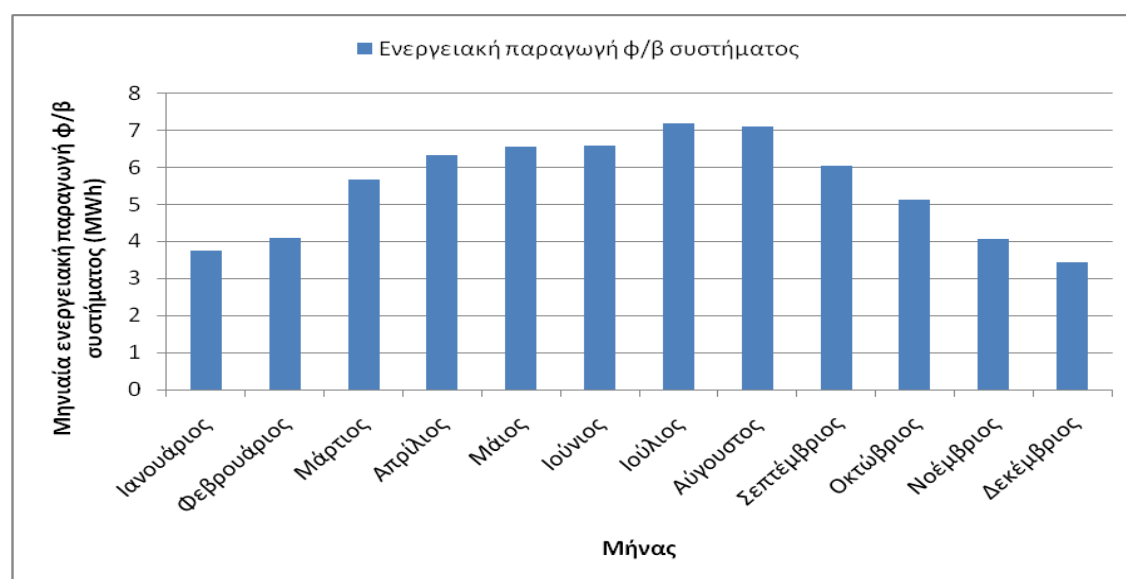
Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος εκτιμήθηκε, καταχωρώντας στα εργαλεία υπολογισμού της διαδικτυακής πλατφόρμας (PVGIS) τα παρακάτω δεδομένα:

- Ονομαστική Ισχύς: 40 kW για το Πάρκο 8, 150 kW για το Πάρκο 9
- Κλίση φ/β πλαισίων: 31°
- Αζιμούθιο: 0
- Γεωγραφικές συντεταγμένες (γ.πλάτος, γ.μήκος): 38.06, 23.51
- Απώλειες συστήματος: 14%
- Τεχνολογία φ/β πλαισίων: κρυσταλλικό πυρίτιο

Στον Πίνακα 3:12 αποτυπώνεται η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για όλο το έτος του Πάρκο 8, ενώ στο Διάγραμμα 3-3, απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της. Αντίστοιχα για το Πάρκο 9 η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για όλο το έτος αποτυπώνεται στον Πίνακα 3:13, ενώ η ετήσια μεταβολή της στο Διάγραμμα 3-4.

**Πίνακας 3:12 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 8)**

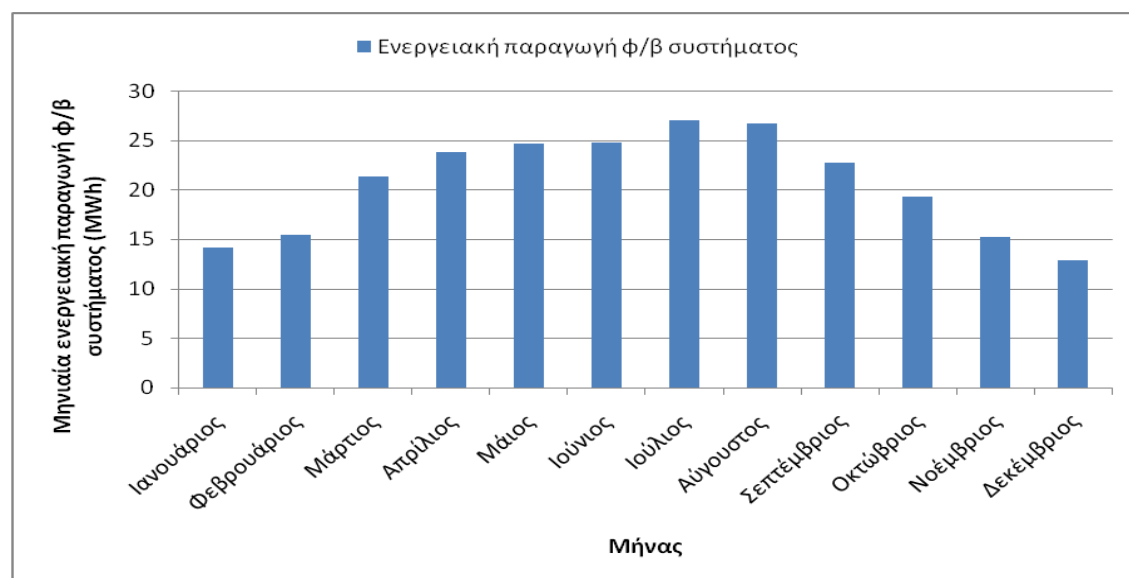
Μήνας	Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή (MWh)
Ιανουάριος	3,76
Φεβρουάριος	4,10
Μάρτιος	5,68
Απρίλιος	6,34
Μάιος	6,57
Ιούνιος	6,60
Ιούλιος	7,19
Αύγουστος	7,12
Σεπτέμβριος	6,06
Οκτώβριος	5,14
Νοέμβριος	4,06
Δεκέμβριος	3,45
<b>Ετήσια ενεργειακή παραγωγή</b>	<b>66,07</b>



**Διάγραμμα 3-3 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8)**

Πίνακας 3:13 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 9)

Μήνας	Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή (MWh)
Ιανουάριος	14,10
Φεβρουάριος	15,40
Μάρτιος	21,30
Απρίλιος	23,80
Μάιος	24,60
Ιούνιος	24,70
Ιούλιος	27,00
Αύγουστος	26,70
Σεπτέμβριος	22,70
Οκτώβριος	19,30
Νοέμβριος	15,20
Δεκέμβριος	12,90
<b>Ετήσια ενεργειακή παραγωγή</b>	<b>247,70</b>



Διάγραμμα 3-4 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9)

### Ετήσιο εκτιμώμενο εισόδημα

Το ετήσιο εισόδημα συνυπολογίζοντας την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του φ/β συστήματος και την τιμή πώλησης που είχε καθοριστεί από τη σύμβαση για κάθε μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας προέκυψε ως:

$$66,07 \text{ MWh} * 375,54 \text{ €/ MWh} = 24811,93 \text{ € για το Πάρκο 8}$$

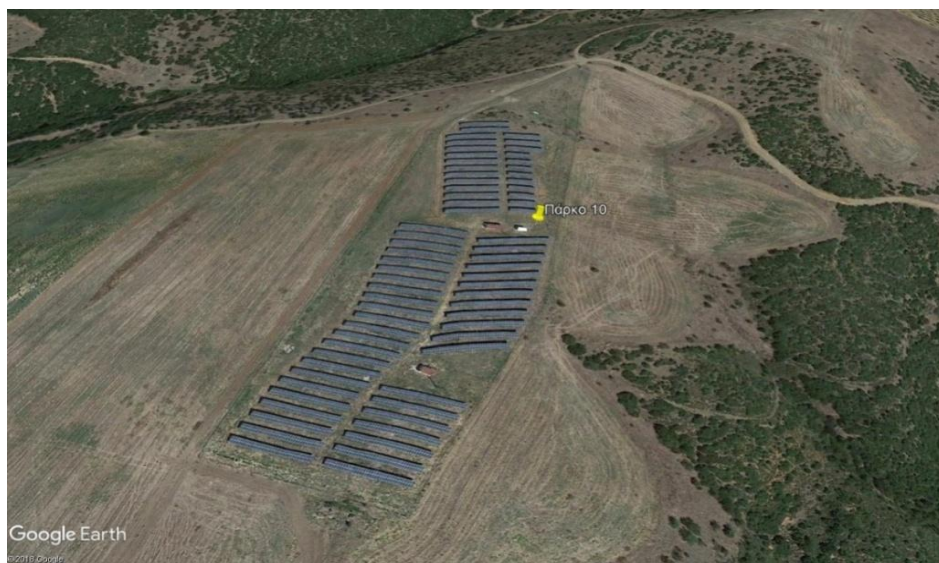
$$247,70 \text{ MWh} * 333,81 \text{ €/ MWh} = 82684,74 \text{ € για το Πάρκο 9}$$



### 3.5 Φ/Β πάρκο στη Λάρισα

Το Πάρκο 10 εγκαταστάθηκε σε αγροτεμάχιο θέση “Τριμηνία” Αγίας Τριάδας, του Δήμου Πολυδάμαντα, στο Νομό Λάρισας. Η έκταση του γηπέδου εγκατάστασης είναι 47332 m<sup>2</sup>.

Η συγκεκριμένη μονάδα λόγω μεγέθους δεν υπαγόταν στο καθεστώς εύκολης αδειοδότησης για την τελική της σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτροδότησης και η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας καθορίστηκε ως 333.81 €/ MWh.



Εικόνα 3-8 Απεικόνιση του Πάρκου 10 στη Λάρισα



Εικόνα 3-9 Απεικόνιση Πάρκου 10

### Μηχανολογικός/ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- **Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες**

Έχουν τοποθετηθεί 4166 φ/β πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας Risen Energy, τύπου SYP 240S – Poly (Πίνακας 3:10) . Παρέχουν εγγύηση κατασκευής 12 ετών και την εξασφάλιση ονομαστικής ισχύος 90% για τα πρώτα 12 έτη και 80% μέχρι και το πέρας 25 ετών από την ημερομηνία εγκατάστασης. Επίσης είναι πιστοποιημένα κατά DIN EN 61215, IEC 61215 και TUV Protection Class II.

- **Αντιστροφείς**

Οι αντιστροφείς που έχουν εγκατασταθεί ανήκουν στην εταιρία FRONIUS και είναι του τύπου CL 60.0 (Πίνακας 3:14). Έχουν τοποθετηθεί 16 κεντρικοί αντιστροφείς σε προκατασκευασμένους οικίσκους, ειδικά διαμορφωμένους για την σωστή εγκατάσταση και τον επαρκή αερισμό τους.

*Πίνακας 3:14 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα (Πάρκο 10)*

<b>Τύπος</b>	<b>CL 60</b>
Ονομαστική Ισχύς Εξόδου	60 kW
Μέγιστη Ισχύς Εξόδου	60kVA
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	95.90%
Φάσεις	Τριφασικός
Εύρος Τάσης Εισόδου	230-500V
Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου	280.2A
Διαστάσεις Αντιστροφέα	1830x1105x722mm
Βάρος Αντιστροφέα	303kg
Προστασία IP	20

- **Σύστημα στήριξης**

Τα φ/β πλαίσια εδράζονται σε σταθερές βάσεις συστήματος στήριξης, της εταιρίας «Μεταλλοδομή». Η κατασκευή του είναι από αλουμίνιο, ενώ τα υπόλοιπα εξαρτήματα κατασκευάζονται από εν θερμώ χάλυβα, με επικάλυψη ψευδαργύρου, για υψηλή αντίσταση στη διάβρωση. Όλα τα στηρίγματα του συστήματος στήριξης είναι τηλεσκοπικά και προσαρμόστηκαν σε κλίση 31° με νότιο προσανατολισμό. Η στερέωση στο έδαφος πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλων εξαρτημάτων πασσαλόμπτυξης.

- **Πίνακες/καλώδια**

Οι ηλεκτρικοί πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τις απαραίτητες ασφάλειες και διακοπτικό υλικό για την σύνδεση των φ/β συλλεκτών με τους αντιστροφείς είναι πλαστικοί, προστασίας IP65. Όλα τα καλώδια είναι με μόνωση PVC, τύπου H07V-K με κατάλληλες διατομές, ενώ τα καλώδια δικτύωσης είναι θωρακισμένα τύπου SFTP CAT 6.

### Λοιπός εξοπλισμός

- Υποσταθμός Μέσης Τάσης
- Περίφραξη και περιμετρικός φωτισμός
- Γειώσεις
- Συστήματα ασφαλείας
- Σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης
- Σύστημα online καταγραφής

### **Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή**

Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος εκτιμήθηκε, καταχωρώντας στα εργαλεία υπολογισμού της διαδικτυακής πλατφόρμας (PVGIS) τα παρακάτω δεδομένα:

Ονομαστική Ισχύς: 1000 kW

Κλίση φ/β πλαισίων: 31°

Αζιμούθιο: 0

Γεωγραφικές συντεταγμένες (γ.πλάτος, γ.μήκος): 39.39, 22.55

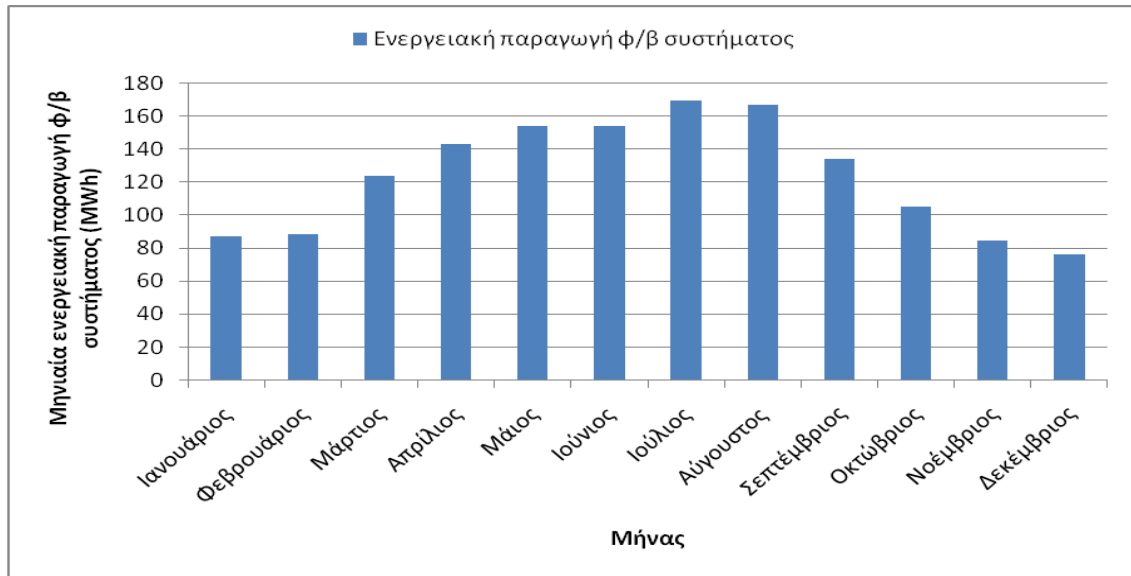
Απώλειες συστήματος: 14%

Τεχνολογία φ/β πλαισίων: κρυσταλλικό πυρίτιο

Στον Πίνακα 3:15 αποτυπώνεται η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για όλο το έτος, ενώ στο Διάγραμμα 3-5 απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της.

**Πίνακας 3:15 Ετήσια εκτιμώμενη ενεργειακή παραγωγή (Πάρκο 10)**

Μήνας	Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή (MWh)
Ιανουάριος	87,10
Φεβρουάριος	88,40
Μάρτιος	124,00
Απρίλιος	143,00
Μάιος	154,00
Ιούνιος	154,00
Ιούλιος	170,00
Αύγουστος	167,00
Σεπτέμβριος	134,00
Οκτώβριος	105,00
Νοέμβριος	84,80
Δεκέμβριος	75,90
<b>Ετήσια ενεργειακή παραγωγή</b>	<b>1333,20</b>



Διάγραμμα 3-5 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας εκτιμώμενης ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10)

### Ετήσιο εκτιμώμενο εισόδημα

Το ετήσιο εισόδημα συνυπολογίζοντας την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του φ/β συστήματος και την τιμή πώλησης που είχε καθοριστεί από τη σύμβαση για κάθε μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας προέκυψε ως:

$$1333,20 \text{ MWh} * 333,81 \text{ €/ MWh} = 445035,49 \text{ €}$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ Φ/Β ΠΑΡΚΩΝ

### 4.1 Περιγραφή καταγραφικού συστήματος και λήψη μετρήσεων

Το καταγραφικό σύστημα (monitoring system) που έχει χρησιμοποιηθεί στα εν λόγω φ/β πάρκα, είναι της αυστριακής εταιρίας «FRONIUS», τύπου «FRONIUS DATCOM SYSTEM» που αποτελείται από τα εξής:

- Καταγραφέα δεδομένων Fronius Data logger box
- Καταγραφέα μετεωρολογικών δεδομένων Fronius IG Sensor box
- Κάρτα δικτύου Fronius Com Card
- Ειδικό λογισμικό IG Access Software
- Διαδικτυακή πλατφόρμα Fronius Solar Web

Ο καταγραφέας δεδομένων **Fronius Data logger box**, αποτελείται από μια ηλεκτρονική διάταξη, συνδεδεμένη με τους μετατροπείς τάσης σειριακά, που λαμβάνει πληροφορίες για την κατάσταση της παραγωγικής διαδικασίας, την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθώς και την κατάσταση της λειτουργίας κάθε στοιχείου και κάθε αντιστροφέα αντίστοιχα.

Αντίστοιχα, ο καταγραφέας μετεωρολογικών δεδομένων **Fronius IG Sensor box** ενσωματώνει κατάλληλα επιλεγμένους αισθητήρες για την μέτρηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και των φ/β πλαισίων, καθώς και της ταχύτητας του ανέμου. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εν λόγω αισθητήρων παρατίθενται στους Πίνακες 4:1,4:2,4:3 και 4:4, ενώ η απεικόνιση τους στις Εικόνες 4-1,4-2,4-3 και 4-4.

Στη συνέχεια η επεξεργασία και η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το **ειδικό λογισμικό IG Access Software**, το οποίο είναι εγκατεστημένο στον πίνακα διασύνδεσης με το δίκτυο. Η μεταξύ τους επικοινωνία πραγματοποιείται με την τοποθέτηση μίας **κάρτας δικτύου Fronius Com Card** σε κάθε αντιστροφέα.

Τέλος για την τηλεπαρακολούθηση της εγκατάστασης, προσφέρεται δωρεάν η **διαδικτυακή πλατφόρμα Fronius Solar Web**, όπου ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει τη λειτουργία της εγκατάστασης του σε πραγματικό χρόνο ενώ του δίνεται και η δυνατότητα επισκόπησης από το ιστορικό καταγραφής.

Για το σκοπό της εν λόγω πτυχιακής εργασίας, τα μεγέθη που λήφθηκαν από τα υπό εξέταση φ/β πάρκα είναι τα εξής:

- Η ενεργειακή παραγωγή
- Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία
- Η θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Η θερμοκρασία φ/β πλαισίων

Ο χρονικός ορίζοντας ξεκινά από την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας του κάθε φ/β πάρκου μέχρι και το έτος 2018. Η μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου ενώ υποστηρίζεται από

το συγκεκριμένο σύστημα καταγραφής, δεν κατέστη εφικτή η λήψη δεδομένων για τα εν λόγω φ/β πάρκα.

**Πίνακας 4:1 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος**

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Αισθητήρες	PT1000
Εύρος μέτρησης	-40°C bis +180°C
Ανοχή	±0,8°C (εύρος -20°C έως +100°C)
Δομή	Αισθητήρας σε κυλινδρικό περίβλημα ανοξείδωτου χάλυβα, τεχνολογία 2 αγωγών
Διάσταση (βάθος)	50,0 mm
διάμετρος	6 mm
Καλώδιο σύνδεσης	Χάλκινος αγωγός 3 m, 2 x 0,5 mm, με μόνωση σιλικόνης, ελεύθερα άκρα, τερματικά περιβλήματα αγωγών, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
Μέγ. μήκος καλωδίου (απόσταση: από το Sensor Card/Box στον αισθητήρα)	20 m



**Εικόνα 4-1 Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος Πηγή: fronius.com**

**Πίνακας 4:2 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα θερμοκρασίας φ/β πλαισίων**

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Αισθητήρες	PT1000
Εύρος μέτρησης	-20°C - +150°C
Ανοχή	±0,8°C (εύρος -20°C έως +100°C)
Δομή	Αισθητήρας υπό μορφή αυτοκόλλητης μεμβράνης για μετρήσεις σε επιφάνειες, τεχνολογία 2 αγωγών
Διάσταση (πλάτος)	50,0 mm
Διάσταση (βάθος)	0,1 m
Καλώδιο σύνδεσης	Χάλκινος αγωγός 3 m, 2 x 0,5 mm, με μόνωση σιλικόνης, ελεύθερα άκρα, τερματικά περιβλήματα αγωγών, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
Μέγ. μήκος καλωδίου (απόσταση: από το Sensor Card/Box στον αισθητήρα)	20 m



**Εικόνα 4-2 Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας φ/β πλαισίων Πηγή: Fronius.com**

**Πίνακας 4:3 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας**

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Αισθητήρες	Μονοκρυσταλλικός αισθητήρας Si
Τάση μέτρησης	περ. 70 mV στα 1.000 W/m <sup>2</sup> (η ακριβής τιμή βαθμονόμησης αναγράφεται στον αισθητήρα)
Ανοχή	±5 % στα μισά του έτους
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-40°C - +85°C
Δομή	Δομή ανθεκτική στις κλιματικές συνθήκες με προφίλ αλουμινίου σχήματος Z
Διάσταση (ύψος)	40,0 mm
Διάσταση (πλάτος)	40,0 mm
Διάσταση (βάθος)	0,11 m
Καλώδιο σύνδεσης	Χάλκινος αγωγός 3 m, με μόνωση σιλικόνης, ελεύθερα άκρα, τερματικά περιβλήματα αγωγών, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
Μέγ. μήκος καλωδίου (απόσταση: από το Sensor Card/Box στον αισθητήρα)	30 m



Εικόνα 4-3 Αισθητήρας μέτρησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας Πηγή: [fronius.com](http://fronius.com)

Πίνακας 4:4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Αισθητήρες	Ανεμόμετρο κυπέλλων με επαφή reed
Σήμα εξόδου	Ορθογώνιο: Low $\leq 0,5$ V / High $\geq 4,5$ V
Συντελεστής βαθμονόμησης	5,22 Hz = 1 km/h; 18,79 Hz = 1 m/s; Ab Software Ver. Fronius Sensor Card/Box 1.1.0.28;
Τιμή κατωφλίου	1,45 Hz = 1km/h; 5,22 Hz = 1m/s
Ανάλυση	Ταχύτητα ανέμου 2,5 m/s
Ανοχή	1 m/s; 1 km/h
Βαθμός προστασίας (IP)	$\pm 5$ % από 5 m/s
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος	IP 54
Διάσταση (ύψος)	-20°C - +60°C
Διάσταση (πλάτος)	93,0 mm
Διάσταση (βάθος)	115,0 mm
Καλώδιο σύνδεσης	85,0 mm
Μέγ. μήκος καλωδίου (απόσταση: από το Sensor Card/Box στον αισθητήρα)	Χάλκινος αγωγός 2m, ελεύθερα άκρα, τερματικά περιβλήματα αγωγών, αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία
	30 m



Εικόνα 4-4 Αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου Πηγή: [fronius.com](http://fronius.com)



## 4.2 Έλεγχος και ορθότητα των μετρήσεων

Αυτό που κατέστη δυνατό είναι η λήψη αρχείων Excel, όπου περιέχονται οι μετρήσεις ενός έτους, για κάθε φ/β πάρκο. Λαμβάνοντας τα αρχεία αυτά και με μια σειρά από ενέργειες, αυτό που προέκυψε σαν αποτέλεσμα, ήταν ένα ενιαίο αρχείο για κάθε φ/β πάρκο, όπου διαφορετικές σελίδες εμπεριέχουν τις μετρήσεις κάθε έτους.

Εξετάζοντας τα όμως, διαπιστώθηκε η αδυναμία άντλησης δεδομένων σε ορισμένα από αυτά, όσον αφορά τις μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων. Αυτό συμβαίνει είτε επειδή τα όργανα μέτρησης αυτών των μεγεθών δεν είχαν τοποθετηθεί, είτε επειδή αυτά σύντομα αχρηστεύτηκαν.

Για τους σκοπούς της εργασίας και για να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση της λειτουργίας των φ/β πάρκων, σε τέτοιες περιπτώσεις εξετάστηκε η δυνατότητα λήψης των μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος από γειτονικά πάρκα με παρόμοια χαρακτηριστικά (κλίση, σύστημα στήριξης). Η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων υπολογίστηκε μετέπειτα ως εξής:

$$T_c(^{\circ}\text{C}) = T_{\text{amb}}(^{\circ}\text{C}) + I_T(\text{W}/\text{m}^2) / I_{T,\text{NOCT}}(\text{W}/\text{m}^2) * (\text{NOCT} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{amb,NOCT}} (^{\circ}\text{C})) \quad (\text{Εξίσωση 4.1})$$

Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι με τη χρήση αυτού του τύπου, προκύπτει η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για ταχύτητα ανέμου 1m/s. Σε πραγματικές συνθήκες μέτρησης όμως, η αυξημένη ένταση του ανέμου έως ένα σημείο λειτουργεί θετικά για την φ/β μονάδα, καθώς μειώνει την θερμοκρασία των φ/β πλαισίων. Η απουσία διαθέσιμων μετρήσεων για την ταχύτητα του ανέμου, οδήγησε στην επιλογή αυτής της μεθόδου.

Πίνακας 4:5 Διαθέσιμες μετρήσεις για κάθε φ/β πάρκο

	Ενεργειακή παραγωγή	Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	Θερμοκρασία φ/β πλαισίων
Πάρκο 1	•	•	•	•
Πάρκο 2	•	•	•	•
Πάρκο 3	•	•	•	
Πάρκο 4	•	•	•	•
Πάρκο 5	•			
Πάρκο 6	•			
Πάρκο 7	•			
Πάρκο 8	•			
Πάρκο 9	•	•	•	•
Πάρκο 10	•	•	•	

Επίσης, δεν υφίσταται η ίδια συχνότητα καταγραφής των μετρήσεων, για κάθε φ/β πάρκο. Όπως και κάθε φ/β πάρκο δεν παρουσιάζει την ίδια συχνότητα καταγραφής καθ' όλη

τη διάρκεια λειτουργίας του. Στον Πίνακα 4:6 εμπεριέχεται η συχνότητα καταγραφής μετρήσεων για κάθε φ/β πάρκο. Ως επί το πλείστον υφίσταται καταγραφή μετρήσεων κάθε 15 λεπτά, ενώ στην καλύτερη των περιπτώσεων αυτή μπορεί να συμβαίνει και κάθε 5 λεπτά.

**Πίνακας 4:6 Συχνότητα καταγραφής**

Συχνότητα καταγραφής	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Πάρκο 1	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15-30'
Πάρκο 2	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15-30'
Πάρκο 3	15'	15'	15'	15'	15'	5-15'	5'	5'	5-30'
Πάρκο 4	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15-30'
Πάρκο 5	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'
Πάρκο 6		5'	5-15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'
Πάρκο 7		15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'
Πάρκο 8			15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'
Πάρκο 9			15'	5-15'	15'	15'	15'	15'	15'
Πάρκο 10			5-15'	15'	15'	15'	5'	15'	5'

Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε, παρατηρώντας τις μετρήσεις για κάθε φ/β πάρκο σε ετήσια βάση, ήταν η απουσία μεμονωμένων χρονικών διαστημάτων μέσα σε ένα έτος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το κώλυμα εντοπίζεται συνήθως στον καταγραφέα δεδομένων, όποτε και για όσο διάστημα δεν έχει βρεθεί λύση, δεν υφίσταται μετάδοση πληροφοριών που αφορούν τη λειτουργία του πάρκου γενικότερα και συνεπακόλουθα καταγραφή μετρήσεων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, καταχωρούνται στο αρχείο τα παραλειπόμενα χρονικά διαστήματα, επειδή όμως δεν είναι διαθέσιμες οι μετρήσεις, οι περιοχές που θα τις εμφάνιζαν, παραμένουν κενές. Έτσι υφίσταται μια πληρότητα όσον αφορά τη συχνότητα καταγραφής σε κάθε έτος, όχι όμως και στις μετρήσεις. Στον Πίνακα 4:7 παρατίθενται τα παραλειπόμενα χρονικά διαστήματα για κάθε φ/β πάρκο.

Πίνακας 4:7 Παραλειπόμενα χρονικά διαστήματα

	2010	2011	2012
Πάρκο 1	1/1 00:00 – 22.9 13:45	29/12 13:00 – 31/12 23:45	1/1 00:00 – 31/12 23:45
Πάρκο 2	1/1 00:00 – 14/5 15:45 18/6 14:30 – 2/7 12:30 28/7 13:30 – 11/1 23:30	16/7 17:00 – 9/8 15:45	
Πάρκο 3	1/1 00:00 – 14/9 9:15		
Πάρκο 4	1/1 00:00 – 1/9 12:45		
Πάρκο 5	1/1 00:00 – 2/3 16:15	31/3 12:00 – 1/4 00:45 29/4 5:15 – 27/6 12:30	24/1 13:45 – 1/3 13:15
Πάρκο 6		1/1 00:00 – 24/9 16:00	1/8 16:00 – 20/9 17:15
Πάρκο 7		1/1 00:00 – 26/9 14:45	
Πάρκο 8			1/1 00:00 – 6/7 23:45
Πάρκο 9			1/1 00:00 – 6/3 12:15
Πάρκο 10			1/1 00:00 – 17/7 13:45 22/8 13:45 – 10/9 10:00
	2013	2014	2015
Πάρκο 1			
Πάρκο 2	15/11 1:30 – 20/11 10:00	19/3 13:30 – 22/3 21:45 3/5 14:14 – 15/7 15:00 28/8 7:15 – 28/8 23:45	
Πάρκο 3			
Πάρκο 4			
Πάρκο 5	14/2 17:30 – 24/2 23:45 7/7 16:00 – 9/8 12:30 28/8 19:30 – 31/12 23:45	1/1 00:00 – 31/12 23:45	1/1 00:00 – 6/4 11:45
Πάρκο 6	2/8 21:00 – 26/8 18:15		1/1 00:00 – 31/3 12:30
Πάρκο 7			
Πάρκο 8		18/7 18:45 – 22/7 13:00	
Πάρκο 9	30/9 21:15 – 29/11 7:30		1/1 00:00 – 2/1 11:30
Πάρκο 10			
	2016	2017	2018
Πάρκο 1	18/3 20:45 – 22/3 11:45 29/12 20:30 – 31/12 23:45	1/1 00:00 – 13/1 14:45	
Πάρκο 2			1/1 00:00 – 11/1 17:30
Πάρκο 3			
Πάρκο 4			
Πάρκο 5	28/8 20:30 – 31/12 23:45	1/1 00:00 – 7/4 12:30 7/8 19:30 – 24/8 10:45	
Πάρκο 6			
Πάρκο 7			
Πάρκο 8			
Πάρκο 9			
Πάρκο 10			

Έχοντας πλέον αντιμετωπίσει τα πιο εμφανή προβλήματα, το επόμενο βήμα είναι ο έλεγχος της ορθότητας των μετρήσεων που εμφανίζονται. Οι επιμέρους έλεγχοι διακρίνονται σε:

- Έλεγχος των μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής
- Έλεγχος των μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Έλεγχος των μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων

#### 4.2.1 Έλεγχος των τιμών για την ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος

Πραγματοποιώντας τον έλεγχο για τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, διαπιστώθηκαν τα εξής προβλήματα που θα δημιουργούσαν κωλύματα στους υπολογισμούς που ήτο να διενεργηθούν και τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- Μη διαθέσιμες τιμές από το σύστημα
- Τιμές εκτός ορίων.

Για την επίλυση του ζητήματος κρίθηκε σκόπιμο να μην συμπεριληφθούν οι μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, που εμπíπτουν στις παραπάνω περιπτώσεις και να αφεθούν κενές οι περιοχές. Το πλήθος των κενών κελιών, μπορεί να επηρεάσει την πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής μέσα σε ένα έτος σε μικρό βαθμό ή μεγάλο. Τα αίτια εντοπίζονται συνήθως ή σε κάποια βλάβη στην κάρτα δικτύου που έχει τοποθετηθεί σε κάθε αντιστροφέα, ή σε κάποια βλάβη στις διατάξεις που είναι υπεύθυνες για την τηλεμετάδοση αυτών των πληροφοριών. Ενδεικτικό παράδειγμα απεικονίζεται στα Διαγράμματα 4-1 και 4-2.

Εξαίρεση αποτελούν οι μη διαθέσιμες τιμές κατά τη νύχτα. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση κρίθηκε, ότι οι τιμές αυτές θα έπρεπε να συμβολίζονται ως μηδενικές, καθώς η μη διαθεσιμότητα τους οφείλεται στην αστοχία του συστήματος, να τις παρουσιάζει ως μη διαθέσιμες, για το διάστημα που δεν υφίσταται ηλιοφάνεια. Αυτό κατέστη εφικτό, ελέγχοντας τις μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα, όπου το σύστημα εμφανίζει μηδενικές τιμές κατά τη νύχτα και αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής με αυτές.



**Διάγραμμα 4-1 Ημερήσια διακύμανση ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος πριν τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 1, 30-5-2011)**



**Διάγραμμα 4-2 Ημερήσια διακύμανση ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος μετά τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 1, 30-5-2011)**

Στο Διάγραμμα 4-1 απεικονίζεται η διακύμανση της ημερήσιας ενεργειακής παραγωγής του φ/β συστήματος για το Πάρκο 1 στις 30-5-2011 και το πρόβλημα εντοπίζεται σε δύο σημεία. Αρχικά στις 11:30 λήφθηκε μέτρηση με την ένδειξη "n/a" (μη διαθέσιμη) με αποτέλεσμα όμως αυτή να απεικονίζεται ως μηδενική, ενώ στις 15:30 λήφθηκε άλλη μέτρηση όπου η τιμή της ενεργειακής παραγωγής είναι εμφανώς εκτός ορίων. Επομένως οι μετρήσεις που προαναφέρθηκαν δεν λαμβάνονται υπόψη, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4-2.

#### 4.2.2 Έλεγχος των τιμών για την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Ελέγχοντας τις μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, διαπιστώθηκαν τα εξής προβλήματα

- Μη μηδενικές τιμές κατά τη διάρκεια της νύχτας
- Τιμές εκτός ορίων
- Μη διαθέσιμες τιμές

Στην πρώτη περίπτωση, πραγματοποιήθηκε η αντικατάσταση αυτών των τιμών με μηδενικές, διότι εν απουσία ηλιοφάνειας δεν δύναται να υπάρξει άλλη τιμή. Στις άλλες δύο περιπτώσεις δεν λήφθηκαν υπόψη οι τιμές των μετρήσεων και αφέθηκαν οι περιοχές κενές. Εν συνέχεια εξετάστηκε το ενδεχόμενο, να βρεθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από κάποιο γειτονικό φ/β πάρκο και εφόσον κατέστη αυτό δυνατό, προβήκαμε στην αντικατάσταση τους. Διαφορετικά, μένουν οι περιοχές ως έχουν και συνεπακόλουθα επηρεάζεται η πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται σε ένα έτος. Ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθενται στα Διαγράμματα 4-3, 4-4 και 4-5.

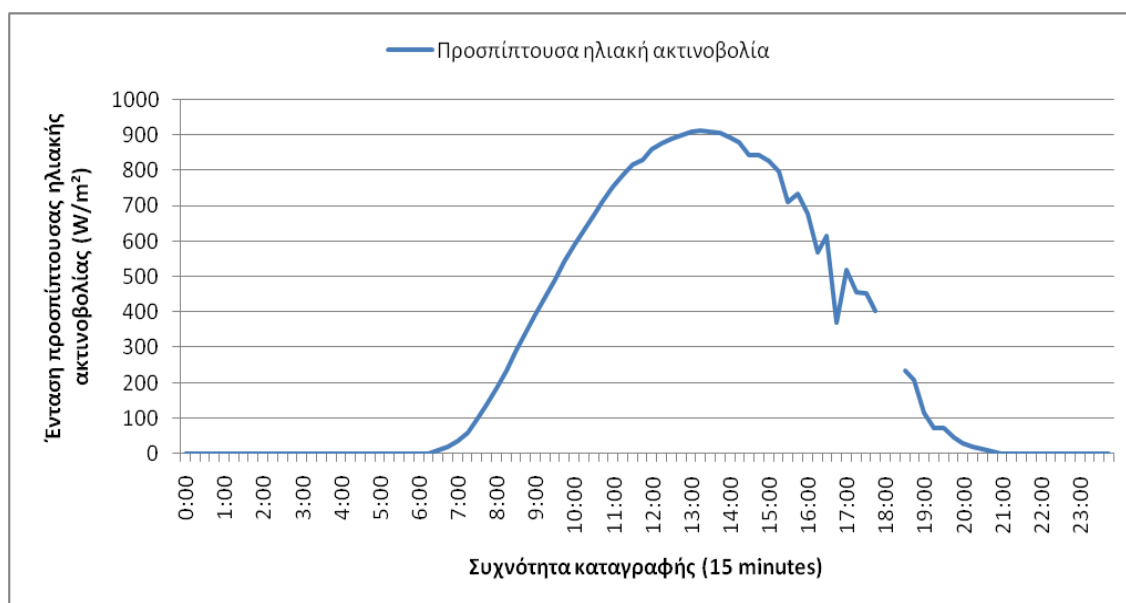


Διάγραμμα 4-3 Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 1-1-2014)

Στο Διάγραμμα 4-3 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το Πάρκο 2 στις 1-1-2014. Το πρόβλημα στις μετρήσεις που λήφθηκαν είναι εμφανές, αφενός επειδή συμπεριλαμβάνονται και αρνητικές τιμές, αφετέρου διότι η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν γίνεται να αποδίδει τόσο υψηλές τιμές. Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται η παροχή των μετρήσεων από κάποιο γειτονικό φ/β πάρκο. Το Πάρκο 2 συγκεκριμένα, συνορεύει με τα Πάρκο 1,3 και 4.



**Διάγραμμα 4-4** Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πριν τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 9, 11-6-2016)



**Διάγραμμα 4-5** Ημερήσια διακύμανση έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μετά τη διόρθωση των μετρήσεων (Πάρκο 9, 11-6-2016)

Στο Διάγραμμα 4-4 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το Πάρκο 9 στις 11-6-2016. Το πρόβλημα για τις συγκεκριμένες μετρήσεις εντοπίζεται στο διάστημα 18:00 – 18:30, όπου το σύστημα καταγραφής δεν είχε διαθέσιμες τις τιμές, με αποτέλεσμα αυτές να αναπαρίστανται ως μηδενικές στο γράφημα. Η πιο σωστή απεικόνιση της ημερήσιας διακύμανσης παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4-5, όπου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα η περιοχή μένει κενή, λόγω και της αδυναμίας να αντληθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις από κάποιο γειτονικό φ/β πάρκο.

#### 4.2.3 Έλεγχος των τιμών για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων

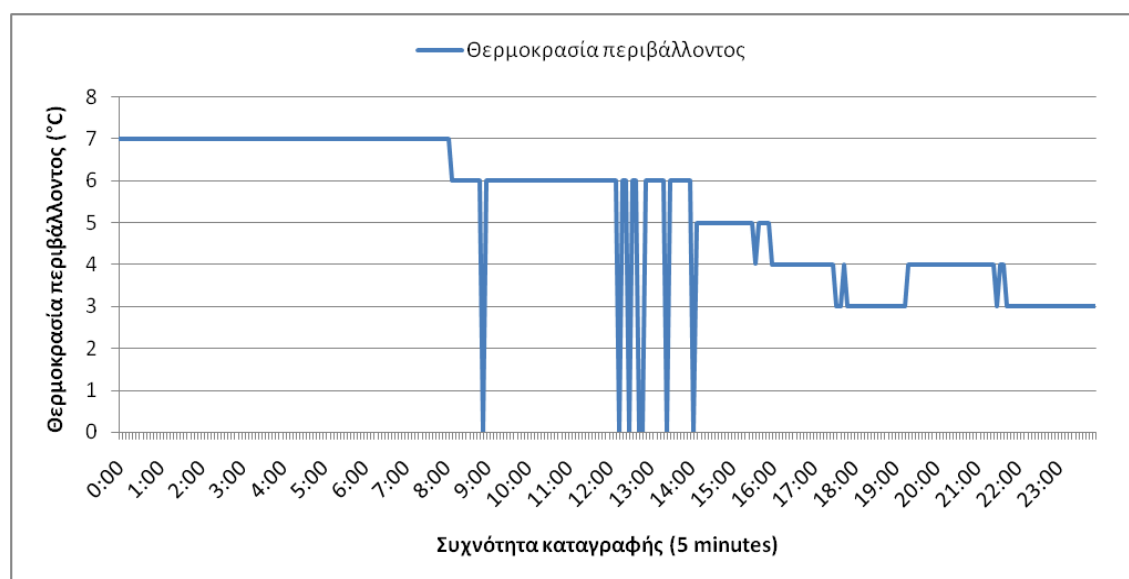
Ελέγχοντας τις μετρήσεις θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων, διαπιστώθηκαν τα εξής προβλήματα

- Τιμές εκτός ορίων
- Μη διαθέσιμες τιμές

Είναι αναμενόμενο μες στην ημέρα η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων να αυξάνεται σημαντικά σε σύγκριση με αυτή του περιβάλλοντος, καθώς τα φ/β πλαίσια δεχόμενα την ηλιακή ακτινοβολία, ένα μέρος της παραγόμενης ενέργειας το αποβάλλουν με τη μορφή θερμότητας. Εν απουσία ηλιοφάνειας όμως, αναμένονται κατά τις βραδινές ώρες, αν όχι οι ίδιες τιμές θερμοκρασίας, μια μικρή απόκλιση σε αυτές λόγω της ανοχής που παρουσιάζουν οι αισθητήρες.

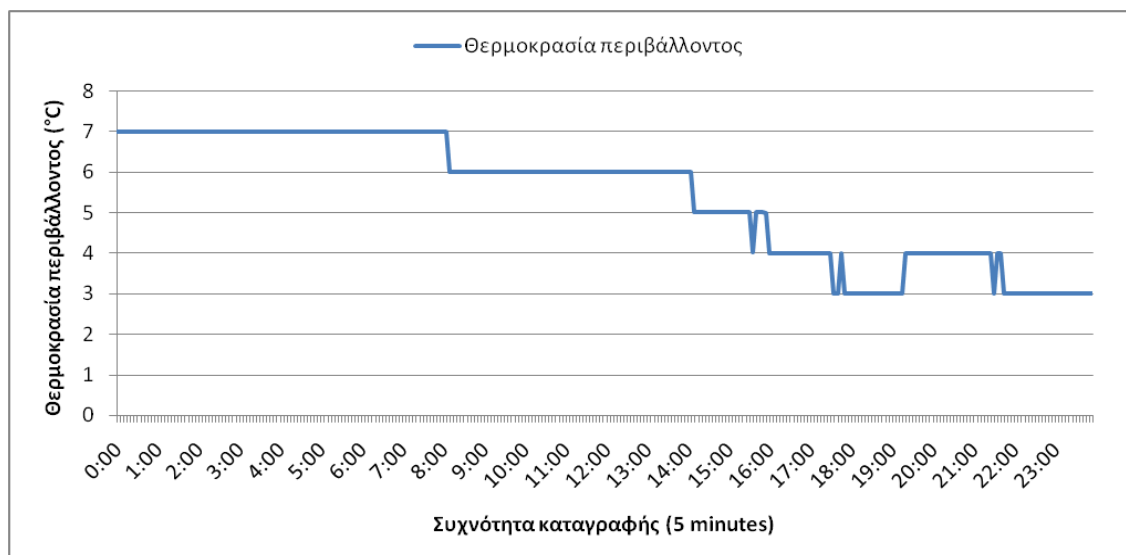
Εξετάζοντας όμως τις μετρήσεις, παρατηρήθηκαν αποκλίσεις μεταξύ των τιμών που εμφανίζει η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η θερμοκρασία φ/β πλαισίων, οι οποίες προέκυπταν, διότι εμφανώς μια εκ των δύο ήταν εκτός ορίων. Αυτό ήταν εύκολα διακριτό, όταν κατά τη διάρκεια της νύχτας οι δύο θερμοκρασίες είχαν αρκετά μεγάλη διαφορά σε τιμές. Επιπλέον όπως και σε προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και εδώ κάποιες τιμές δεν ήταν διαθέσιμες από το σύστημα. Τα αίτια εντοπίζονται σε κάποια βλάβη που μπορεί να υπέστη ο αισθητήρας θερμοκρασίας, με πιο επιρρεπή αυτόν που μετράει τη θερμοκρασία φ/β πλαισίων, καθώς εκτίθεται σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες καθημερινά. Ενδεικτικά παραδείγματα παρατίθενται στα Διαγράμματα 4-6,4-7,4-8 και 4-9.

Για τους σκοπούς της πτυχιακής και σε αυτήν την περίπτωση, κρίθηκε σκόπιμο να αφεθούν κενές οι περιοχές για τις παραπάνω περιπτώσεις. Εν συνέχεια εξετάστηκε το ενδεχόμενο, να βρεθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις θερμοκρασίας περιβάλλοντος από κάποιο γειτονικό φ/β πάρκο και εφόσον κατέστη αυτό δυνατό, προβήκαμε στην αντικατάσταση τους. Η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων μετέπειτα προέκυψε υπολογιστικά, κάνοντας χρήση της Εξίσωσης 4.1.



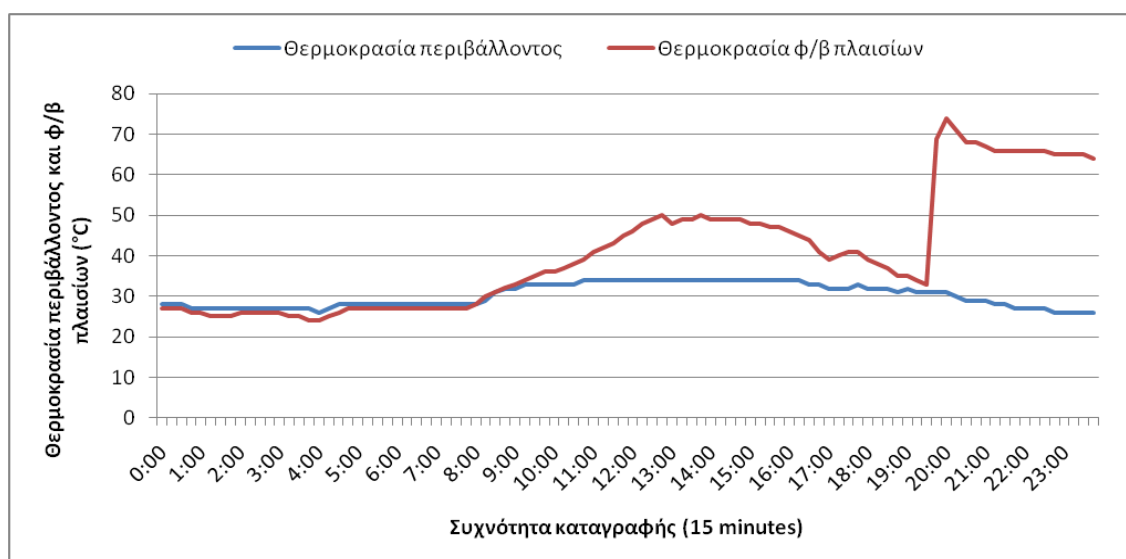
Διάγραμμα 4-6 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος πριν τη διόρθωση (Πάρκο 10, 13-1 2018)



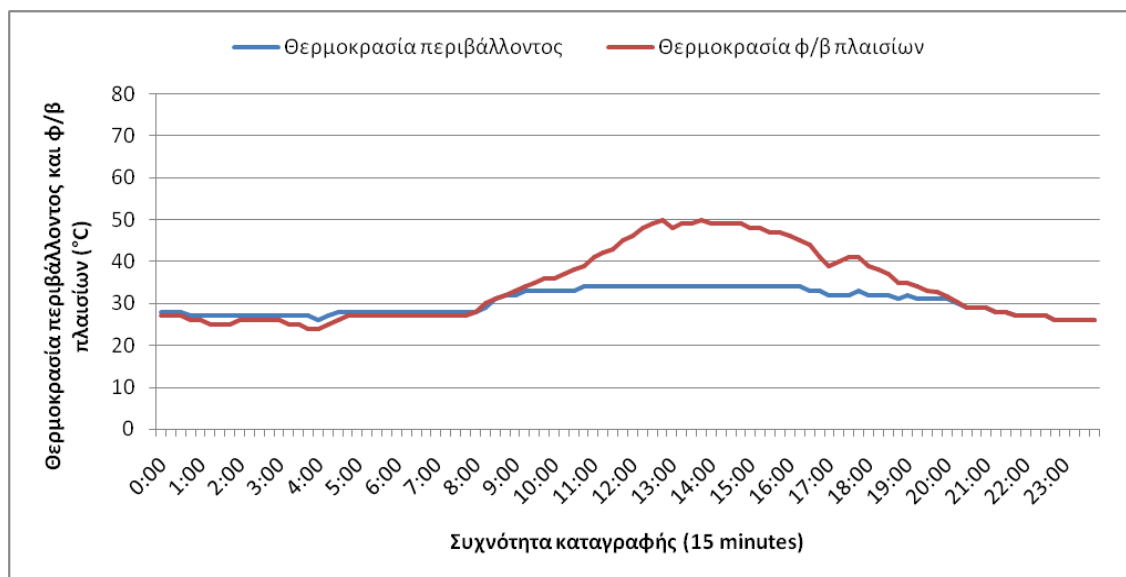


**Διάγραμμα 4-7 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μετά τη διόρθωση (Πάρκο 10, 13-1-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-6 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για το Πάρκο 10 στις 13-1-2018. Το πρόβλημα εδώ εντοπίζεται για μεμονωμένες τιμές των μετρήσεων, οι οποίες δεν ήταν διαθέσιμες από το σύστημα καταγραφής, με αποτέλεσμα να αναπαριστώνται στο γράφημα ως μηδενικές. Επειδή η καταγραφή των μετρήσεων γίνεται κάθε 5 λεπτά και δεν υπήρχε η δυνατότητα λήψης των μη διαθέσιμων τιμών από κάποιο γειτονικό φ/β πάρκο, κρίθηκε σκόπιμη η αντικατάστασή τους με τις αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας που μεσολαβούν μεταξύ των κενών διαστημάτων, δεδομένου ότι δεν μπορεί να έχει μεταβληθεί σε σημαντικό βαθμό η θερμοκρασία μέσα σε 5 λεπτά. Έτσι η πιο σωστή απεικόνιση της ημερήσιας διακύμανσης, παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4-7.



**Διάγραμμα 4-8 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων πριν τη διόρθωση (Πάρκο 3, 2-8-2013)**



**Διάγραμμα 4-9 Ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων μετά τη διόρθωση (Πάρκο 3, 2-8-2013)**

Στο Διάγραμμα 4-8 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το Πάρκο 3 στις 2-8-2013. Το πρόβλημα εδώ εντοπίζεται στις μετρήσεις της θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων, οι οποίες από τις 19:45 και μετά αποδίδουν τιμές εμφανώς εκτός ορίων. Σε αυτή την περίπτωση, δεν θεωρήθηκαν έγκυρες οι μετρήσεις για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και έγινε αντικατάσταση των τιμών τους με αυτές που υπολογίστηκαν από την Εξίσωση 4.1. Η πιο σωστή απεικόνιση της ημερήσιας διακύμανσης θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4-9.

### 4.3 Αξιολόγηση μετρήσεων

Έχοντας πραγματοποιήσει τον έλεγχο των μετρήσεων και αφού προβήκαμε στις αναγκαίες ενέργειες, απομένουν τα δεδομένα πάνω στα οποία θα δουλέψουμε, έτσι ώστε να προχωρήσει η αξιολόγηση των φ/β πάρκων. Αυτά που εξετάζονται σε κάθε περίπτωση είναι τα εξής:

- Η πληρότητα και η ακρίβεια των μετρήσεων για κάθε έτος.
- Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος και η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η μέγιστη τιμή έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος.
- Η μέγιστη, η ελάχιστη και η μέση τιμή θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και των φ/β πλαισίων για κάθε έτος.
- Ο συντελεστής φορτίου για κάθε έτος.
- Εάν η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με την θεωρητική και σε τι βαθμό προσέγγισε αυτή που είχε εκτιμηθεί από το PVGIS.
- Πως μεταβάλλεται ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος και η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ποιες είναι οι μέσες τους τιμές για κάθε έτος.

- Το μέσο ετήσιο εισόδημα και αν αυτό προσέγγισε το ετήσιο εισόδημα που υπολογίστηκε από το PVGIS

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση του συντελεστή φορτίου, της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής και του βαθμού απόδοσης φ/β συστήματος αναλύεται παρακάτω.

### Συντελεστής φορτίου (CF)

Ο συντελεστής φορτίου (CF) προκύπτει, διαιρώντας την ετήσια ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος ( $E_{PV(\text{yearly})}$ ) με τη συνολική ενέργεια ( $E_0$ ) που θα παρήγαγε, εφόσον λειτουργούσε βάσει ονομαστικής ισχύος ( $P_0$ ) για όλη τη διάρκεια του έτους.

$$CF = E_{PV(\text{yearly})} (\text{kWh}) / E_{0(\text{yearly})}(\text{kWh}) \quad \text{(Εξίσωση 4.2)}$$

### Θεωρητική ενεργειακή παραγωγή

Αρχικά υπολογίζεται η παραγόμενη ισχύς ( $P_{A(25^\circ\text{C})}$ ) που θα απέδιδε η φ/β συστοιχία για θερμοκρασία φ/β πλαισίων ίση με αυτή των πρότυπων συνθηκών μέτρησης STC, λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα δεδομένα για την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ( $I_T$ ), την ονομαστική ισχύ των φ/β πλαισίων ( $P_{\text{mpp}}$ ), τον αριθμό φ/β πλαισίων που απαρτίζει τη συστοιχία (N) και την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για πρότυπες συνθήκες STC ( $I_{T,STC}$ ).

$$P_{A(25^\circ\text{C})} (\text{W}) = P_{\text{mpp}} (\text{W}) * (I_T (\text{W}/\text{m}^2) / I_{T,STC} (\text{W}/\text{m}^2)) * N \quad \text{(Εξίσωση 4.3)}$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών ( $n_{\text{tem}}$ ) χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα στοιχεία για τη θερμοκρασία των φ/β πλαισίων ( $T_c$ ), την θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για πρότυπες συνθήκες STC ( $T_{c,STC}$ ) και τον συντελεστή θερμοκρασίας ( $c_t$ ).

$$n_{\text{tem}} = 1 - c_t (\%/^\circ\text{C}) * (T_c (^\circ\text{C}) - T_{c,STC} (^\circ\text{C})) \quad \text{(Εξίσωση 4.4)}$$

Γνωρίζοντας πλέον την παραγόμενη ισχύ για θερμοκρασία φ/β πλαισίων ίση με αυτή των πρότυπων συνθηκών μέτρησης και τον θερμοκρασιακό συντελεστή απωλειών η θεωρητική παραγόμενη ισχύς ( $P_A$ ) μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$P_A (\text{W}) = n_{\text{tem}} * P_{A(25^\circ\text{C})} (\text{W}) \quad \text{(Εξίσωση 4.5)}$$

ενώ η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή ( $E_A$ )

$$E_A (\text{Wh}) = P_A (\text{W}) * 1 \text{ hour(s)} \quad \text{(Εξίσωση 4.6)}$$

### Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης φ/β συστήματος ( $\eta_{PV}$ ), λαμβάνονται υπόψη τα διαθέσιμα στοιχεία για την ενεργειακή παραγωγή του φ/β συστήματος ( $E_{PV}$ ), η ενεργειακή πυκνότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ( $H_T$ ), η συνολική επιφάνεια των κυψελών ( $A$ ) και ο αριθμός των φ/β πλαισίων που απαρτίζουν τη συστοιχία ( $N$ ).

$$\eta_{PV} = E_{PV} (Wh) / (H_T (Wh/m^2) * A (m^2) * N) \quad (\text{Εξίσωση 4.7})$$

#### 4.3.1 Πάρκο 1

Για το Πάρκο 1 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία φ/β πλαισίων

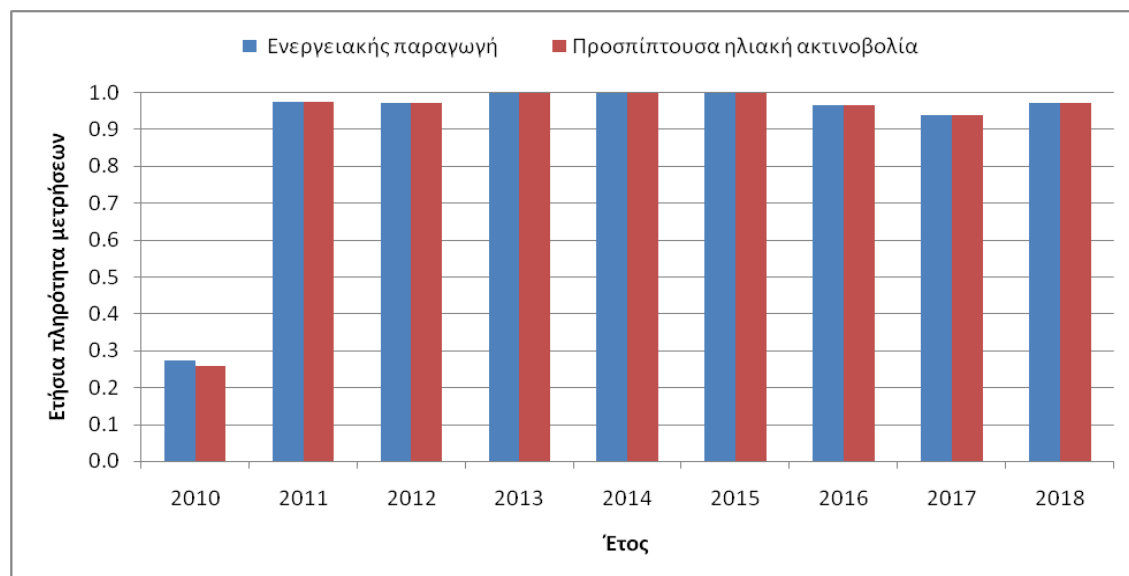
Για τα χρονικά διαστήματα, όπου οι μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος είτε δεν ήταν διαθέσιμες είτε απέδιδαν τιμές εκτός ορίων, έγινε χρήση του μέσου όρου των αντίστοιχων «έγκυρων» τιμών από τα φ/β πάρκα με τα οποία συνορεύει (Πάρκο 2,3,4), ενώ για αντίστοιχα κωλύματα στις μετρήσεις θερμοκρασίας φ/β πλαισίων οι τιμές υπολογίστηκαν βάσει της Εξίσωσης 4.1.

- (13/1/2016 15:45 – 9/2/2016 7:15) Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- (13/1/2016 15:45 – 9/2/2016 7:15), (12/8/2018 – 31/12/2018) Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- (5/1/2015 3:30 – 9/2/2016 12:00), (2/12/2017 00:00 – 20/12/2017 8:45), (21/10/2018 18:30– 2/11/2018 8:30) Θερμοκρασία φ/β πλαισίων

Μέσα από αυτή τη διαδικασία, σκοπός είναι η ανάκτηση όλων των μετεωρολογικών δεδομένων για τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, έτσι ώστε η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και μετεωρολογικών δεδομένων να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

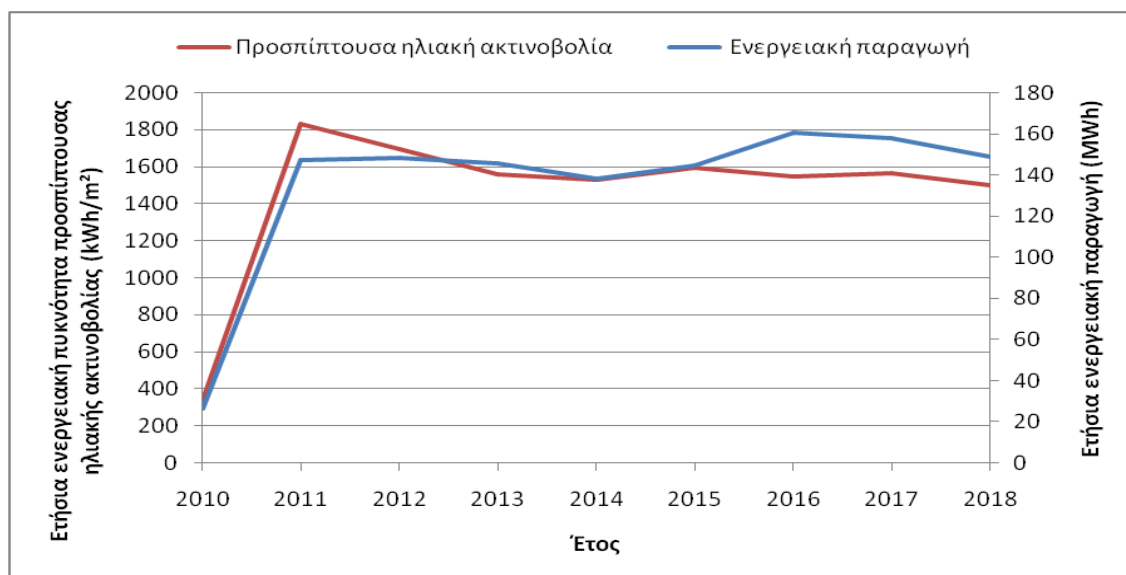
**Πίνακας 4:8 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Πάρκο 1	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,274	0,973	0,972	0,997	0,998	0,998	0,966	0,939	0,972
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσιπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,258	0,973	0,972	0,997	0,998	0,997	0,966	0,939	0,972
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,258	0,973	0,972	0,996	0,998	0,997	0,966	0,939	0,966
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,258	0,973	0,972	0,996	0,998	0,997	0,966	0,939	0,972
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	26,25	147,04	148,19	145,61	138,10	144,65	160,59	157,93	149,04
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσιπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	342,29	1831,30	1694,57	1560,23	1528,13	1594,01	1548,66	1566,85	1497,19
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσιπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	1046,00	1084,81	981,00	914,00	916,00	922,00	917,69	934,00	898,00
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	19	20	21	21	21	21	21	21	21
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	1	0	0	3	4	0	4	3	6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	34	45	43	44	46	49	44	52	44
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	21	23	24	24	24	26	25	26	26
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	-2	-3	-2	1	4	0	3	2	2
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	56	62	63	61	63	62	63	70	68
Συντελεστής φορτίου	0,030	0,168	0,169	0,166	0,158	0,165	0,183	0,180	0,170



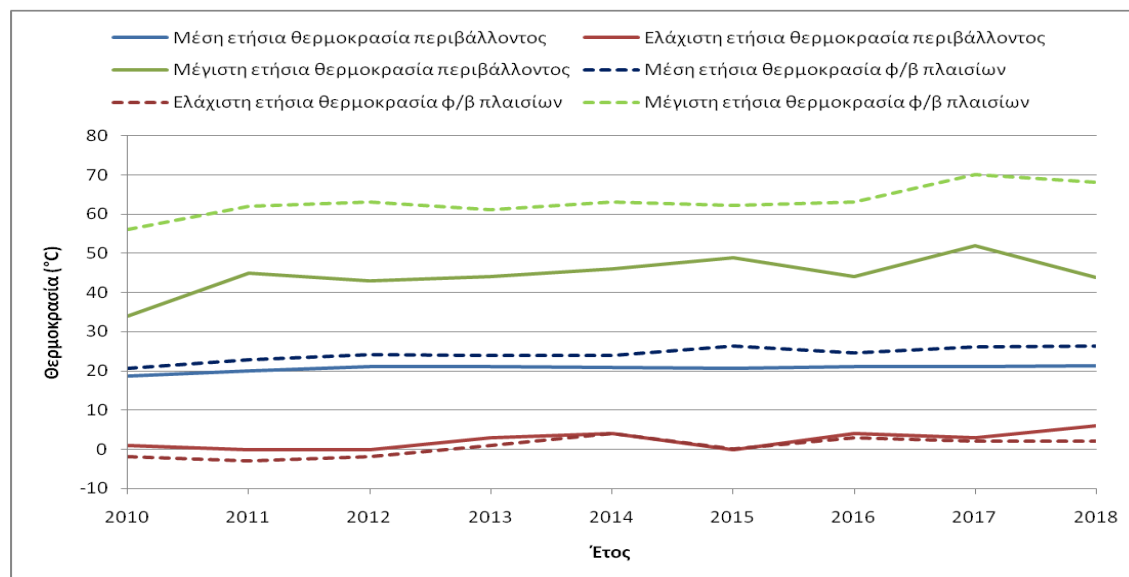
**Διάγραμμα 4-9 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσιπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-9 αποτυπώνεται η ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας του Πάρκο 1 για το 2010 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



**Διάγραμμα 4-10 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-10 απεικονίζεται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής του Πάρκο 1 για το 2010 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δυο καμπύλες, παρατηρείται ότι η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα από το 2011 και μετά κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αντίθετα, φαίνεται να κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα το 2011 – 2015, ενώ το 2016 – 2017 αυξάνεται. Θεωρητικά οι δύο καμπύλες, θα έπρεπε να παρουσιάζουν μια ανάλογη μεταβολή και το πρόβλημα λογικά, εντοπίζεται στην αδυναμία του αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, να αποτυπώσει τις πραγματικές τιμές μέτρησης με το πέρασ του χρόνου (ανοχή  $\pm 5\%$  για τα μισά του έτους). Αυτό το επιχειρήμα ισχυροποιείται ανατρέχοντας στον Πίνακα 4:8, όπου η μέγιστη ετήσια τιμή της έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται με την πάροδο των ετών.

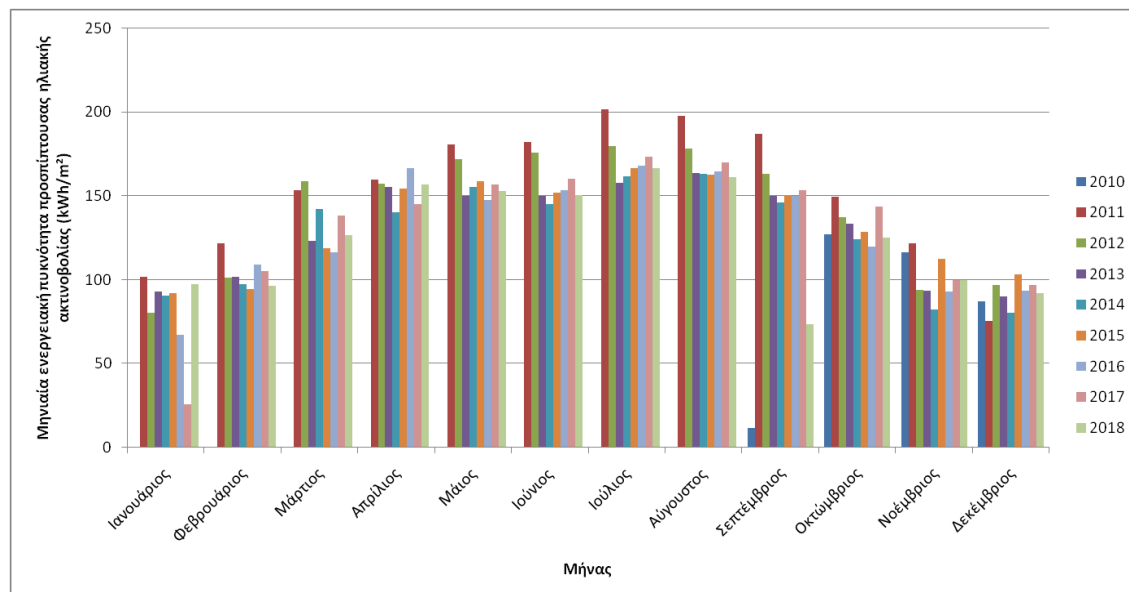


**Διάγραμμα 4-11 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων**

Στο Διάγραμμα 4-11 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:8. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (13 – 24 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (2 – 5 °C), ενώ για τις ελάχιστες (0 – 4 °C). Στην πραγματικότητα βέβαια, απόκλιση στις ελάχιστες ετήσιες τιμές μάλλον δεν υφίσταται και αυτή είναι αποτέλεσμα της ανοχής των αισθητήρων ( $\pm 0.8$  °C). Επίσης, για τα έτη όπου η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων αν όχι εξ ολοκλήρου, αλλά για πολλές περιπτώσεις προέκυψε υπολογιστικά, οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς. Αυτός ίσως είναι και ο λόγος που από το 2015 και μετά, οι μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόκλιση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη.

**Πίνακας 4:9 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας [kWh/m <sup>2</sup> ]	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ιανουάριος		101,68	80,08	92,66	90,45	92,10	67,32	25,78	97,24
Φεβρουάριος		121,45	101,39	101,52	97,44	94,45	108,99	105,14	96,25
Μάρτιος		153,29	158,57	123,18	141,99	118,52	116,10	138,08	126,51
Απρίλιος		159,46	157,30	155,51	140,24	154,50	166,48	144,96	156,82
Μάιος		180,83	172,03	149,94	155,26	158,54	147,54	156,64	152,71
Ιούνιος		181,87	175,86	149,75	145,16	152,06	153,32	160,13	150,48
Ιούλιος		201,73	179,64	157,72	161,61	166,63	168,19	173,10	166,29
Αύγουστος		197,85	178,17	163,35	163,18	162,63	164,78	170,06	160,89
Σεπτέμβριος	11,62	186,74	162,96	149,93	146,20	150,25	150,06	153,13	73,33
Οκτώβριος	127,23	149,33	137,49	133,43	123,96	128,41	119,82	143,51	125,28
Νοέμβριος	116,14	121,87	94,12	93,26	82,39	112,54	92,79	99,71	99,54
Δεκέμβριος	87,30	75,39	96,97	89,98	80,23	103,38	93,27	96,61	91,84



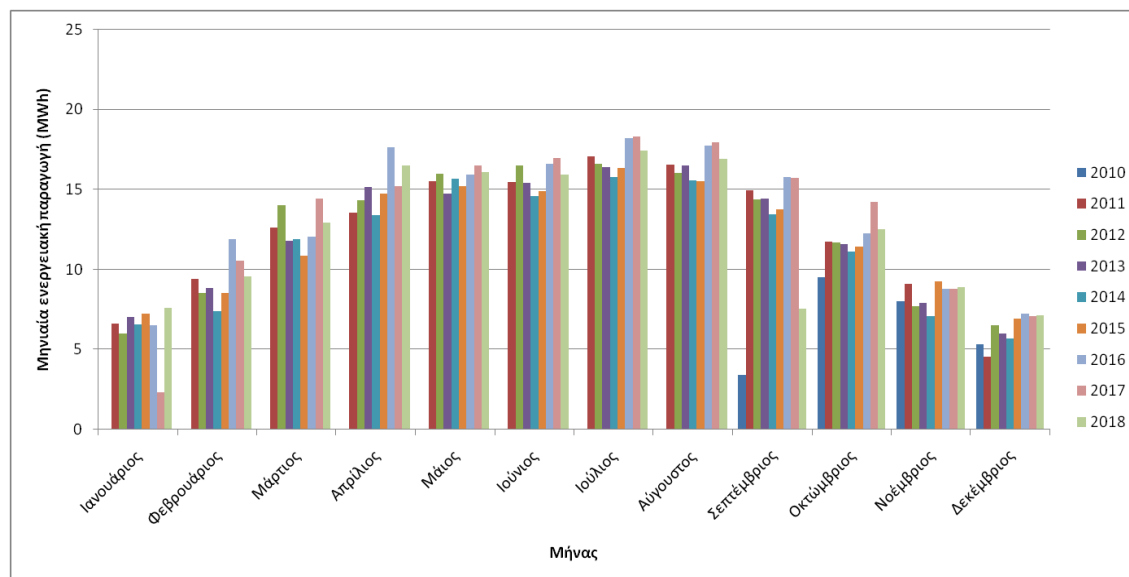
**Διάγραμμα 4-12 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-12 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018 και στον Πίνακα 4:9 περιέχονται οι ακριβείς τιμές. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Η πιο σωστή απεικόνιση της μεταβολής αυτής εντοπίζεται το 2011, καθώς για τα επόμενα έτη λόγω της φθοράς του αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, η ενεργειακή πυκνότητα ειδικότερα για τους μήνες που αυξάνεται η διάρκεια της ηλιοφάνειας, εμφανίζεται μειωμένη. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:10 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]									
Ιανουάριος		6.59	5.99	7.01	6.54	7.21	6.49	2.33	7.60
Φεβρουάριος		9.40	8.52	8.84	7.41	8.51	11.91	10.55	9.54
Μάρτιος		12.60	14.00	11.77	11.87	10.87	12.06	14.40	12.95
Απρίλιος		13.55	14.34	15.15	13.39	14.72	17.61	15.20	16.52
Μάιος		15.52	15.96	14.75	15.68	15.22	15.95	16.47	16.06
Ιούνιος		15.47	16.51	15.40	14.56	14.91	16.62	16.97	15.93
Ιούλιος		17.07	16.58	16.39	15.77	16.33	18.22	18.31	17.41
Αύγουστος		16.55	16.04	16.50	15.55	15.52	17.73	17.94	16.92
Σεπτέμβριος	3.42	14.94	14.37	14.41	13.43	13.76	15.78	15.69	7.56
Οκτώβριος	9.51	11.71	11.70	11.55	11.13	11.42	12.26	14.21	12.51
Νοέμβριος	8.00	9.11	7.70	7.88	7.09	9.25	8.76	8.80	8.89
Δεκέμβριος	5.31	4.53	6.48	5.97	5.68	6.91	7.21	7.05	7.15





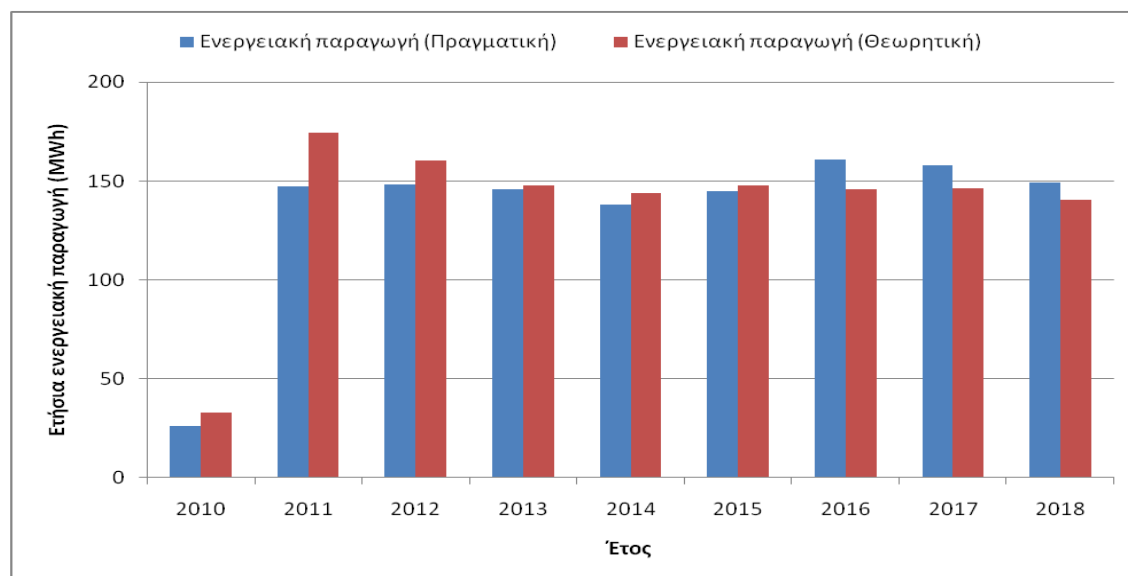
**Διάγραμμα 4-13 Μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για κάθε έτος (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-13 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:10 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι αντίστοιχη με αυτή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μόνο που από το 2012 και μετά η αναλογία των τιμών τους δε συνάδει στον ίδιο βαθμό.

Δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον αντίστοιχο μήνα, με εξαίρεση το 2016 – 2017. Σύμφωνα με τη μορφή που έχει πάρει το γράφημα, η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή για κάθε έτος, οπότε και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά.

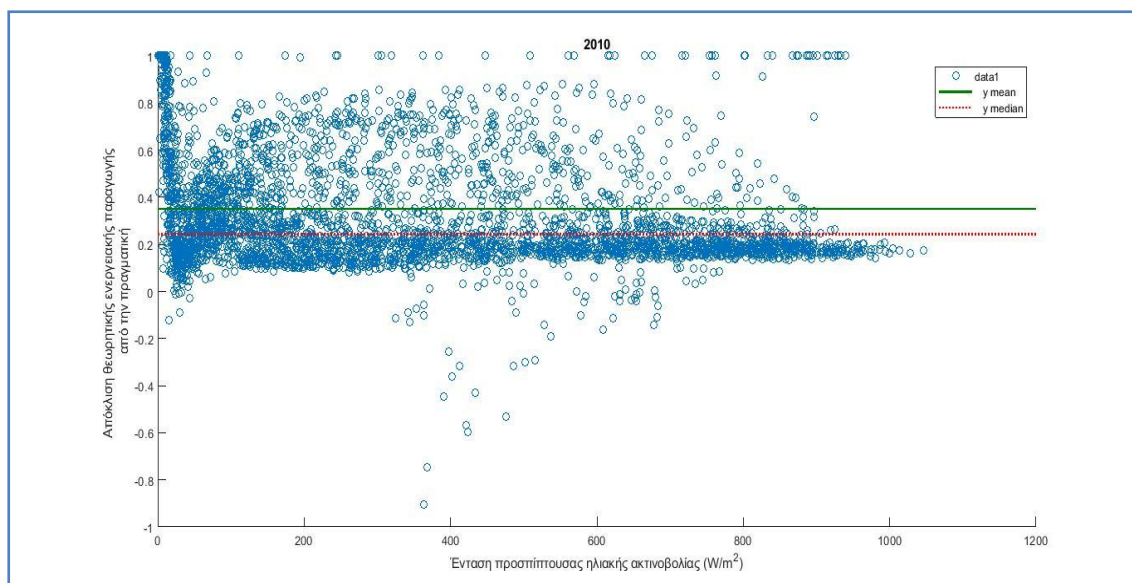
**Πίνακας 4:11 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή φ/β (Θεωρητική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη)
	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2010	26,25	33,08	172,95
2011	147,04	174,44	
2012	148,19	160,11	
2013	145,61	147,52	
2014	138,10	144,03	
2015	144,65	147,56	
2016	160,59	145,60	
2017	157,93	146,25	
2018	149,04	140,20	



**Διάγραμμα 4-14 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-14 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:11. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παράλληλα όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από το 2012 και μετά, θεωρήθηκε ότι η μετρηθείσα ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν αποδίδει τις πραγματικές τιμές, αλλά μικρότερες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή να εμφανίζεται μειωμένη, αφού για τον υπολογισμό της λαμβάνονται υπόψη οι διαθέσιμες μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Θεωρώντας λοιπόν ότι μόνο για τα πρώτα δύο έτη μπορεί να προκύψει ένα ασφαλές συμπέρασμα για την απόκλιση που παρουσιάζουν τα δύο μεγέθη, παρατηρείται μια σημαντική διαφορά μεταξύ τους, οπότε πιθανόν για κάποιο λόγο το Πάρκο 1 δεν λειτουργεί βάσει των προδιαγραφών του. Το ζητούμενο επίσης θα ήταν, η πραγματική ετήσια ενεργειακή παραγωγή να προσεγγίσει αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:11), κάτι που δεν επετεύχθη για κανένα έτος.



**Διάγραμμα 4-15 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 1, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-15 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε αρκετές περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), αυξάνεται η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές.

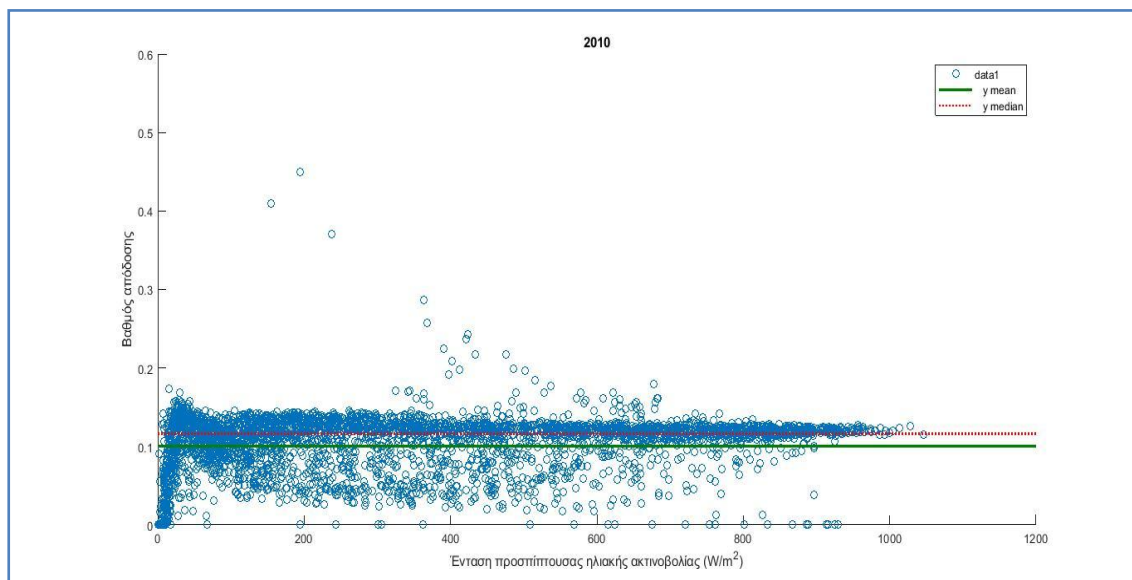
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:12 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 161 – 163). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές της μέσης απόκλισης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς από το 2012 και μετά έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες τιμές.

Πίνακας 4:12 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 1, 2010-2018)

Πάρκο 1

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική
	(%)
2010	24.41
2011	14.90
2012	6.23
2013	0.39
2014	4.93
2015	1.89
2016	-9.15
2017	-8.10
2018	-8.42



Διάγραμμα 4-16 Βαθμός απόδοσης  $\phi/\beta$  συστήματος (Πάρκο 1, 2010)

Στο Διάγραμμα 4-16 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του  $\phi/\beta$  συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-15 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:13 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται

στο Παράρτημα Β (σελ. 178 – 180). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές του μέσου βαθμού απόδοσης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς από το 2012 και μετά έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες τιμές.

**Πίνακας 4:13 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 1, 2010-2018)**

Πάρκο 1

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2010	11.60	15.30
2011	12.84	
2012	13.97	
2013	14.95	
2014	14.31	
2015	14.42	
2016	16.27	
2017	15.98	
2018	16.03	

**Πίνακας 4:14 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 1)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2010	26,25	0,274	100	450	147,60	66421,29	77827,50
2011	147,04	0,973					
2012	148,19	0,972					
2013	145,61	0,997					
2014	138,10	0,998					
2015	144,65	0,998					
2016	160,59	0,966					
2017	157,93	0,939					
2018	149,04	0,972					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 66421,29 €, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4:14. Συγκρίνοντας το με το εκτιμώμενο ετήσιο εισόδημα, προκύπτει μια σημαντική διαφορά.

#### 4.3.2 Πάρκο 2

Για το Πάρκο 2 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία φ/β πλαισίων

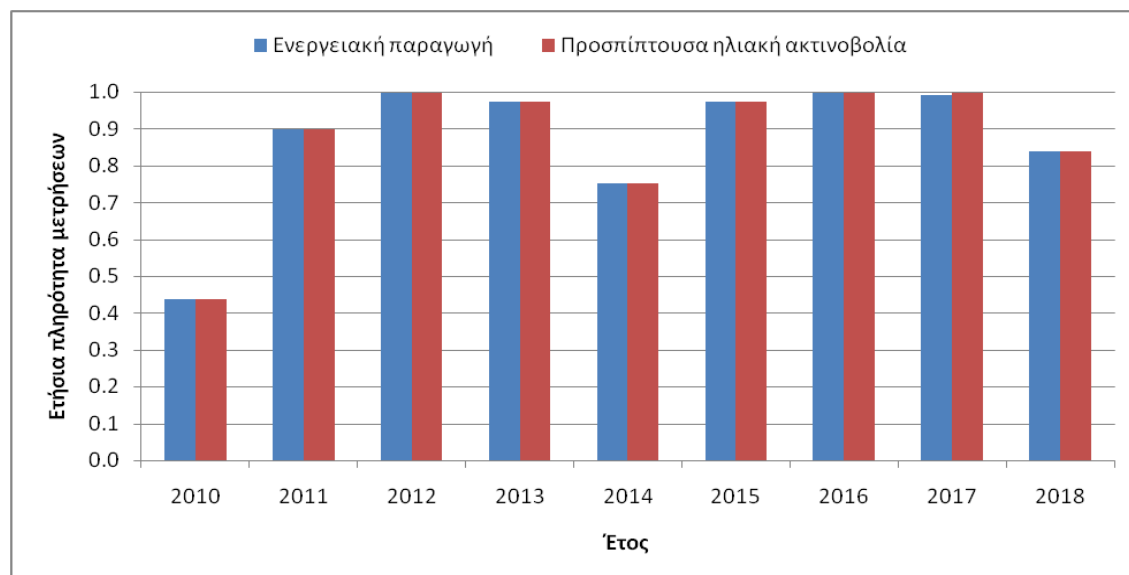
Για τα χρονικά διαστήματα, όπου οι μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος είτε δεν ήταν διαθέσιμες είτε απέδιδαν τιμές εκτός ορίων, έγινε χρήση του μέσου όρου των αντίστοιχων «έγκυρων» τιμών από τα φ/β πάρκα με τα οποία συνορεύει (Πάρκο 1,3,4), ενώ για αντίστοιχα κωλύματα στις μετρήσεις θερμοκρασίας φ/β πλαισίων οι τιμές υπολογίστηκαν βάσει της Εξίσωσης 4.1.

- (19/2/2013 14:30 – 31/12/2018 23:30) **Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας**
- (15/7/2014 15:15 – 5/6/2015 13:30), (27/10/2017 22:00 – 21/12/2017 3:45), (22/4/2018 23:00 – 26/9/2018 12:30) **Θερμοκρασία περιβάλλοντος**
- (15/7/2014 15:15 – 5/6/2015 13:30), (22/4/2018 23:00 – 31/12/2018 23:30) **Θερμοκρασία φ/β πλαισίων**

Μέσα από αυτή τη διαδικασία, σκοπός είναι η ανάκτηση όλων των μετεωρολογικών δεδομένων για τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, έτσι ώστε η πληρότητα μετρήσεων για όλα τα μεγέθη να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

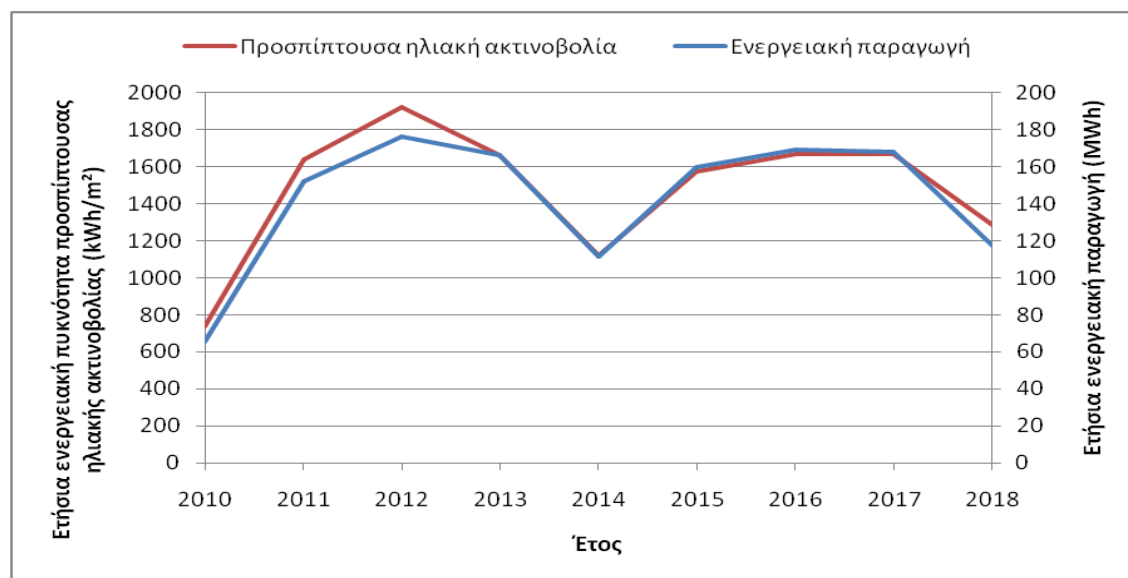
Πίνακας 4:15 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 2, 2010-2018)

Πάρκο 2	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,437	0,898	0,999	0,972	0,751	0,975	0,997	0,992	0,837
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,437	0,898	0,998	0,973	0,752	0,975	0,997	0,998	0,840
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,437	0,898	0,998	0,973	0,758	0,975	0,998	0,998	0,840
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,437	0,898	0,998	0,973	0,752	0,975	0,998	0,998	0,840
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	65,431	151,81	176,38	166,19	111,48	159,46	169,21	167,81	117,50
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	739,774	1637,57	1921,32	1658,58	1119,92	1573,34	1668,61	1669,14	1285,27
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	1083,11	1064,00	1085,00	999,00	1011,27	936,37	986,06	992,51	903,29
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	22	19	21	22	20	21	21	22	21
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	1	1	0	4	4	1	4	3	6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	47	44	48	45	43	44	44	50	43
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	24	21	24	24	24	25	24	24	26
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων(°C)	-2	-2	-2	2	4	1	2	1	3
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	61	64	62	60	64	63	63	64	63
Συντελεστής φορτίου	0,075	0,173	0,201	0,190	0,127	0,182	0,193	0,192	0,134



Διάγραμμα 4-17 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 2010-2018)

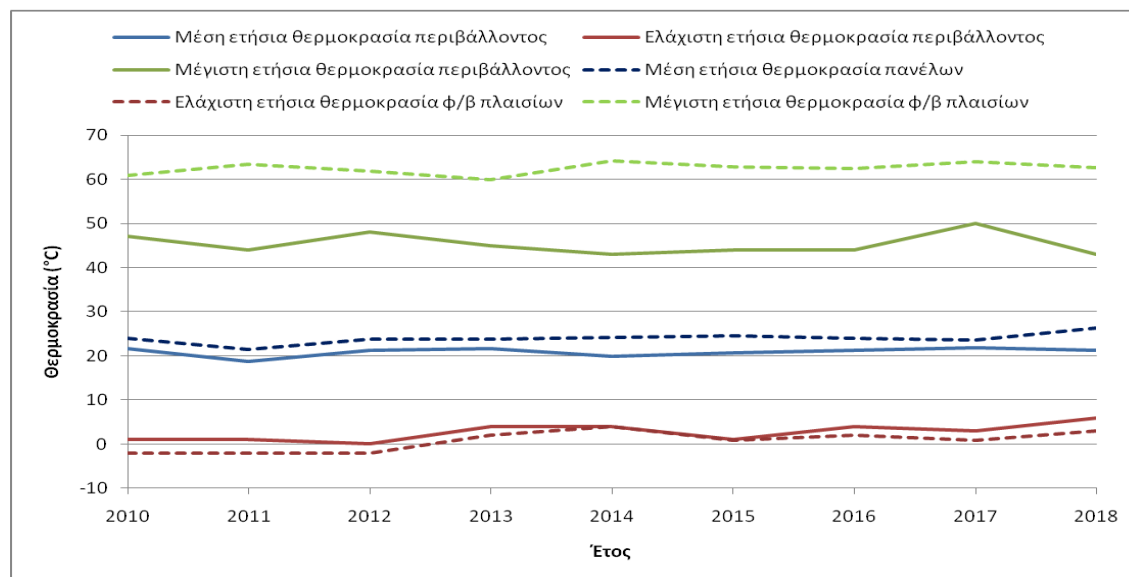
Στο Διάγραμμα 4-17 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



Διάγραμμα 4-18 Διακύμανση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 2, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-18 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, παρατηρείται ότι η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα, για τα έτη με καλή πληρότητα μετρήσεων (>95%), από το 2013 και μετά κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αντίθετα, φαίνεται να κυμαίνεται σε πιο σταθερά επίπεδα για το ίδιο χρονικό διάστημα. Γνωρίζοντας ότι από τον Φεβρουάριο του 2013 και μετά ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας του Πάρκο 2 σταμάτησε να αποδίδει τιμές και έγινε χρήση του μέσου όρου των αντίστοιχων μετρήσεων από τα γειτονικά του φ/β πάρκα, ενδεχομένως το πρόβλημα να εντοπίζεται στην αδυναμία του αισθητήρα σε κάποιο από αυτά, να αποτυπώσει τις πραγματικές τιμές μέτρησης με το πέρας του χρόνου (ανοχή  $\pm 5\%$  για τα μισά του έτους). Αυτό το επιχείρημα ισχυροποιείται ανατρέχοντας στον Πίνακα 4:12, όπου η μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται με την πάροδο των ετών.



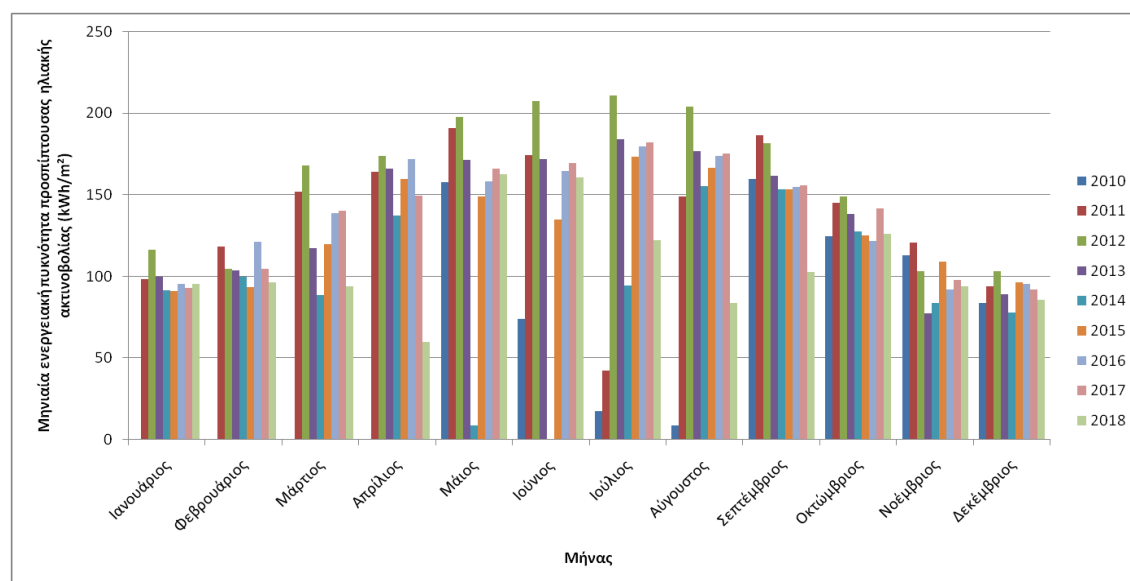


**Διάγραμμα 4-19 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-19 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:15. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (14 – 21 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (2 – 5 °C), ενώ για τις ελάχιστες (0 – 3 °C). Στην πραγματικότητα βέβαια, απόκλιση στις ελάχιστες ετήσιες τιμές μάλλον δεν υφίσταται και αυτή είναι αποτέλεσμα της ανοχής των αισθητήρων ( $\pm 0.8$  °C). Επίσης, για τα έτη όπου η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων αν όχι εξ ολοκλήρου, αλλά για πολλές περιπτώσεις προέκυψε υπολογιστικά (2014, 2015 και 2018), οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς. Αυτός ίσως είναι και ο λόγος που γι' αυτές τις χρονιές, οι μέσες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόκλιση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη.

**Πίνακας 4:16 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[kWh/m <sup>2</sup> ]									
Ιανουάριος		98,29	116,52	99,66	91,53	91,21	95,43	93,11	95,75
Φεβρουάριος		118,60	104,54	103,96	99,84	93,59	121,55	105,01	96,53
Μάρτιος		152,16	168,05	117,23	88,93	119,81	139,05	140,45	93,96
Απρίλιος		164,03	173,96	165,99	137,21	159,95	171,81	149,48	59,96
Μάιος	157,95	191,01	197,98	171,35	8,99	148,97	158,34	166,16	162,90
Ιούνιος	73,92	174,33	207,79	172,08		135,21	164,68	169,68	161,03
Ιούλιος	17,56	42,63	210,97	184,34	94,72	173,60	179,61	182,20	122,53
Αύγουστος	8,69	149,13	204,39	176,85	155,63	166,63	173,90	175,49	83,98
Σεπτέμβριος	160,04	186,87	181,62	161,95	153,73	153,46	154,87	155,72	102,85
Οκτώβριος	124,63	145,30	148,95	138,39	127,45	125,16	122,00	141,92	126,38
Νοέμβριος	113,16	120,96	103,35	77,40	83,70	109,35	91,95	97,74	93,87
Δεκέμβριος	83,83	94,24	103,20	89,37	78,18	96,39	95,43	92,16	85,53



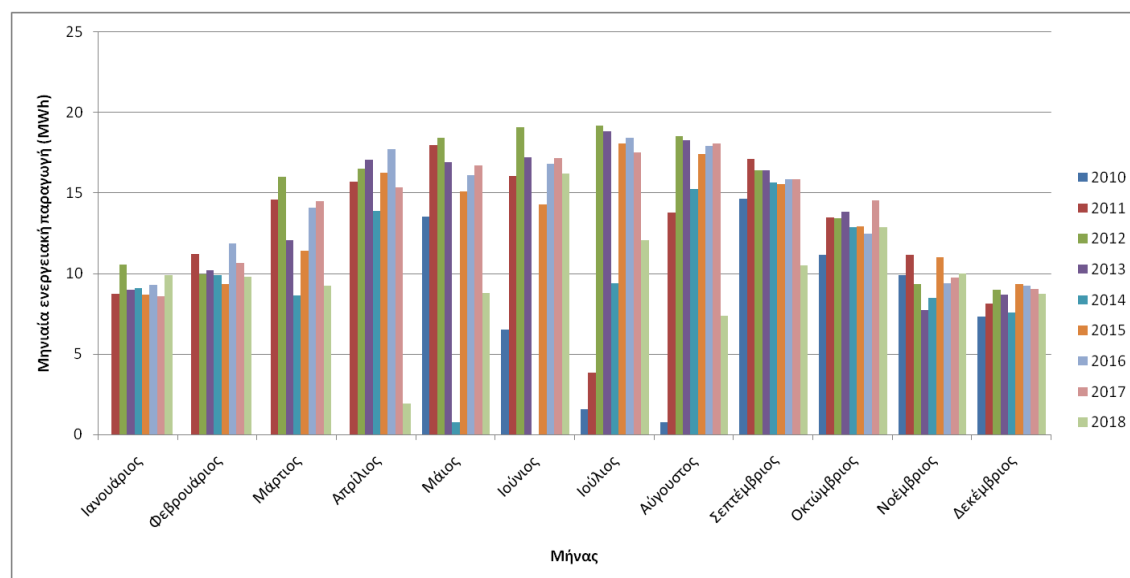
**Διάγραμμα 4-20 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-20 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018 και στον Πίνακα 4:16 περιέχονται οι ακριβείς τιμές. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Η πιο σωστή απεικόνιση της μεταβολής αυτής εντοπίζεται το 2012 λόγω της καλής ετήσιας πληρότητας μετρήσεων (>95%) και επειδή θεωρήθηκε, ότι για τα πρώτα τρία έτη οι τιμές των μετρήσεων αντικατοπτρίζουν σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές συνθήκες, κάτι

που δεν ισχύει στον ίδιο βαθμό για τα έτη που έπονται. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:17 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]									
Ιανουάριος		8.74	10.57	8.98	9.10	8.69	9.29	8.58	9.91
Φεβρουάριος		11.19	9.93	10.21	9.90	9.33	11.89	10.67	9.82
Μάρτιος		14.58	16.01	12.07	8.62	11.42	14.08	14.51	9.26
Απρίλιος		15.70	16.52	17.06	13.89	16.28	17.73	15.36	1.94
Μάιος	13.55	18.00	18.43	16.90	0.75	15.12	16.10	16.70	8.76
Ιούνιος	6.53	16.05	19.09	17.23		14.28	16.81	17.16	16.19
Ιούλιος	1.57	3.86	19.17	18.83	9.41	18.09	18.42	17.52	12.05
Αύγουστος	0.76	13.79	18.52	18.29	15.27	17.44	17.92	18.09	7.40
Σεπτέμβριος	14.62	17.11	16.43	16.40	15.64	15.53	15.85	15.86	10.52
Οκτώβριος	11.14	13.48	13.42	13.84	12.86	12.92	12.46	14.56	12.87
Νοέμβριος	9.92	11.18	9.32	7.72	8.49	11.04	9.41	9.75	10.02
Δεκέμβριος	7.33	8.14	8.97	8.67	7.55	9.32	9.24	9.04	8.76



**Διάγραμμα 4-21 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 2, 2010-2018)**

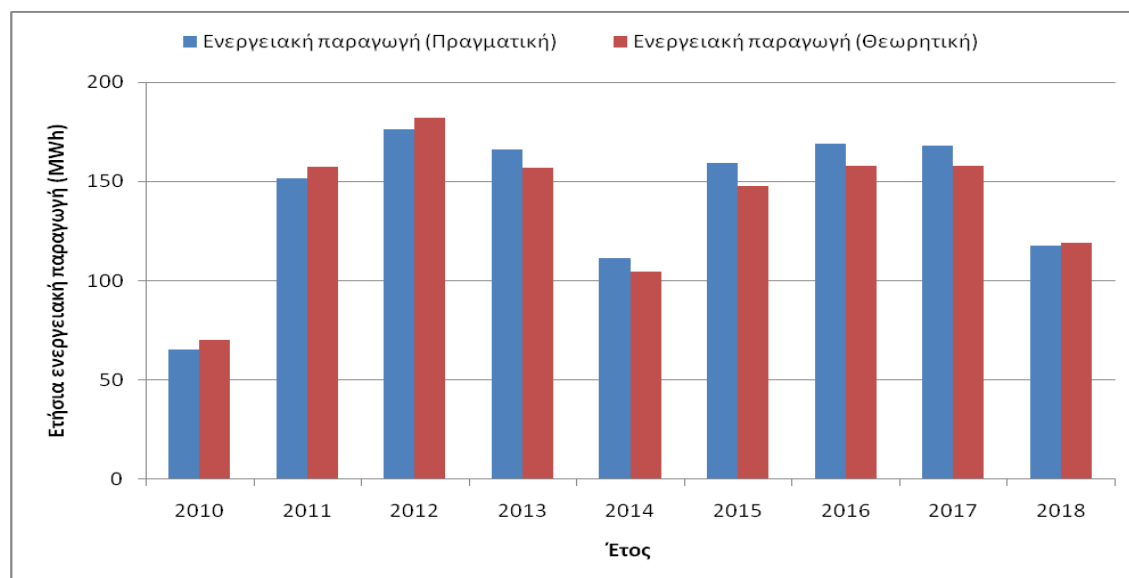
Στο Διάγραμμα 4-21 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:17 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής

παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας, μόνο που από το 2013 και μετά η αναλογία των τιμών τους δεν συνάδει στον ίδιο βαθμό.

Ενώ παρατηρούνται κάποιες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον αντίστοιχο μήνα, αυτές οφείλονται κυρίως στην έλλειψη μετρήσεων. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τα έτη για τα οποία υφίσταται ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων (>95%), η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή, οπότε και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά.

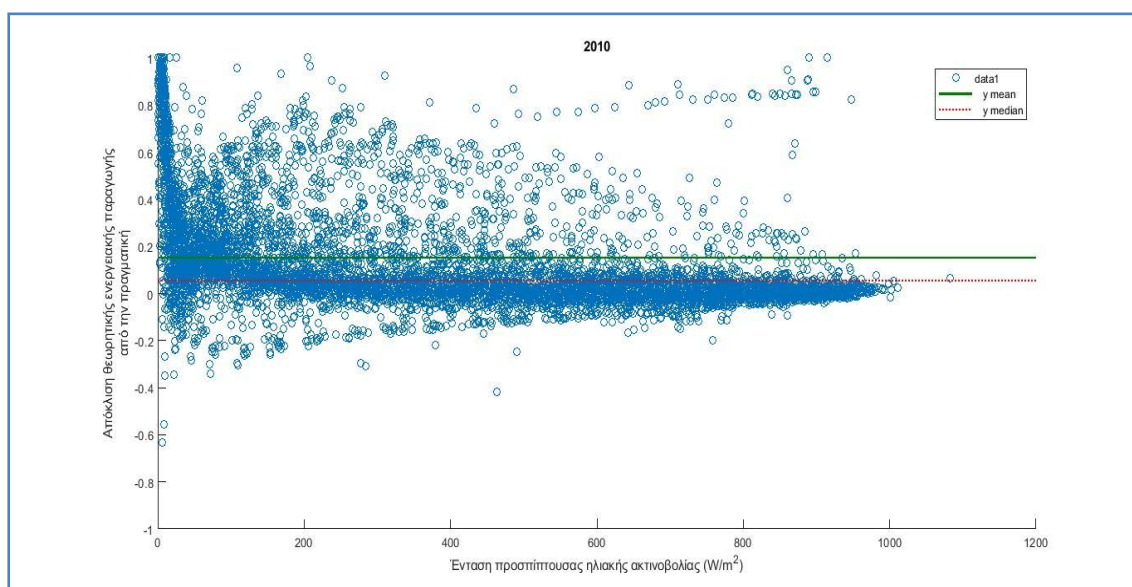
**Πίνακας 4:18 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη)
	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2010	65,43	70,17	172,95
2011	151,81	157,29	
2012	176,38	182,03	
2013	166,19	157,10	
2014	111,48	104,79	
2015	159,46	147,85	
2016	169,21	157,81	
2017	167,81	158,08	
2018	117,50	119,35	



**Διάγραμμα 4-22 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-22 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:18. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παράλληλα όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από το 2013 και μετά, θεωρήθηκε ότι οι μετρήσεις έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν αποδίδουν τις πραγματικές τιμές, αλλά μικρότερες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή να εμφανίζεται μειωμένη, αφού για τον υπολογισμό της λαμβάνονται υπόψη οι μετρήσεις της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Θεωρώντας λοιπόν ότι μόνο για τα πρώτα τρία έτη μπορεί να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα για την απόκλιση που παρουσιάζουν τα δύο μεγέθη, παρατηρείται μια μικρή διαφορά μεταξύ τους, οπότε βάσει αυτής, η λειτουργία του φ/β πάρκου διαφαίνεται ομαλή. Το ζητούμενο επίσης επετεύχθη, καθώς για τα έτη με επαρκή πληρότητα μετρήσεων, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή φ/β συστήματος προσεγγίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:18).



**Διάγραμμα 4-23 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 2, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-23 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε αρκετές περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής

ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

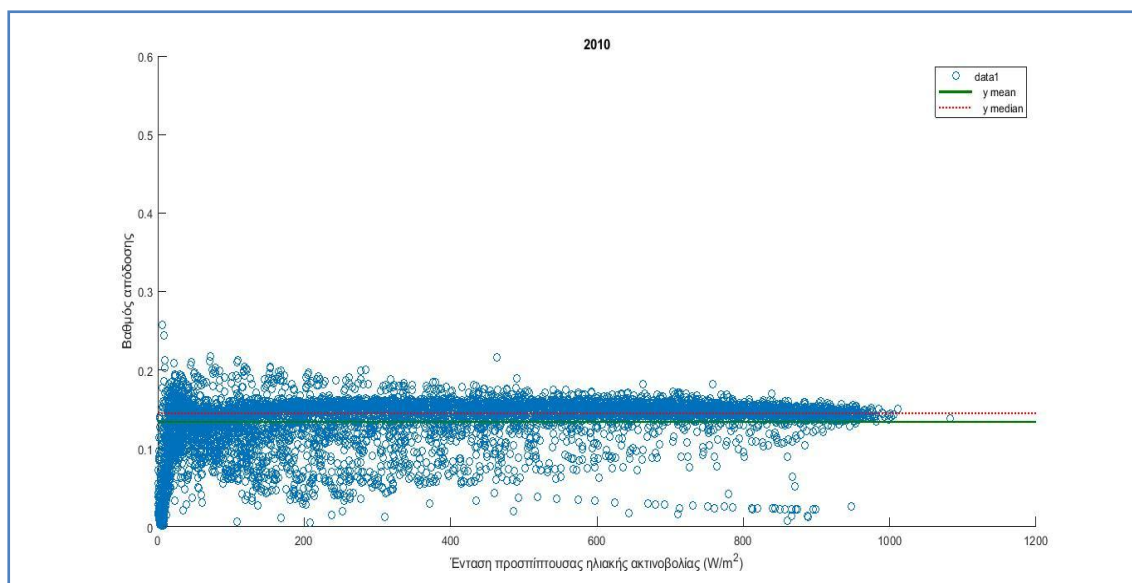
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:19 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 164 – 166). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές της μέσης απόκλισης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς από το 2013 και μετά έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες τιμές.

**Πίνακας 4:19 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 2, 2010-2018)**

Πάρκο 2

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (%)
	(%)
2010	5.49
2011	3.09
2012	1.93
2013	-3.38
2014	-5.29
2015	-7.03
2016	-7.34
2017	-8.43
2018	4.81



**Διάγραμμα 4-24 Βαθμός απόδοσης  $\phi/\beta$  συστήματος (Πάρκο 2, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-24 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του  $\phi/\beta$  συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-23 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:20 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 181 – 183). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές του μέσου βαθμού απόδοσης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς από το 2013 και μετά έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες τιμές.

**Πίνακας 4:20 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 2, 2010-2018)**

**Πάρκο 2**

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2010	14.49	15.70
2011	14.86	
2012	14.73	
2013	15.69	
2014	15.69	
2015	16.05	
2016	16.18	
2017	16.23	
2018	15.70	

**Πίνακας 4:21 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 2)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2010	65,43	0,437	100	450	167,81	75514,50	77827,50
2011	151,81	0,898					
2012	176,38	0,999					
2013	166,19	0,972					
2014	111,48	0,751					
2015	159,46	0,975					
2016	169,21	0,997					
2017	167,81	0,992					
2018	117,50	0,837					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 75514,50 €, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4:21. Συγκρίνοντας το με το εκτιμώμενο ετήσιο εισόδημα, το προσεγγίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό.

### 4.3.3 Πάρκο 3

Για το Πάρκο 3 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας



- Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Για τα χρονικά διαστήματα, όπου οι μετρήσεις προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος είτε δεν ήταν διαθέσιμες είτε απέδιδαν τιμές εκτός ορίων, έγινε χρήση του μέσου όρου των αντίστοιχων «έγκυρων» τιμών από τα φ/β πάρκα με τα οποία συνορεύει (Πάρκο 1,2,4).

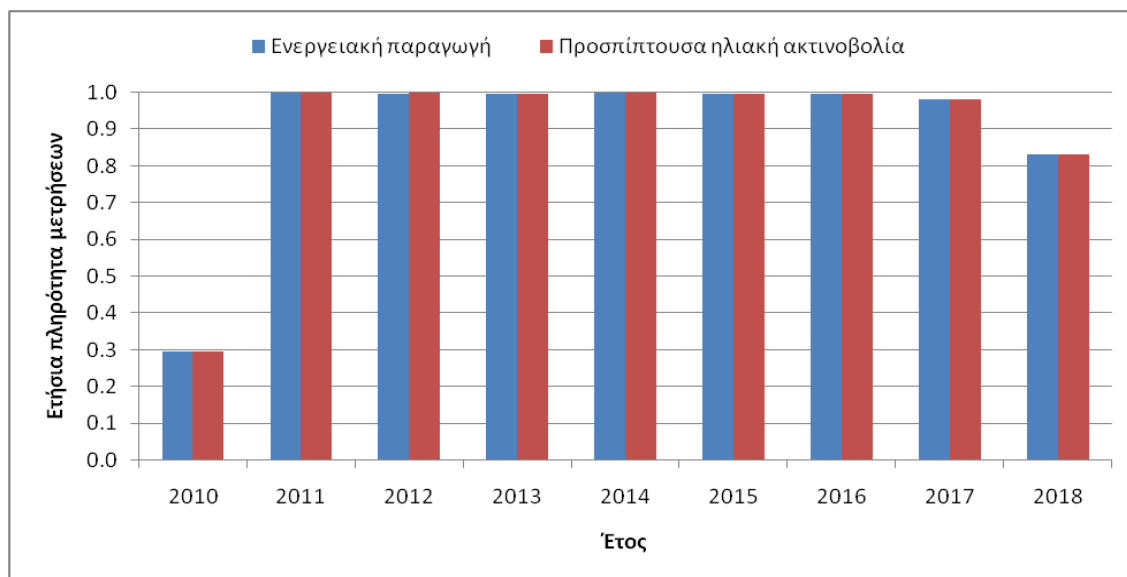
- (21/8/2012 1:30 – 31/1/2013 15:30) Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- (21/8/2012 1:30 – 31/1/2013 15:30) Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για όλο το διάστημα που εξετάζεται υπολογίστηκε μέσω της Εξίσωσης 4.1.

Μέσα από αυτή τη διαδικασία, σκοπός είναι η ανάκτηση όλων των μετεωρολογικών δεδομένων για τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος, έτσι ώστε η πληρότητα μετρήσεων για όλα τα μεγέθη να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

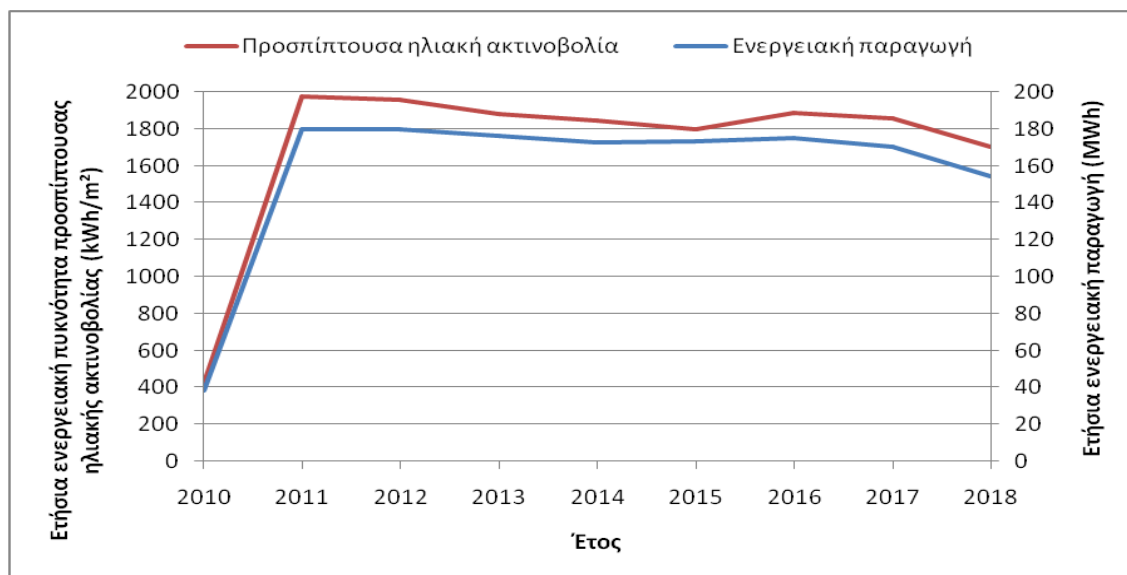
**Πίνακας 4:22 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Πάρκο 3	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,83
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,83
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,83
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	38,56	179,89	179,91	176,14	172,85	173,35	175,27	169,98	154,29
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	426,78	1977,46	1956,19	1881,71	1844,45	1796,09	1884,97	1856,29	1704,88
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	1046,00	1139,25	1173,00	1150,79	1101,00	1101,19	1145,00	1127,99	1088,00
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	20	20	21	21	21	22	22	22	21
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	1	1	1	4	4	1	5	3	6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	38	45	45	43	43	44	46	51	43
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	25	27	28	28	28	29	28	29	29
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων(°C)	1	1	1	4	4	1	5	3	6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	63	68	70	79	68	67	71	73	67
Συντελεστής φορτίου	0,03	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18



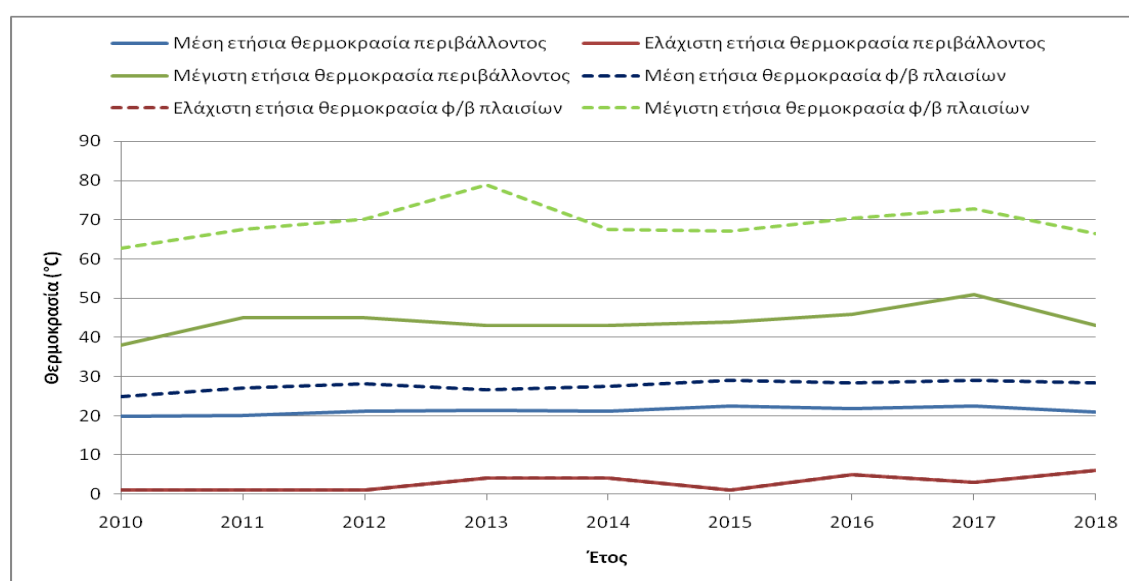
Διάγραμμα 4-25 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-25 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



Διάγραμμα 4-26 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-26 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, παρατηρείται ότι η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα, για τα έτη με πληρότητα μετρήσεων άνω του 95%, από το 2012 έως και το 2015 κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αντίθετα, φαίνεται να κυμαίνεται σε πιο σταθερά επίπεδα για το ίδιο χρονικό διάστημα. Θεωρητικά οι δύο καμπύλες, θα έπρεπε να παρουσιάζουν μια ανάλογη μεταβολή για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και το πρόβλημα λογικά, εντοπίζεται στην αδυναμία του αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, να αποτυπώσει τις πραγματικές τιμές μέτρησης με το πέρασ του χρόνου (ανοχή  $\pm 5\%$  για τα μισά του έτους). Αυτό το πρόβλημα φαίνεται να αντιμετωπίστηκε το 2016, οπότε και μάλλον επιδιορθώθηκε ή αντικαταστάθηκε ο αισθητήρας, με αποτέλεσμα έως και το 2018 να αποκαθίσταται η ανάλογη μεταβολή των δύο μεγεθών.

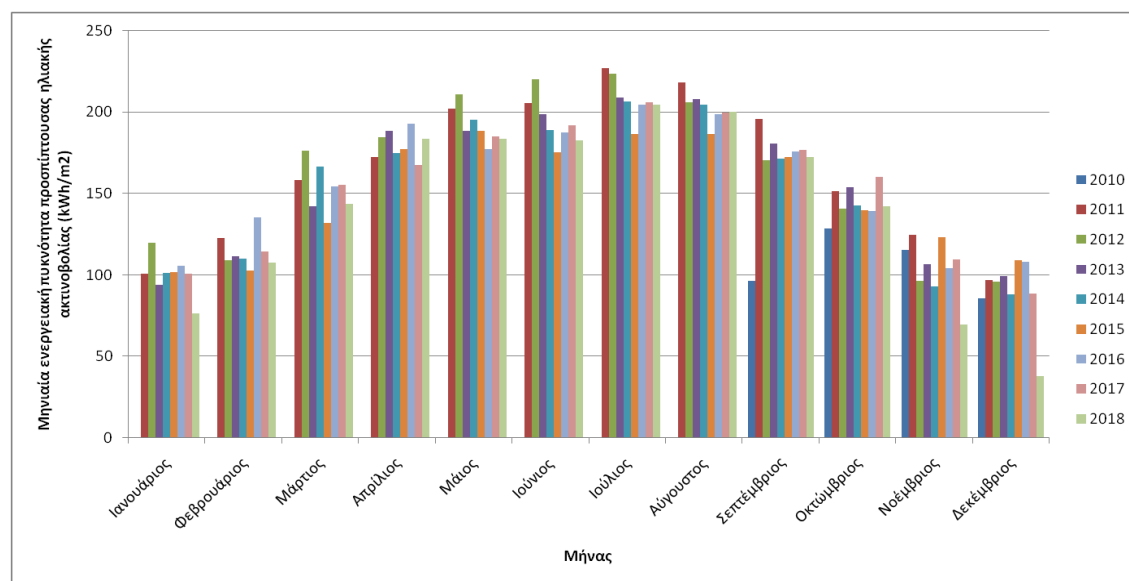


**Διάγραμμα 4-27 Μεταβολή της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-27 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:22. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (22 – 36 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (5 – 8 °C), ενώ οι ελάχιστες ετήσιες τιμές είναι ίδιες. Επειδή για το Πάρκο 3, η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για όλα τα έτη προέκυψε υπολογιστικά, οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς.

**Πίνακας 4:23 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[kWh/m <sup>2</sup> ]									
Ιανουάριος		100,97	120,02	93,86	101,40	101,81	105,76	100,75	76,42
Φεβρουάριος		122,88	109,35	111,41	110,21	102,75	135,50	114,52	107,56
Μάρτιος		158,57	176,63	142,37	166,62	132,21	154,32	155,35	143,60
Απρίλιος		172,63	184,84	188,41	174,78	177,29	193,20	167,53	183,58
Μάιος		202,02	211,00	188,56	195,59	188,81	177,46	185,19	183,95
Ιούνιος		205,87	220,32	198,79	189,11	175,62	187,52	191,77	182,88
Ιούλιος		227,28	223,90	209,30	206,85	186,48	204,76	206,06	204,45
Αύγουστος		218,14	206,14	208,09	204,54	186,43	199,05	199,78	200,19
Σεπτέμβριος	96,40	196,07	170,73	180,87	171,58	172,48	175,88	176,97	172,31
Οκτώβριος	128,88	151,40	140,63	154,00	142,55	139,72	139,21	160,12	142,07
Νοέμβριος	115,65	124,75	96,43	106,65	93,17	123,34	104,09	109,60	69,67
Δεκέμβριος	85,85	96,89	96,18	99,39	88,06	109,13	108,23	88,66	38,19



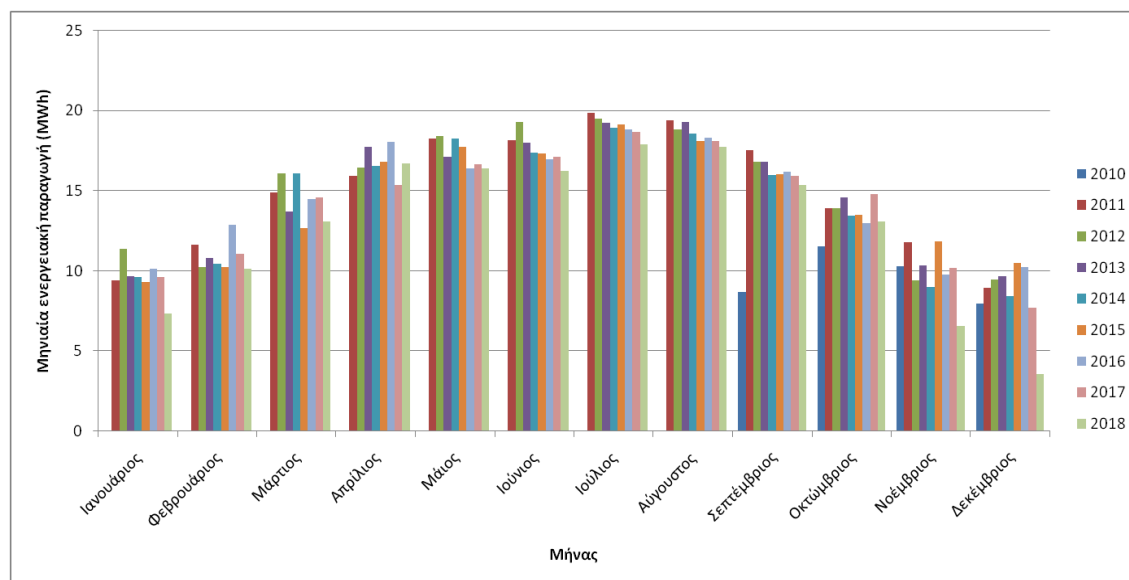
**Διάγραμμα 4-28 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-28 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018 και στον Πίνακα 4:23 περιέχονται οι ακριβείς τιμές. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Η πιο σωστή απεικόνιση της μεταβολής αυτής εντοπίζεται το 2011, το 2016 και το 2017 λόγω της καλής ετήσιας πληρότητας μετρήσεων (>95%) και επειδή θεωρήθηκε, ότι οι

τιμές των μετρήσεων αντικατοπτρίζουν σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές συνθήκες, κάτι που δεν ισχύει στον ίδιο βαθμό για το μεσοδιάστημα 2012 – 2015. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:24 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]									
Ιανουάριος		9.44	11.41	9.69	9.64	9.33	10.17	9.63	7.33
Φεβρουάριος		11.63	10.23	10.80	10.44	10.22	12.87	11.06	10.16
Μάρτιος		14.89	16.10	13.72	16.11	12.70	14.47	14.62	13.11
Απρίλιος		15.96	16.48	17.75	16.57	16.82	18.05	15.36	16.74
Μάιος		18.27	18.41	17.13	18.28	17.74	16.41	16.67	16.40
Ιούνιος		18.15	19.28	18.03	17.37	17.36	16.97	17.12	16.24
Ιούλιος		19.88	19.52	19.24	18.95	19.13	18.82	18.69	17.90
Αύγουστος		19.41	18.86	19.32	18.60	18.12	18.32	18.13	17.76
Σεπτέμβριος	8.72	17.56	16.80	16.83	15.99	16.06	16.22	15.95	15.40
Οκτώβριος	11.55	13.94	13.93	14.60	13.47	13.50	12.97	14.81	13.11
Νοέμβριος	10.32	11.79	9.41	10.35	9.00	11.86	9.77	10.22	6.59
Δεκέμβριος	7.97	8.96	9.48	9.66	8.43	10.51	10.24	7.73	3.55



**Διάγραμμα 4-29 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 3, 2010-2018)**

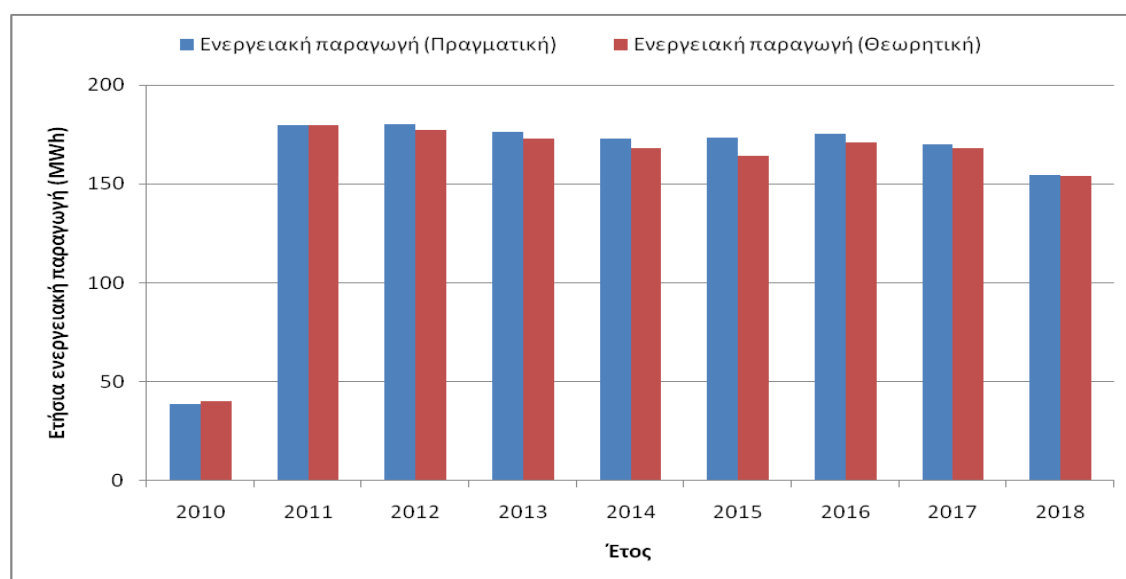
Στο Διάγραμμα 4-29 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018 και στον Πίνακα 4:24 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή

μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας, μόνο που για το μεσοδιάστημα 2012 – 2015 η αναλογία των τιμών τους δεν συνάδει στον ίδιο βαθμό.

Γενικότερα δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον αντίστοιχο μήνα και η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή, οπότε και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά.

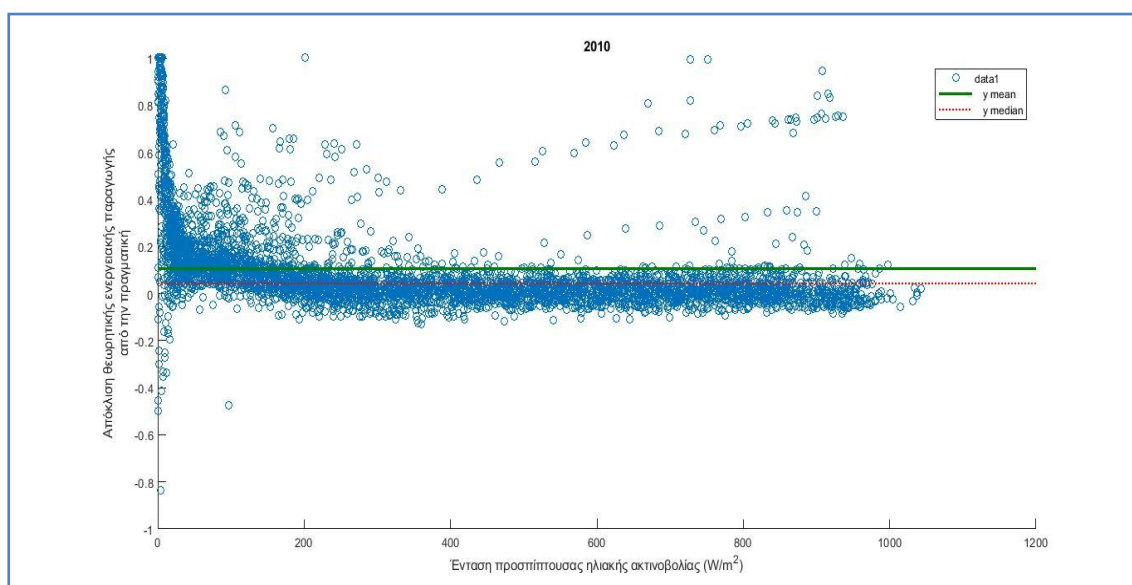
**Πίνακας 4:25 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη) [MWh]
2010	38,56	40,10	172,95
2011	179,89	179,78	
2012	179,91	177,17	
2013	176,14	173,05	
2014	172,85	167,82	
2015	173,35	164,31	
2016	175,27	171,08	
2017	169,98	167,82	
2018	154,29	153,96	



**Διάγραμμα 4-30 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 3)**

Στο Διάγραμμα 4-30 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:25. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παράλληλα όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από το 2012 έως και το 2015, θεωρήθηκε ότι οι μετρήσεις έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν αποδίδουν τις πραγματικές τιμές, αλλά μικρότερες. Όπως επίσης, η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για όλα τα έτη έχει προκύψει υπολογιστικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή να κυμαίνεται σε παρόμοια ή ελαφρώς μικρότερα επίπεδα σε σύγκριση με την πραγματική. Η μικρή αυτή απόκλιση πάντως, σε συνδυασμό με τα σταθερά επίπεδα στα οποία κινείται η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή για τα έτη με καλή πληρότητα μετρήσεων (>95%), υποδηλώνει την ομαλή λειτουργία του Πάρκο 3. Το ζητούμενο επίσης επετεύχθη, καθώς για τα ίδια έτη, η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή προσεγγίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:25).



**Διάγραμμα 4-31 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 3, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-31 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη

ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

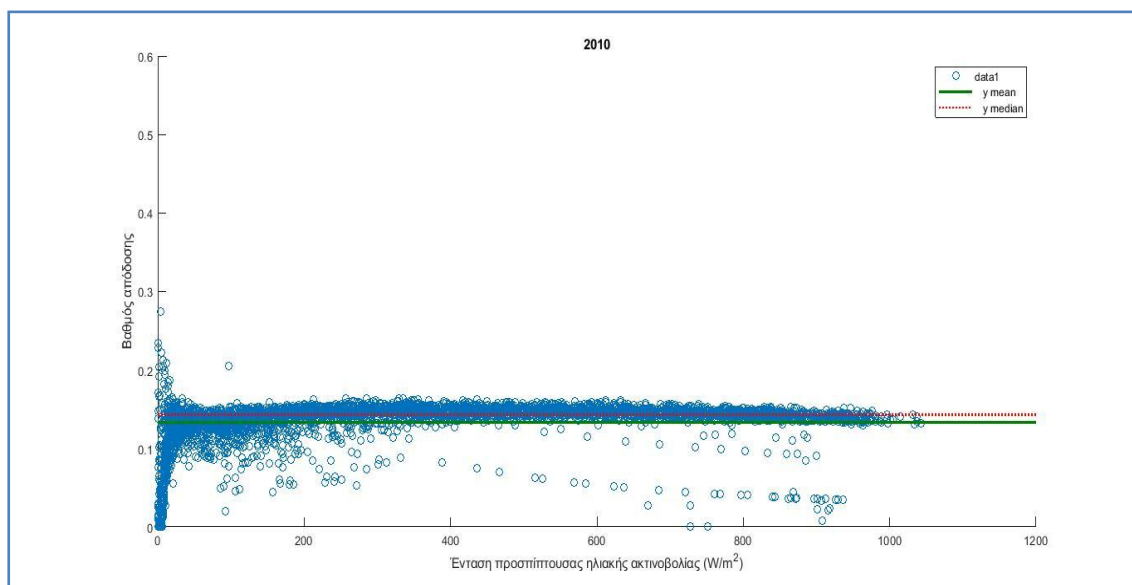
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:26 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 166 – 169).

**Πίνακας 4:26 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Πάρκο 3

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (%)
2010	4.25
2011	0.48
2012	0.11
2013	-0.81
2014	-2.41
2015	-4.37
2016	-2.10
2017	-0.64
2018	0.77



**Διάγραμμα 4-32 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 3, 2010)**



Στο Διάγραμμα 4-32 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-31 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:27 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 183 – 186). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές του μέσου βαθμού απόδοσης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς για το μεσοδιάστημα 2012-2015 έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες τιμές.

**Πίνακας 4:27 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 3, 2010-2018)**

Πάρκο 3

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2010	14.29	15.30
2011	14.23	
2012	14.15	
2013	14.65	
2014	14.60	
2015	15.06	
2016	14.57	
2017	14.31	
2018	14.15	

**Πίνακας 4:28 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 3)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2010	38,56	0,297	100	450	175,34	78903,71	77827,50
2011	179,89	0,998					
2012	179,91	0,995					
2013	176,14	0,998					
2014	172,85	1,000					
2015	173,35	0,997					
2016	175,27	0,997					
2017	169,98	0,983					
2018	154,29	0,830					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 78903,71 €, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4:28. Συγκριτικά δε με το εκτιμώμενο ετήσιο εισόδημα, ξεπέρασε τις προσδοκίες.

#### 4.3.4 Πάρκο 4

Για το Πάρκο 4 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία φ/β πλαισίων

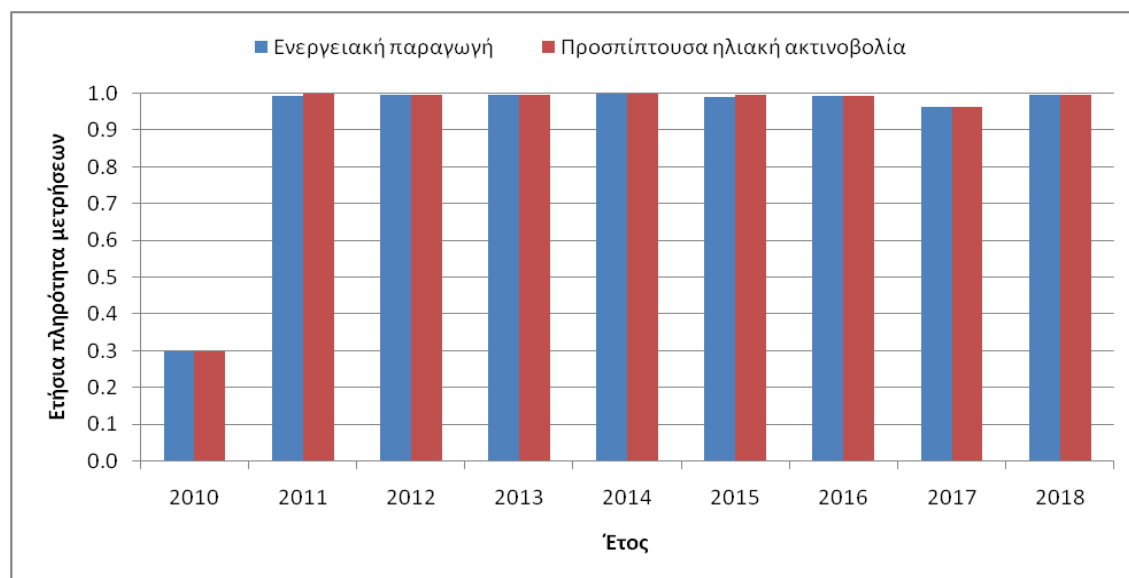
Για τα χρονικά διαστήματα, όπου οι μετρήσεις θερμοκρασίας περιβάλλοντος είτε δεν ήταν διαθέσιμες είτε απέδιδαν τιμές εκτός ορίων, έγινε χρήση του μέσου όρου των αντίστοιχων «έγκυρων» τιμών από τα φ/β πάρκα με τα οποία συνορεύει (Πάρκο 1,2,3), ενώ για αντίστοιχα κωλύματα στις μετρήσεις θερμοκρασίας φ/β πλαισίων οι τιμές υπολογίστηκαν βάσει της Εξίσωσης 4.1.

- (6/12/2010 2:30 – 13/8/2011 18:30) **Θερμοκρασία περιβάλλοντος**
- (2/9/2010 15:15 – 28/9/2010 15:00), (25/10/2010 6:15 – 7/12/2010 10:00), (24/1/2011 22:30 – 13/8/2011 10:45), (6/12/2013 1:15 – 15/1/2014 8:15), (20/1/2014 21:45 – 29/5/2014 13:30), (23/11/2014 18:30 – 31/12/2018 23:30) **Θερμοκρασία φ/β πλαισίων**

Μέσα από αυτή τη διαδικασία, σκοπός είναι η ανάκτηση όλων των μετεωρολογικών δεδομένων για τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, έτσι ώστε η πληρότητα μετρήσεων για όλα τα μεγέθη να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

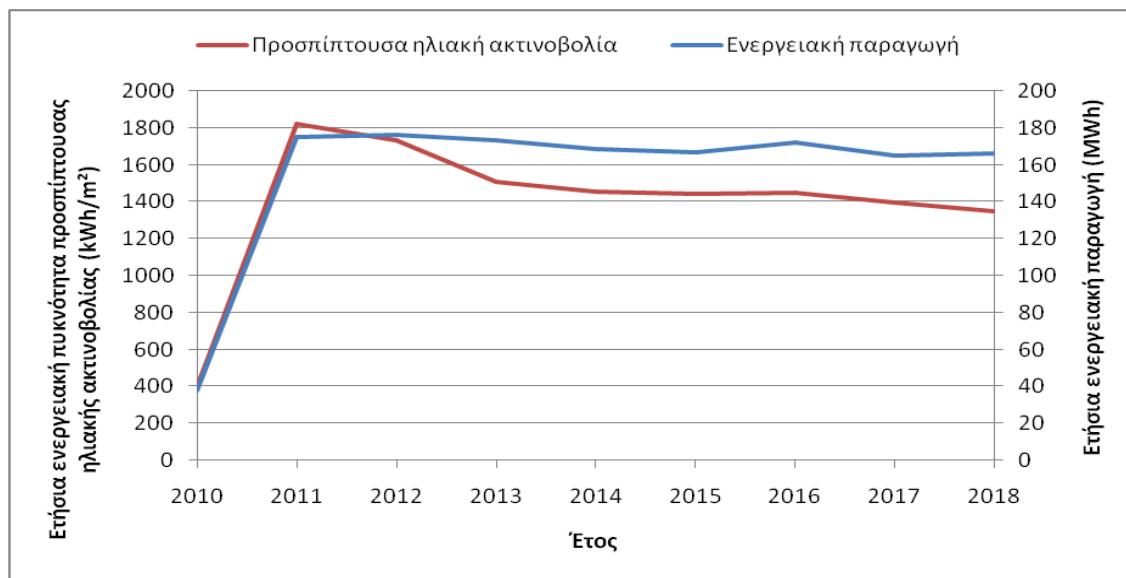
Πίνακας 4:29 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 4, 2010-2018)

Πάρκο 4	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,299	0,994	0,995	0,997	1,000	0,990	0,992	0,964	0,996
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,298	0,998	0,995	0,997	1,000	0,997	0,992	0,964	0,995
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,298	0,998	0,996	0,997	1,000	0,997	0,992	0,965	0,995
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,298	0,998	0,996	0,997	1,000	0,997	0,992	0,964	0,995
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	37,54	175,29	176,30	173,25	168,48	166,94	172,06	164,89	165,89
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	397,79	1820,86	1734,56	1510,39	1456,24	1441,94	1445,82	1395,71	1345,74
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	995,53	1045,00	1039,52	895,94	949,22	883,00	856,00	861,00	813,56
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	19	20	20	20	20	20	20	20	23
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	1	1	0	3	4	0	4	2	4
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	48	45	42	41	40	41	43	44	39
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	23	25	24	24	25	25	26	25	29
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων(°C)	-4	1	-3	1	4	0	4	2	4
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	72	69	66	62	65	60	62	64	59
Συντελεστής φορτίου	0,043	0,200	0,201	0,198	0,192	0,191	0,196	0,188	0,189



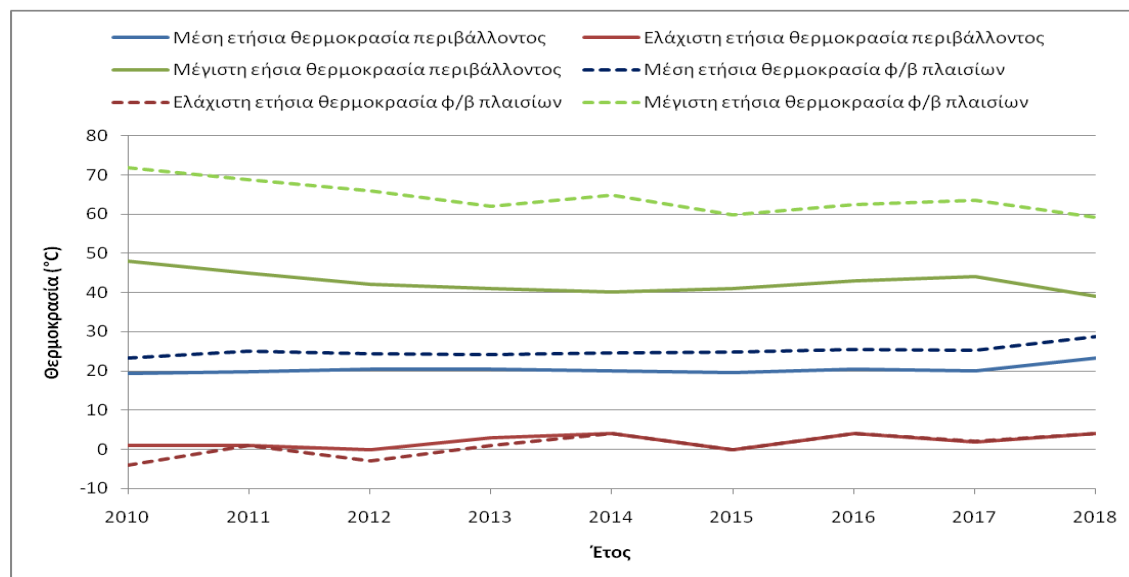
Διάγραμμα 4-33 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-33 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



Διάγραμμα 4-34 Μεταβολή ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-34 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, παρατηρείται ότι η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα από το 2012 και μετά κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή αντίθετα, φαίνεται να κυμαίνεται σε πιο σταθερά επίπεδα για το ίδιο χρονικό διάστημα. Θεωρητικά οι δύο καμπύλες, θα έπρεπε να παρουσιάζουν μια ανάλογη μεταβολή και το πρόβλημα λογικά, εντοπίζεται στην αδυναμία του αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, να αποτυπώσει τις πραγματικές τιμές μέτρησης με το πέρασ του χρόνου (ανοχή  $\pm 5\%$  για τα μισά του έτους). Αυτό το επιχείρημα ισχυροποιείται ανατρέχοντας στον Πίνακα 4:29, όπου η μέγιστη ετήσια τιμή της έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται με την πάροδο των ετών.

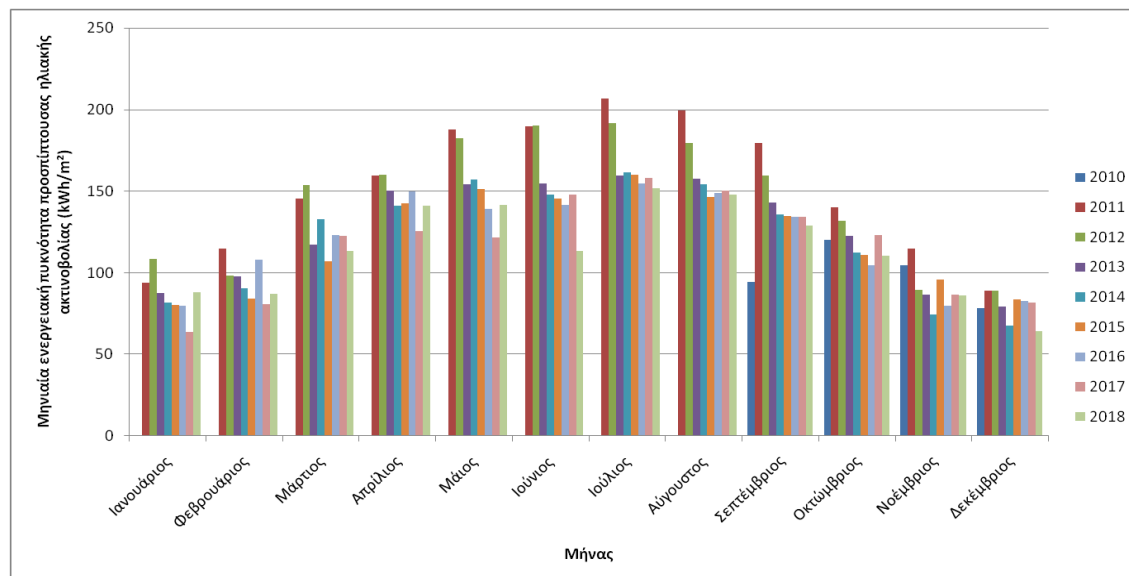


**Διάγραμμα 4-35 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλασιίων (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-35 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλασιίων για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:29. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (19 – 25 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (4 – 6 °C), ενώ για τις ελάχιστες (0 – 5 °C). Στην πραγματικότητα βέβαια, απόκλιση στις ελάχιστες ετήσιες τιμές μάλλον δεν υφίσταται και αυτή είναι αποτέλεσμα της ανοχής των αισθητήρων ( $\pm 0.8$  °C). Επίσης, επειδή για τα περισσότερα έτη, η θερμοκρασία των φ/β πλασιίων αν όχι εξ ολοκλήρου, αλλά για πολλές περιπτώσεις προέκυψε υπολογιστικά, οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς.

**Πίνακας 4:30 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[kWh/m <sup>2</sup> ]									
Ιανουάριος		93,97	108,23	87,62	81,66	80,12	79,74	63,65	88,27
Φεβρουάριος		114,67	98,43	97,63	90,22	84,35	108,15	80,94	86,83
Μάρτιος		145,47	153,72	117,32	132,80	107,21	123,27	122,33	113,35
Απρίλιος		159,62	160,24	150,45	141,03	142,44	149,96	125,58	141,06
Μάιος		187,92	182,47	154,14	157,31	151,06	138,96	121,39	141,48
Ιούνιος		189,77	190,28	154,72	147,68	145,20	141,39	147,66	113,42
Ιούλιος		206,73	191,66	159,38	161,32	160,05	154,46	157,98	151,58
Αύγουστος		199,27	179,47	157,68	154,07	146,56	148,92	150,53	147,98
Σεπτέμβριος	94,58	179,68	159,71	143,02	135,87	134,57	134,00	134,25	128,88
Οκτώβριος	120,24	140,06	131,70	122,65	112,36	110,75	104,66	123,14	110,29
Νοέμβριος	104,62	114,91	89,50	86,39	74,24	95,98	79,84	86,34	86,23
Δεκέμβριος	78,35	88,79	89,16	79,38	67,68	83,65	82,49	81,93	64,39

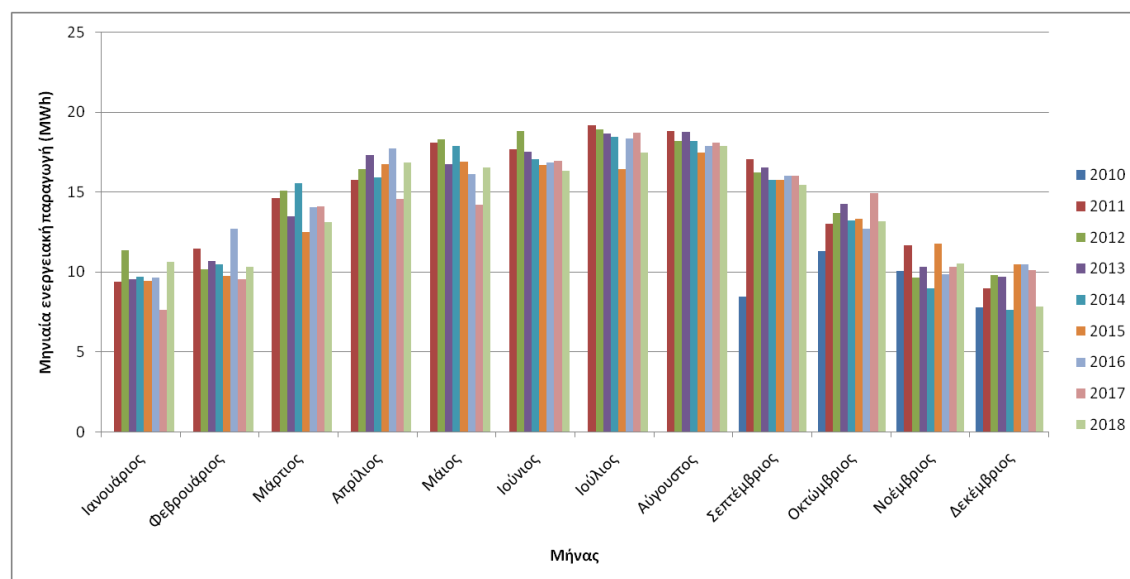


**Διάγραμμα 4-36 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-36 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:30 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Η πιο σωστή απεικόνιση της μεταβολής αυτής εντοπίζεται το 2011, καθώς για τα επόμενα έτη λόγω της φθοράς του αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, η ενεργειακή πυκνότητα ειδικότερα για τους μήνες που αυξάνεται η διάρκεια της ηλιοφάνειας, εμφανίζεται μειωμένη. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:31 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]									
Ιανουάριος		9.38	11.33	9.53	9.69	9.42	9.62	7.63	10.62
Φεβρουάριος		11.42	10.12	10.68	10.44	9.74	12.66	9.53	10.29
Μάρτιος		14.57	15.06	13.46	15.54	12.46	14.01	14.05	13.11
Απρίλιος		15.72	16.42	17.30	15.87	16.73	17.71	14.52	16.84
Μάιος		18.04	18.27	16.74	17.88	16.87	16.12	14.16	16.52
Ιούνιος		17.64	18.80	17.48	17.03	16.65	16.81	16.91	16.32
Ιούλιος		19.15	18.88	18.65	18.40	16.40	18.30	18.71	17.43
Αύγουστος		18.76	18.17	18.72	18.15	17.44	17.87	18.08	17.87
Σεπτέμβριος	8.43	17.01	16.21	16.49	15.74	15.73	16.00	15.99	15.42
Οκτώβριος	11.30	12.98	13.64	14.22	13.21	13.28	12.70	14.90	13.14
Νοέμβριος	10.06	11.66	9.60	10.29	8.93	11.75	9.81	10.32	10.53
Δεκέμβριος	7.75	8.95	9.78	9.68	7.60	10.48	10.44	10.07	7.80



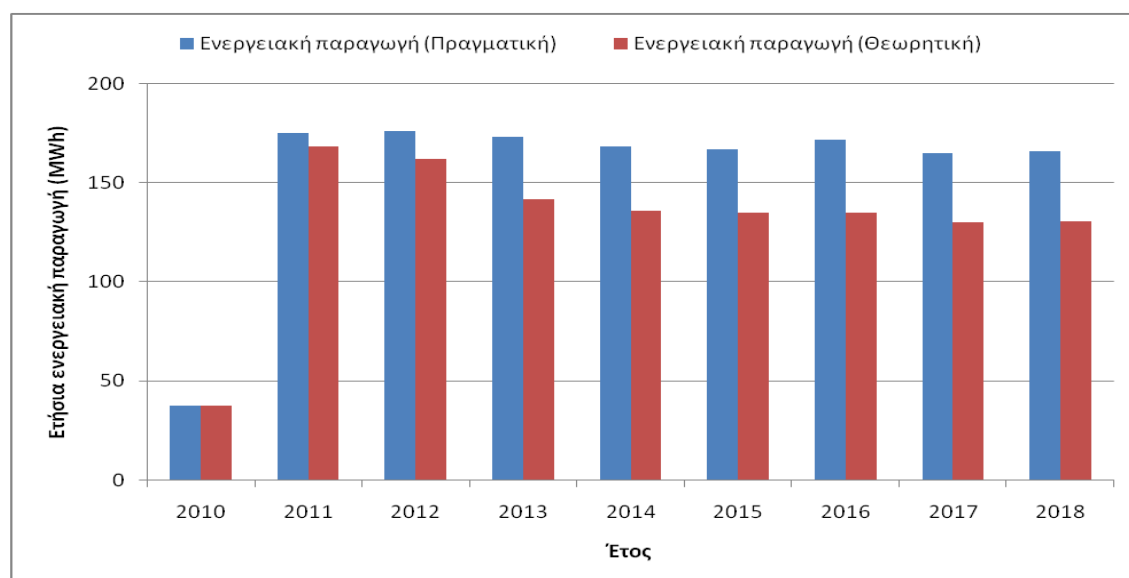
**Διάγραμμα 4-37 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-37 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018 και στον Πίνακα 4:24 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας, μόνο που από το 2012 και μετά η αναλογία των τιμών τους δεν συνάδει στον ίδιο βαθμό.

Γενικότερα δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον ίδιο μήνα και η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή, οπότε και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά.

**Πίνακας 4:32 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη)
	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2010	37,54	37,37	172,95
2011	175,29	168,67	
2012	176,30	162,29	
2013	173,25	141,67	
2014	168,48	136,00	
2015	166,94	134,74	
2016	172,06	134,83	
2017	164,89	130,29	
2018	165,89	130,68	

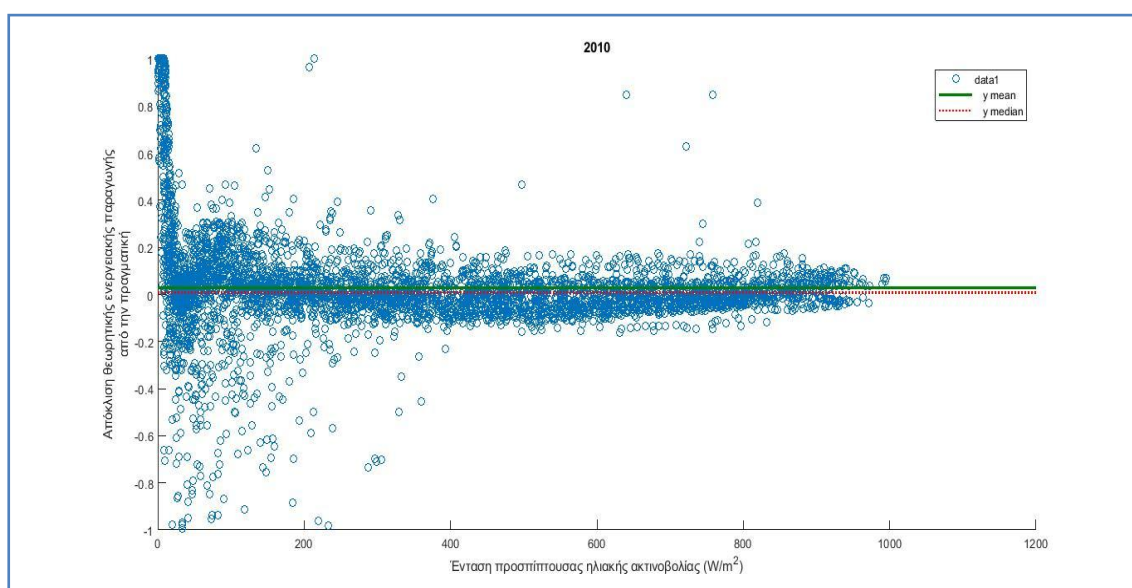


**Διάγραμμα 4-38 Σύγκριση πραγματικής και θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-38 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2010 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:32. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί



η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παράλληλα όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από το 2012 και μετά, θεωρήθηκε ότι οι μετρήσεις έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν αποδίδουν τις πραγματικές τιμές, αλλά μικρότερες. Όπως επίσης, η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για την πλειονότητα του εξεταζόμενου διαστήματος, έχει προκύψει υπολογιστικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή να κυμαίνεται σε παρόμοια ή ελαφρώς μικρότερα επίπεδα σε σύγκριση με την πραγματική για τα πρώτα δύο έτη, ενώ για τα έτη που ακολουθούν, η διαφορά αυτή αυξάνεται. Τα σχετικά σταθερά επίπεδα πάντως, στα οποία κινείται η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή για όλο το χρονικό διάστημα, υποδηλώνει την ομαλή λειτουργία του Πάρκο 4. Το ζητούμενο επίσης επετεύχθη, καθώς η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:32), για όλα τα έτη.



**Διάγραμμα 4-39 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 4, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-39 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

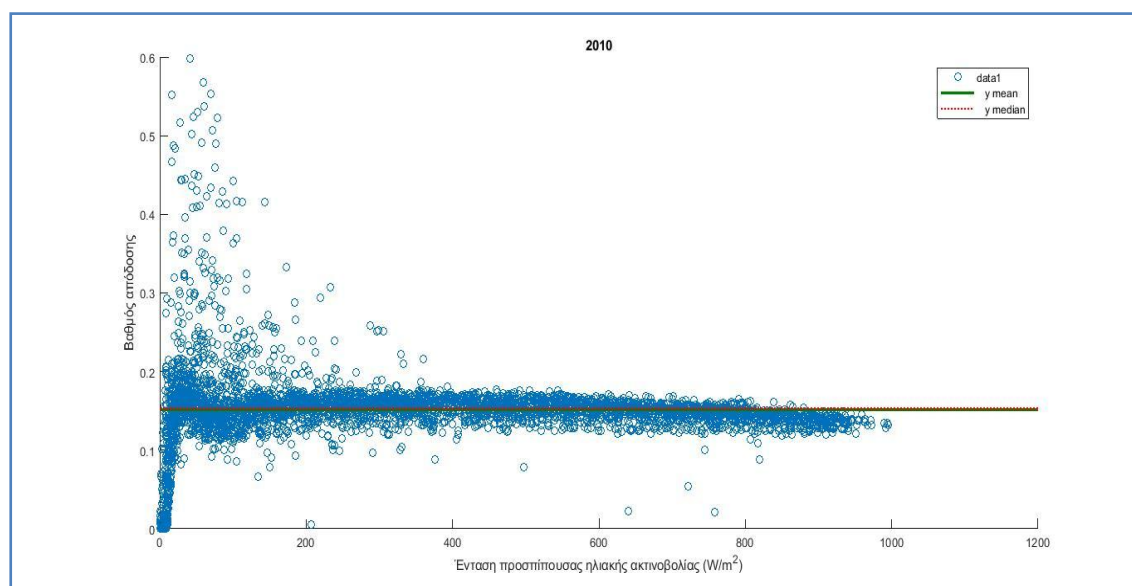
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:33 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 169 – 171).

**Πίνακας 4:33 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Πάρκο 4

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική
	(%)
2010	0.86
2011	-2.57
2012	-7.03
2013	-20.37
2014	-21.31
2015	-23.35
2016	-25.41
2017	-24.54
2018	-26.30



**Διάγραμμα 4-40 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (Πάρκο 4, 2010)**

Στο Διάγραμμα 4-40 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2010. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-39 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:34 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 187 – 189). Με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές του μέσου βαθμού απόδοσης για τα έτη όπου η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποτυπώνει σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές τιμές, καθώς από το 2012 και μετά έχει θεωρηθεί ότι ο αισθητήρας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αποδίδει μικρότερες. Αν και λόγω της υψηλής τιμής του μέσου βαθμού απόδοσης ακόμα και για τα πρώτα δύο έτη, αμφισβητείται η εγκυρότητα των τιμών που αποδίδει ο αισθητήρας γενικότερα.

**Πίνακας 4:34 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 4, 2010-2018)**

Πάρκο 4

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2010	15.23	15.70
2011	15.53	
2012	16.25	
2013	18.22	
2014	18.44	
2015	18.70	
2016	18.86	
2017	18.70	
2018	18.82	

**Πίνακας 4:35 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 4)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς	Τιμή μεγαβατώρας	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή	Μέσο ετήσιο εισόδημα	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο)
	(MWh)		(kW)	(€)	(MWh)	(€)	(€)
2010	37,54	0,299	100	450	170,38	76673,17	77827,50
2011	175,29	0,994					
2012	176,30	0,995					
2013	173,25	0,997					
2014	168,48	1,000					
2015	166,94	0,990					
2016	172,06	0,992					
2017	164,89	0,964					
2018	165,89	0,996					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 76673,17 €, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4:35. Συγκρίνοντας το με το εκτιμώμενο ετήσιο εισόδημα, το προσεγγίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό.

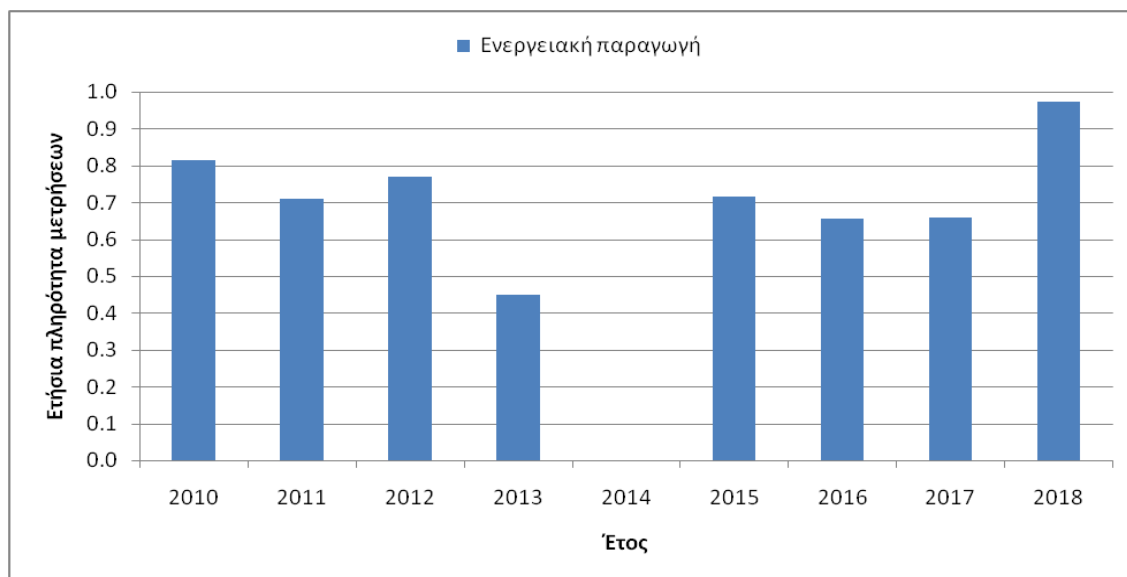
#### 4.4.5 Πάρκο 5

Για το Πάρκο 5 κατέστη δυνατή μόνο η λήψη μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής. Επομένως αυτά που εξετάζονται είναι:

- Η πληρότητα των μετρήσεων
- Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή
- Ο συντελεστής φορτίου
- Το μέσο ετήσιο εισόδημα

**Πίνακας 4:36 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 5, 2010-2018)**

Πάρκο 5	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,814	0,709	0,769	0,449	0	0,717	0,657	0,659	0,974
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	137,12	130,63	141,48	58,91		132,14	121,45	117,84	157,10
Συντελεστής φορτίου	0,157	0,149	0,162	0,067		0,151	0,139	0,135	0,179



Διάγραμμα 4-41 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-41 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018. Με ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων (>95%) μόνο για το 2018, υφίστανται σημαντικές ελλείψεις δεδομένων για τα υπόλοιπα έτη.



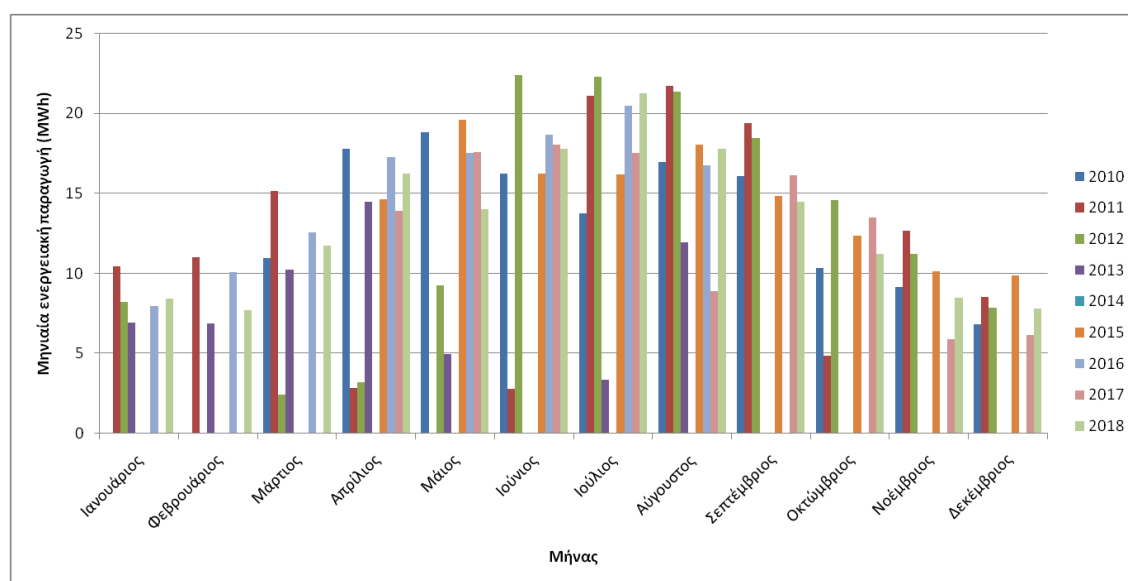
Διάγραμμα 4-42 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018)

Στο Διάγραμμα 4-42 αποτυπώνεται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018. Δεν δύναται η διεξαγωγή κάποιου χρήσιμου συμπεράσματος όσον αφορά τη μορφή της καμπύλης, αφενός επειδή η πληρότητα των μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής είναι ελλιπής, αφετέρου η απουσία μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής

ακτινοβολίας, στερεί τη δυνατότητα σύγκρισης με την καμπύλη που αποτυπώνει η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα αυτού του μεγέθους.

**Πίνακας 4:37 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 5, 2010-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]									
Ιανουάριος		10.46	8.25	6.91		0.00	7.98		8.43
Φεβρουάριος		11.02	0.00	6.88		0.00	10.11		7.72
Μάρτιος	10.99	15.16	2.46	10.25		0.00	12.60		11.74
Απρίλιος	17.78	2.82	3.21	14.48		14.65	17.27	13.95	16.27
Μάιος	18.83	0.00	9.28	4.98		19.62	17.53	17.59	14.04
Ιούνιος	16.27	2.77	22.41	0.08		16.26	18.70	18.09	17.83
Ιούλιος	13.78	21.14	22.29	3.37		16.22	20.48	17.54	21.30
Αύγουστος	17.00	21.73	21.37	11.95		18.08	16.79	8.90	17.78
Σεπτέμβριος	16.12	19.40	18.47			14.88		16.16	14.47
Οκτώβριος	10.36	4.89	14.61			12.35		13.52	11.21
Νοέμβριος	9.15	12.68	11.26			10.16		5.91	8.48
Δεκέμβριος	6.84	8.56	7.89			9.91		6.17	7.84



**Διάγραμμα 4-43 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 5, 2010-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-43 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2010 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:37 εμπεριέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Λόγω της ελλιπούς διαθεσιμότητας μετρήσεων για σχεδόν όλα τα έτη, παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον αντίστοιχο μήνα. Δεν μπορεί να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα για όλο το διάστημα εξέτασης, μεμονωμένα πάντως, οι

μεγαλύτερες τιμές της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες.

**Πίνακας 4:38 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 5)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2010	137,12	0,814	100	450	157,10	70696,59	99270,00
2011	130,63	0,709					
2012	141,48	0,769					
2013	58,91	0,449					
2014		0					
2015	132,14	0,717					
2016	121,45	0,657					
2017	117,84	0,659					
2018	157,10	0,974					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 70696,59 €. Ουσιαστικά πρόκειται για το ετήσιο εισόδημα του τελευταίου έτους, το οποίο βέβαια είναι αρκετά πιο χαμηλό από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

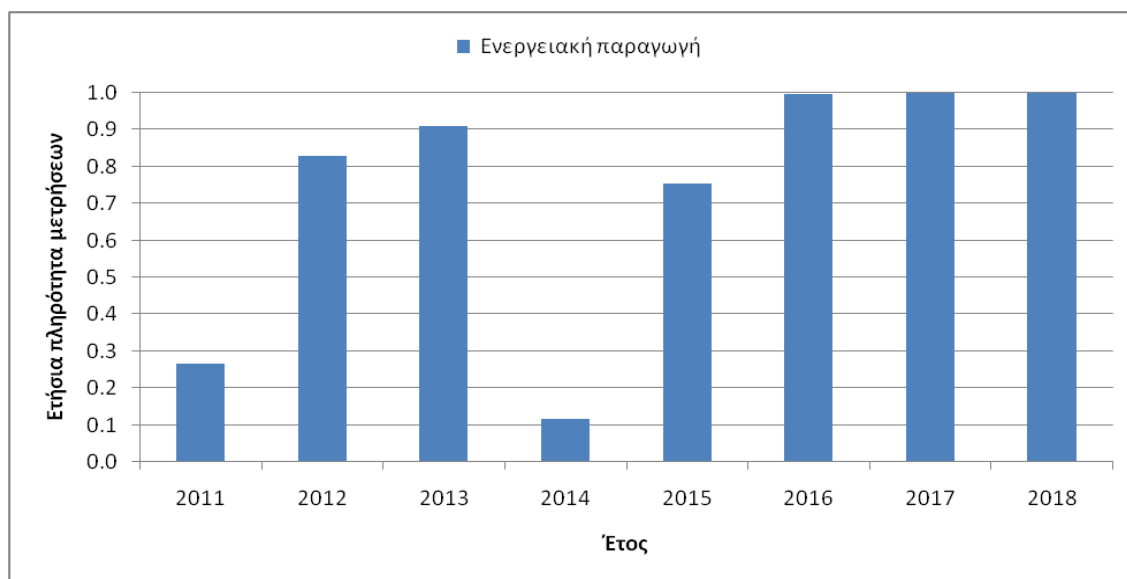
#### 4.3.6 Πάρκο 6

Για το Πάρκο 6 κατέστη δυνατή μόνο η λήψη μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής. Επομένως αυτά που εξετάζονται είναι:

- Η πληρότητα των μετρήσεων
- Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή
- Ο συντελεστής φορτίου
- Το μέσο ετήσιο εισόδημα

**Πίνακας 4:39 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 6, 2011-2018)**

Πάρκο 6	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,268	0,830	0,911	0,117	0,753	0,996	0,998	0,998
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	37,05	160,51	158,28	10,36	127,86	152,15	130,51	151,81
Συντελεστής χρησιμοποίησης	0,042	0,183	0,181	0,012	0,146	0,174	0,149	0,173



**Διάγραμμα 4-44 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-44 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018. Με ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων (>95%) μόνο για το διάστημα 2016 – 2018, υφίστανται σημαντικές ελλείψεις δεδομένων για τα υπόλοιπα έτη.



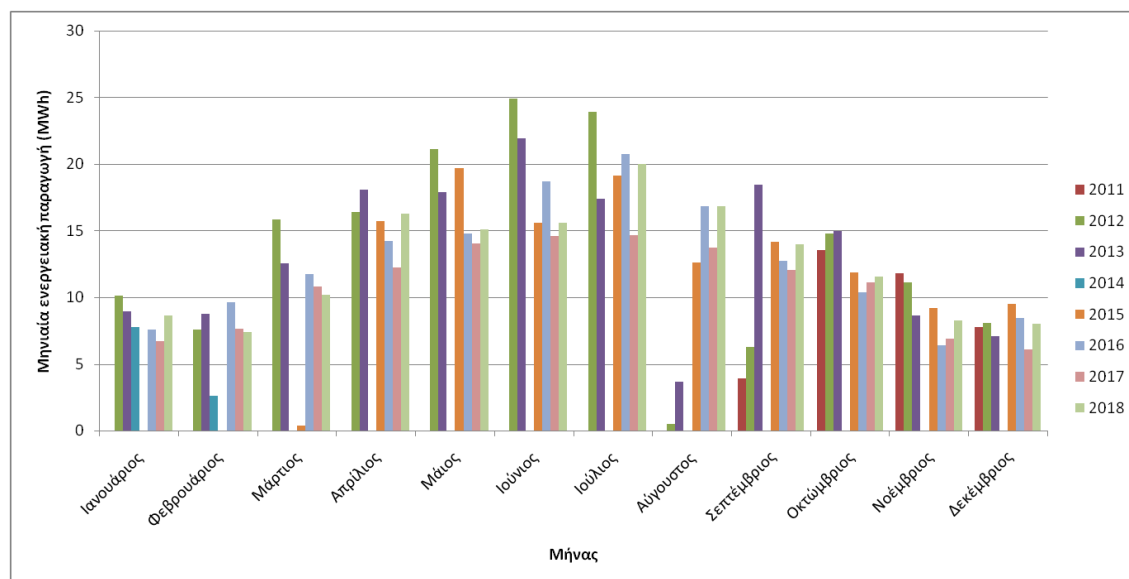


**Διάγραμμα 4-45 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-45 αποτυπώνεται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018. Δεν δύναται η διεξαγωγή κάποιου χρήσιμου συμπεράσματος όσον αφορά τη μορφή της καμπύλης, αφενός επειδή η πληρότητα των μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής έως και το 2015 είναι ελλιπής, αφετέρου η απουσία μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, στερεί τη δυνατότητα σύγκρισης με την καμπύλη που αποτυπώνει η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα αυτού του μεγέθους. Πάντως για το διάστημα 2016 – 2018 με ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων (>95%), η ετήσια ενεργειακή παραγωγή παρουσιάζει μια σημαντική αυξομείωση.

**Πίνακας 4:40 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 6, 2011-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]								
Ιανουάριος		10.11	8.94	7.77		7.60	6.71	8.63
Φεβρουάριος		7.60	8.75	2.59		9.60	7.62	7.39
Μάρτιος		15.84	12.54		0.39	11.75	10.82	10.18
Απρίλιος		16.38	18.08		15.73	14.24	12.22	16.28
Μάιος		21.09	17.88		19.71	14.80	14.05	15.08
Ιούνιος		24.88	21.94		15.61	18.68	14.57	15.59
Ιούλιος		23.89	17.38		19.16	20.71	14.66	20.01
Αύγουστος		0.47	3.67		12.58	16.85	13.74	16.83
Σεπτέμβριος	3.93	6.29	18.46		14.17	12.71	12.05	13.98
Οκτώβριος	13.52	14.77	14.97		11.87	10.35	11.11	11.57
Νοέμβριος	11.83	11.11	8.61		9.16	6.42	6.88	8.26
Δεκέμβριος	7.76	8.07	7.05		9.48	8.45	6.07	8.00



Διάγραμμα 4-46 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 6, 2011-2018)

Στο Διάγραμμα 4-46 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:40 εμπεριέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Λόγω της ελλιπούς διαθεσιμότητας μετρήσεων για τα περισσότερα έτη, παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον αντίστοιχο μήνα. Δεν μπορεί να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα για όλο το διάστημα εξέτασης, μεμονωμένα πάντως, οι μεγαλύτερες τιμές της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες.

Πίνακας 4:41 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 6)

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2011	37,05	0,268	100	419,43	144,82	60743,25	92526,26
2012	160,51	0,830					
2013	158,28	0,911					
2014	10,36	0,117					
2015	127,86	0,753					
2016	152,15	0,996					
2017	130,51	0,998					
2018	151,81	0,998					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 60743,25 €. Αυτό το ποσό είναι αρκετά πιο χαμηλό από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

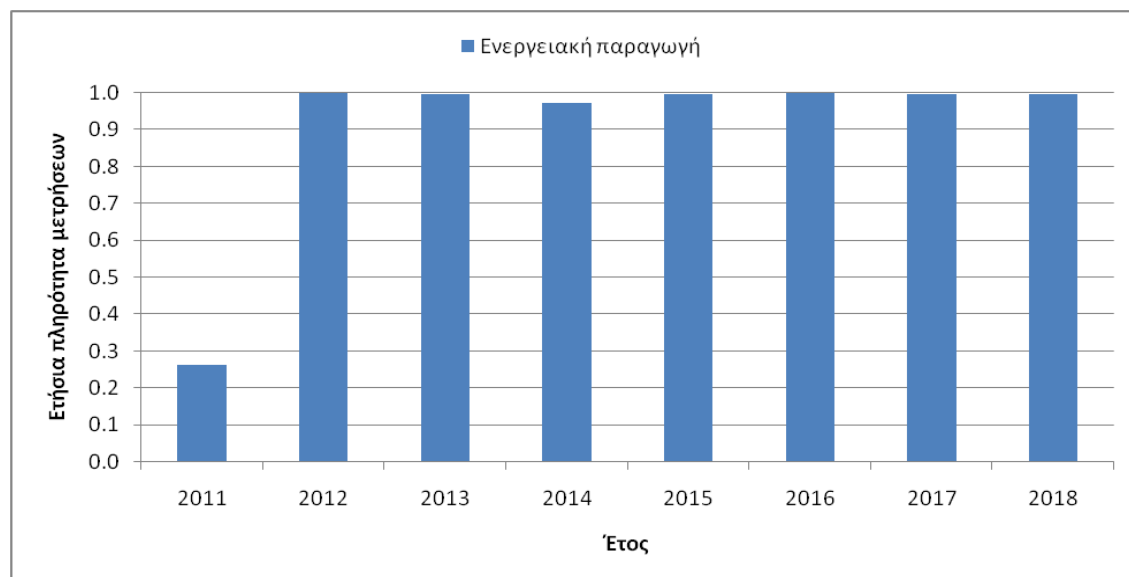
#### 4.3.7 Πάρκο 7

Για το Πάρκο 7 κατέστη δυνατή μόνο η λήψη μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής. Επομένως αυτά που εξετάζονται είναι:

- Η πληρότητα των μετρήσεων
- Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή
- Ο συντελεστής φορτίου
- Το μέσο ετήσιο εισόδημα

Πίνακας 4:42 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 7, 2011-2018)

Πάρκο 7	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,263	0,998	0,995	0,973	0,997	0,998	0,995	0,997
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	38,29	187,45	184,04	178,49	178,00	175,31	162,04	158,16
Συντελεστής φορτίου	0,044	0,214	0,210	0,204	0,203	0,200	0,185	0,181



Διάγραμμα 4-47 Πληρότητα ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018)

Στο Διάγραμμα 4-47 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018. Με πληρότητα για κάθε έτος κοντά στο 100%, υφίσταται συνολικά μια πολύ καλή διαθεσιμότητα μετρήσεων.

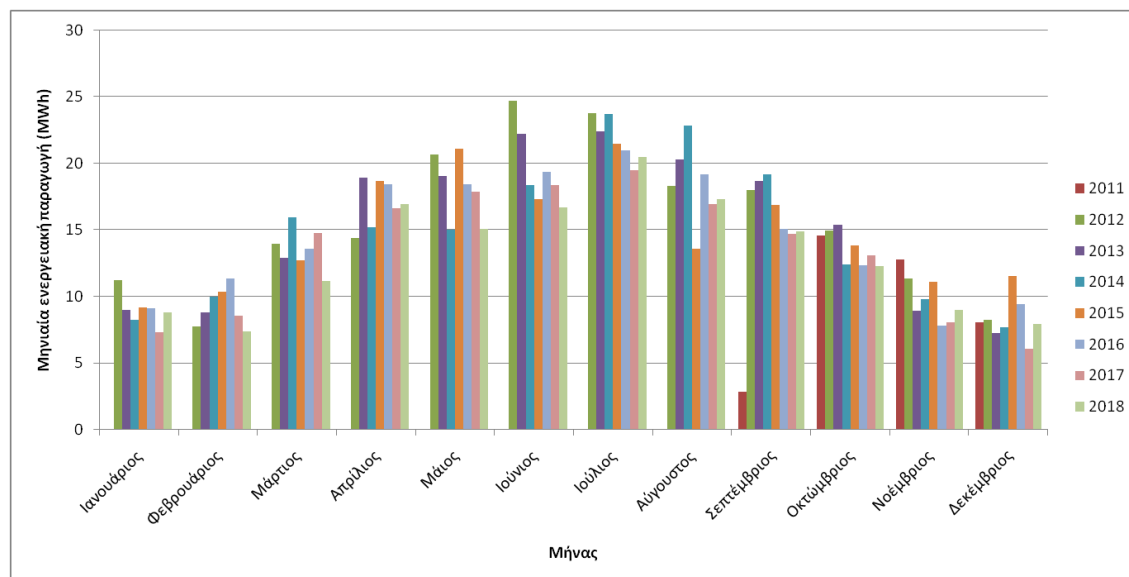


**Διάγραμμα 4-48 Μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-48 αποτυπώνεται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018. Σύμφωνα με τη μορφή της καμπύλης, η ετήσια ενεργειακή παραγωγή όσο περνάνε τα χρόνια παρουσιάζει μια μικρή αλλά συνεχή μείωση των τιμών της, ενώ το 2017 αυτή η μείωση είναι πιο απότομη, με αποτέλεσμα έως και το 2018 να κυμαίνεται σε αρκετά πιο χαμηλά επίπεδα. Πιθανόν η απότομη αυτή πτώση των τιμών της, οφείλεται σε δυσλειτουργία του φ/β συστήματος, χωρίς όμως να είναι ασφαλές το συμπέρασμα. Αυτό θα μπορούσε να επαληθευθεί, εφόσον ήταν διαθέσιμη η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

**Πίνακας 4:43 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 7, 2011-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]								
Ιανουάριος		11.23	9.01	8.23	9.19	9.14	7.34	8.81
Φεβρουάριος		7.76	8.81	9.97	10.36	11.39	8.58	7.41
Μάρτιος		13.95	12.94	15.98	12.74	13.63	14.80	11.19
Απρίλιος		14.39	18.92	15.22	18.72	18.46	16.65	16.94
Μάιος		20.66	19.07	15.02	21.11	18.46	17.86	15.10
Ιούνιος		24.73	22.26	18.38	17.32	19.36	18.36	16.70
Ιούλιος		23.78	22.44	23.70	21.52	21.01	19.49	20.49
Αύγουστος		18.31	20.28	22.86	13.57	19.19	16.97	17.34
Σεπτέμβριος	2.83	18.02	18.73	19.20	16.92	15.07	14.75	14.93
Οκτώβριος	14.59	14.97	15.39	12.40	13.83	12.37	13.09	12.29
Νοέμβριος	12.79	11.36	8.91	9.80	11.14	7.80	8.09	9.02
Δεκέμβριος	8.08	8.28	7.28	7.72	11.58	9.42	6.07	7.94



Διάγραμμα 4-49 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7, 2011-2018)

Στο Διάγραμμα 4-49 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2011 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:43 εμπεριέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

Σύμφωνα με τη μορφή που έχει πάρει το γράφημα, παρατηρούνται αισθητές αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον ίδιο μήνα, ειδικότερα το καλοκαίρι. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται είτε στην υψηλή μεταβλητότητα του ετήσιου ηλιακού δυναμικού, είτε σε κάποια δυσλειτουργία του φ/β συστήματος.

Πίνακας 4:44 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 7)

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή	Μέσο ετήσιο εισόδημα	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο)
2011	38,29	0,263	100	419,43	174,78	73309,45	92256,26
2012	187,45	0,998					
2013	184,04	0,995					
2014	178,49	0,973					
2015	178,00	0,997					
2016	175,31	0,998					
2017	162,04	0,995					
2018	158,16	0,997					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 73309,45 €. Αυτό το ποσό είναι αρκετά πιο χαμηλό από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

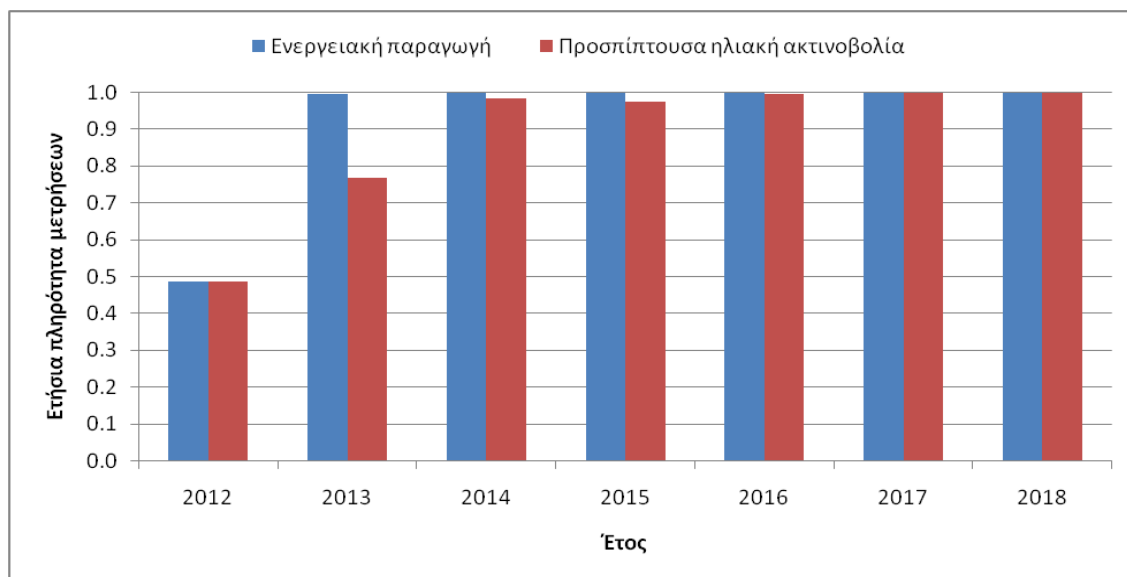
#### 4.3.8 Πάρκο 8

Για το Πάρκο 8, αρχικά κατέστη δυνατή μόνο η λήψη μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής, επειδή όμως τα μετεωρολογικά δεδομένα ήταν διαθέσιμα για το Πάρκο 9, με το οποίο συνορεύει, έγινε χρήση των δικών του μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων προέκυψε έπειτα υπολογιστικά μέσω της Εξίσωσης 4.1.

Με αυτό τον τρόπο, εξαιρώντας το χρονικό διάστημα (30/9/2013 21:15 – 19/12/2013 9:15), ήταν εφικτή η ανάκτηση των μετεωρολογικών δεδομένων για τις αντίστοιχες μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής κατά ένα πολύ μεγάλο βαθμό, για όλα τα έτη λειτουργίας.

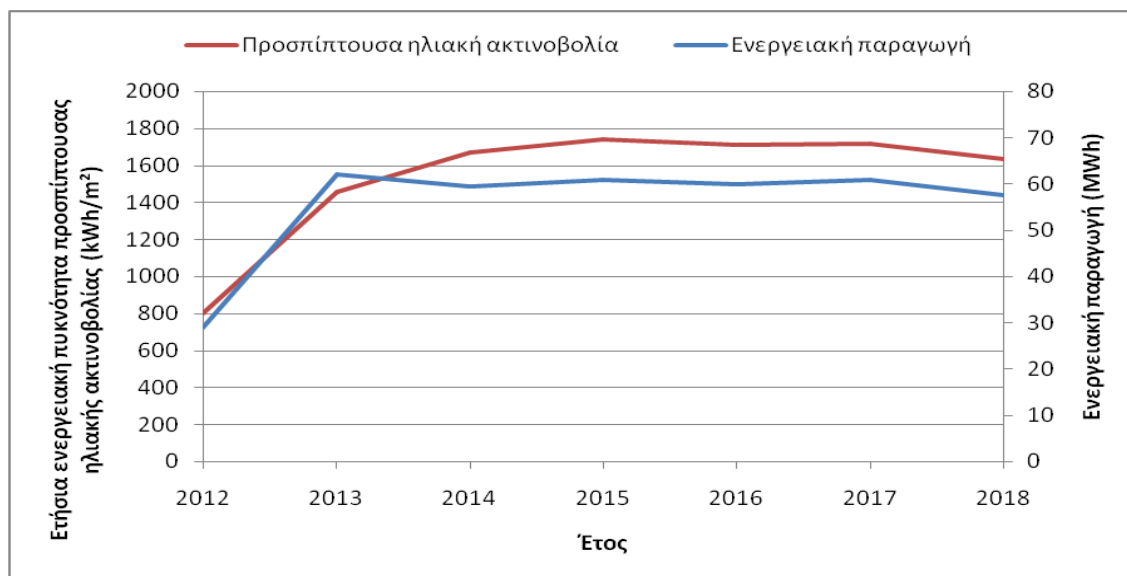
Πίνακας 4:45 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 8, 2012-2018)

Πάρκο 8	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,486	0,996	0,999	0,999	1,000	0,999	1,000
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,486	0,768	0,985	0,976	0,996	1,000	1,000
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,486	0,768	0,985	0,974	0,996	1,000	1,000
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,486	0,768	0,985	0,974	0,996	1,000	1,000
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	28,90	62,03	59,54	60,98	60,05	60,89	57,70
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	799,66	1455,57	1672,79	1741,72	1711,18	1715,91	1632,00
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	978,00	1115,00	1060,00	1152,51	1107,56	1057,27	1069,87
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	25	23	22	21	22	21	22
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	5	2	3	-1	0	-2	3
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	50	46	48	49	48	50	45
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	31	29	28	28	28	27	28
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	5	2	4	-1	0	-2	3
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	75	73	76	75	74	77	71
Συντελεστής φορτίου	0,082	0,177	0,170	0,174	0,171	0,174	0,165



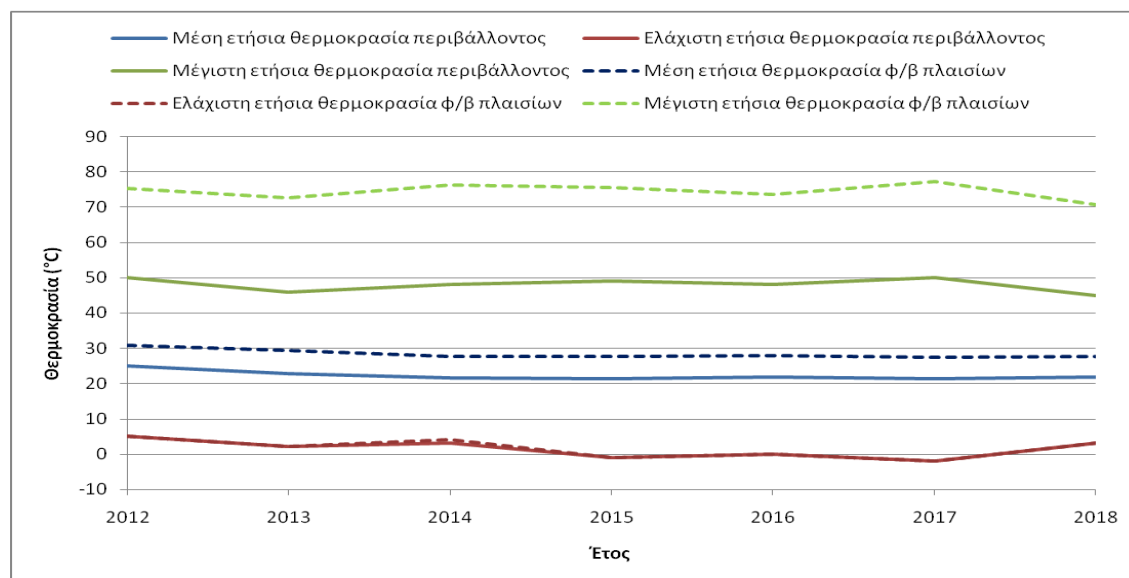
Διάγραμμα 4-50 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018)

Στο Διάγραμμα 4-50 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



Διάγραμμα 4-51 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018)

Στο Διάγραμμα 4-51 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, με εξαίρεση το 2013 όπου υφίσταται διαφορετική πληρότητα μετρήσεων για τα δύο μεγέθη, παρουσιάζουν μια ανάλογη μεταβολή εκ πρώτης όψεως.



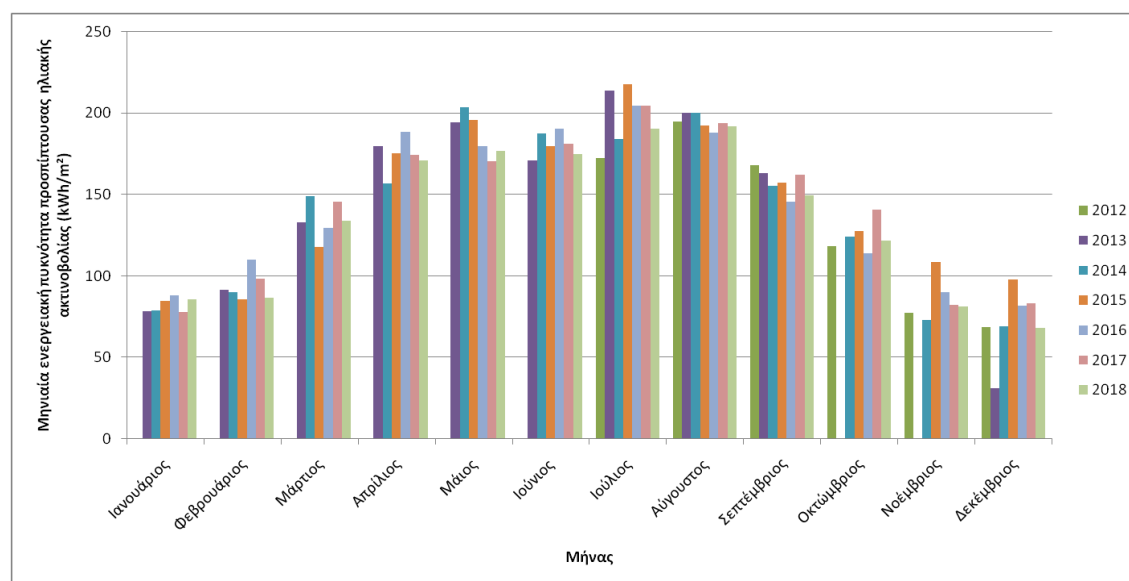
**Διάγραμμα 4-52 Διακύμανση της μέσης ετήσιας, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-52 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:45. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (25 – 28 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (6 – 7 °C), ενώ για τις ελάχιστες (0 – 1 °C) . Επειδή για το Πάρκο 8, η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για όλα τα έτη προέκυψε υπολογιστικά, οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς.



**Πίνακας 4:46 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[kWh/m <sup>2</sup> ]							
Ιανουάριος		78,31	78,75	84,97	87,99	77,85	85,62
Φεβρουάριος		91,27	90,03	85,85	110,30	98,54	86,58
Μάρτιος		132,92	149,01	118,07	129,54	145,76	134,14
Απρίλιος		179,78	156,86	175,56	188,47	174,51	170,86
Μάιος		194,48	203,74	195,96	180,00	170,44	176,84
Ιούνιος		170,85	187,79	179,96	190,43	181,39	174,93
Ιούλιος	172,32	214,01	184,13	217,68	204,60	204,44	190,57
Αύγουστος	194,86	200,14	200,17	192,28	188,33	193,78	191,97
Σεπτέμβριος	168,14	162,97	155,69	157,17	145,58	162,19	149,39
Οκτώβριος	118,37	0,00	124,12	127,55	114,23	141,08	121,79
Νοέμβριος	77,46	0,12	73,34	108,65	90,05	82,50	81,17
Δεκέμβριος	68,51	30,72	69,15	98,01	81,65	83,42	68,13

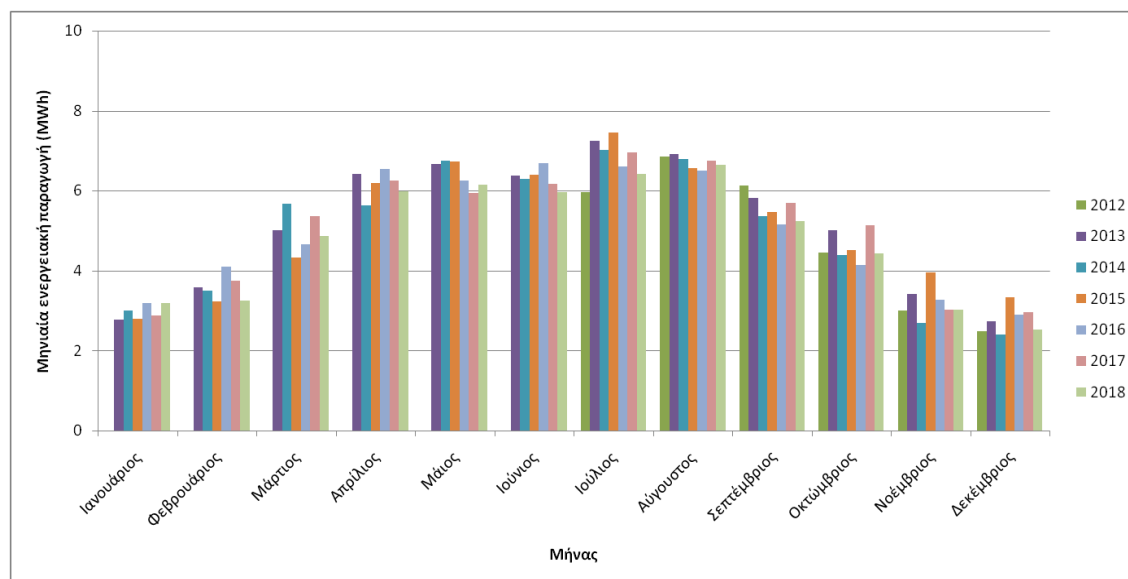


**Διάγραμμα 4-53 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-53 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:46 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:47 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]							
Ιανουάριος		2.77	3.01	2.80	3.19	2.89	3.19
Φεβρουάριος		3.59	3.49	3.24	4.11	3.74	3.25
Μάρτιος		5.02	5.67	4.32	4.66	5.37	4.86
Απρίλιος		6.42	5.62	6.20	6.55	6.25	5.99
Μάιος		6.68	6.75	6.73	6.26	5.95	6.14
Ιούνιος		6.39	6.31	6.39	6.69	6.18	5.97
Ιούλιος	5.96	7.26	7.02	7.46	6.60	6.95	6.42
Αύγουστος	6.86	6.92	6.80	6.57	6.51	6.75	6.64
Σεπτέμβριος	6.12	5.83	5.37	5.46	5.17	5.69	5.24
Οκτώβριος	4.45	5.00	4.39	4.52	4.14	5.13	4.44
Νοέμβριος	3.01	3.43	2.69	3.95	3.27	3.03	3.03
Δεκέμβριος	2.50	2.73	2.41	3.34	2.90	2.96	2.53



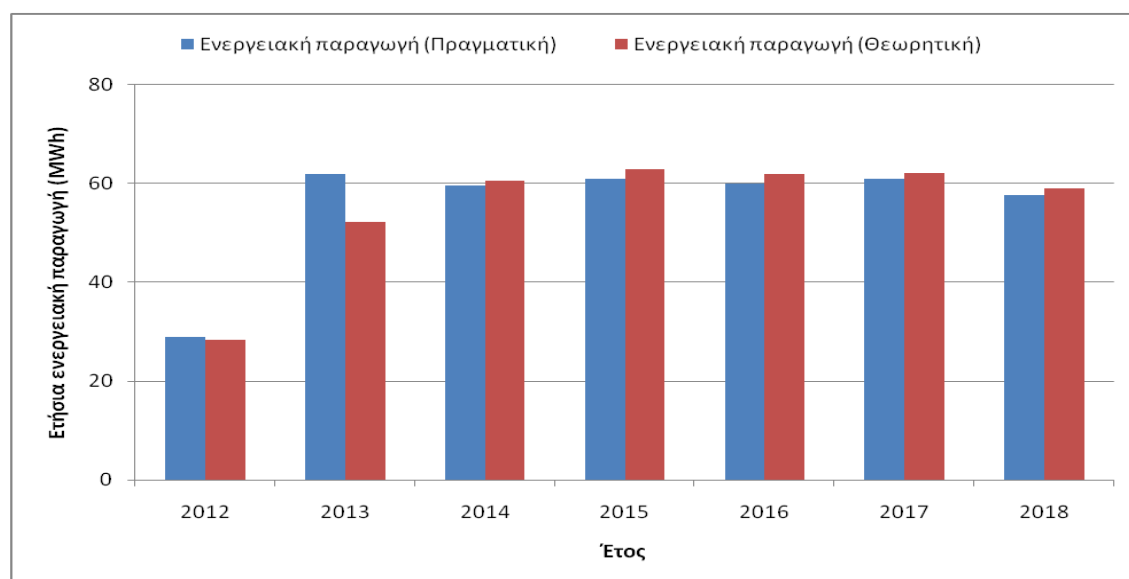
**Διάγραμμα 4-54 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-54 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:47 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι σε ένα σημαντικό βαθμό, ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Επειδή δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον ίδιο μήνα και η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή, λογικά το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά.

**Πίνακας 4:48 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 8, 2012-2018)**

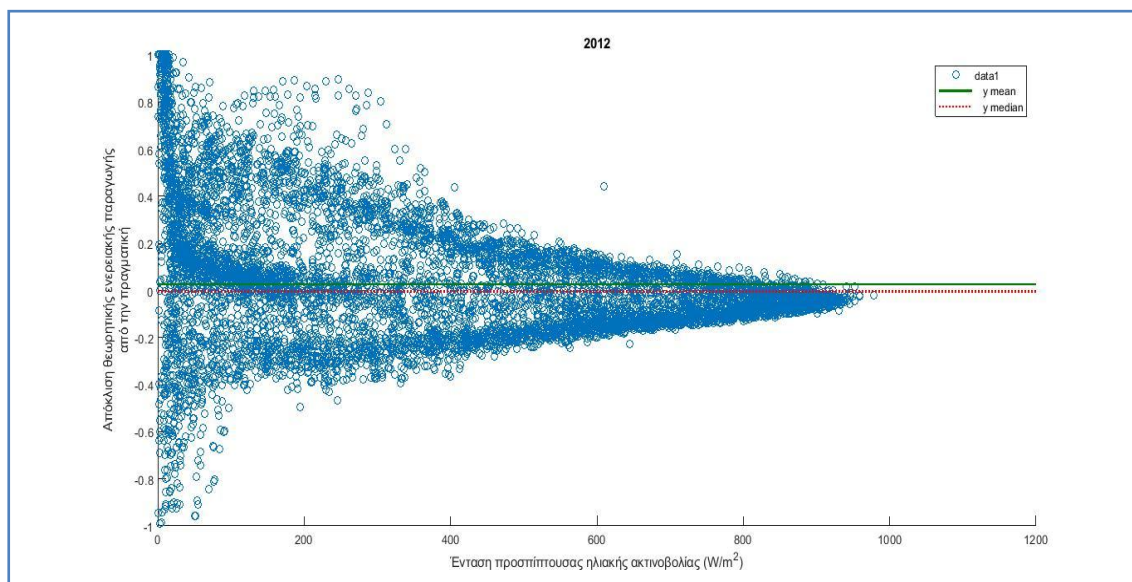
Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη)
	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2012	28,90	28,42	66,07
2013	62,03	52,18	
2014	59,54	60,50	
2015	60,98	63,00	
2016	60,05	61,88	
2017	60,89	62,07	
2018	57,70	59,10	



**Διάγραμμα 4-55 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 8, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-55 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:48. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της

μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτή η μικρή απόκλιση αποτυπώνεται στο γράφημα, αν εξαιρέσουμε το 2013 και σε συνδυασμό με τα σχετικά σταθερά επίπεδα, στα οποία κινείται η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή για όλο το χρονικό διάστημα, η λειτουργία του Πάρκο 8 φαίνεται ομαλή. Ωστόσο το ζητούμενο δεν επετεύχθη, καθώς η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή δεν προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:48).



**Διάγραμμα 4-56 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 8, 2012)**

Στο Διάγραμμα 4-56 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

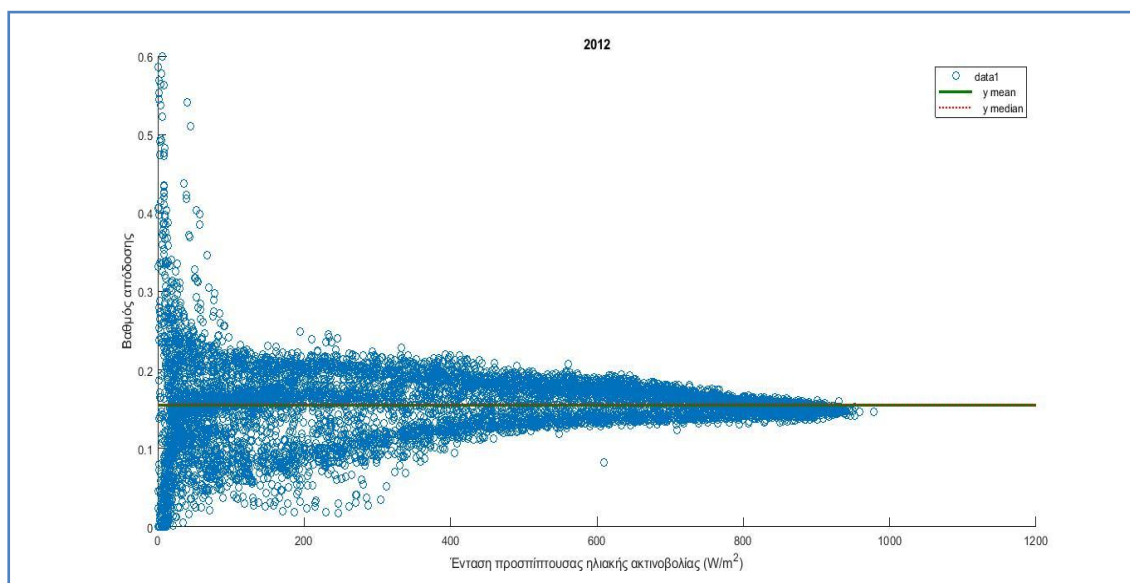
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:49 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 172 – 173).

Πίνακας 4:49 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 8, 2012-2018)

Πάρκο 8

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (%)
2012	-4.71
2013	2.75
2014	4.41
2015	4.09
2016	2.69
2017	3.41
2018	1.27



Διάγραμμα 4-57 Βαθμός απόδοσης συστήματος (Πάρκο 8, 2012)

Στο Διάγραμμα 4-57 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-56 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:50 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 189 – 190).

**Πίνακας 4:50 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 8, 2012-2018)**

**Πάρκο 8**

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2012	15.57	17.20
2013	15.20	
2014	15.01	
2015	14.83	
2016	15.03	
2017	15.13	
2018	15.08	

**Πίνακας 4:51 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 8)**

	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2012	28,90	0,486	40	375,54	60,20	22607,51	24811,93
2013	62,03	0,996					
2014	59,54	0,999					
2015	60,98	0,999					
2016	60,05	1,000					
2017	60,89	0,999					
2018	57,70	1,000					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 22607,51 €. Αυτό το ποσό είναι μικρότερο από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

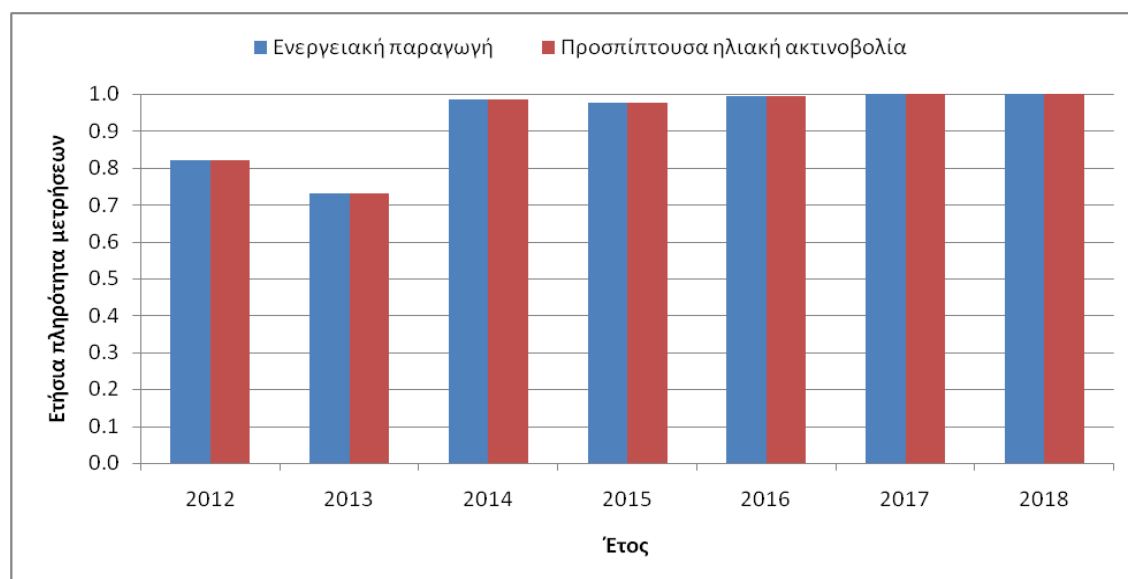
**4.3.9 Πάρκο 9**

Για το Πάρκο 9 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία φ/β πλαισίων

Πίνακας 4:52 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 9)

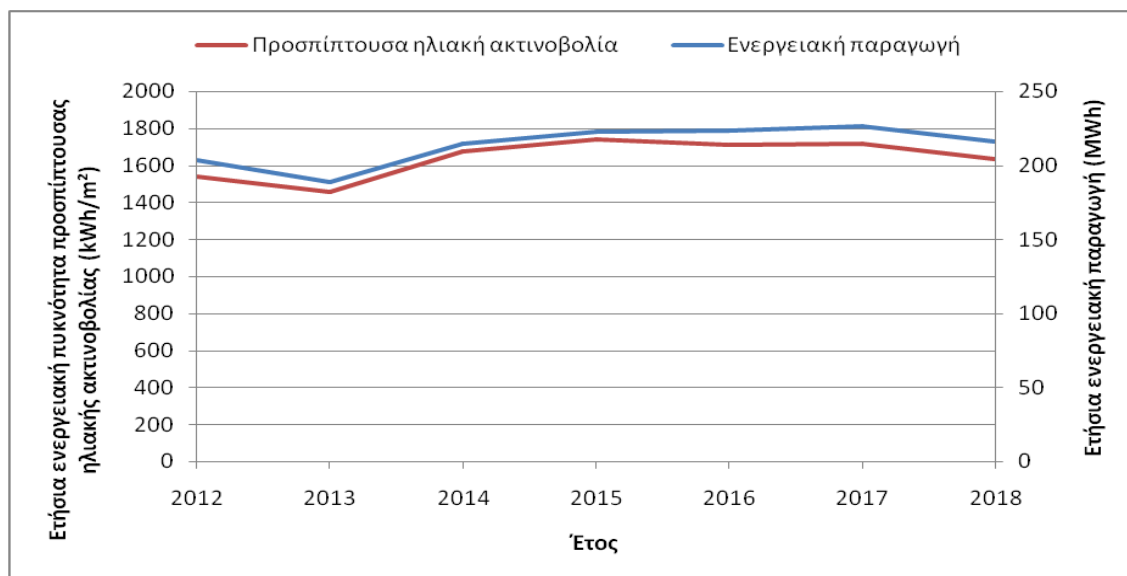
Πάρκο 9	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,155	0,144	0,163	0,170	0,170	0,172	0,164
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,821	0,730	0,985	0,976	0,996	1,000	1,000
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,821	0,730	0,985	0,976	0,996	1,000	1,000
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,821	0,730	0,985	0,974	0,996	1,000	1,000
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	0,821	0,730	0,985	0,974	0,996	1,000	1,000
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	203,43	188,87	214,72	222,97	223,51	226,18	215,85
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	1540,20	1455,31	1672,79	1741,72	1711,18	1715,91	1632,00
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	1149,94	1199,88	1060,00	1152,51	1107,56	1057,27	1069,87
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	24	26	22	21	22	21	22
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	5	2	3	-1	0	-2	3
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	50	46	48	49	48	50	45
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων(°C)	27	29	24	24	24	24	24
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	0	-3	1	-5	-4	-6	-1
Συντελεστής φορτίου	67	67	69	68	67	67	65



Διάγραμμα 4-58 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018)

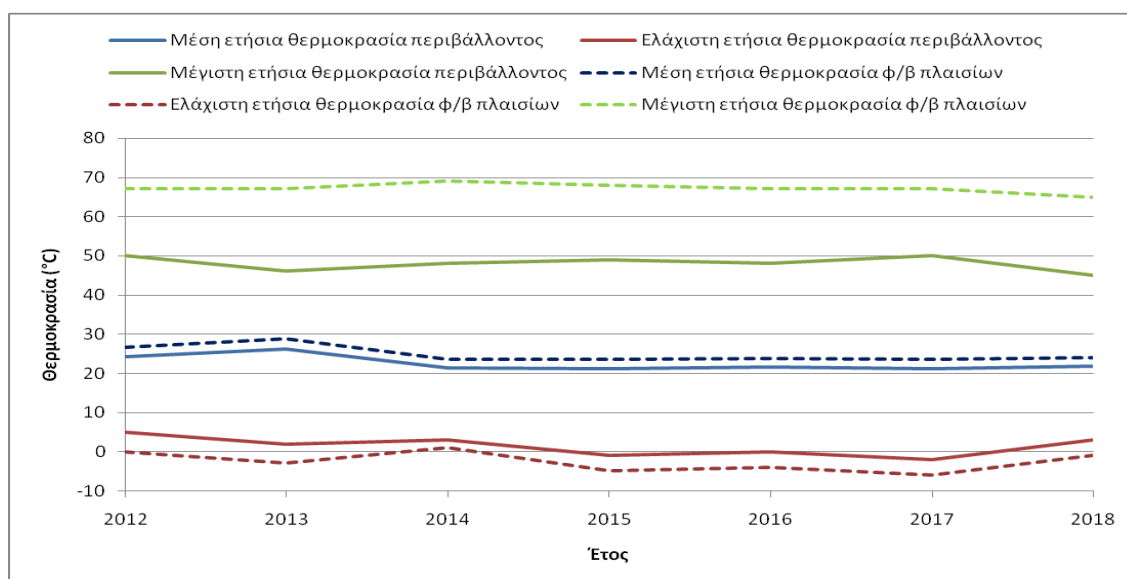
Στο Διάγραμμα 4-58 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι

ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



**Διάγραμμα 4-59 Μεταβολή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-59 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, παρατηρείται μια ανάλογη μεταβολή εκ πρώτης όψεως.



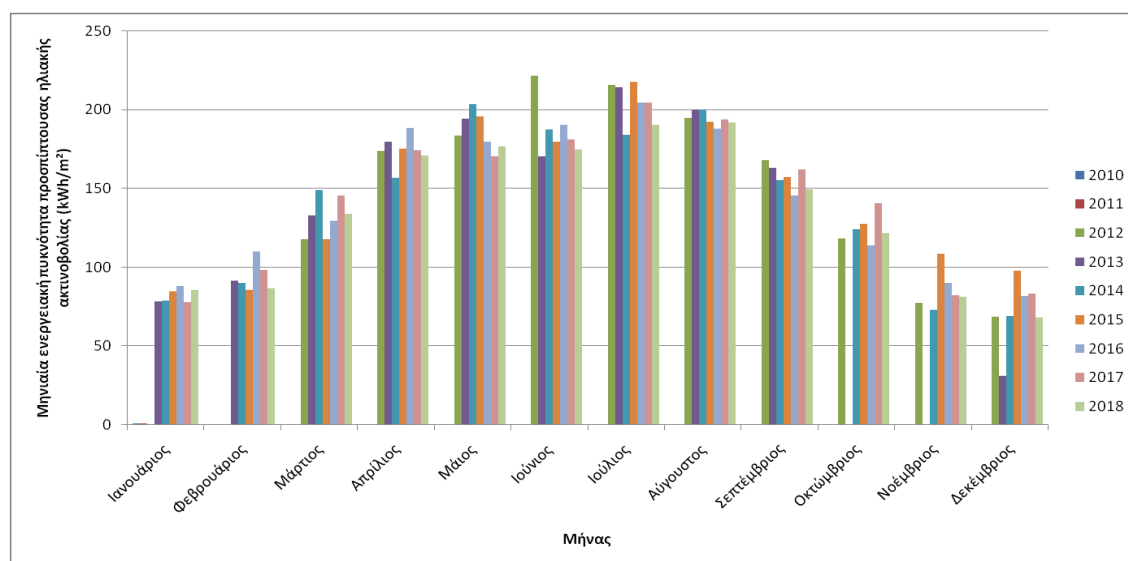
**Διάγραμμα 4-60 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 9, 2012-2018)**



Στο Διάγραμμα 4-60 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:52. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (17 – 21 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (2 – 3 °C), ενώ για τις ελάχιστες (2 – 5 °C) . Στην πραγματικότητα βέβαια, απόκλιση στις ελάχιστες ετήσιες τιμές μάλλον δεν υφίσταται και αυτή είναι αποτέλεσμα της ανοχής των αισθητήρων ( $\pm 0.8$  °C).

**Πίνακας 4:53 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[kWh/m <sup>2</sup> ]							
Ιανουάριος		78,31	78,75	84,97	87,99	77,85	85,62
Φεβρουάριος		91,27	90,03	85,85	110,30	98,54	86,58
Μάρτιος	117,79	132,92	149,01	118,07	129,54	145,76	134,14
Απρίλιος	173,79	179,78	156,86	175,56	188,47	174,51	170,86
Μάιος	183,82	194,14	203,74	195,96	180,00	170,44	176,84
Ιούνιος	221,59	170,66	187,79	179,96	190,43	181,39	174,93
Ιούλιος	215,87	214,23	184,13	217,68	204,60	204,44	190,57
Αύγουστος	194,86	200,13	200,17	192,28	188,33	193,78	191,97
Σεπτέμβριος	168,14	163,03	155,69	157,17	145,58	162,19	149,39
Οκτώβριος	118,37		124,12	127,55	114,23	141,08	121,79
Νοέμβριος	77,46		73,34	108,65	90,05	82,50	81,17
Δεκέμβριος	68,51	30,72	69,15	98,01	81,65	83,42	68,13

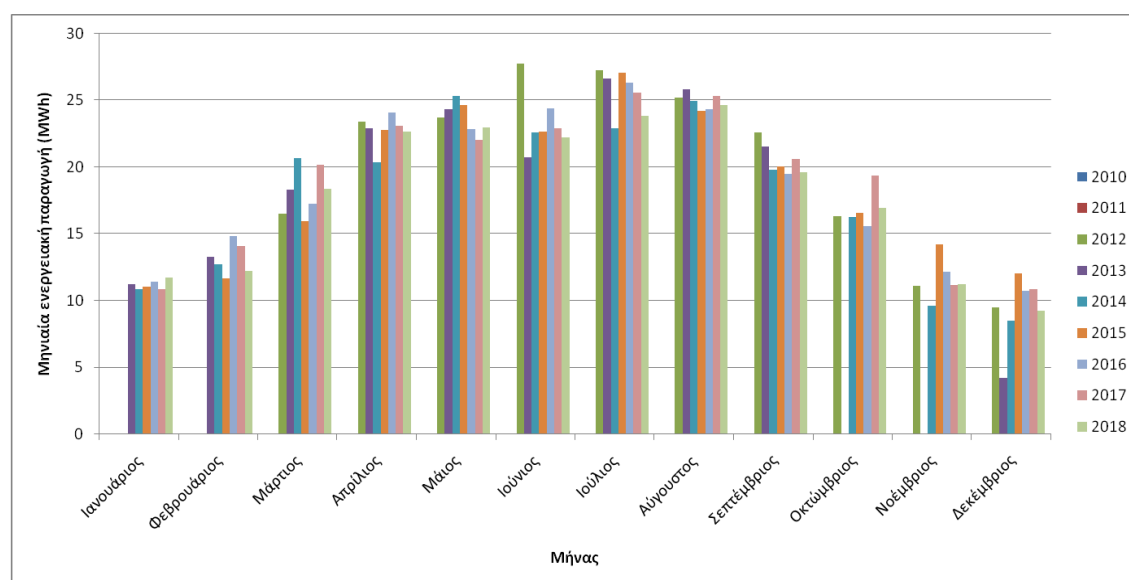


**Διάγραμμα 4-61 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-61 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:53 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:54 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]							
Ιανουάριος		11.23	10.88	11.03	11.41	10.86	11.74
Φεβρουάριος		13.26	12.73	11.67	14.83	14.08	12.26
Μάρτιος	16.49	18.28	20.70	15.94	17.27	20.19	18.41
Απρίλιος	23.39	22.88	20.35	22.82	24.07	23.12	22.67
Μάιος	23.72	24.34	25.32	24.64	22.87	22.06	22.96
Ιούνιος	27.73	20.75	22.61	22.65	24.42	22.89	22.23
Ιούλιος	27.24	26.62	22.93	27.07	26.36	25.62	23.82
Αύγουστος	25.24	25.80	24.98	24.22	24.33	25.33	24.67
Σεπτέμβριος	22.64	21.55	19.81	20.07	19.47	20.59	19.64
Οκτώβριος	16.35		16.27	16.60	15.57	19.40	16.93
Νοέμβριος	11.10		9.62	14.21	12.18	11.20	11.26
Δεκέμβριος	9.52	4.16	8.51	12.07	10.74	10.84	9.25



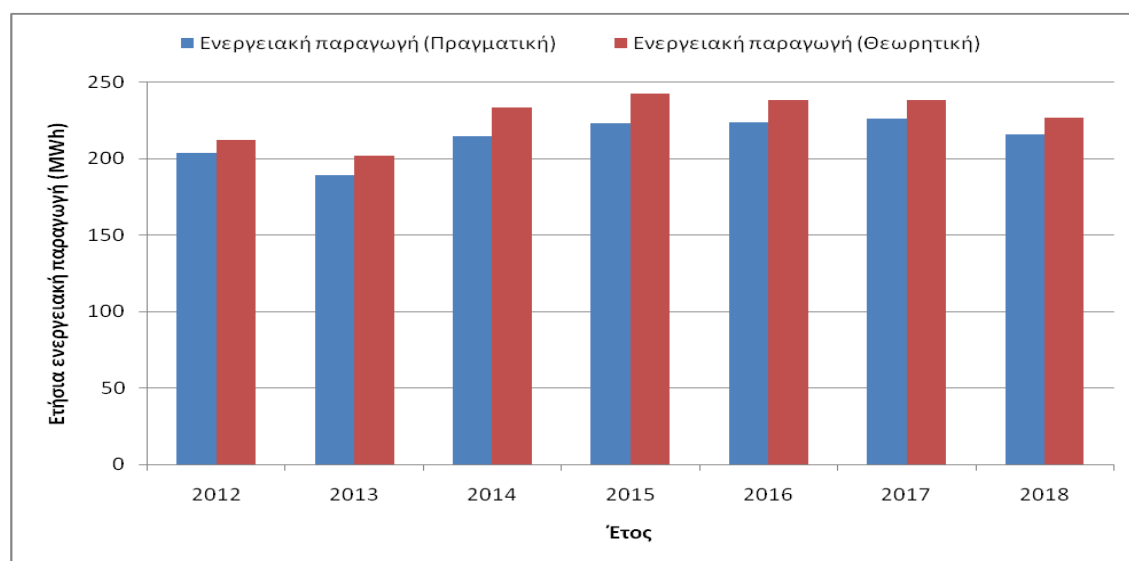
**Διάγραμμα 4-62 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-62 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:54 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Αν εξαιρέσουμε το 2013 όπου οι μετρήσεις για ορισμένους μήνες είναι ελλιπείς ή μη διαθέσιμες, για τα υπόλοιπα έτη δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον ίδιο μήνα και η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής φαίνεται σχετικά σταθερή, οπότε λογικά και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής δεν πρέπει να μεταβάλλεται αισθητά

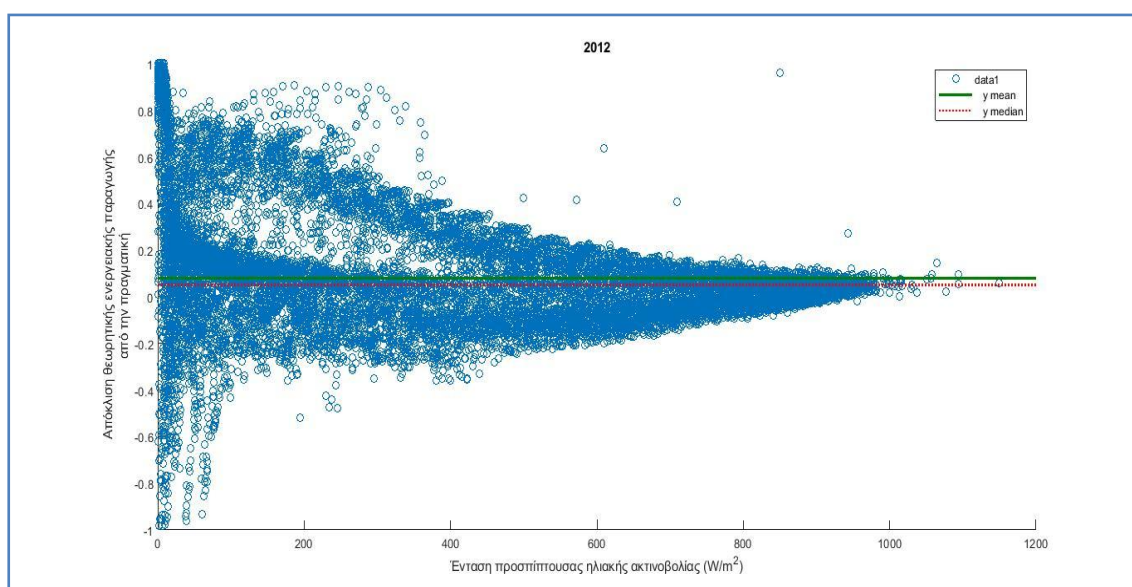
**Πίνακας 4:55 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη) [MWh]
2012	203,42	211,98	247,70
2013	188,87	201,70	
2014	214,72	233,08	
2015	222,97	242,71	
2016	223,51	238,15	
2017	226,18	238,47	
2018	215,85	226,80	



**Διάγραμμα 4-63 Σύγκριση πραγματικής ετήσιας και θεωρητικής ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-63 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:55. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτή η μικρή απόκλιση αποτυπώνεται στο γράφημα και σε συνδυασμό με τα σχετικά σταθερά επίπεδα, στα οποία κινείται η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή για όλο το χρονικό διάστημα, η λειτουργία του Πάρκο 9 φαίνεται ομαλή. Ωστόσο το ζητούμενο δεν επετεύχθη, καθώς η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή δεν προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:55).



**Διάγραμμα 4-64 Ποσοστιαία απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 9, 2012)**

Στο Διάγραμμα 4-64 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές

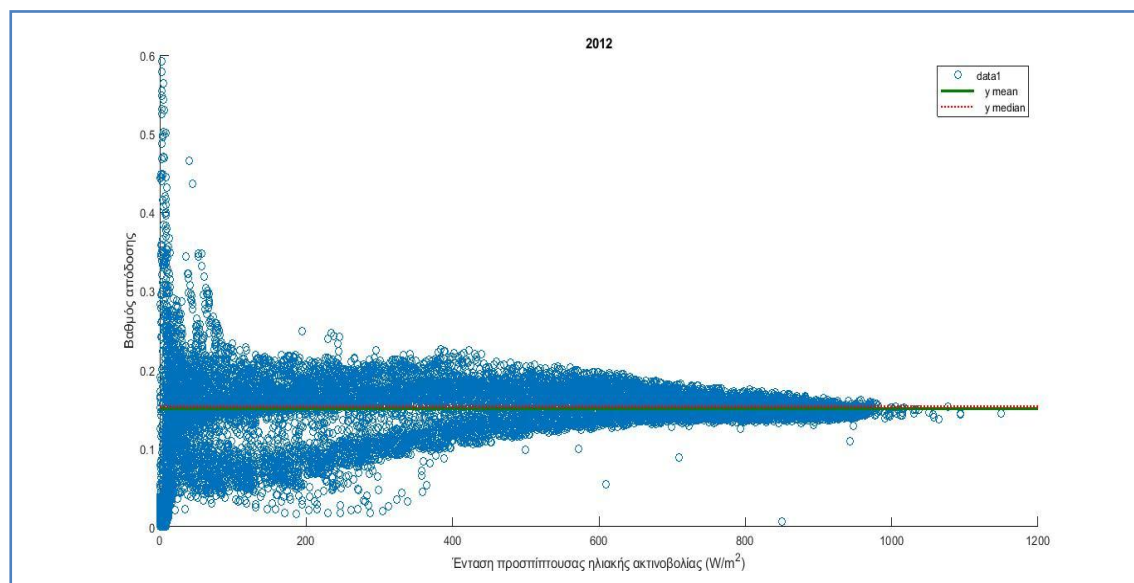
τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:56 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 174 – 175).

**Πίνακας 4:56 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Πάρκο 9

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (%)
2012	4.96
2013	6.41
2014	8.94
2015	8.14
2016	6.95
2017	5.96
2018	5.44



**Διάγραμμα 4-65 Βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας (Πάρκο 9, 2012)**

Στο Διάγραμμα 4-65 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-64 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:57 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 191 – 192).

**Πίνακας 4:57 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 9, 2012-2018)**

Πάρκο 9

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2012	15.25	17.20
2013	14.89	
2014	14.80	
2015	14.83	
2016	15.08	
2017	15.26	
2018	15.38	

**Πίνακας 4:58 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 9)**

	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2012	203,42	0,821	150	333,81	220,65	73655,18	82684,74
2013	188,87	0,730					
2014	214,72	0,985					
2015	222,97	0,976					
2016	223,51	0,996					
2017	226,18	1,000					
2018	215,85	1,000					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 95%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 73655,18 €. Αυτό το ποσό είναι μικρότερο από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

#### 4.3.10 Πάρκο 10

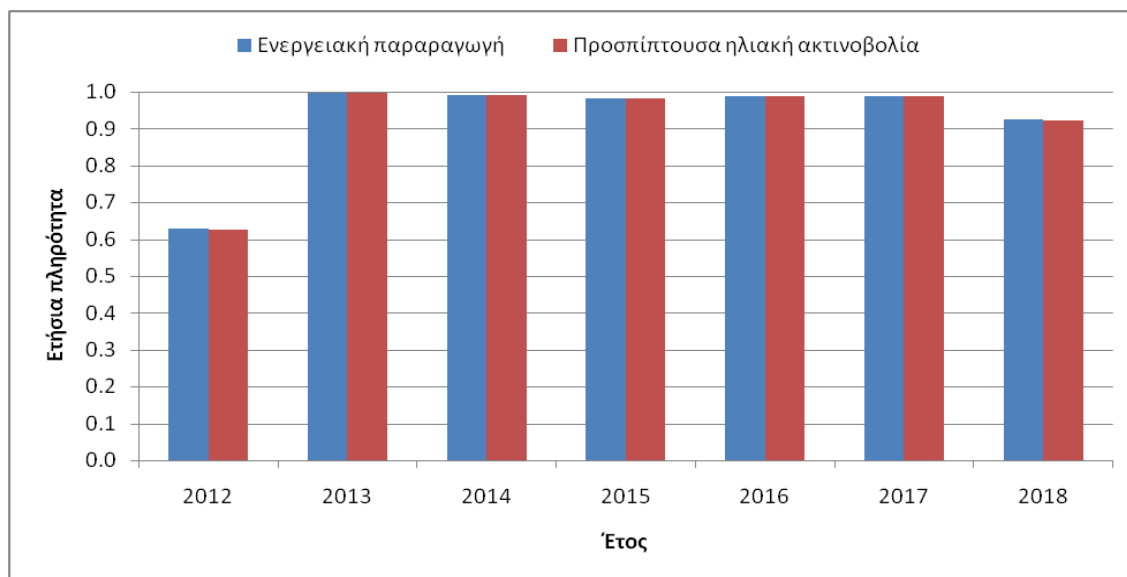
Για το Πάρκο 10 εκτός από τις μετρήσεις ενεργειακής παραγωγής, κατέστη εφικτή η λήψη των εξής μετεωρολογικών δεδομένων:

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων υπολογίστηκε μέσω της Εξίσωσης 4.1.

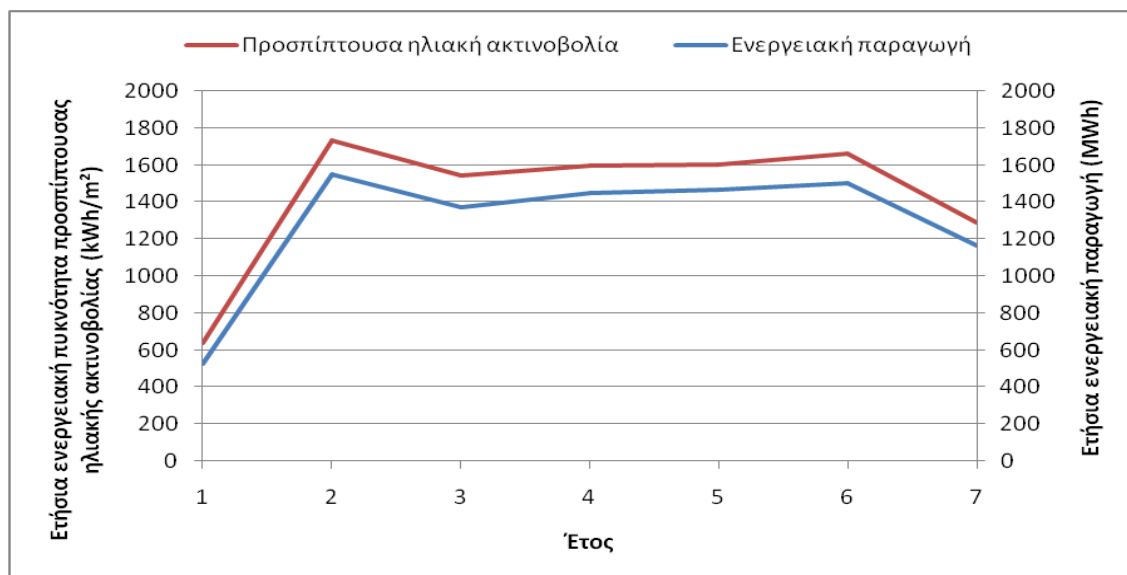
Πίνακας 4:59 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Πάρκο 10)

Πάρκο 10	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	0,628	0,996	0,992	0,982	0,989	0,988	0,925
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	0,625	0,996	0,991	0,981	0,988	0,987	0,922
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας περιβάλλοντος	0,625	0,996	0,991	0,981	0,983	0,989	0,927
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων θερμοκρασίας φ/β πλαισίων	0,625	0,996	0,991	0,981	0,983	0,986	0,922
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	526,44	1547,03	1372,49	1449,49	1468,23	1503,76	1166,22
Ετήσια ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	637,68	1732,94	1546,26	1599,82	1604,10	1663,34	1292,18
Μέγιστη ετήσια τιμή έντασης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (W/m <sup>2</sup> )	1099,38	1166,00	1164,00	1160,12	1128,17	1119,11	1147,43
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	16	17	17	16	17	17	16
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	-2	-7	-5	-8	-7	-12	-6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	45	45	44	44	49	49	44
Μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	21	23	22	22	23	23	21
Ελάχιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	-2	-7	-5	-8	-7	-12	-6
Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας φ/β πλαισίων (°C)	75	70	70	70	76	73	69
Συντελεστής φορτίου	0,060	0,177	0,157	0,165	0,168	0,172	0,133



Διάγραμμα 4-66 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018)

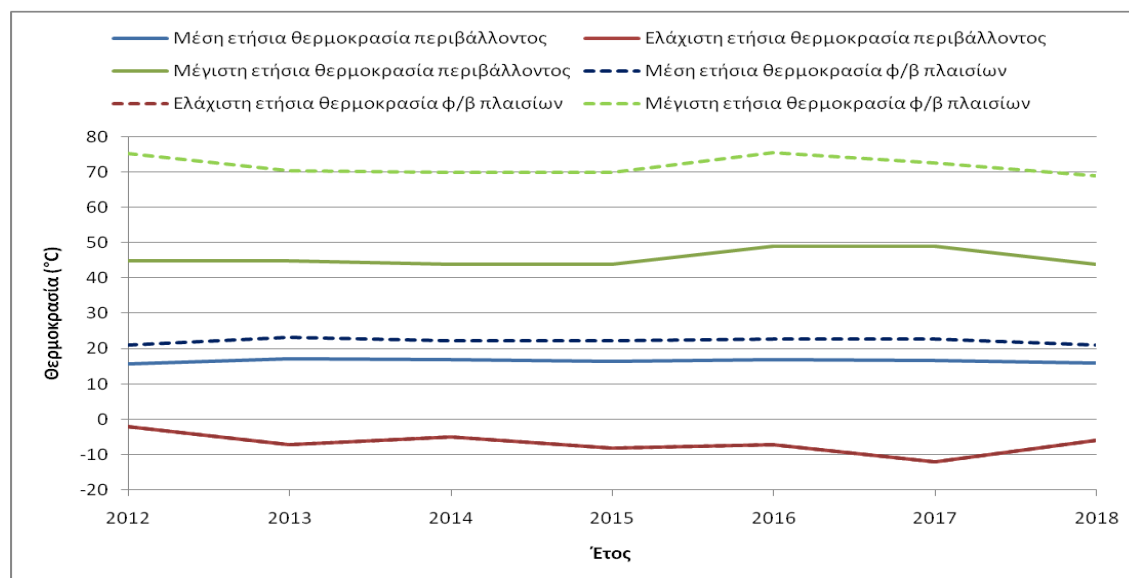
Στο Διάγραμμα 4-66 αποτυπώνεται η πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής φ/β συστήματος και προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018. Παρατηρείται ότι η πληρότητα και για τα δυο μεγέθη κινείται σε παρόμοια επίπεδα για κάθε έτος. Επομένως εφόσον η λειτουργία του φ/β πάρκου για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι ομαλή, σε μια σύγκριση ετήσιων συνόλων για τα δύο μεγέθη αναμένεται μια ανάλογη μεταβολή.



Διάγραμμα 4-67 Διακύμανση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018)



Στο Διάγραμμα 4-67 απεικονίζονται η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018. Εξετάζοντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες, παρατηρείται μια ανάλογη μεταβολή εκ πρώτης όψεως.

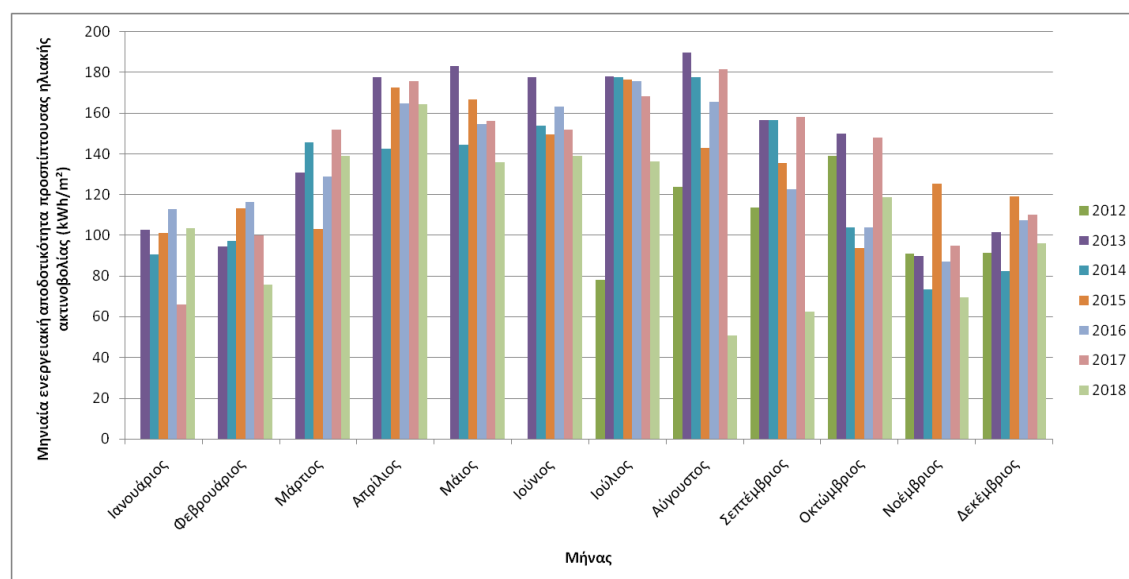


**Διάγραμμα 4-68 Μεταβολή της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων (Πάρκο 10)**

Στο Διάγραμμα 4-68 απεικονίζεται η μεταβολή τη μέσης ετήσιας, της μέγιστης ετήσιας και της ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές περιέχονται στον Πίνακα 4:59. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται στις μέγιστες ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας τους (24 – 30 °C), για τις μέσες ετήσιες τιμές η απόκλιση είναι (5 – 6 °C), ενώ οι ελάχιστες ετήσιες τιμές είναι ίδιες. Επειδή για το Πάρκο 10, η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων για όλα τα έτη προέκυψε υπολογιστικά, οι τιμές της ενδεχομένως είναι λιγότερο ακριβείς.

**Πίνακας 4:60 Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε έτος (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας [kWh/m <sup>2</sup> ]	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ιανουάριος	0,00	102,84	90,81	101,24	112,98	65,90	103,53
Φεβρουάριος	0,00	94,56	97,10	113,35	116,46	100,15	75,64
Μάρτιος	0,00	130,86	145,59	102,98	128,80	151,89	139,08
Απρίλιος	0,00	177,80	142,66	172,76	164,85	175,73	164,58
Μάιος	0,00	183,13	144,38	166,68	154,69	156,20	136,13
Ιούνιος	0,00	177,73	153,89	149,53	163,38	152,04	139,02
Ιούλιος	78,17	178,04	177,85	176,38	175,87	168,36	136,28
Αύγουστος	123,94	190,03	177,71	142,86	165,76	181,57	50,75
Σεπτέμβριος	113,84	156,70	156,71	135,61	122,64	158,27	62,52
Οκτώβριος	139,25	150,05	103,71	93,83	103,85	148,13	118,82
Νοέμβριος	91,06	89,83	73,30	125,58	87,24	94,93	69,66
Δεκέμβριος	91,42	101,38	82,55	119,01	107,59	110,18	96,16

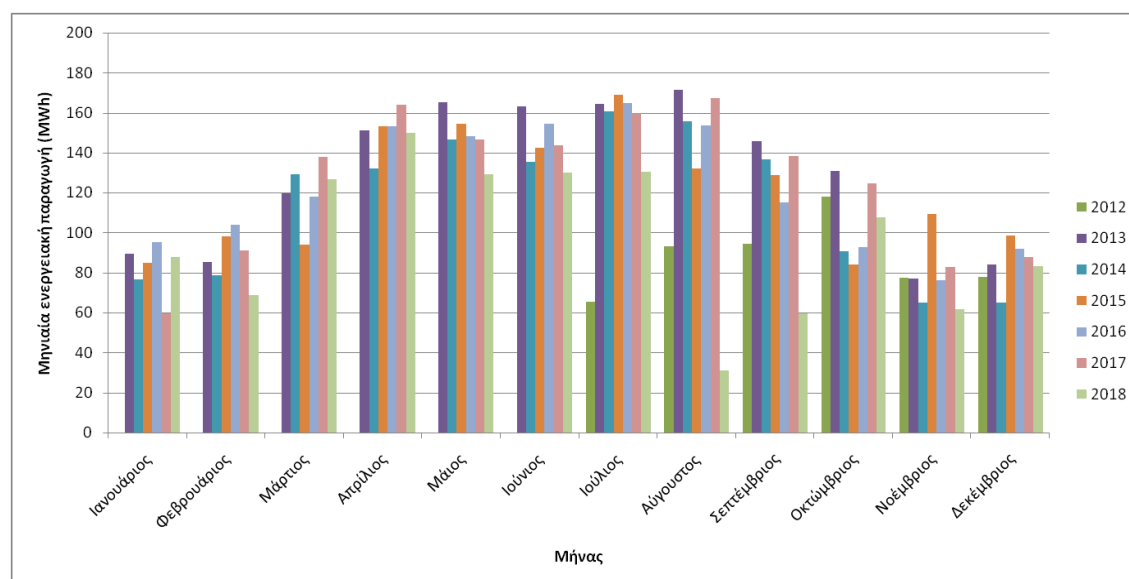


**Διάγραμμα 4-69 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-69 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:60 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 4:61 Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για κάθε έτος (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Μηνιαία ενεργειακή παραγωγή	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
[MWh]							
Ιανουάριος		89.40	76.55	84.78	95.41	59.76	87.68
Φεβρουάριος		85.19	78.80	98.21	104.05	91.06	68.85
Μάρτιος		119.54	129.26	94.18	117.90	138.06	126.88
Απρίλιος		151.16	131.93	153.18	153.25	163.93	150.15
Μάιος		165.23	146.43	154.68	148.29	146.60	129.23
Ιούνιος		163.19	135.26	142.33	154.51	143.90	130.06
Ιούλιος	65.56	164.47	160.86	169.02	164.94	159.70	130.39
Αύγουστος	93.04	171.36	155.77	132.05	153.50	167.21	30.95
Σεπτέμβριος	94.31	145.64	136.67	128.91	115.18	138.42	59.50
Οκτώβριος	118.07	130.71	90.56	84.26	92.94	124.67	107.56
Νοέμβριος	77.66	76.94	65.20	109.36	76.27	82.81	61.66
Δεκέμβριος	77.79	84.20	65.20	98.54	92.02	87.64	83.31



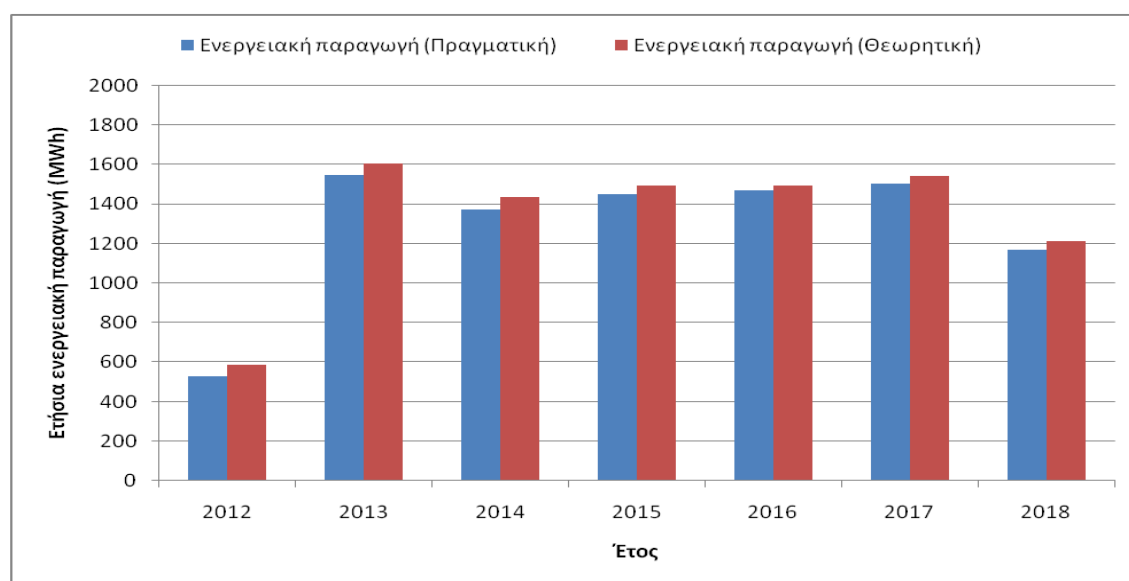
**Διάγραμμα 4-70 Ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-70 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής για το 2012 – 2018, ενώ στον Πίνακα 4:61 περιέχονται οι ακριβείς τιμές της για κάθε έτος. Από τον Ιανουάριο και μετά παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, η οποία κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, ακολουθώντας μια σταδιακή μείωση, για να φτάσει τον Δεκέμβριο πάλι στα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεγαλύτερες τιμές για κάθε έτος, εντοπίζονται κατά βάση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ενώ οι μικρότερες τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Η μεταβολή της είναι ανάλογη με αυτή της ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Γενικότερα παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις από έτος σε έτος για τον ίδιο μήνα, οπότε λογικά και το ετήσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής μεταβάλλεται σε σημαντικό βαθμό από έτος σε έτος.

**Πίνακας 4:62 Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική, Θεωρητική, Εκτιμώμενη) (Πάρκο 10, 2012-2018)**

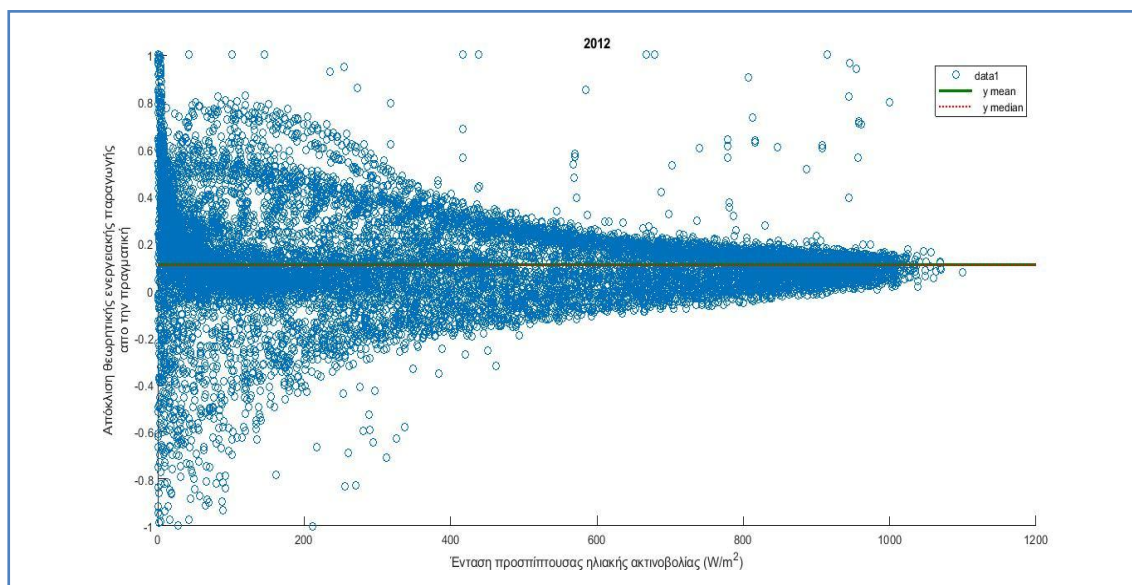
Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Πραγματική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Θεωρητική) [MWh]	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (Εκτιμώμενη) [MWh]
2012	526,44	584,94	1333,20
2013	1547,03	1602,99	
2014	1372,49	1433,46	
2015	1449,49	1491,67	
2016	1468,23	1490,93	
2017	1503,76	1542,36	
2018	1166,22	1211,04	



**Διάγραμμα 4-71 Σύγκριση ετήσιας πραγματικής και ετήσιας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Στο Διάγραμμα 4-71 αποτυπώνονται η ετήσια πραγματική και η ετήσια θεωρητική ενεργειακή παραγωγή για το 2012 – 2018, ενώ οι ακριβείς τιμές τους περιέχονται στον Πίνακα 4:62. Θεωρητικά αναμένεται μια μικρή απόκλιση, καθώς η θεωρητική ενεργειακή παραγωγή εκφράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η φ/β συστοιχία, ενώ η πραγματική ενεργειακή παραγωγή αποτυπώνει την ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια που εξάγεται από το φ/β σύστημα. Αυτό συνεπάγεται και απώλειες μετατροπής κατά τη διαδρομή που ακολουθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της φ/β συστοιχίας έως ότου φτάσει στην τελική της μορφή, έτοιμη προς διοχέτευση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτή η μικρή απόκλιση αποτυπώνεται

στο γράφημα και σε συνδυασμό με τα σχετικά σταθερά επίπεδα, στα οποία κινείται η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή για όλο το χρονικό διάστημα, η λειτουργία του Πάρκο 10 φαίνεται ομαλή. Το ζητούμενο επίσης επετεύχθη, καθώς η ετήσια πραγματική ενεργειακή παραγωγή όχι μόνο προσεγγίζει, αλλά ξεπερνάει σε σημαντικό βαθμό αυτή που εκτιμήθηκε από το PVGIS (Πίνακας 4:62), για τα έτη με ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων.



**Διάγραμμα 4-72 Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 10, 2012)**

Στο Διάγραμμα 4-72 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, η απόκλιση της θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει η απόκλιση, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών. Μέσα σε αυτό το σύνολο τιμών παρατηρείται ότι η απόκλιση ως επί το πλείστον κυμαίνεται εντός μικρότερων ορίων, όσο η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνεται. Αντίθετα όσο η ένταση μειώνεται, οι τιμές διαφοροποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό, το οποίο βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνει και ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μετρητικά όργανα δεν έχουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και σε συνδυασμό με τη χαμηλή συχνότητα καταγραφής (15 λεπτά), η πιθανότητα σφάλματος ειδικότερα για τις χαμηλότερες τιμές είναι μεγαλύτερη.

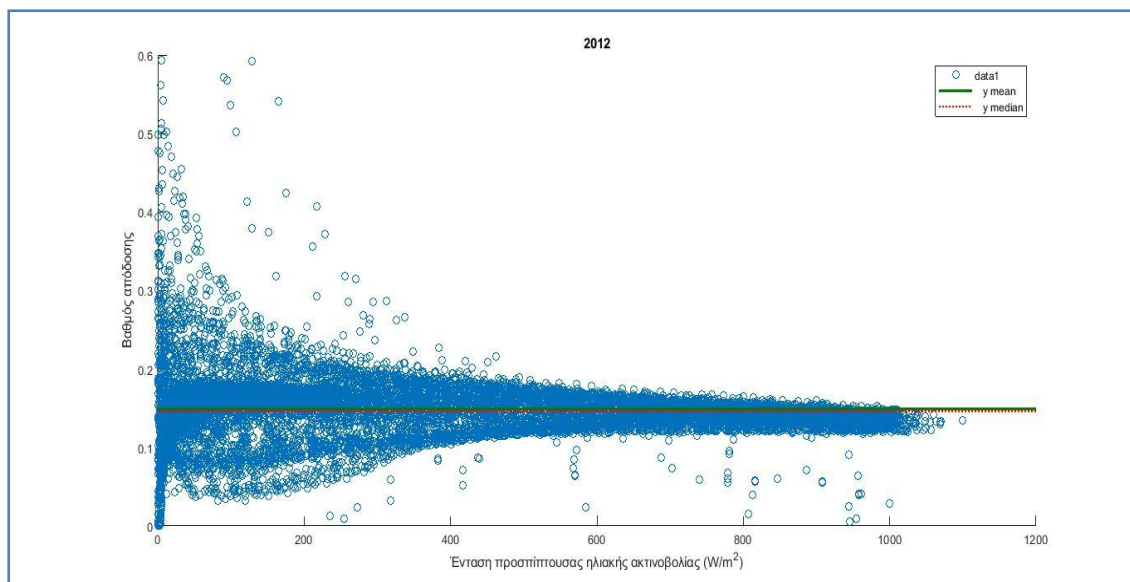
Σε τέτοιες περιπτώσεις ακριβώς επειδή η τιμή που θα αποδώσει η διάμεσος δεν επηρεάζεται από ένα ποσοστό των μετρήσεων που παίρνει εξαιρετικά μεγάλες ή μικρές τιμές, προτιμάται η χρήση της για την αποτύπωση της μέσης απόκλισης θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική.

Στον Πίνακα 4:63 περιέχονται οι τιμές για τη μέση απόκλιση κάθε έτους, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α (σελ. 176 – 177).

Πίνακας 4:63 Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (Πάρκο 10, 2012-2018)

Πάρκο 10

Έτος	Μέση απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική
	(%)
2012	10.76
2013	5.44
2014	6.43
2015	9.00
2016	3.11
2017	4.59
2018	5.32



Διάγραμμα 4-73 Βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας (Πάρκο 10, 2012)

Στο Διάγραμμα 4-73 αποτυπώνεται για κάθε μέτρηση, ο βαθμός απόδοσης του φ/β συστήματος, σε σχέση με τις τιμές που παίρνει η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για το 2012. Τα διάσπαρτα σημεία αναπαριστούν τις τιμές που λαμβάνει ο βαθμός απόδοσης, ενώ με πράσινη γραμμή αποτυπώνεται ο αριθμητικός μέσος όρος και με κόκκινη η διάμεσος των τιμών.

Οι παρατηρήσεις ως προς την μορφή που έχει πάρει το γράφημα είναι παρόμοιες με αυτές του Διαγράμματος 4-72 και έτσι για την αποτύπωση της μέσης τιμής επιλέχθηκε η διάμεσος.

Στον Πίνακα 4:64 περιέχονται οι τιμές για το μέσο βαθμό απόδοσης κάθε έτους μαζί με τον ονομαστικό βαθμό απόδοσης κυψέλης, ενώ τα αντίστοιχα Διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Β (σελ. 193 – 194).

**Πίνακας 4:64 Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β μονάδας και ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (Πάρκο 10, 2012-2018)**

Πάρκο 10

Έτος	Μέσος βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (%)	Ονομαστικός βαθμός απόδοσης κυψέλης (%)
2012	14.68	17.20
2013	15.37	
2014	15.31	
2015	14.61	
2016	15.78	
2017	15.44	
2018	15.69	

**Πίνακας 4:65 Μέσο ετήσιο εισόδημα (Πάρκο 10)**

Έτος	Ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Πληρότητα	Ονομαστική ισχύς (kW)	Τιμή μεγαβατώρας (€)	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Μέσο ετήσιο εισόδημα (€)	Ετήσιο εισόδημα (Εκτιμώμενο) (€)
2012	526,44	0,628	1000	333,81	1468,20	490099,84	445035,49
2013	1547,03	0,996					
2014	1372,49	0,992					
2015	1449,49	0,982					
2016	1468,23	0,989					
2017	1503,76	0,988					
2018	1166,22	0,925					

Υπολογίζοντας αρχικά τη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη τα έτη για τα οποία η πληρότητα μετρήσεων είναι μεγαλύτερη του 90%, το μέσο ετήσιο εισόδημα προέκυψε ως 490099,84 €. Αυτό το ποσό είναι μεγαλύτερο από αυτό που είχε εκτιμηθεί.

#### 4.4 Σύγκριση Φ/Β πάρκων

Έχοντας αξιολογήσει τα δεδομένα για κάθε φ/β πάρκο μεμονωμένα, το επόμενο βήμα είναι η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης και των εισοδημάτων τους. Σε αυτή τη διαδικασία συμπεριλαμβάνονται φ/β πάρκα, στα οποία υφίσταται μια ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής (>95%), για τα περισσότερα έτη. Επίσης μπορεί η πλειονότητα τους να αποτελείται από φ/β συστήματα της τάξεως των 100 kW, υφίστανται όμως και φ/β πάρκα διαφορετικού μεγέθους, με πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια ονομαστική ισχύ, επομένως μια σύγκριση της μέσης ετήσιας ενεργειακής παραγωγής και του μέσου ετήσιου εισοδήματος θα ήταν αχρείαστη. Γι' αυτό το λόγο, αυτό που εξετάζεται είναι:

- Η μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ (MWh/kW)
- Ο μέσος συντελεστής φορτίου
- Το μέσο ετήσιο εισόδημα ανηγμένο ως προς την ονομαστική ισχύ (€/kW)

Πίνακας 4:66 Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής για κάθε φ/β πάρκο

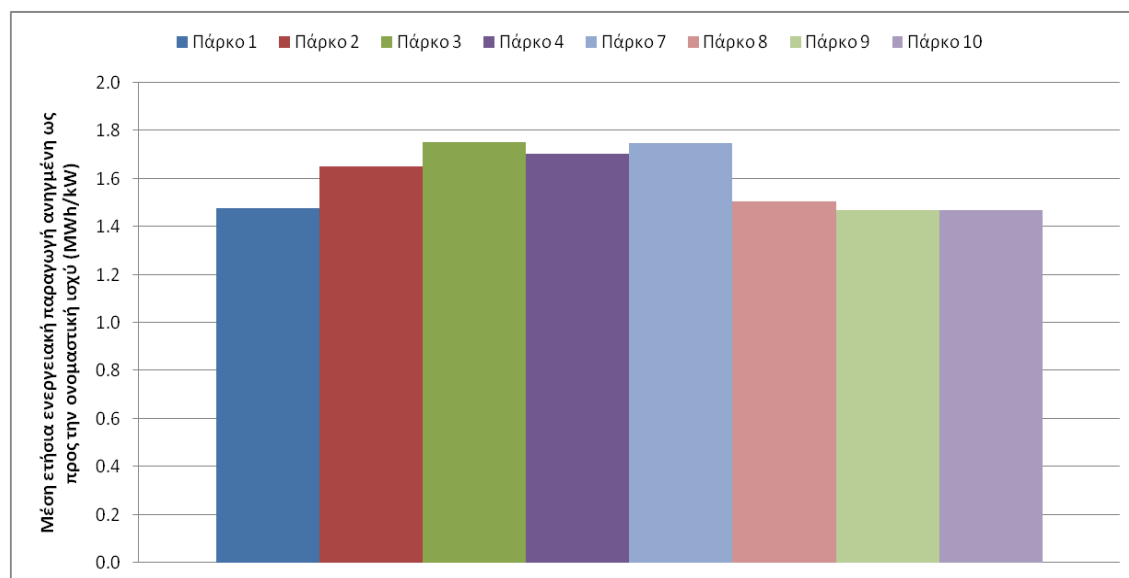
Ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής	Πάρκο 1	Πάρκο 2	Πάρκο 3	Πάρκο 4	Πάρκο 5	Πάρκο 6	Πάρκο 7	Πάρκο 8	Πάρκο 9	Πάρκο 10
2010	0,27	0,44	0,30	0,30	0,81					
2011	0,97	0,90	1,00	0,99	0,71	0,27	0,26			
2012	0,97	1,00	1,00	1,00	0,77	0,83	1,00	0,49	0,82	0,63
2013	1,00	0,97	1,00	1,00	0,45	0,91	0,99	1,00	0,73	1,00
2014	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,12	0,97	1,00	0,98	0,99
2015	1,00	0,97	1,00	0,99	0,72	0,75	1,00	1,00	0,98	0,98
2016	0,97	1,00	1,00	0,99	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
2017	0,94	0,99	0,98	0,96	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
2018	0,97	0,84	0,83	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92

Ο Πίνακας 4:66 εμπεριέχει την ετήσια πληρότητα μετρήσεων ενεργειακής παραγωγής, για όλο το διάστημα που εξετάζεται σε κάθε φ/β πάρκο. Οι τιμές με πράσινο χρώμα αποτυπώνουν τα έτη με πληρότητα μετρήσεων άνω του 95%, ενώ οι υπόλοιπες χρωματίζονται με κόκκινο. Εν τέλει, στα οκτώ από τα δέκα φ/β πάρκα υφίσταται ικανοποιητική πληρότητα μετρήσεων για τα περισσότερα έτη και την εξαίρεση αποτελούν τα Πάρκο 5 και 6, τα οποία δεν θα συμπεριληφθούν στη σύγκριση.



**Πίνακας 4:67 Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ**

Ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ (MWh/kW)	Πάρκο 1	Πάρκο 2	Πάρκο 3	Πάρκο 4	Πάρκο 7	Πάρκο 8	Πάρκο 9	Πάρκο 10
2010	0.26	0.65	0.39	0.38				
2011	1.47	1.52	1.80	1.75	0.38			
2012	1.48	1.76	1.80	1.76	1.87	0.72	1.36	0.53
2013	1.46	1.66	1.76	1.73	1.84	1.55	1.26	1.55
2014	1.38	1.11	1.73	1.68	1.78	1.49	1.43	1.37
2015	1.45	1.59	1.73	1.67	1.78	1.52	1.49	1.45
2016	1.61	1.69	1.75	1.72	1.75	1.50	1.49	1.47
2017	1.58	1.68	1.70	1.65	1.62	1.52	1.51	1.50
2018	1.49	1.18	1.54	1.66	1.58	1.44	1.44	1.17
Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ (MWh/kW)	1.48	1.65	1.75	1.70	1.75	1.50	1.47	1.47



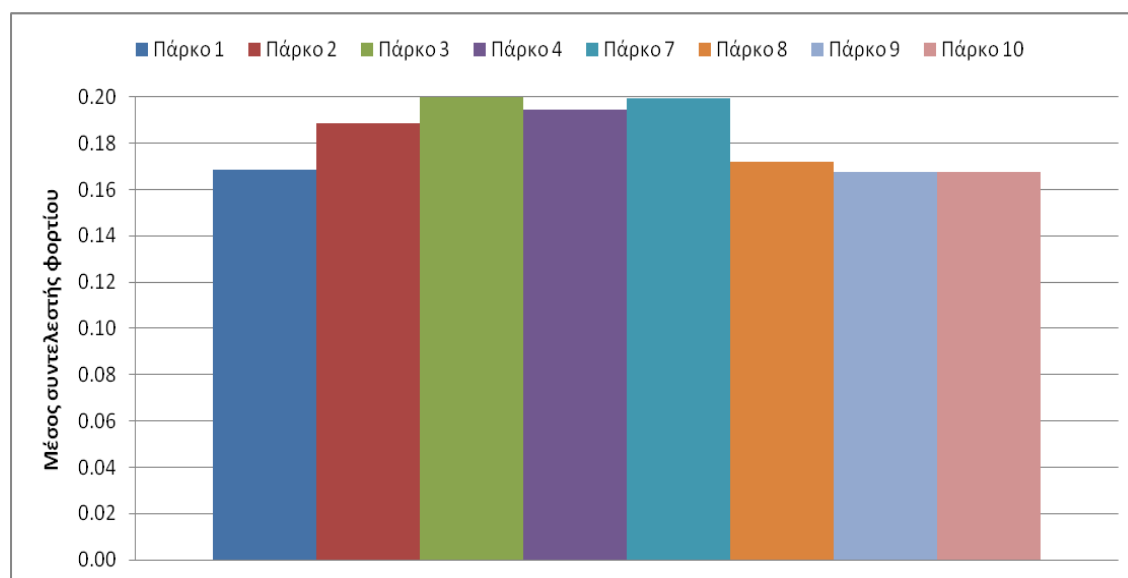
**Διάγραμμα 4-74 Σύγκριση μέσης ετήσιας ενεργειακής παραγωγής ανηγμένης ως προς την ονομαστική ισχύ**

Στο Διάγραμμα 4-74 απεικονίζεται η μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ κάθε φ/β πάρκου, ενώ οι ακριβείς της τιμές εμπεριέχονται στον Πίνακα 4:67. Στον ίδιο πίνακα, με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές που λήφθηκαν υπόψη για τον υπολογισμό της μέσης τιμής. Στα ίδια επίπεδα είναι τα Πάρκο 3 και 7, έχοντας και τις υψηλότερες τιμές, ενώ τη χαμηλότερη τιμή μοιράζονται τα Πάρκο 9 και 10. Με εξαίρεση πάντως το Πάρκο 1, τα φ/β πάρκα που τοποθετούνται σε Λακωνία και Μεσσηνία,

κατά γενική ομολογία παράγουν μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλοβάτ εγκατεστημένης ισχύος, σε σύγκριση με αυτά που τοποθετούνται σε Αττική και Λάρισα. Επίσης άξιο αναφοράς είναι, ότι το Πάρκο 7 λόγω και του διαφορετικού συστήματος στήριξης (ηλιοστάτες διπλού άξονα) σε σύγκριση με τα υπόλοιπα φ/β πάρκα (σταθερές βάσεις), θα αναμενόταν να αποδώσει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας.

**Πίνακας 4:68 Μέσος συντελεστής φορτίου**

Συντελεστής φορτίου	Πάρκο 1	Πάρκο 2	Πάρκο 3	Πάρκο 4	Πάρκο 7	Πάρκο 8	Πάρκο 9	Πάρκο 10
2010	0,030	0,075	0,030	0,043				
2011	0,168	0,173	0,205	0,200	0,044			
2012	0,169	0,201	0,205	0,201	0,214	0,082	0,155	0,060
2013	0,166	0,190	0,202	0,198	0,210	0,177	0,144	0,177
2014	0,158	0,127	0,197	0,192	0,204	0,170	0,163	0,157
2015	0,165	0,182	0,198	0,191	0,203	0,174	0,170	0,165
2016	0,183	0,193	0,200	0,196	0,200	0,171	0,170	0,168
2017	0,180	0,192	0,194	0,188	0,185	0,174	0,172	0,172
2018	0,170	0,134	0,176	0,189	0,181	0,165	0,164	0,133
Μέσος συντελεστής φορτίου	0,168	0,189	0,200	0,194	0,200	0,172	0,168	0,168

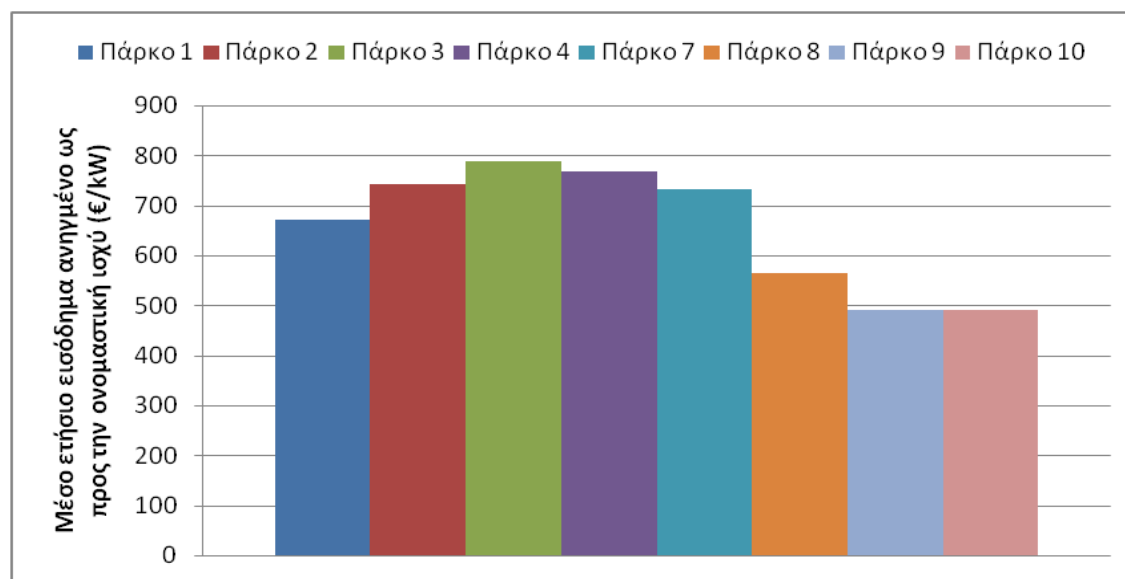


**Διάγραμμα 4-75 Σύγκριση μέσου συντελεστή φορτίου**

Στο Διάγραμμα 4-75 αποτυπώνεται ο μέσος συντελεστής φορτίου για κάθε φ/β πάρκο, ενώ στον Πίνακα 4:68 εμπεριέχονται οι ακριβείς τιμές του. Στον ίδιο πίνακα, με πράσινο χρώμα εντοπίζονται οι τιμές που λήφθηκαν υπόψη για τον υπολογισμό της μέσης τιμής. Όπως και προηγουμένως, έτσι και εδώ τις υψηλότερες τιμές μοιράζονται τα Πάρκο 3 και 7, ενώ τις μικρότερες τα Πάρκο 9 και 10. Όπως επίσης, με εξαίρεση το Πάρκο 1, τα φ/β πάρκα που τοποθετούνται σε Λακωνία και Μεσσηνία, σε σύγκριση με αυτά που τοποθετούνται σε Αττική και Λάρισα, κάλυψαν σε μεγαλύτερο ποσοστό την μέγιστη παραγόμενη ενέργεια που θα απέδιδαν εφόσον λειτουργούσαν για όλο το έτος βάσει ονομαστική ισχύος.

**Πίνακας 4:69 Μέσο ετήσιο εισόδημα ανηγμένο ως προς την ονομαστική ισχύ για κάθε φ/β πάρκο**

α/α	Τιμή πώλησης μεγαβατώρας	Μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ	Μέσο ετήσιο εισόδημα ανηγμένο ως προς την ονομαστική ισχύ
	(€)	(MWh/kW)	(€/kW)
Πάρκο 1	450	1,48	666,00
Πάρκο 2	450	1,65	742,50
Πάρκο 3	450	1,75	787,50
Πάρκο 4	450	1,70	765,00
Πάρκο 7	419,43	1,75	734,00
Πάρκο 8	375,54	1,50	563,31
Πάρκο 9	333,81	1,47	490,70
Πάρκο 10	333,81	1,47	490,70



**Διάγραμμα 4-76 Σύγκριση μέσου ετήσιου εισοδήματος ανηγμένου ως προς την ονομαστική ισχύ**

Στο Διάγραμμα 4-76 αποτυπώνεται το μέσο ετήσιο εισόδημα ανηγμένο ως προς την ονομαστική ισχύ για κάθε φ/β πάρκο, ενώ οι ακριβείς τιμές εμπεριέχονται στον Πίνακα 4:69. Το μεγαλύτερο μέσο ετήσιο εισόδημα επιφέρει το Πάρκο 3, ενώ το μικρότερο, τα Πάρκο 9 και 10. Αυτό που παρατηρείται είναι, ότι τα φ/β πάρκα που τοποθετούνται σε Λακωνία και Μεσσηνία είναι πιο προσοδοφόρα, σε σύγκριση με αυτά που τοποθετούνται σε Αττική και Λάρισα. Αυτή η διαφοροποίηση έγκειται σε δύο παράγοντες

- την υψηλότερη μέση ετήσια ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ
- την υψηλότερη τιμή πώλησης μεγαβατώρας παραγόμενης ενέργειας

#### 4.5 Επίδραση της τοποθεσίας

Η τοποθεσία των φ/β πάρκων όπως αποδείχθηκε, παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή τους απόδοση. Αυτό συμβαίνει, διότι αφενός οι μετεωρολογικές συνθήκες στην ελληνική επικράτεια δεν είναι παντού οι ίδιες, αφετέρου η τοπογραφία της περιοχής τους, μπορεί να μην επιτρέπει την αδιάκοπη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φ/β πλαισίων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ως γνωστόν, η αποτελεσματικότητα των φ/β πλαισίων εξαρτάται από την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία τους. Οπότε μια περιοχή μπορεί να ευνοεί σε μεγάλο βαθμό αυτή τη συνθήκη, εάν χαρακτηρίζεται από υψηλό ετήσιο ηλιακό δυναμικό και χαμηλή μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επίσης το σημείο στο οποίο τοποθετείται το φ/β πάρκο, η παρουσία αντικειμένων (δέντρα, κτίρια) ικανών να σκιάσουν την επιφάνεια των φ/β πλαισίων για κάποιο διάστημα μες στην ημέρα, δύναται να περιορίσει την παραγόμενη ενέργεια τους.

Τα οκτώ υπό εξέταση φ/β πάρκα τοποθετούνται σε τέσσερις διαφορετικές περιοχές τη χώρας.

- στη θέση Καλυβάκια του Νομού Λακωνίας
- στη θέση Βαρικά του Νομού Μεσσηνίας
- στη θέση Ξηροπήγαδο του Νομού Αττικής
- και στη θέση Τριμηνία του Νομού Λάρισας

Αυτό που εξετάζεται για κάθε περιοχή είναι, πώς η μέση μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και η μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζουν τη μέση μηνιαία θεωρητική ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ των φ/β πάρκων, σε ετήσια βάση. Το οποίο όμως σημαίνει, ότι η θέση Βαρικά χωρίς διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα, δεν λαμβάνει χώρα στην εξέταση. Για την θέση Καλυβάκια επιλέγονται τα μετεωρολογικά δεδομένα του Πάρκο 3, καθώς οι μετρήσεις των αισθητήρων του θεωρήθηκαν πιο έγκυρες σε σύγκριση με τα άλλα φ/β πάρκα που συνορεύει (Πάρκο 1,2,4), ενώ για τις θέσεις Ξηροπήγαδο και Τριμηνία, τα μετεωρολογικά δεδομένα που λήφθηκαν από τα Πάρκο 9 και 10 αντίστοιχα. Και για τις τρείς περιπτώσεις έχουμε την ίδια κλίση και προσανατολισμό των φ/β πλαισίων.

**Πίνακας 4:70 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Καλυβάκια)**

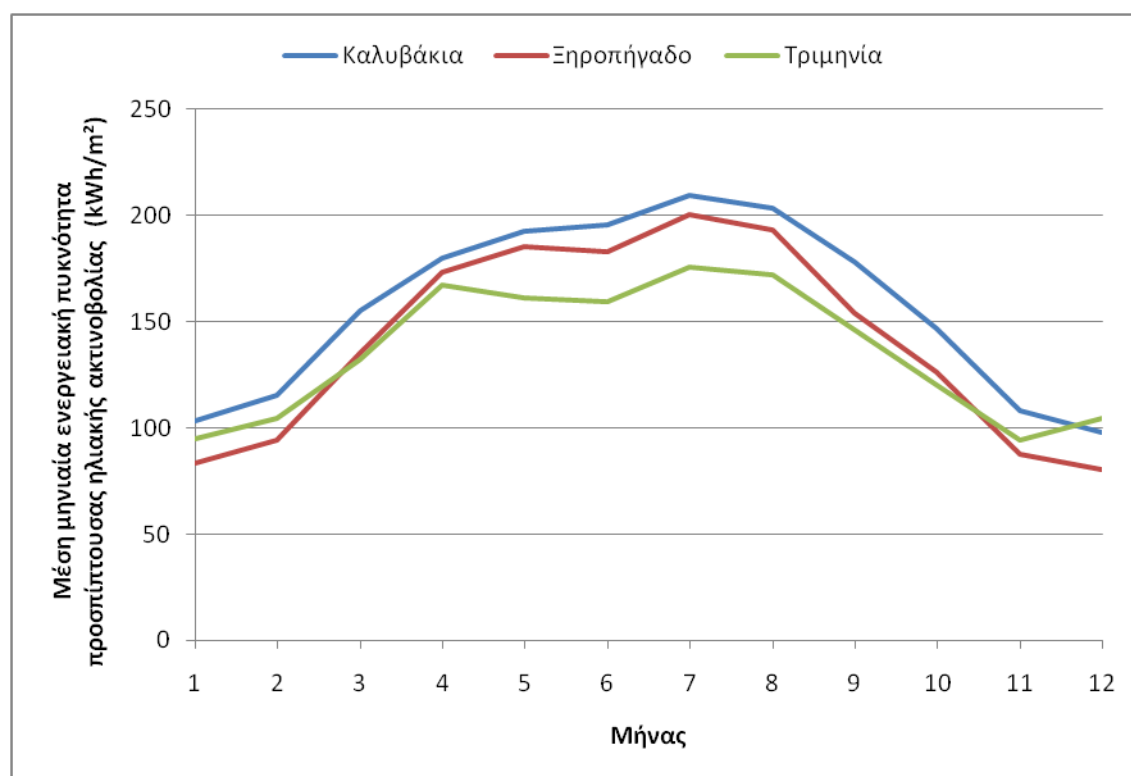
Μήνας	Μέση μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος	Μέση μηνιαία θερμοκρασία φ/β πλαϊσίων	Μέση μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για $T_c$ στις ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ	Θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών	Μέση μηνιαία θεωρητική ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ
	(kWh/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(kWh/kW)		(kWh/kW)
Ιανουάριος	103.51	12	17	103.13	0.968	99.87
Φεβρουάριος	115.23	13	18	114.81	0.959	110.13
Μάρτιος	155.15	15	21	154.58	0.945	146.04
Απρίλιος	179.81	19	26	179.15	0.927	166.01
Μάιος	192.66	23	31	191.95	0.910	174.69
Ιούνιος	195.57	27	36	194.85	0.889	173.20
Ιούλιος	209.23	30	40	208.46	0.875	182.38
Αύγουστος	203.17	30	39	202.41	0.875	177.02
Σεπτέμβριος	177.80	27	35	177.14	0.888	157.28
Οκτώβριος	146.80	22	29	146.26	0.913	133.55
Νοέμβριος	108.29	18	23	107.89	0.945	101.95
Δεκέμβριος	98.08	14	18	97.71	0.963	94.13
<b>Μέση ετήσια τιμή</b>	<b>1885.31</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>1878.33</b>	<b>0.921</b>	<b>1716.24</b>

**Πίνακας 4:71 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Ξηροπήγαδο)**

Μήνας	Μέση μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος	Μέση μηνιαία θερμοκρασία φ/β πλαϊσίων	Μέση μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για $T_c$ στις ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ	Θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών	Μέση μηνιαία θεωρητική ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ
	(kWh/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(kWh/kW)		(kWh/kW)
Ιανουάριος	83.04	12	15	82.64	0.976	80.62
Φεβρουάριος	94.26	13	18	93.81	0.960	90.04
Μάρτιος	135.30	16	21	134.66	0.941	126.72
Απρίλιος	173.25	20	28	172.42	0.914	157.67
Μάιος	185.40	24	32	184.51	0.899	165.82
Ιούνιος	182.90	29	37	182.02	0.881	160.36
Ιούλιος	200.28	32	41	199.32	0.867	172.72
Αύγουστος	193.30	32	40	192.38	0.867	166.85
Σεπτέμβριος	154.00	28	34	153.26	0.888	136.07
Οκτώβριος	125.76	22	27	125.15	0.920	115.10
Νοέμβριος	87.14	17	21	86.73	0.951	82.47
Δεκέμβριος	80.07	12	16	79.69	0.973	77.54
<b>Μέση ετήσια τιμή</b>	<b>1694.72</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>1686.58</b>	<b>0.920</b>	<b>1531.98</b>

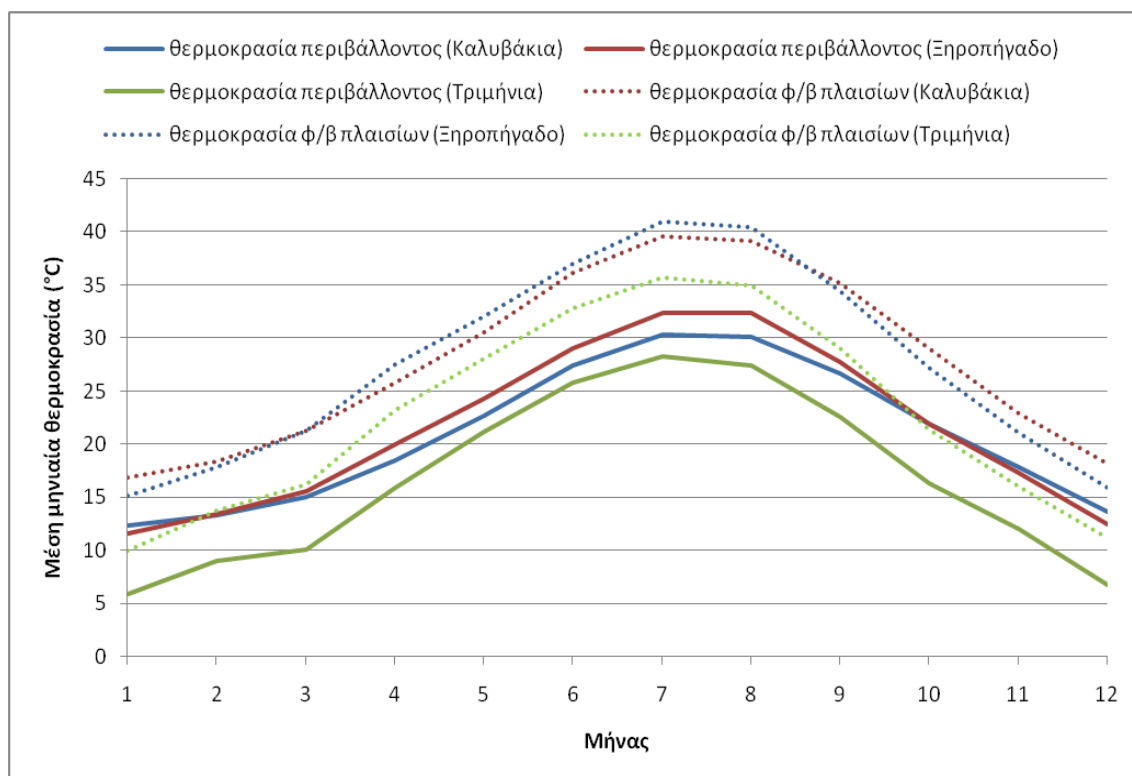
Πίνακας 4:72 Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων (Τριμηνία)

Μήνας	Μέση μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)	Μέση μηνιαία θερμοκρασία φ/β πλαϊσίων (°C)	Μέση μηνιαία ενεργειακή παραγωγή για T <sub>c</sub> στο ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ (kWh/kW)	Θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών	Μέση μηνιαία θεωρητική ενεργειακή παραγωγή ανηγμένη ως προς την ονομαστική ισχύ (kWh/kW)
Ιανουάριος	94.75	6	10	94.74	0.987	93.54
Φεβρουάριος	104.33	9	14	104.31	0.966	100.78
Μάρτιος	132.02	10	16	132.00	0.955	126.11
Απρίλιος	166.76	16	23	166.73	0.931	155.23
Μάιος	161.02	21	28	160.99	0.915	147.37
Ιούνιος	159.31	26	33	159.29	0.900	143.32
Ιούλιος	175.30	28	36	175.27	0.890	156.00
Αύγουστος	171.59	27	35	171.56	0.890	152.71
Σεπτέμβριος	145.99	23	29	145.96	0.910	132.88
Οκτώβριος	119.91	16	21	119.90	0.937	112.30
Νοέμβριος	94.17	12	16	94.16	0.964	90.81
Δεκέμβριος	104.14	7	11	104.12	0.981	102.10
<b>Μέση ετήσια τιμή</b>	<b>1629.29</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>1629.03</b>	<b>0.936</b>	<b>1513.15</b>

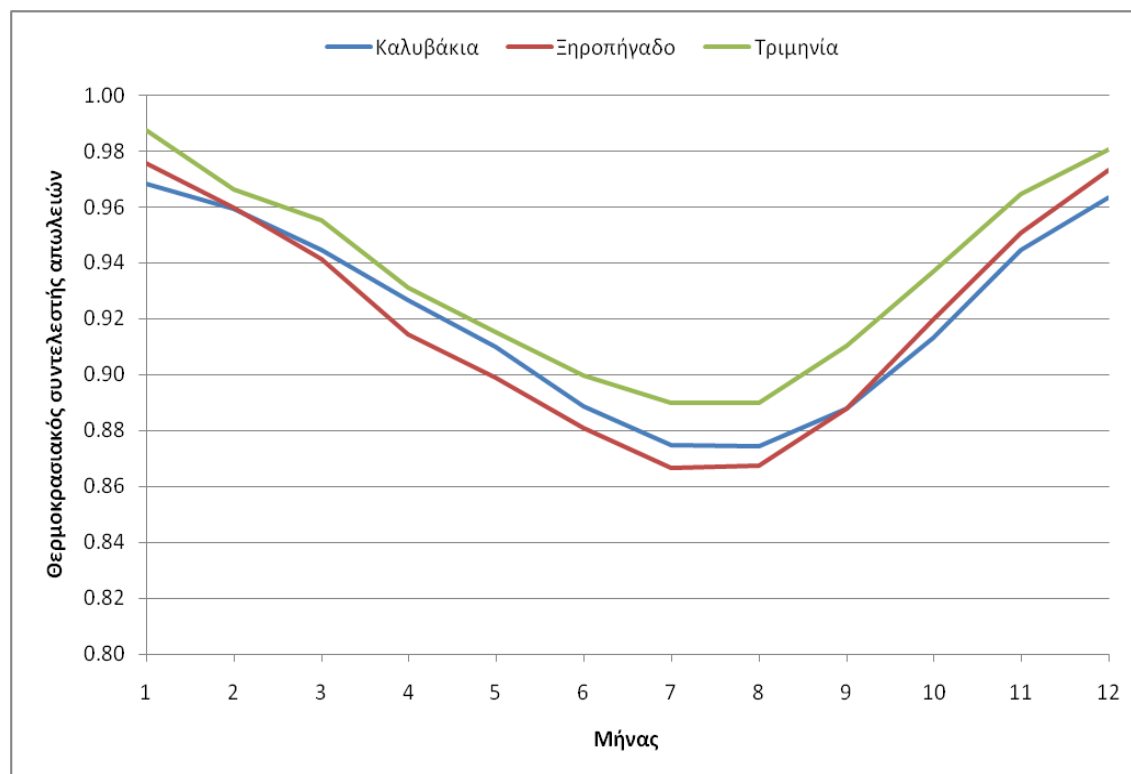


Διάγραμμα 4-77 Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Στο Διάγραμμα 4-77 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και για τις τρεις περιοχές, ενώ οι ακριβείς τιμές της περιέχονται στους συγκεντρωτικούς πίνακες δεδομένων κάθε περιοχής (Πίνακας 4:70,4:71,4:72). Παρατηρείται ότι για όλο το έτος, η μηνιαία ενεργειακή πυκνότητα καταγράφει τις μεγαλύτερες τιμές στη θέση Καλυβάκια. Στη θέση Ξηροπήγαδο το ίδιο μέγεθος κυμαίνεται σε αντίστοιχα επίπεδα από τον Απρίλιο μέχρι τον Αύγουστο, αλλά σε χαμηλότερα για τους υπόλοιπους μήνες, ενώ στη θέση Τριμηνία με εξαίρεση τους χειμερινούς μήνες, καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές. Επομένως η μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, ευνοεί παραγωγή μεγαλύτερων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας στη θέση Καλυβάκια, ακολουθεί η θέση Ξηροπήγαδο και έπεται η θέση Τριμηνία.



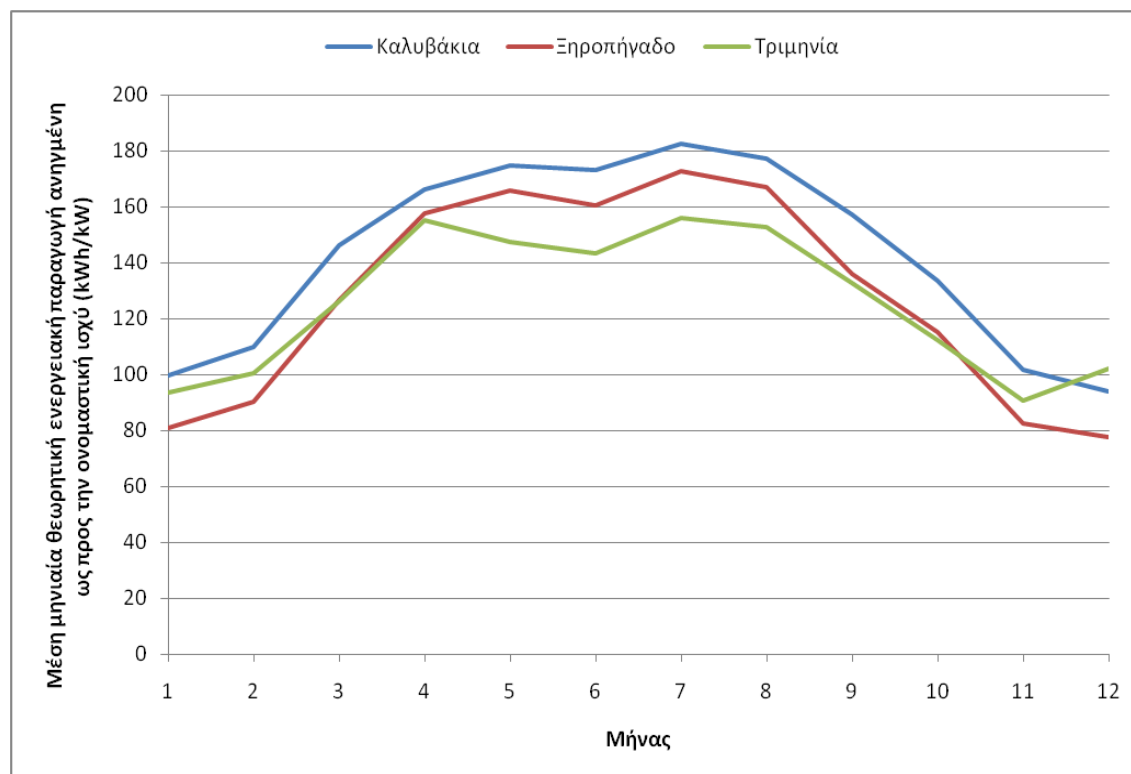
Διάγραμμα 4-78 Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος και φ/β πλαισίων



**Διάγραμμα 4-79** Ετήσια μεταβολή του θερμοκρασιακού συντελεστή απωλειών

Στο Διάγραμμα 4-78 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος με συνεχή καμπύλη για κάθε περιοχή, ενώ με διακεκομμένη καμπύλη αναπαρίσταται η ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων. Οι ακριβείς τιμές για κάθε μήνα εμπεριέχονται στους συγκεντρωτικούς πίνακες δεδομένων κάθε περιοχής (Πίνακας 4:70,4:71,4:72). Σύμφωνα και με τη μορφή που έχει πάρει το γράφημα, οι χαμηλότερες μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος που καταγράφονται στη θέση Τριμηνία, σε σύγκριση με τη θέση Ξηροπήγαδο και τη θέση Καλυβάκια, έχουν ως αποτέλεσμα και οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων να κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα. Επομένως σε ετήσια βάση, οι απώλειες ενέργειας λόγω της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων, αναμένεται να είναι μικρότερου βαθμού εκεί. Το πώς επηρεάζεται η παραγόμενη ενέργεια, γίνεται πιο εύκολα κατανοητό με την αποτύπωση της ετήσιας μεταβολής του θερμοκρασιακού συντελεστή απωλειών (Διάγραμμα 4-79). Ο συγκεκριμένος συντελεστής αυξάνεται όσο η θερμοκρασία των φ/β πλαισίων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο καλύτερη θα είναι και η εκμετάλλευση της διαθέσιμης ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Γι' αυτό και τους καλοκαιρινούς μήνες που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα, ο θερμοκρασιακός συντελεστής απωλειών μειώνεται, ενώ αντίστοιχα τους χειμερινούς μήνες αυξάνεται.





**Διάγραμμα 4-80** Ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής ανηγμένης ως προς την ονομαστική ισχύ

Στο Διάγραμμα 4-80 αποτυπώνεται η ετήσια μεταβολή της μέσης μηνιαίας θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής ανηγμένης ως προς την ονομαστική ισχύ και για τις τρεις περιοχές, ενώ οι ακριβείς τιμές της περιέχονται στους συγκεντρωτικούς πίνακες δεδομένων κάθε περιοχής (Πίνακας 4:70,4:71,4:72). Παρατηρώντας το γράφημα φαίνεται ξεκάθαρα πλέον, ότι στη θέση Καλυβάκια απαντώνται οι ευνοϊκότερες συνθήκες για αυξημένη ενεργειακή παραγωγή. Μπορεί η εκμετάλλευση της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας να είναι καλύτερη στη θέση Τριμηνία, η αρκετά μεγαλύτερη όμως ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας τα καθιστά ως πιο συμφέρουσα επιλογή.

#### 4.6 Επίδραση του συστήματος στήριξης φ/β πλαισίων

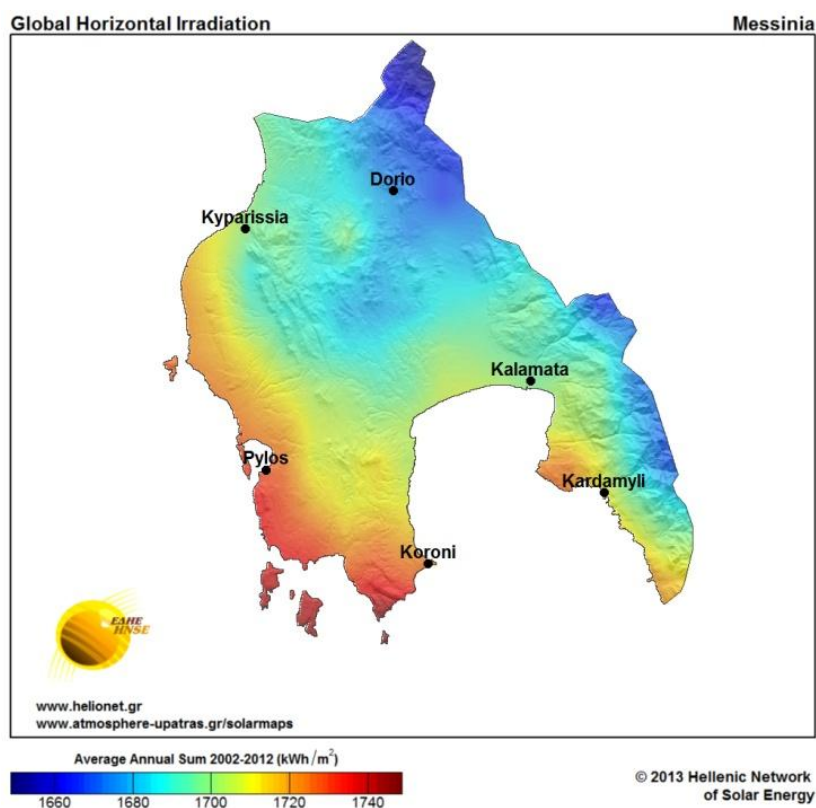
Στα υπό εξέταση φ/β πάρκα εντοπίζονται δύο διαφορετικές τεχνολογίες στήριξης των φ/β πλαισίων. Η πλειονότητα αποτελείται από φ/β πάρκα με σταθερές βάσεις, ενώ το Πάρκο 7 χρησιμοποιεί τεχνολογία ιχνηλάτησης της πορείας του Ήλιου (ηλιοστάτες διπλού άξονα). Σε αυτή την περίπτωση η κλίση και ο προσανατολισμός των φ/β πλαισίων μεταβάλλεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα η κάθετη πρόπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια τους, με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ενέργειας.

Αυτό που εξετάζεται, είναι η μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής δύο φ/β πάρκων ίδιου μεγέθους, με διαφορετικό σύστημα στήριξης, για τον ίδιο χρονικό ορίζοντα. Αυτή τη συνθήκη πληρούν τα Πάρκο 7 και Πάρκο 4.

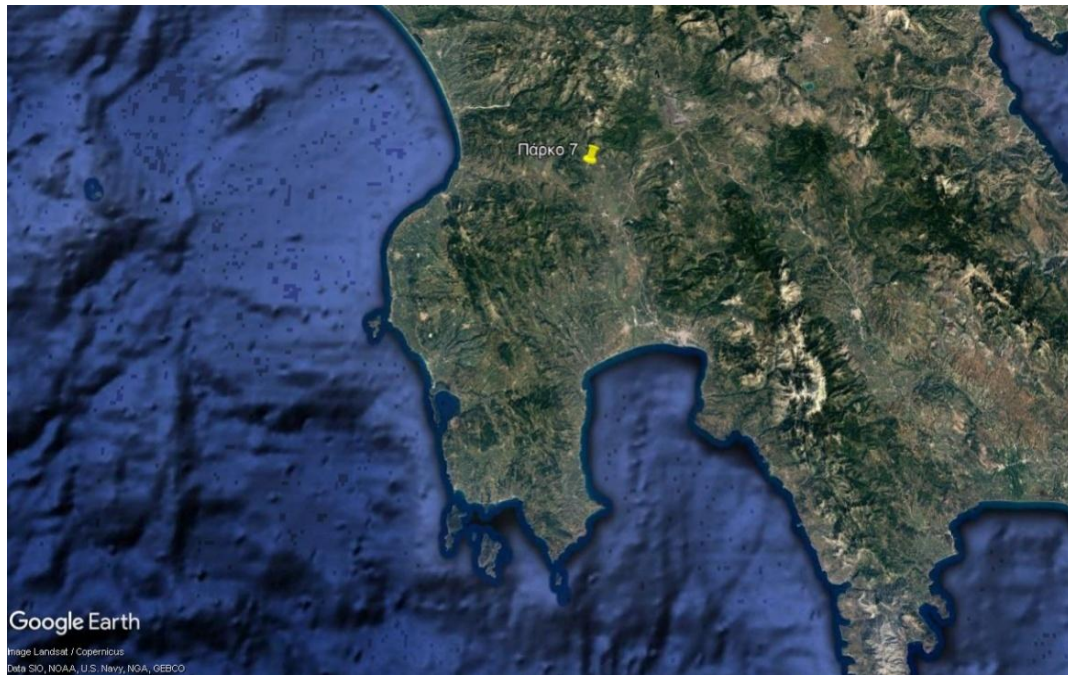
- Πάρκο 7 (ηλιοστάτες διπλού άξονα, 100kW)

- Πάρκο 4 (σταθερές βάσεις, 100kW)

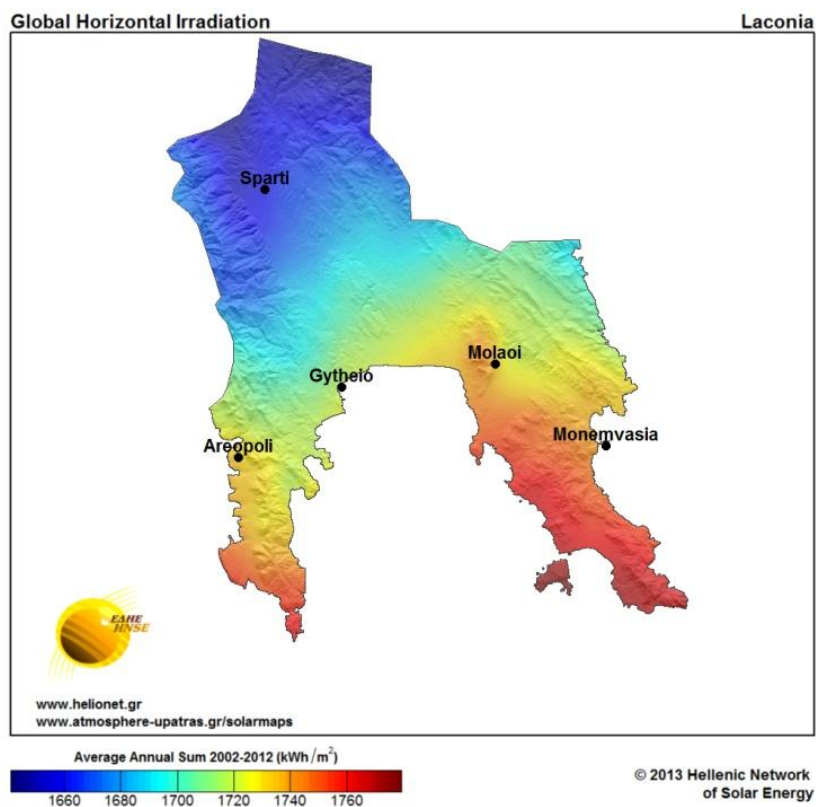
Σκοπός είναι, να διαπιστωθεί σε τι βαθμό με την επιλογή ηλιοστατών διπλού άξονα, αυξήθηκε η ενεργειακή παραγωγή του Πάρκο 7 σε σχέση με το Πάρκο 4. Δεδομένου ότι τα δύο φ/β πάρκα τοποθετούνται σε διαφορετικούς Νομούς, στη Μεσσηνία το Πάρκο 7 και στη Λακωνία το Πάρκο 4, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση, είναι η απουσία διαθέσιμων μετεωρολογικών δεδομένων από το σύστημα καταγραφής, για το Πάρκο 7. Για να υπάρχει όμως μια γενική εικόνα του ετήσιου ηλιακού δυναμικού σε κάθε Νομό, παρατίθενται ηλιακοί χάρτες με τη μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, για τη Μεσσηνία (Εικόνα 4-5) και τη Λακωνία (Εικόνα 4-7) αντίστοιχα.



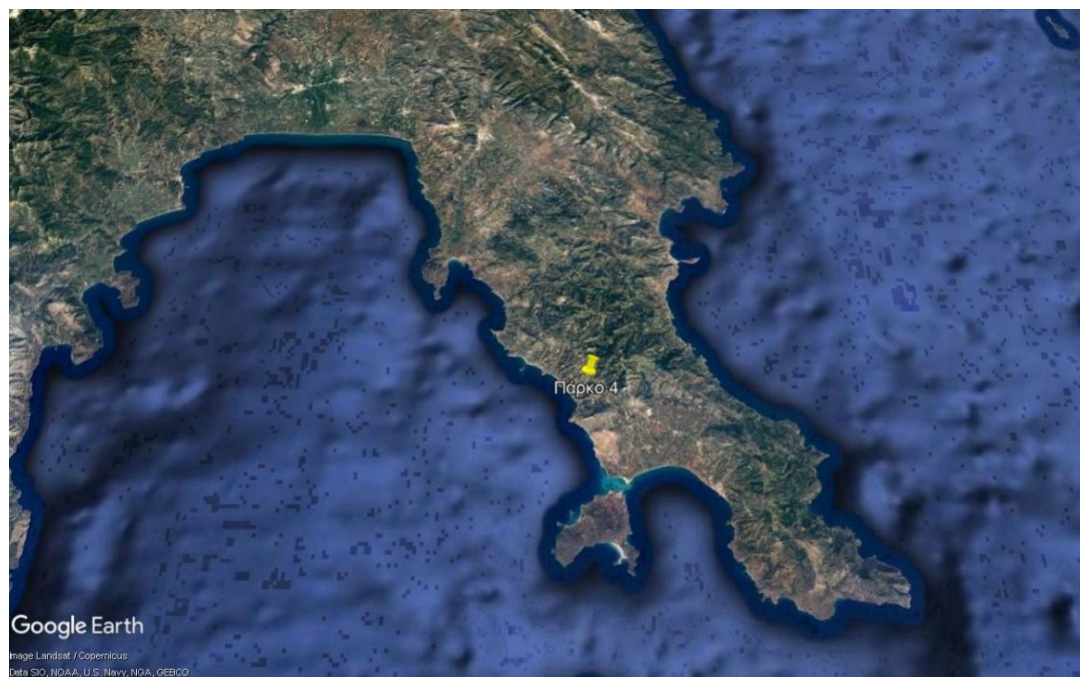
Εικόνα 4-5 Μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο  
Πηγή: <http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps>, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012 (Μεσσηνία)



Εικόνα 4-6 Τοποθεσία του Πάρκο 7 Πηγή: Google earth

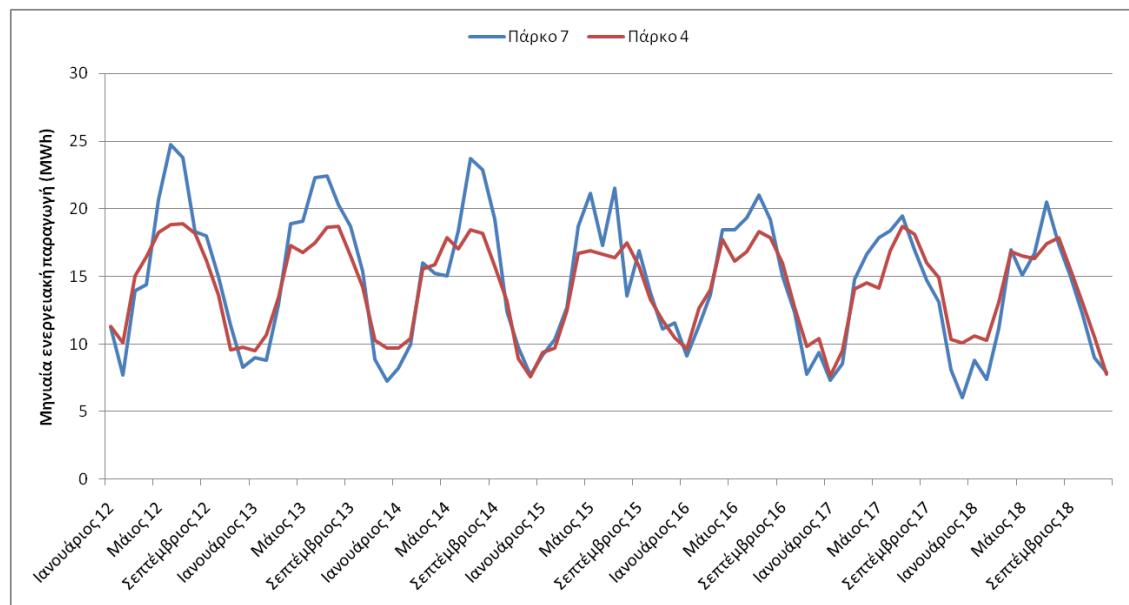


Εικόνα 4-7 Μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο Πηγή: <http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps>, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012 (Λακωνία)



Εικόνα 4-8 Τοποθεσία του Πάρκο 4 Πηγή: Google earth

Σύμφωνα με τους ηλιακούς χάρτες και παρατηρώντας σε ποια περιοχή του Νομού τοποθετείται κάθε φ/β πάρκο μέσα από τις Εικόνες 4-6 και 4-8, η μέση ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για το Πάρκο 7 πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1680 – 1700 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ για το Πάρκο 4 προσεγγίζει τις 1760 kWh/m<sup>2</sup>.



Διάγραμμα 4-81 Μεταβολή της μηνιαίας ενεργειακής παραγωγής (Πάρκο 7 & Πάρκο 4, 2012-2018)

Ακολουθώντας την πορεία που διαγράφουν οι δύο καμπύλες στο Διάγραμμα 4-81, παρατηρείται ότι κατά βάση τους καλοκαιρινούς μήνες η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή κυμαίνεται σε μεγαλύτερα επίπεδα για το Πάρκο 7. Για τους υπόλοιπους μήνες δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές και ειδικότερα για τους χειμερινούς, μπορεί να κυμαίνεται και σε χαμηλότερα επίπεδα. Επίσης από το 2015 και μετά η μηνιαία ενεργειακή παραγωγή του Πάρκο 7, σε ετήσια βάση, κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη. Αντίθετα, το Πάρκο 4 για όλο το χρονικό διάστημα που εξετάζεται, παρουσιάζει μια πιο σταθερή μεταβολή.

**Πίνακας 4:73 Απόκλιση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής του Πάρκο 7 από το Πάρκο 4 (2012-2018)**

	Πάρκο 7	Πάρκο 4	
Έτος	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Ετήσια ενεργειακή παραγωγή (MWh)	Απόκλιση ετήσιας ενεργειακής παραγωγής (%)
2012	187,45	176,30	5,95
2013	184,04	173,25	5,87
2014	178,49	168,48	5,61
2015	178,00	166,94	6,21
2016	175,31	172,06	1,86
2017	162,04	164,89	-1,76
2018	158,16	165,89	-4,89

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4:73 το Πάρκο 7 μέχρι και το 2016 παρουσιάζει αυξημένη ενεργειακή παραγωγή σε σύγκριση με το Πάρκο 4, που είναι και το ζητούμενο αυτής της τεχνολογίας. Ειδικότερα για τα πρώτα τέσσερα χρόνια η απόκλιση της παραγόμενης ενέργειας κυμαίνεται στα επίπεδα του 6%, ενώ αυτό δεν ισχύει για τα τελευταία δύο χρόνια όπου πλέον το Πάρκο 4 είναι πιο αποδοτικό. Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη μείωση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας του Πάρκο 7 σε βάθος επταετίας, σε σύγκριση με το Πάρκο 4.

Τα αποτελέσματα για τα δύο φ/β πάρκα επαληθεύουν την αναμενόμενη αύξηση στην παραγόμενη ενέργεια λόγω της χρήσης ηλιοστατών διπλού άξονα. Οι ηλιοστάτες κατέστησαν ένα φ/β πάρκο ενεργειακά πιο αποδοτικό για την πρώτη πενταετία της λειτουργίας του, το οποίο κιάλας τοποθετείται σε μία περιοχή με πιο περιορισμένο ηλιακό δυναμικό. Αυτό βέβαια που αμφισβητείται είναι κατά πόσο αυτή η μικρή αύξηση στην παραγόμενη ενέργεια, αξίζει το επιπλέον κόστος αυτής της τεχνολογίας. Επίσης αυτή η μεγάλη μείωση της παραγόμενης ενέργειας σε βάθος επταετίας, η οποία λογικά οφείλεται σε φθορές που υπέστη το φ/β πάρκο, αποδεικνύει μάλλον την επιρρέπεια των ηλιοστατών σε βλάβες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από την αυτή την εργασία, αυτό που επετεύχθη, είναι μια ευρύτερη κατανόηση της δομής και της λειτουργίας των διασυνδεδεμένων φ/β συστημάτων. Αναλύοντας τα δεδομένα των υφιστάμενων φ/β πάρκων σε βάθος χρόνου και κρίνοντας από τα αποτελέσματα όσον αφορά την ενεργειακή τους απόδοση και τα εισοδήματα που αποφέρουν, μπορούν να χαρακτηριστούν εν γένει ως επενδύσεις χαμηλού ρίσκου με μεγάλα περιθώρια κέρδους. Αυτός ο χαρακτηρισμός όμως περιορίζεται για τις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις, καθώς μπορεί στη χώρα μας οι μετεωρολογικές συνθήκες να ευνοούν την υψηλή παραγωγικότητα των φωτοβολταϊκών, το ίδιο οικονομικό όφελος όμως δεν υφίσταται για ένα φ/β σύστημα που εγκαθίσταται με βάση την κείμενη νομοθεσία.

Ειδικότερα για τα υφιστάμενα φ/β πάρκα, αυτό που διαπιστώθηκε είναι πως τα κλιματολογικά δεδομένα κατέστησαν κάποια από αυτά, ενεργειακά πιο αποδοτικά, ανάλογα με την τοποθέτηση τους στον ελλαδικό χώρο, ενώ πολύ σημαντικό ρόλο στο ετήσιο εισόδημα τους διαδραματίζει και η ημερομηνία ένταξης τους στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Έτσι σε έναν ορίζοντα διετίας (2010 – 2012), κατά τον οποίο είχε πραγματοποιηθεί η σύνδεση και των δέκα φ/β συστημάτων, η διαφορετική τιμή πώλησης ανά μεγαβατώρα παραγόμενης ενέργειας κατέστησε μια μερίδα τους, οικονομικά πιο προσοδοφόρα. Στο κομμάτι που αφορά το σύστημα στήριξης, επιβεβαιώθηκε η αύξηση στην παραγόμενη ενέργεια που προσφέρουν οι ηλιοστάτες έναντι των σταθερών βάσεων, αλλά σε βαθμό που το αυξημένο κόστος εγκατάστασης μάλλον δεν δικαίωσε την επιλογή του. Επίσης σε δύο φ/β συστήματα παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση φ/β συστήματος που παραπέμπει σε δυσλειτουργία, άρα οι κίνδυνοι που αναλύθηκαν είναι ορατοί και το αντίκτυπο τους αποτυπώθηκε και σε πραγματικές συνθήκες μέτρησης.

Για το τέλος, αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι, η σημασία της εύρυθμης λειτουργίας του συστήματος καταγραφής. Όπως είδαμε, αξιοποιώντας τις μετρήσεις της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων, μπορούν να προκύψουν δείκτες μέσα από τους οποίους δύναται να αξιολογηθεί η καλή ή μη λειτουργία του φ/β πάρκου. Στα περισσότερα φ/β πάρκα είχαν τοποθετηθεί ειδικοί αισθητήρες, προκειμένου να είναι διαθέσιμες αυτές οι μετρήσεις, όπως και αυτή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Από εκεί και έπειτα όμως, λόγω της διαρκούς έκθεσης τους στις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος και επειδή με το πέρασμα του χρόνου η ανοχή που παρουσιάζουν ως προς τις τιμές που αποδίδουν αυξάνεται, απαιτούν και αυτά κάποιου είδους συντήρηση. Σε διαφορετική περίπτωση είτε αχρηστεύονται είτε αποδίδουν τιμές που δεν ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες. Αυτό που προτείνεται προς βελτίωση του συστήματος καταγραφής για την διευκόλυνση διενέργειας μελλοντικών αξιολογήσεων είναι το εξής:

- Η τοποθέτηση αισθητήρα προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και αισθητήρα μέτρησης της θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων.
- Η τοποθέτηση αισθητήρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και αισθητήρα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου. Γνωρίζοντας αυτές τις δύο παραμέτρους, δύναται η ακριβέστερη εκτίμηση της θερμοκρασίας των φ/β πλαισίων, οπότε λειτουργεί και ως συγκριτικό μέγεθος για την μέτρηση που παρέχει ο αντίστοιχος αισθητήρας, άλλα και ως εφεδρεία σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη.
- Η τακτικός έλεγχος των μετρητικών οργάνων για τυχόν φθορές εφόσον το επιτρέπει η φυσική παρουσία, αλλά και ο τακτικός έλεγχος των τιμών που αποδίδουν στο

σύστημα καταγραφής. Να λαμβάνεται πάντα υπόψη ο χρόνος αξιοπιστίας των οργάνων και να προβλέπεται η έγκαιρη αντικατάστασή τους.

- Η έγκαιρη αντιμετώπιση προβλήματος σε διατάξεις που έχουν να κάνουν με την τηλεμετάδοση πληροφοριών.
- Η ρύθμιση για υψηλή συχνότητα καταγραφής των μετρήσεων, τουλάχιστον κάθε 5 λεπτά όπως παρατηρήθηκε σε ορισμένα φ/β πάρκα. Η συχνότητα καταγραφής των 30 λεπτών που παρατηρήθηκε σε ορισμένα από τα φ/β πάρκα, δεν βοηθά τη διενέργεια ακριβών υπολογισμών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών «Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2018» Ενημέρωση: 26-3-2019
- [2] Gupta Abhishek, «Environment & PEST Analysis: An Approach to External Business Environment», *International Journal of Modern Social Sciences*, 2013, 2(1): 34-43
- [3] Luque A., Hegedus S. «Handbook of Photovoltaic Science and Engineering», Second Edition, WILEY (2003)
- [4] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών «Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά» Ενημέρωση: 13.3.2018
- [5] Δελησταύρου Αντωνία. «Πράσινη Ανάπτυξη: Πραγματικότητες και Μύθοι», *Επιστημονικά θέματα*, Τεύχος 4, ΠΕΡΙΣΚΟΠΙΟ
- [6] Moharram K.A., Elhady M.S., Kandil H.A., Sherif H. « Influence of cleaning using water and surfactants on the performance of photovoltaic panels», *Energy Conversion and Management*, Volume 68, pp 262-272, (April 2013)
- [7] Panagea I.S., Koutroulis A., Grillakis M., Tsanis I.K., «Climate Change Impact on Photovoltaic Energy Output: The Case of Greece», *Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology Volume 2014*, Article ID 264506, 11 pages
- [8] Roberts C., Guariento N. «Building Integrated Photovoltaics: A Handbook», Birkhäuser, (2009).
- [9] Μωυσής Δαμιανίδης Η.Μ., Γεώργιος Κατσαρός Δρ Η.Μ., Ματθαίος Τόλης Η.Μ., Φώτιος Στεργιόπουλος Η.Μ. «Οδηγός μελέτης και υλοποίησης φωτοβολταϊκών έργων» (Πόρισμα Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ όπως εγκρίθηκε με την απόφαση Α159/Σ9/11.04.2011 της Διοικούσας Επιτροπής) Θεσσαλονίκη Απρίλιος 2011
- [10] Lynn Paul A, «Electricity from Sunlight: An Introduction to Photovoltaics» WILEY, (2010).
- [11] Τρασανίδης Γεώργιος ΗΜ «ΘΕΜΕΛΙΑΚΕΣ ΓΕΙΩΣΕΙΣ: νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο – μέτρηση και υπολογισμός» ΗΜΕΡΙΔΑ ΣΜΗΒΕ-ΔΕΗ 23-5-09
- [12] Stuart R. Wenham, Martin A. Green, Muriel E. Watt, Richard Corkish - *Applied Photovoltaics* - Earthscan Publications Ltd. (2007)
- [13] European Commission Decision C(2018)4708 of 24 July 2018) «Work Programme 2018-2020: Secure, clean and efficient energy»
- [14] Markvart Tomas (Ed.), «Solar Electricity (2nd ed)», John Wiley & Sons , Ltd: Chichester, (2000).
- [15] Randal T., Fordham M. «Photovoltaics and Architecture», Taylor & Francis e-Library, (2003).

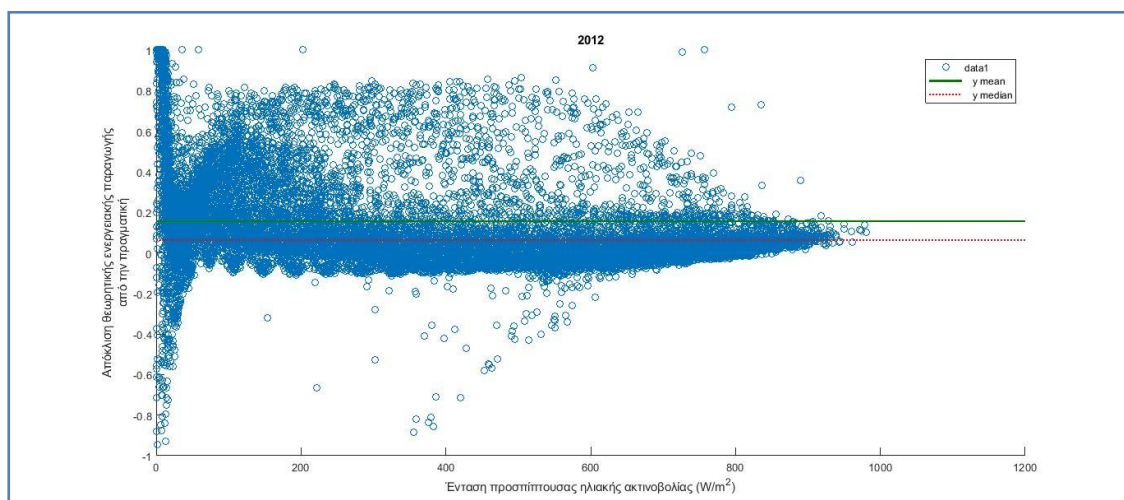
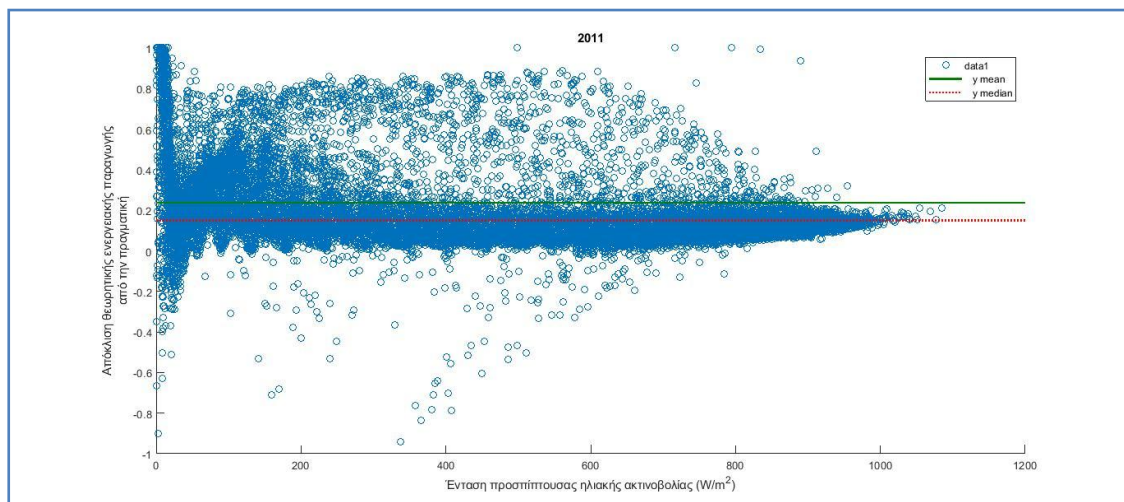


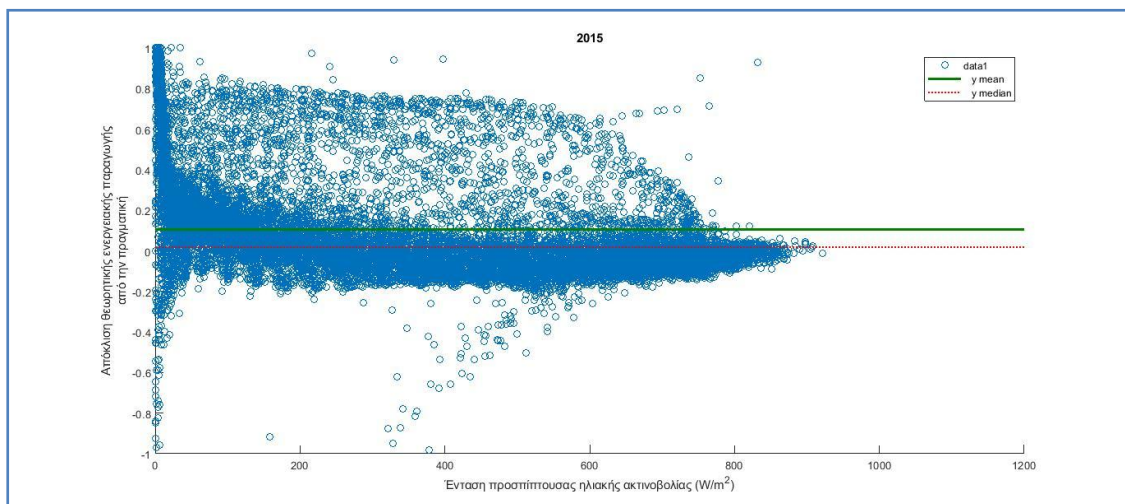
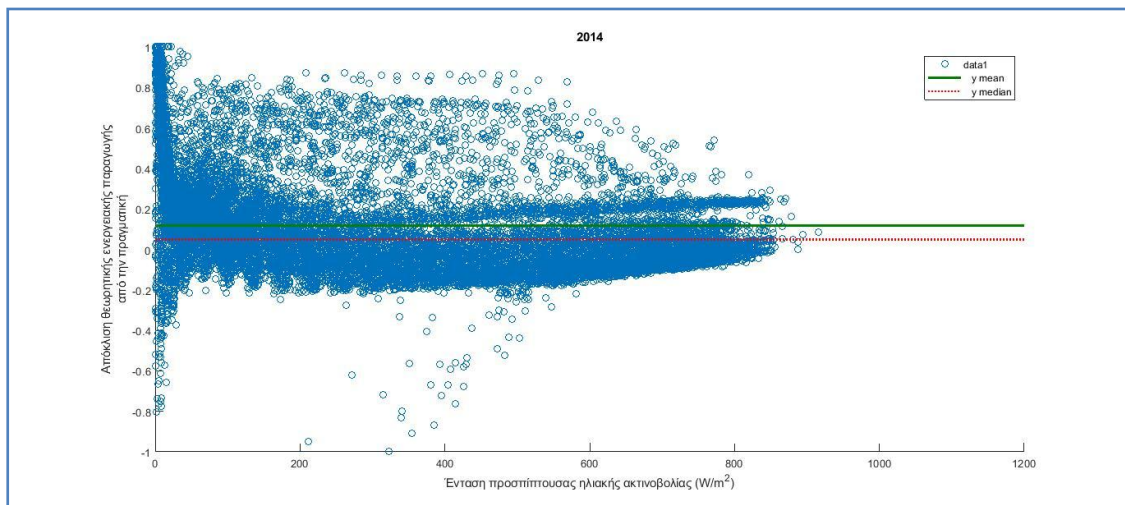
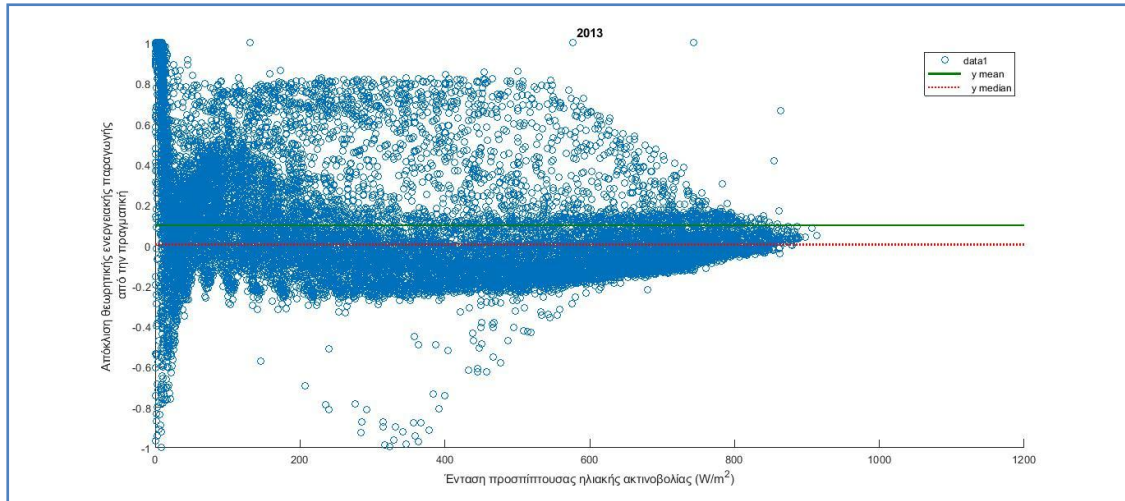
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

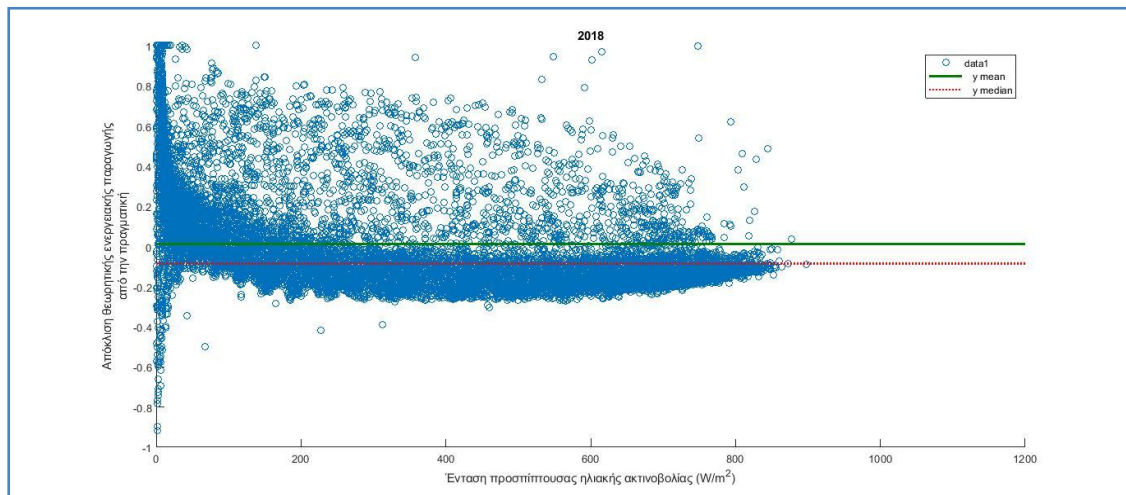
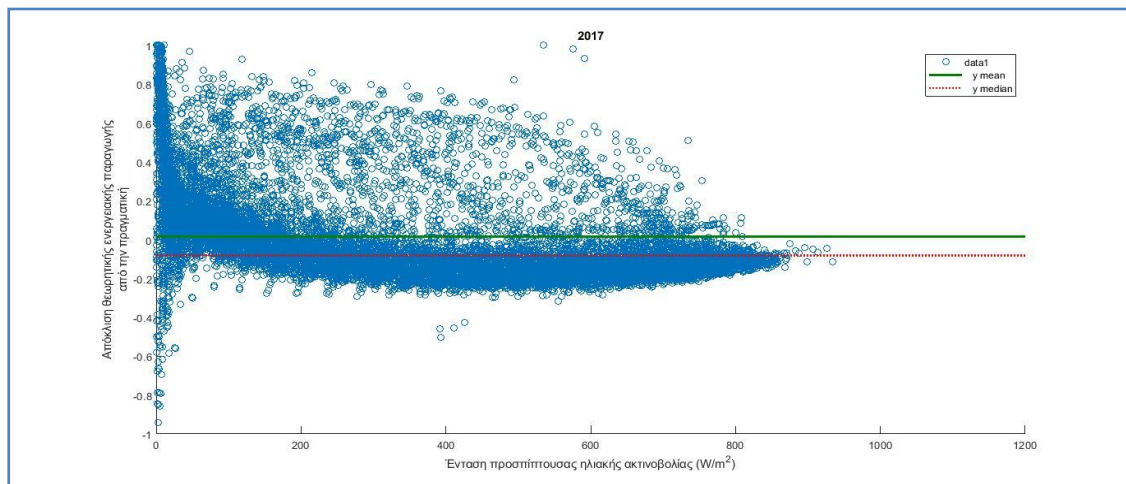
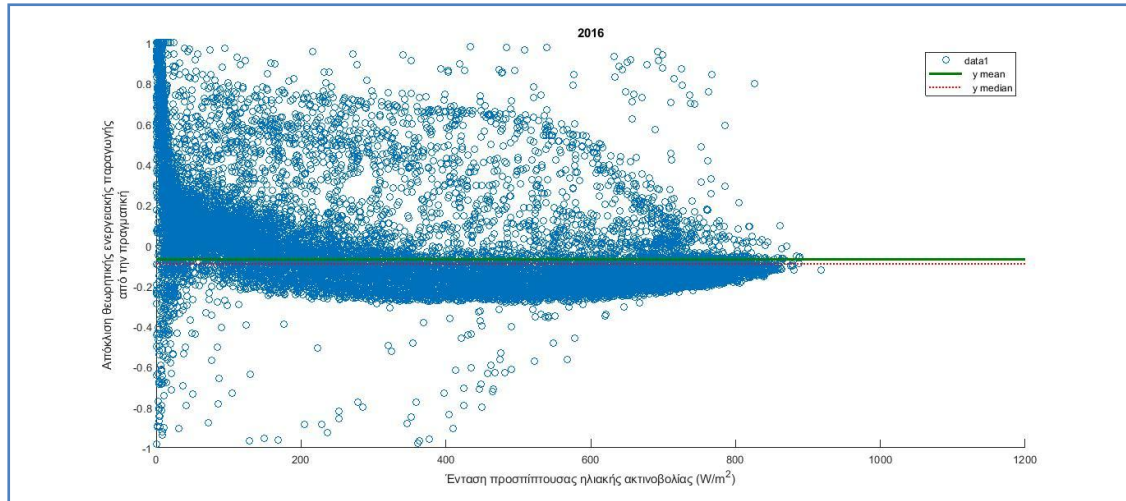
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ

#### Πάρκο 1

Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2011-2018)

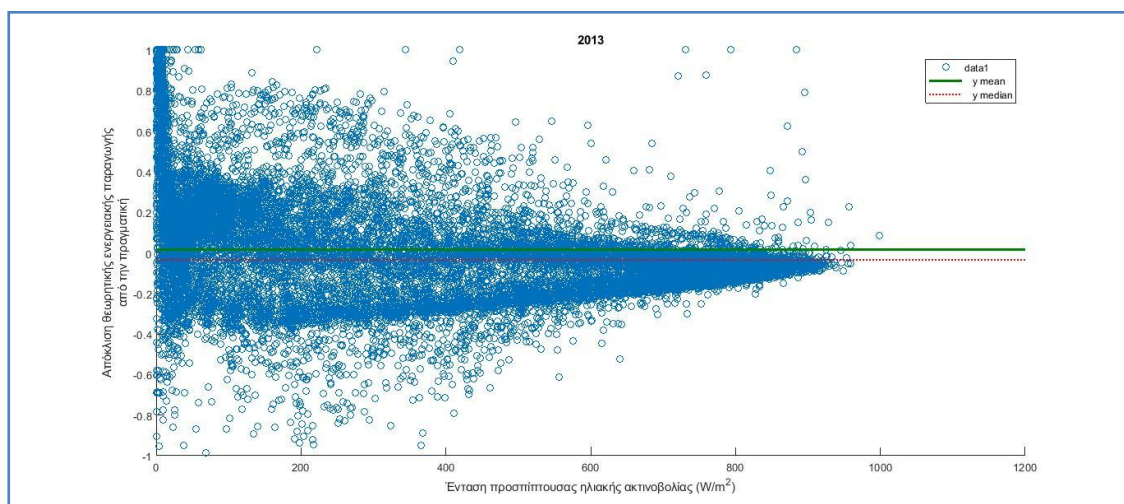
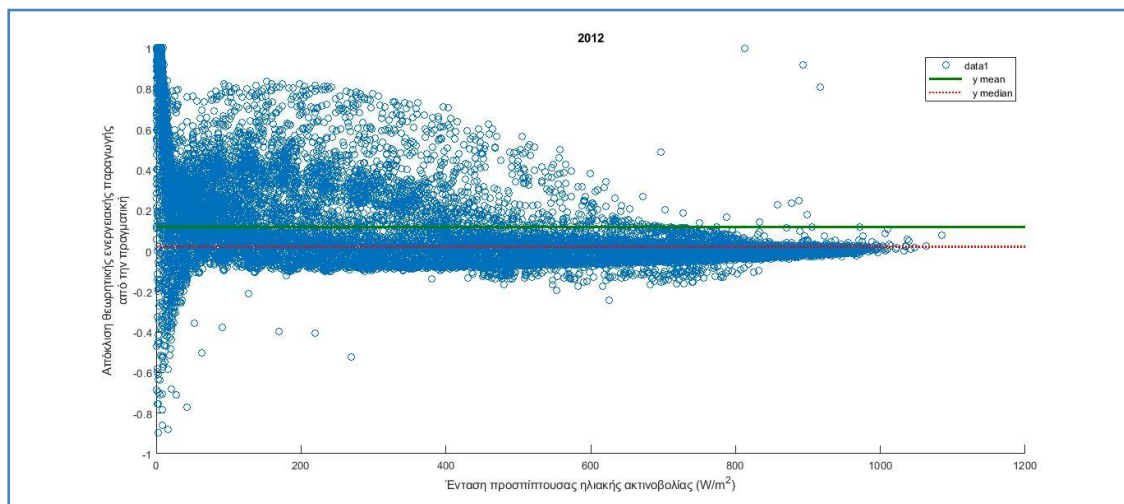
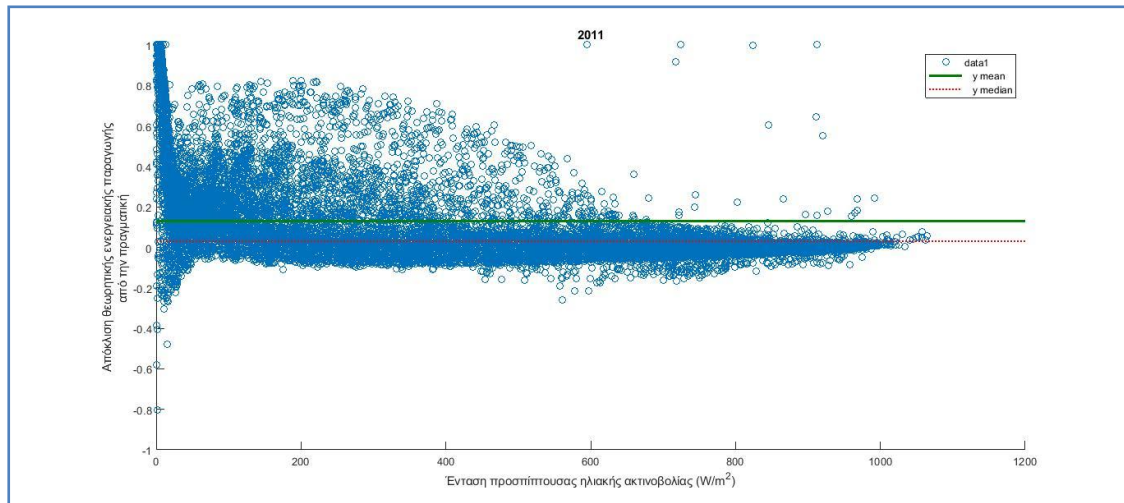


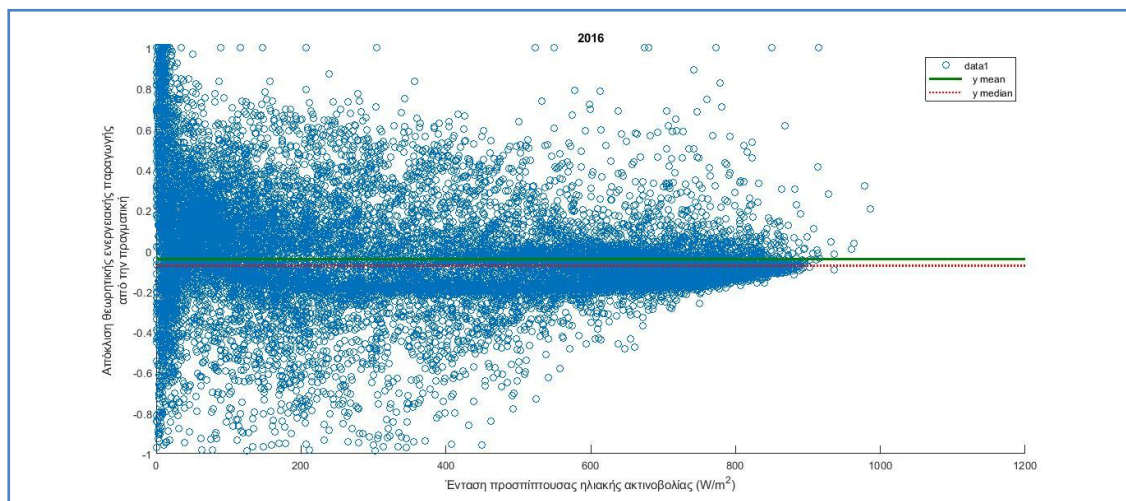
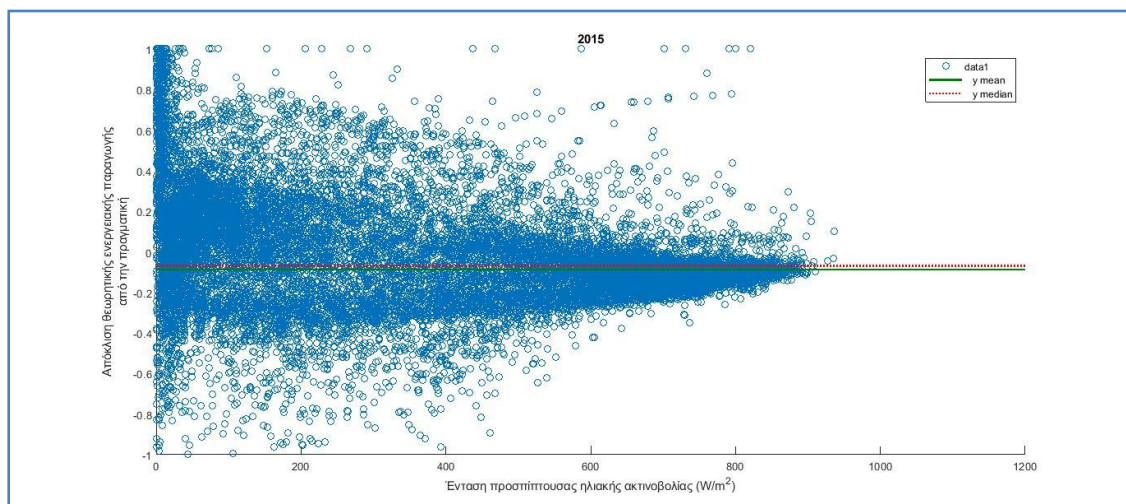
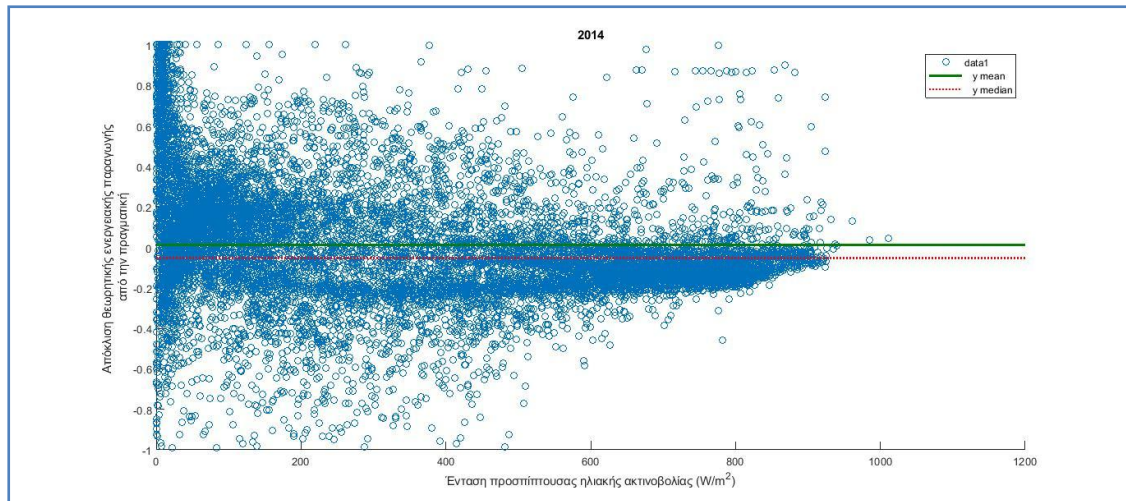


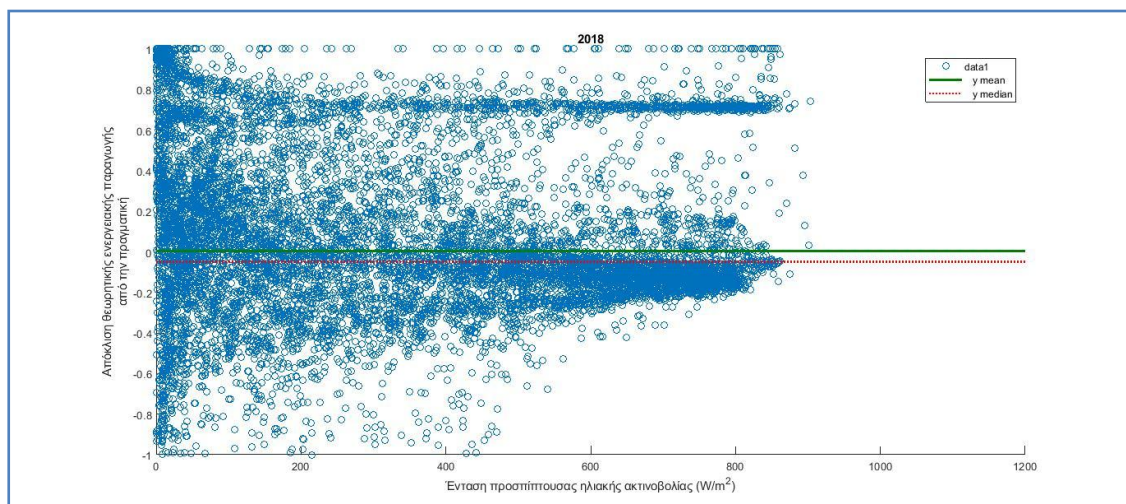
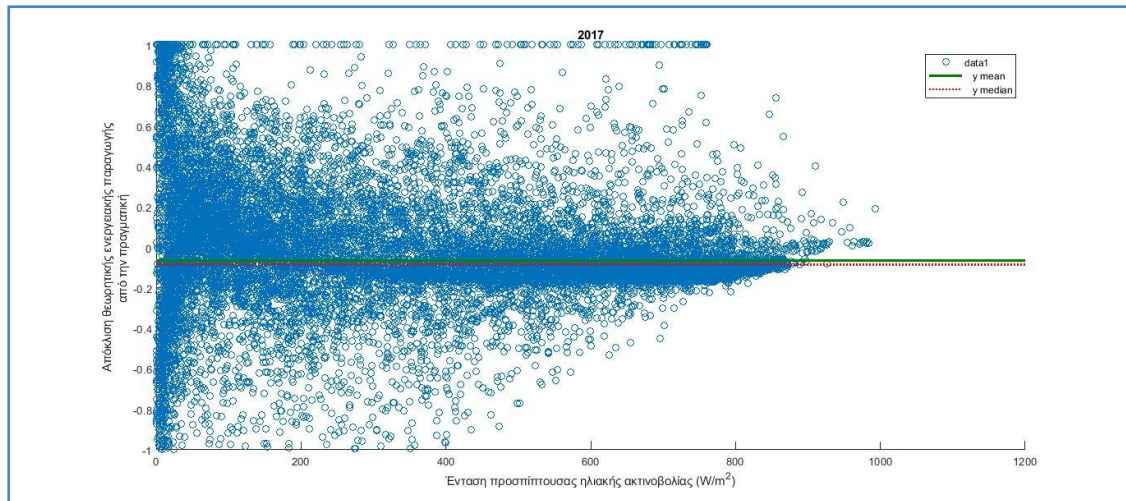


## Πάρκο 2

### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2011-2018)

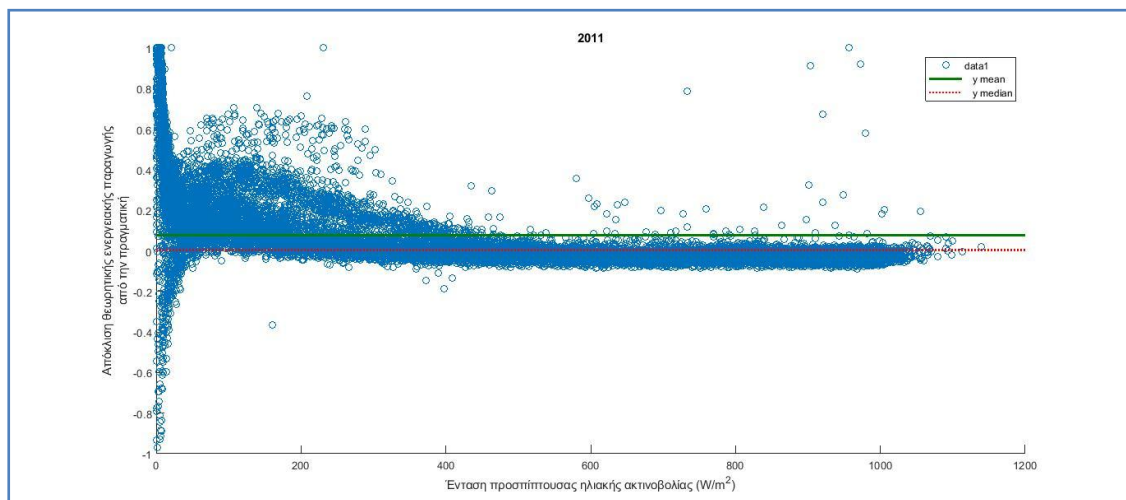


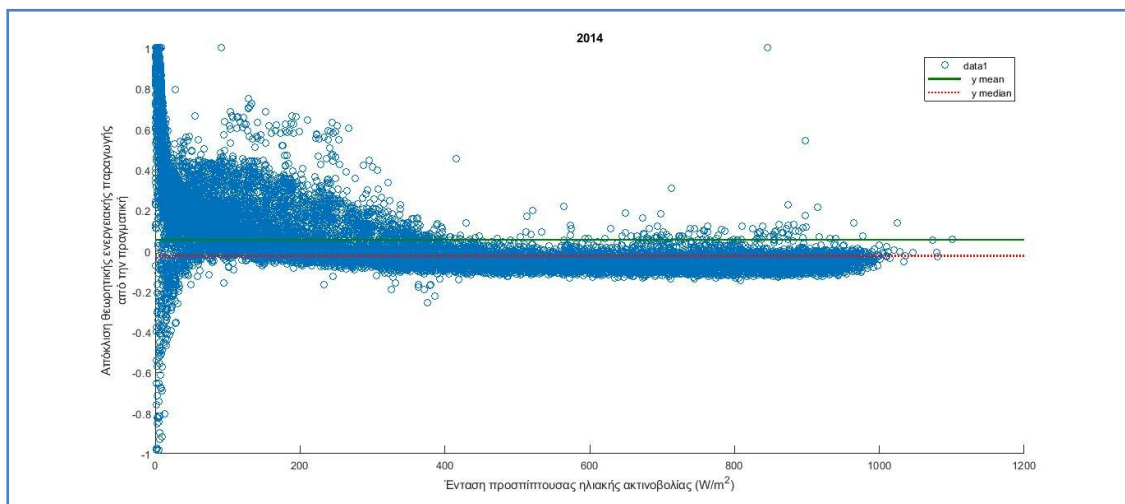
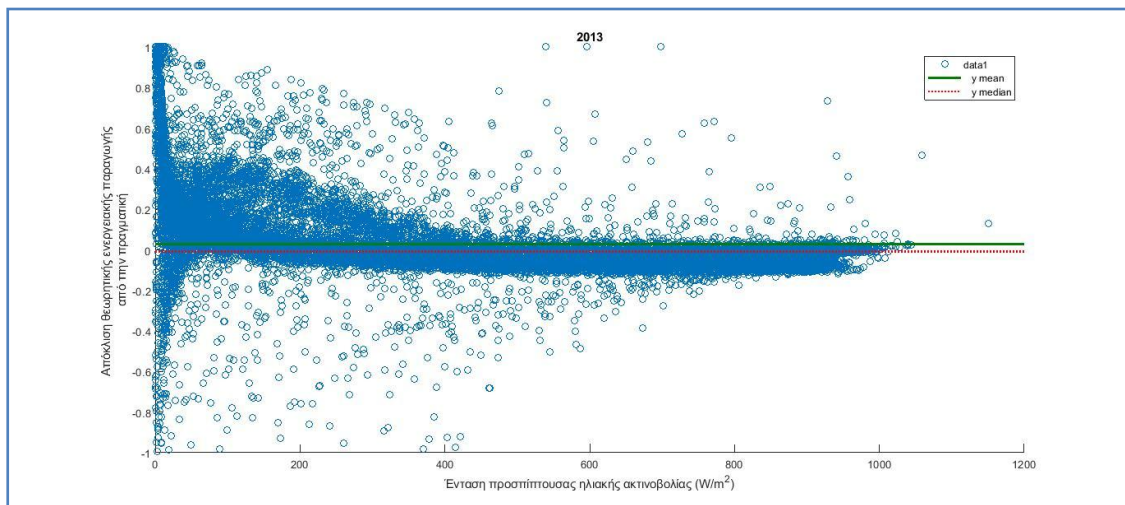
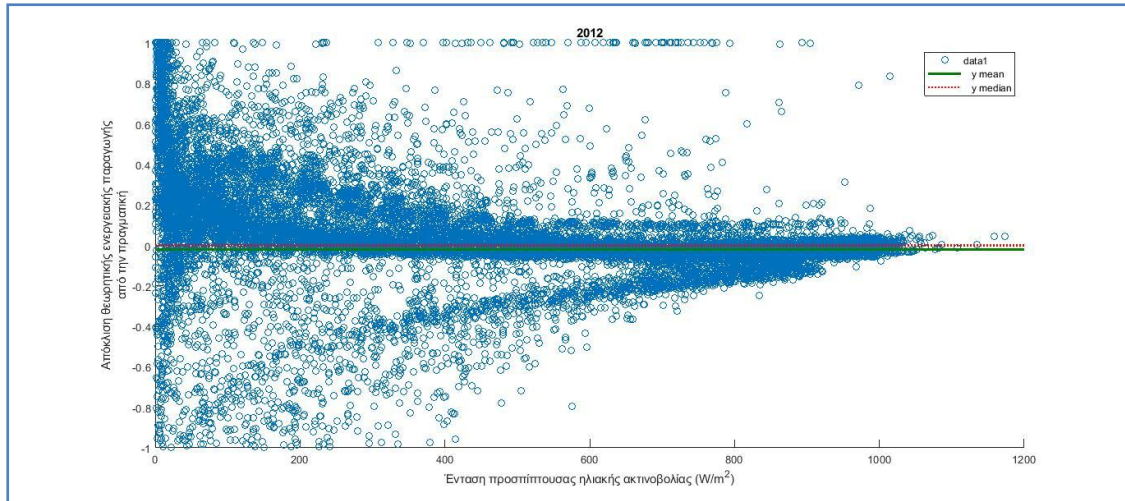


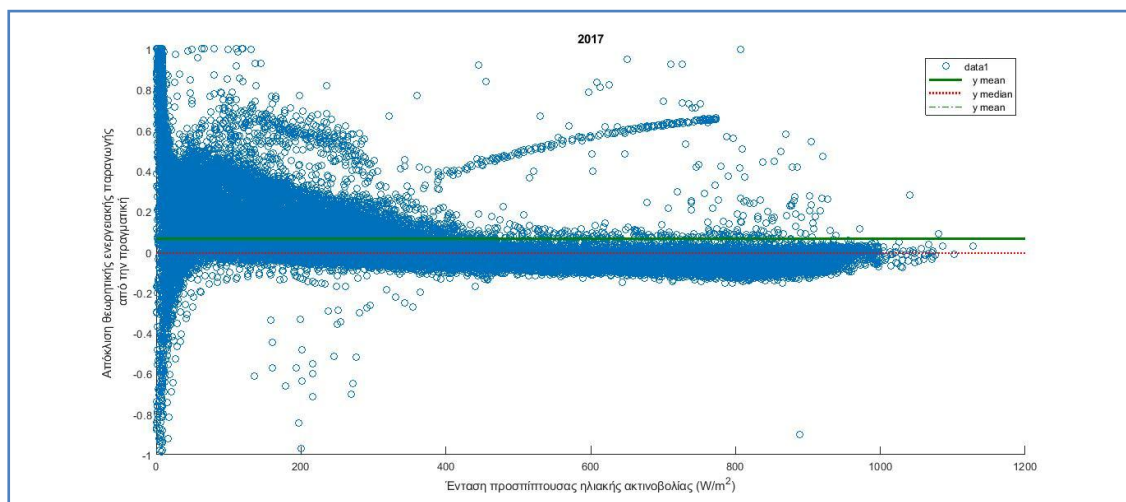
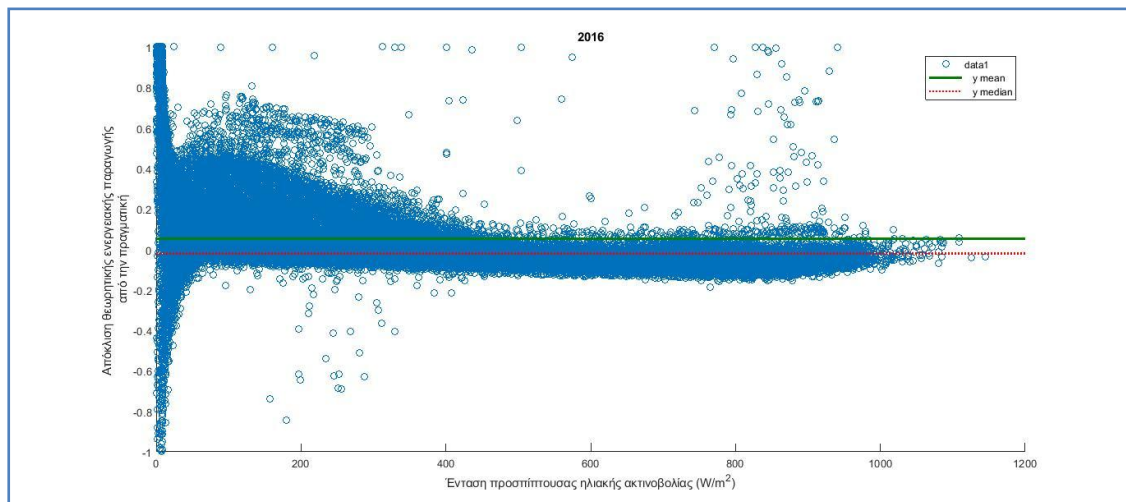
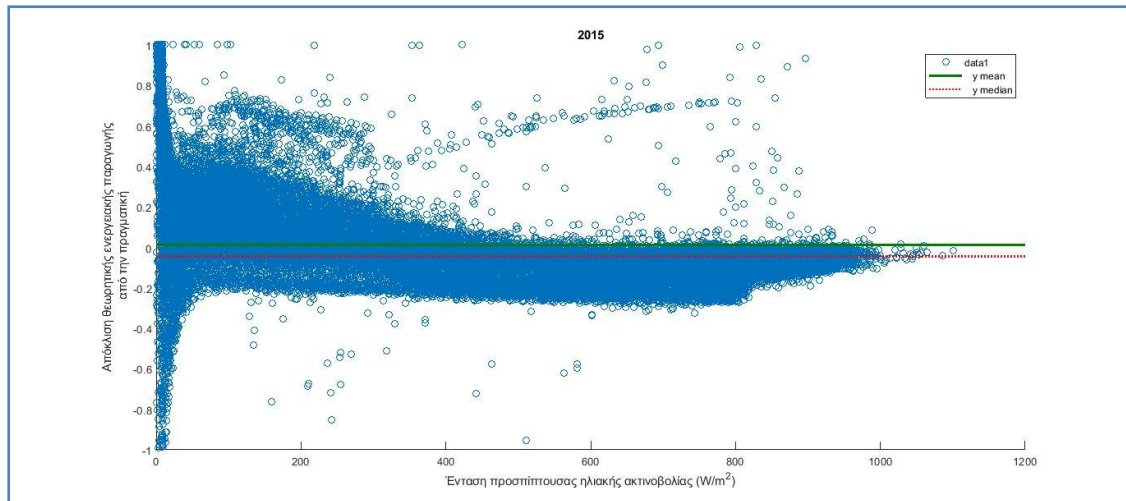


### Πάρκο 3

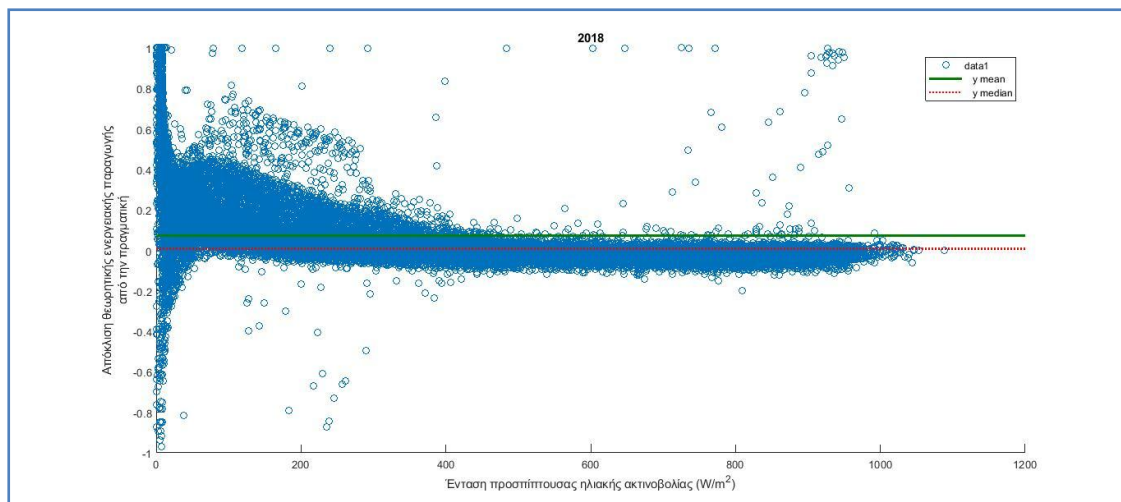
#### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2011-2018)





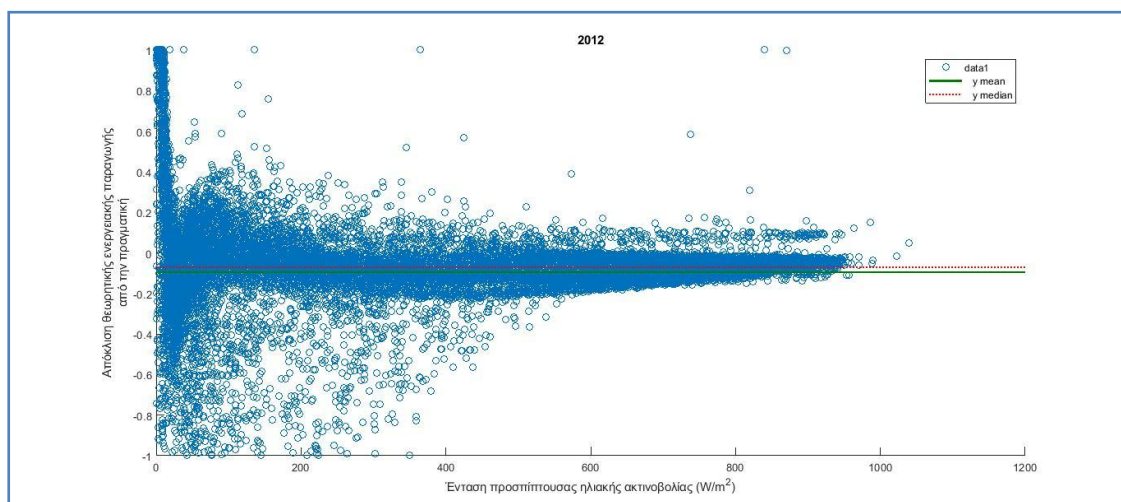
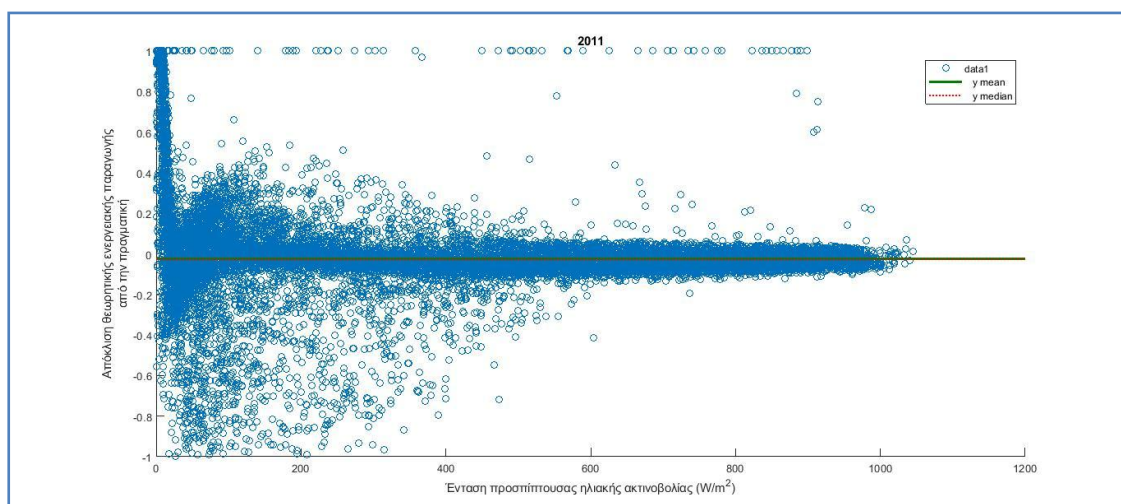


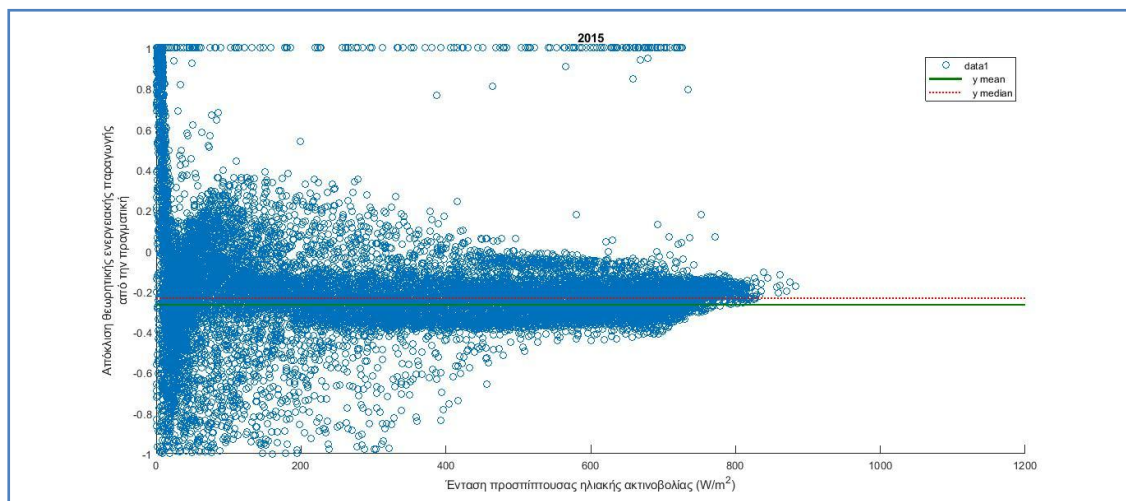
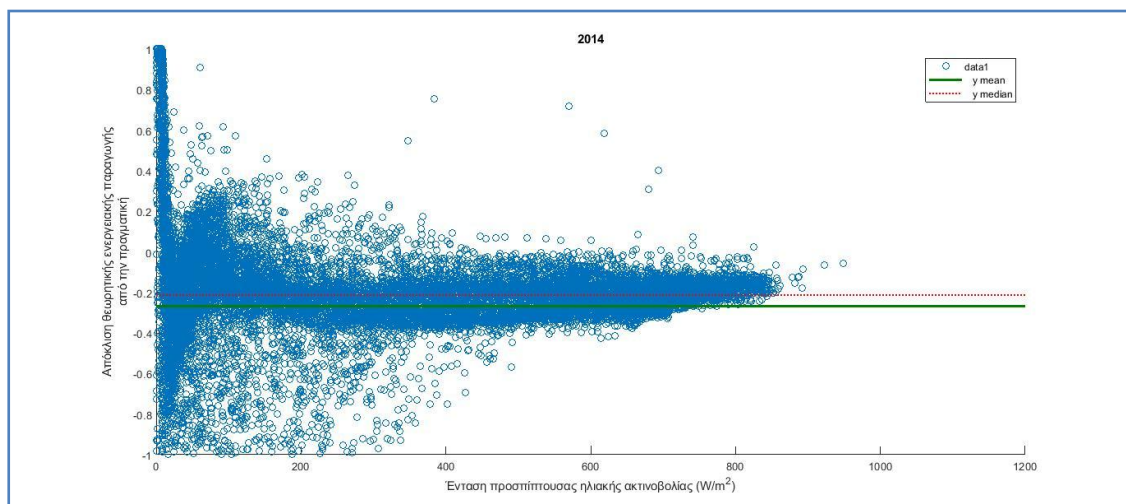
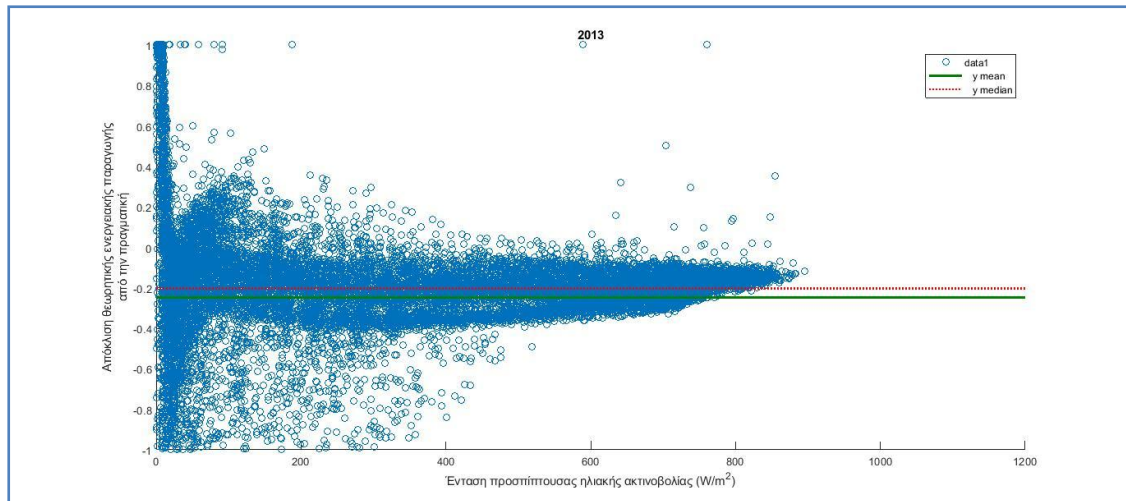


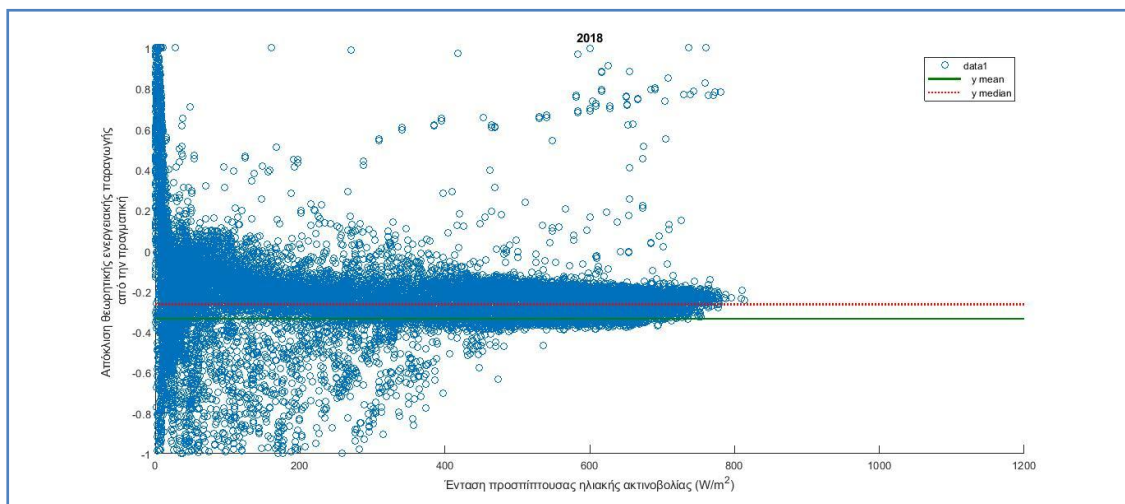
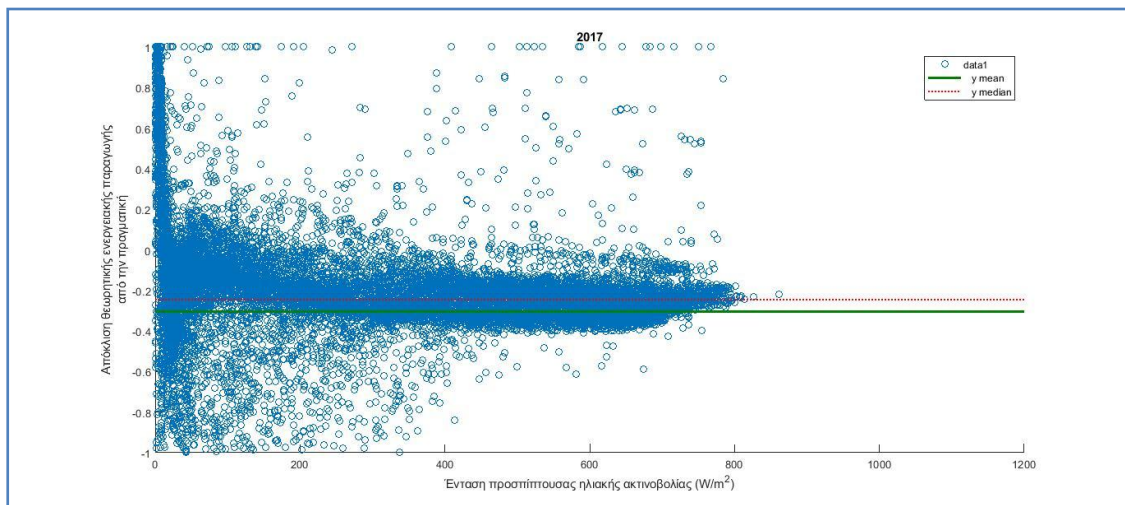
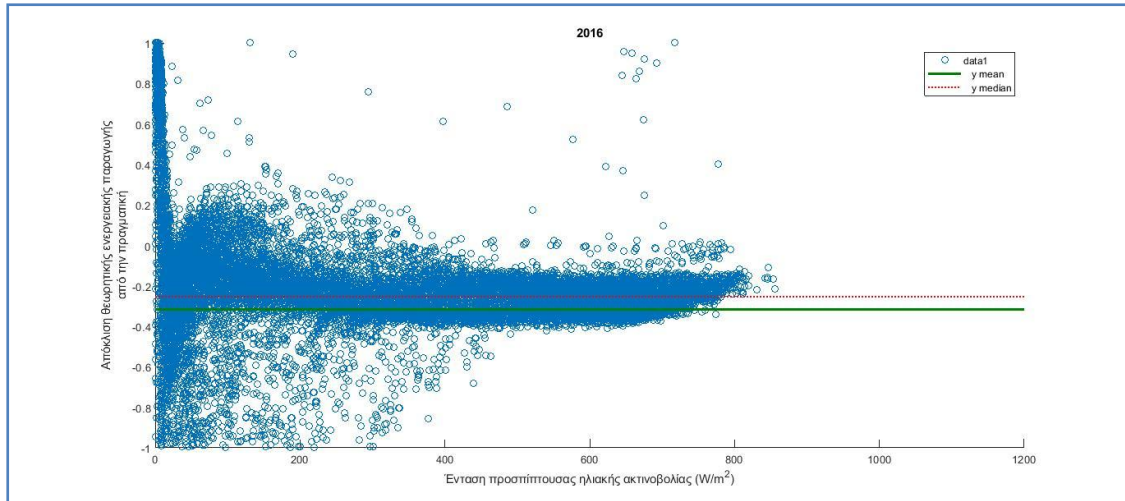


#### Πάρκο 4

#### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2011-2018)

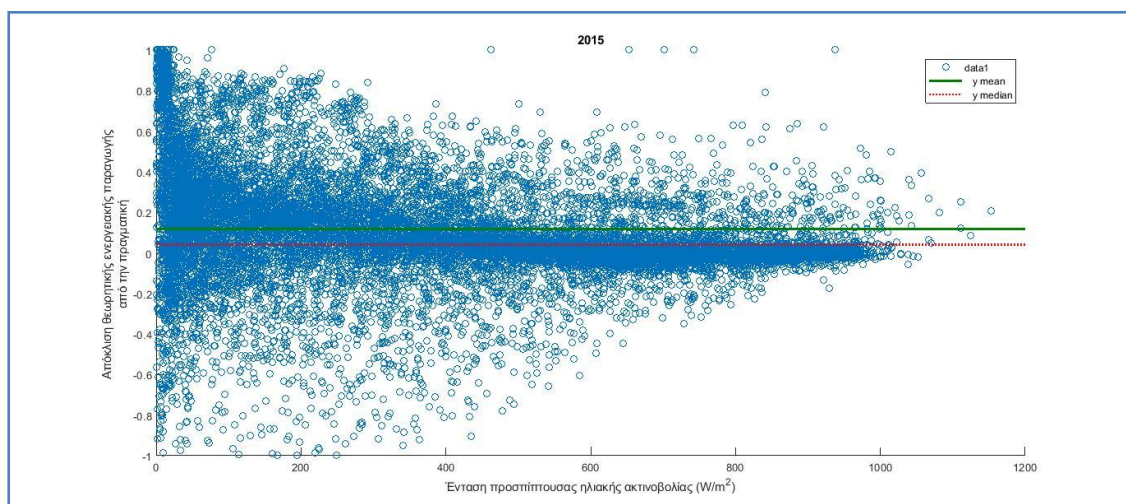
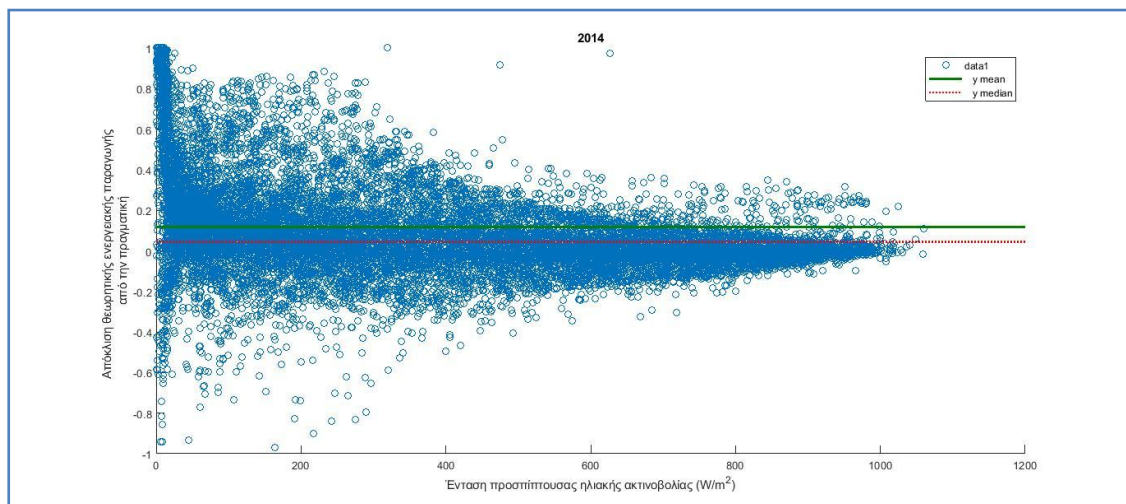
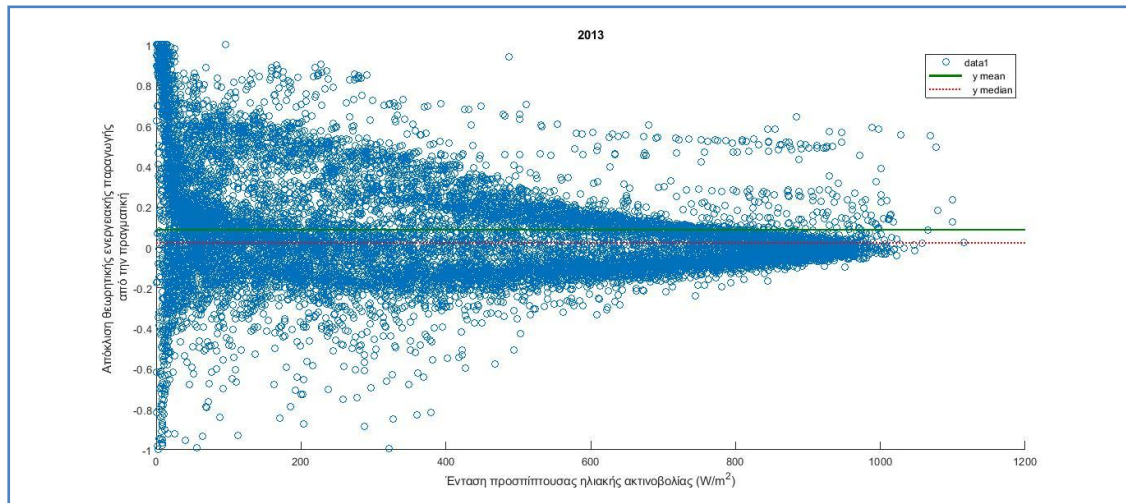


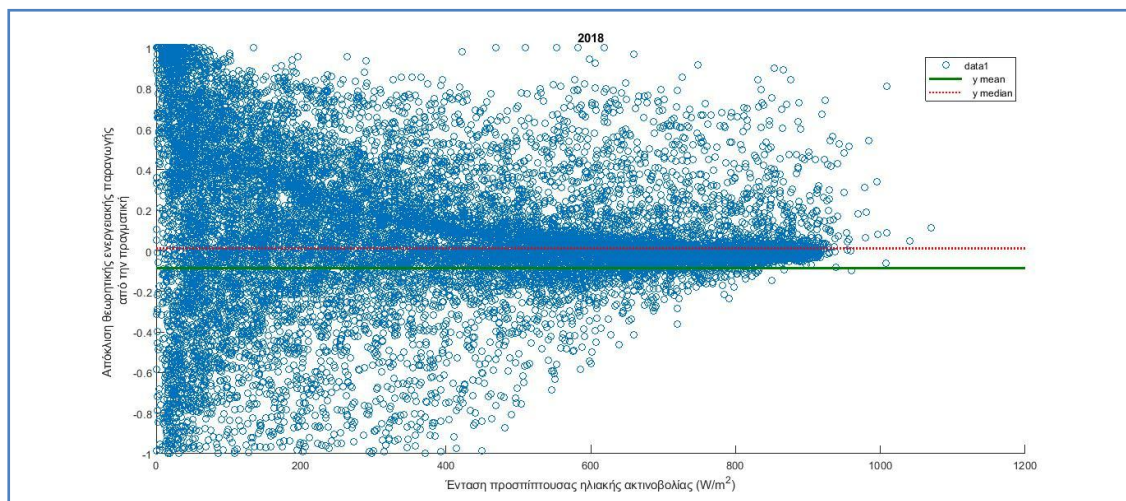
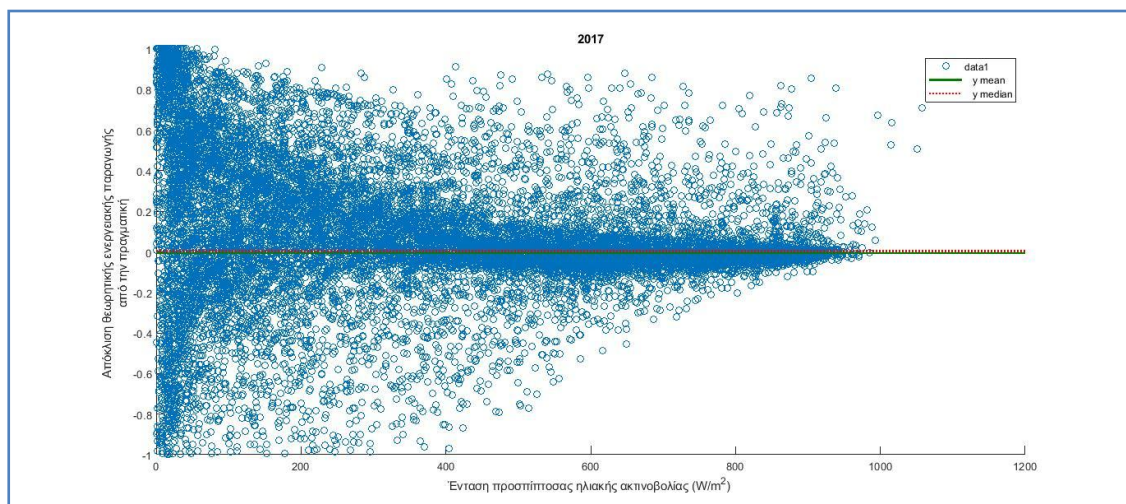
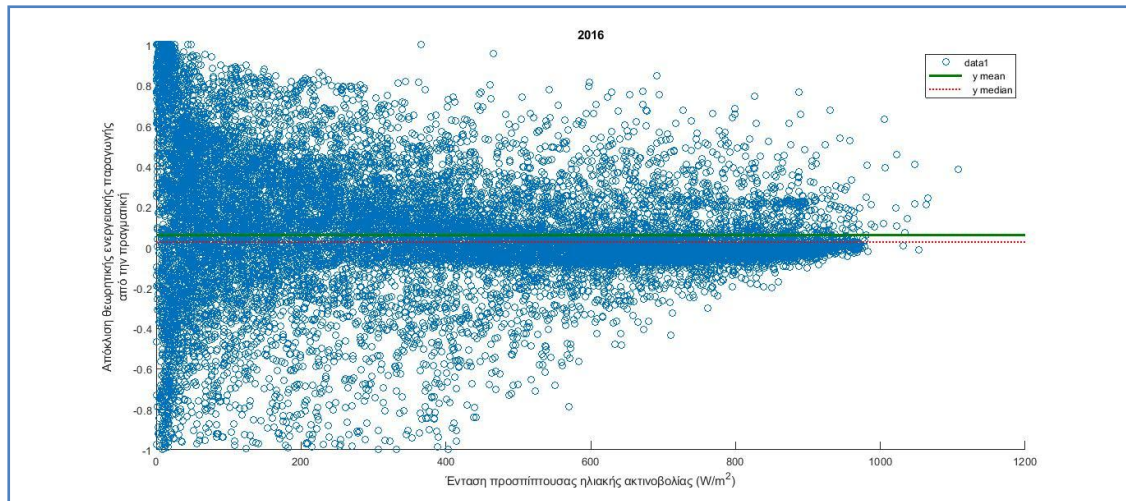




### Πάρκο 8

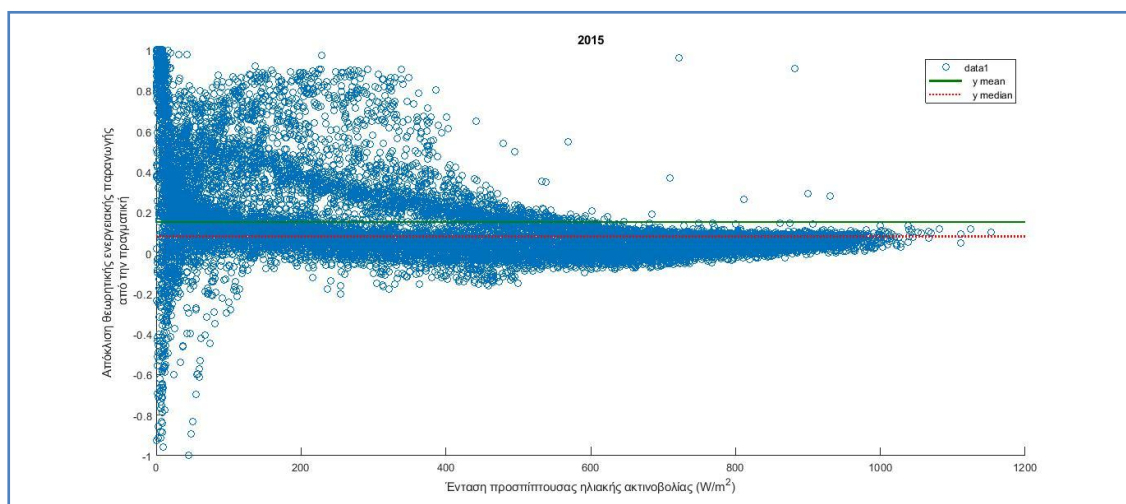
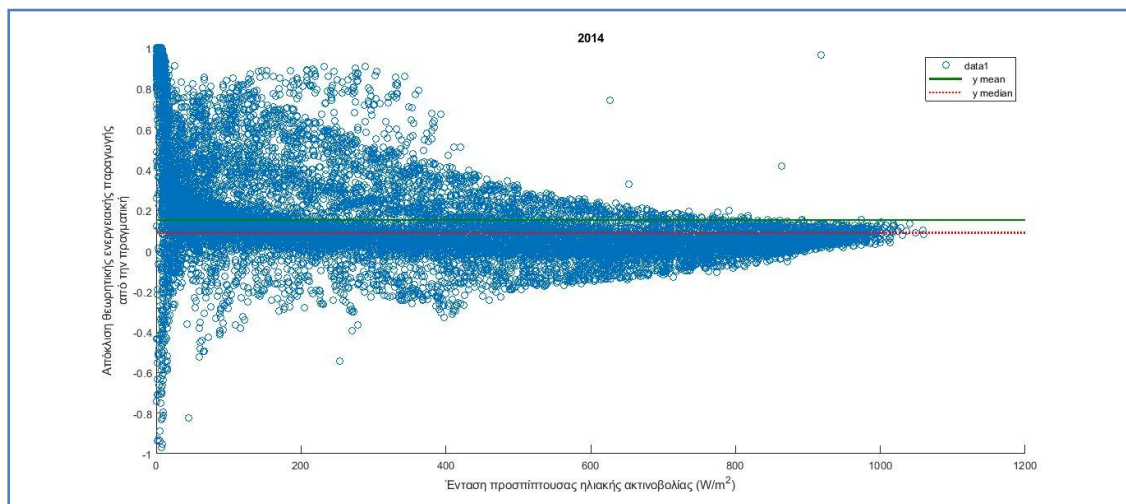
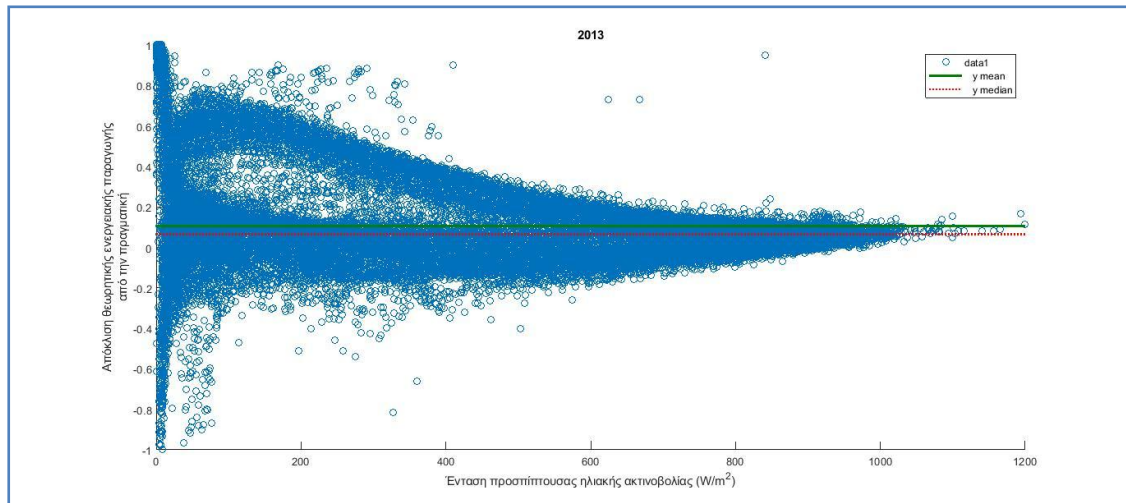
### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2013-2018)

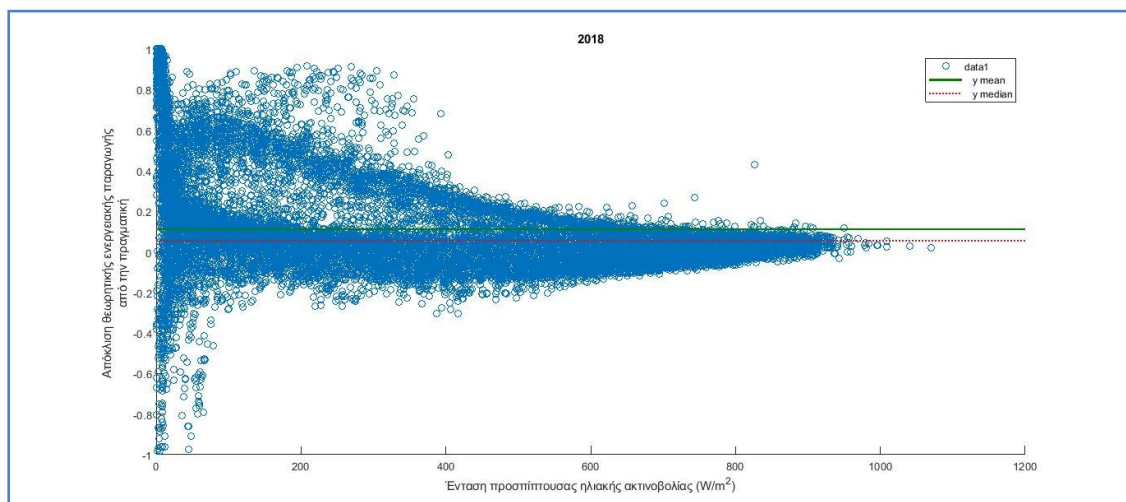
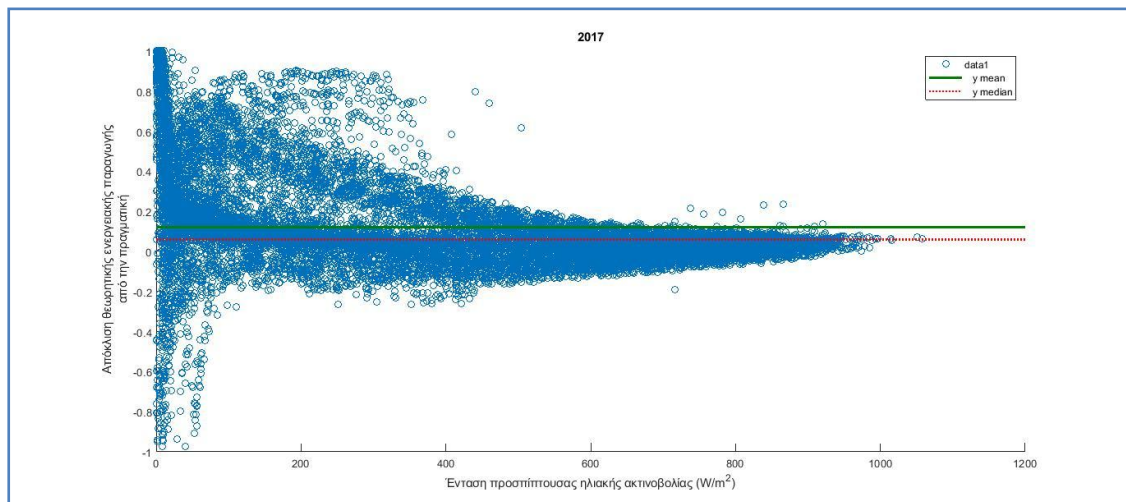
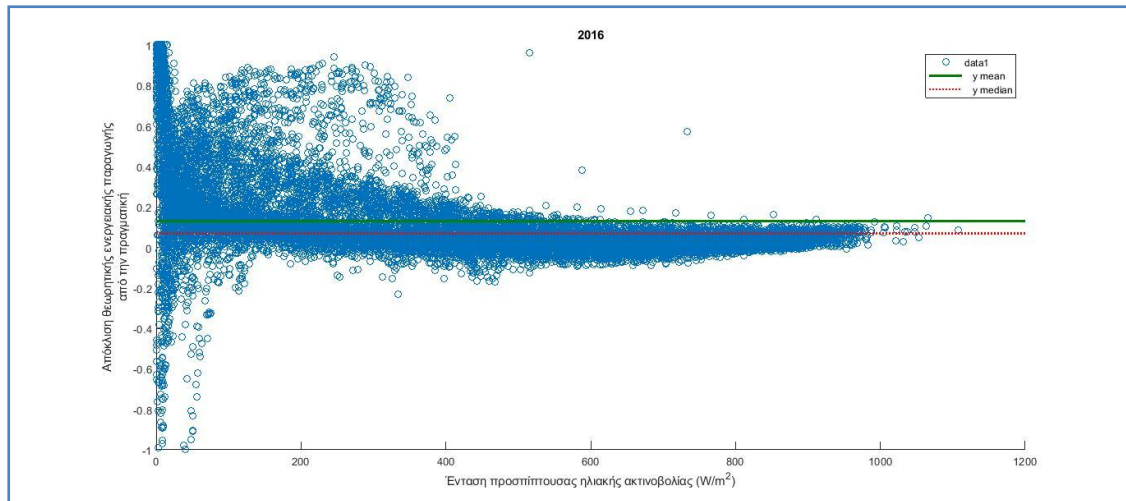




### Πάρκο 9

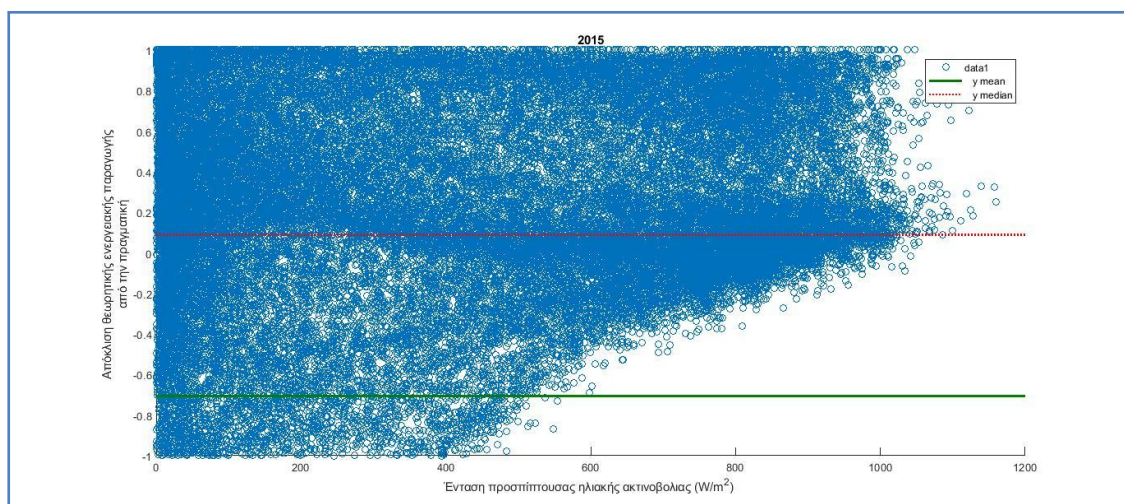
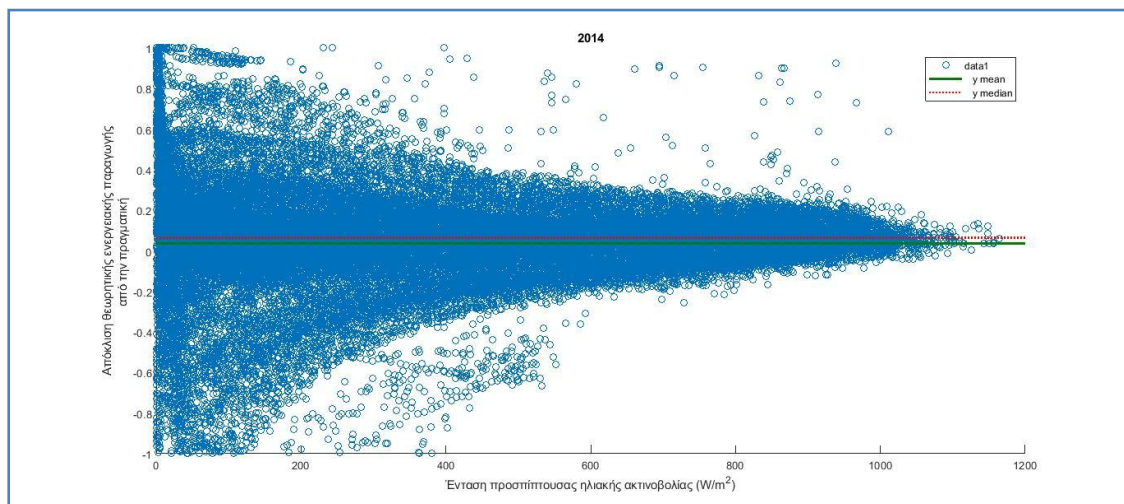
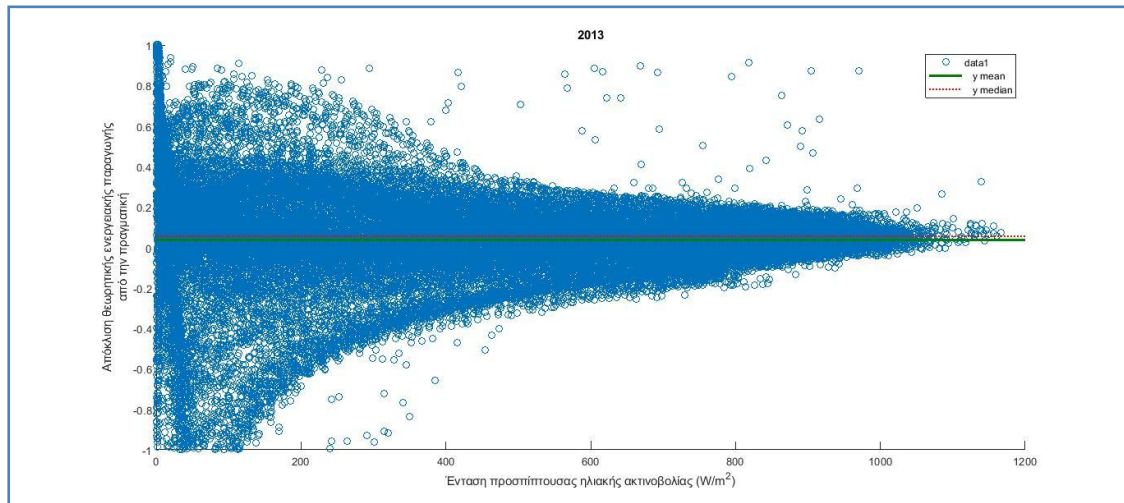
### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2013-2018)



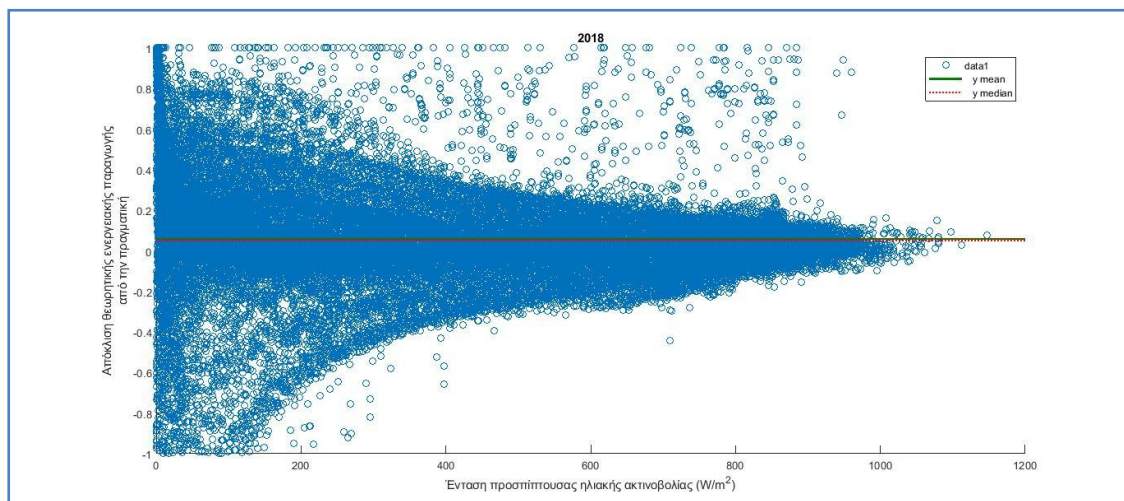
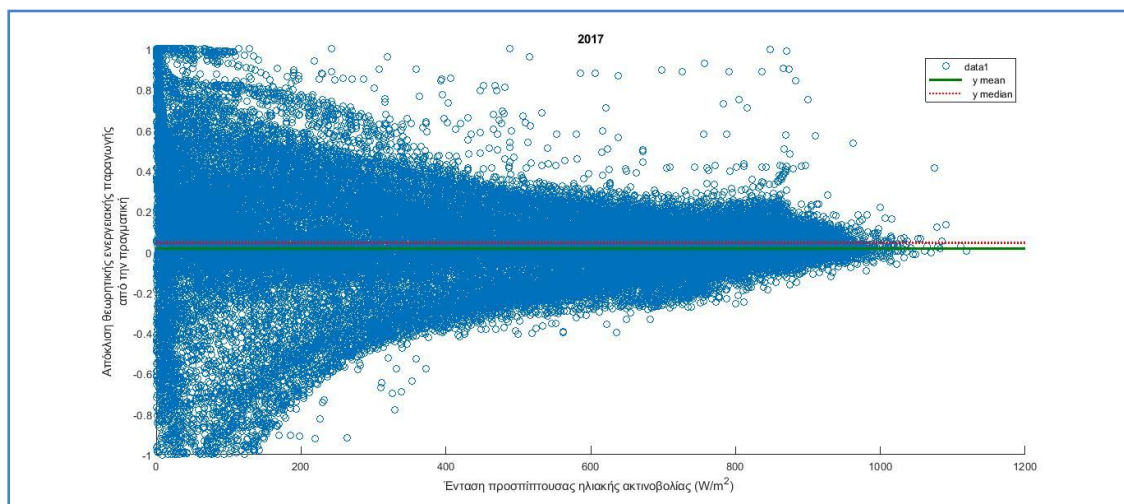
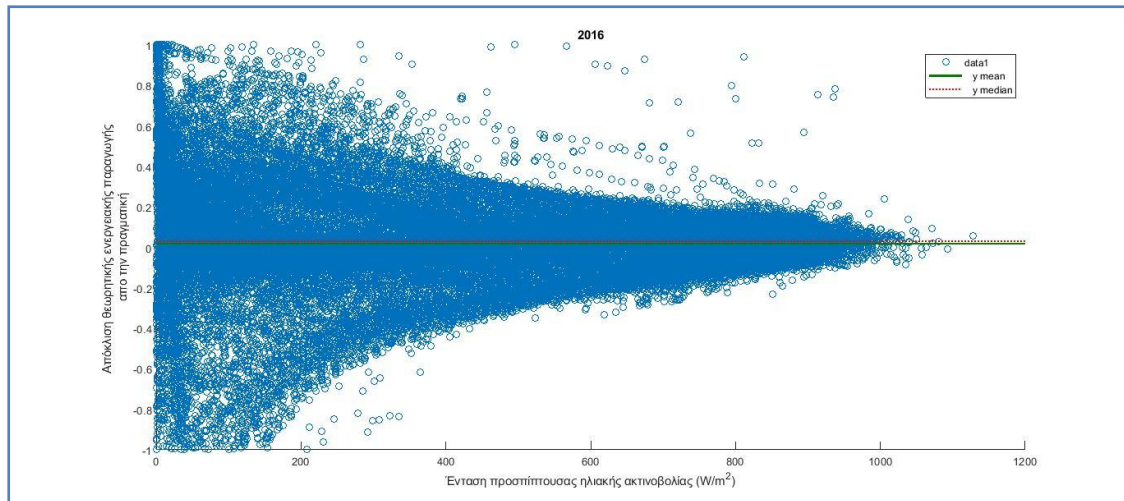


### Πάρκο 10

### Απόκλιση θεωρητικής ενεργειακής παραγωγής από την πραγματική (2013-2018)





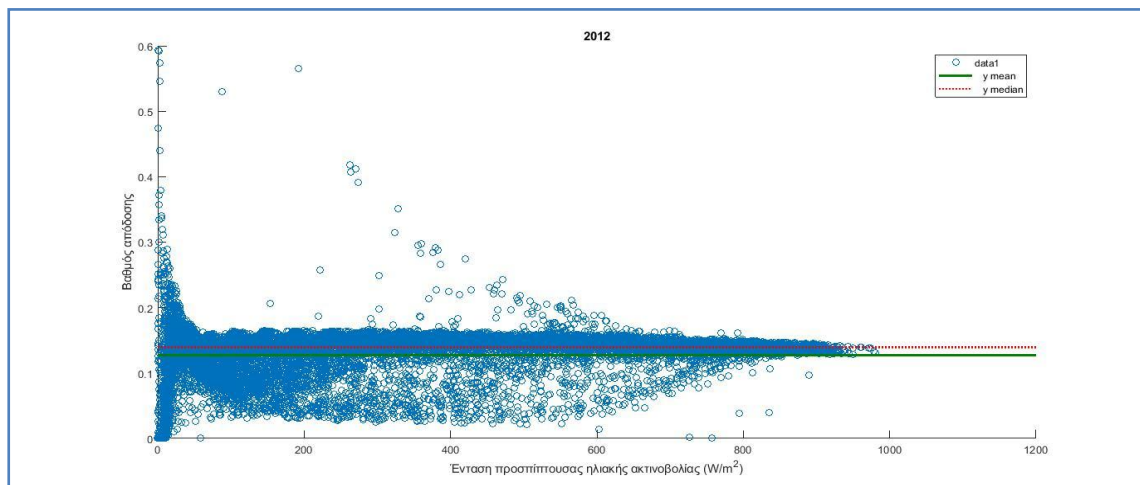
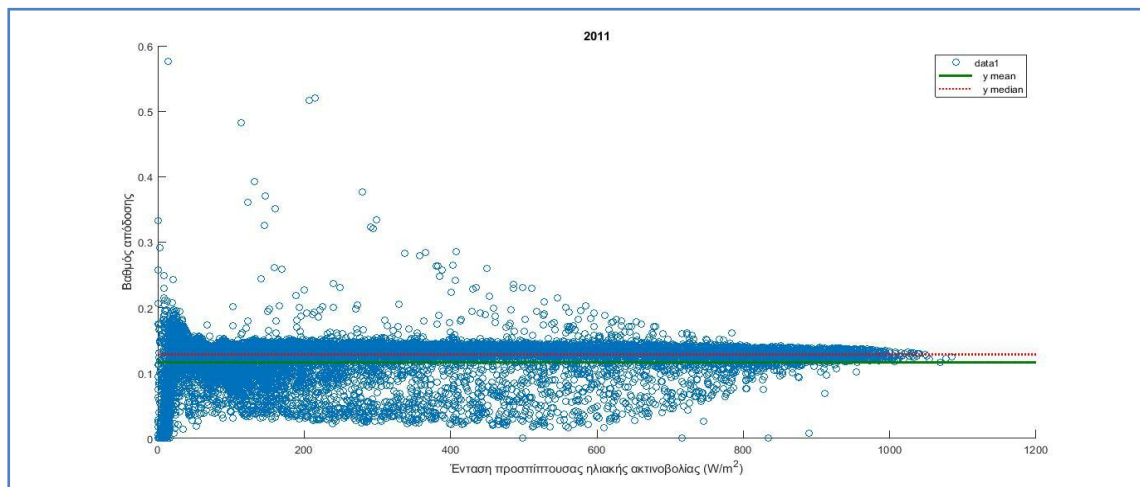


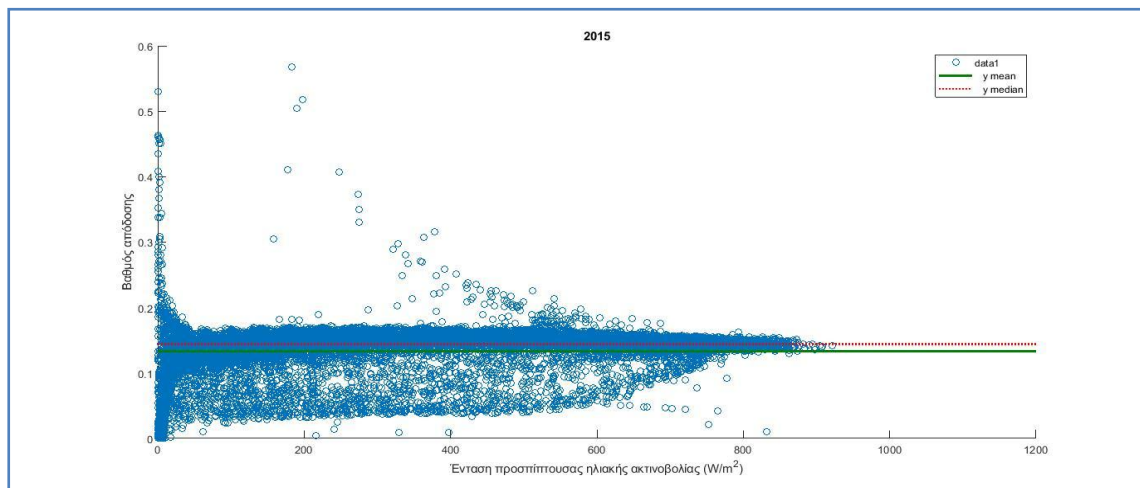
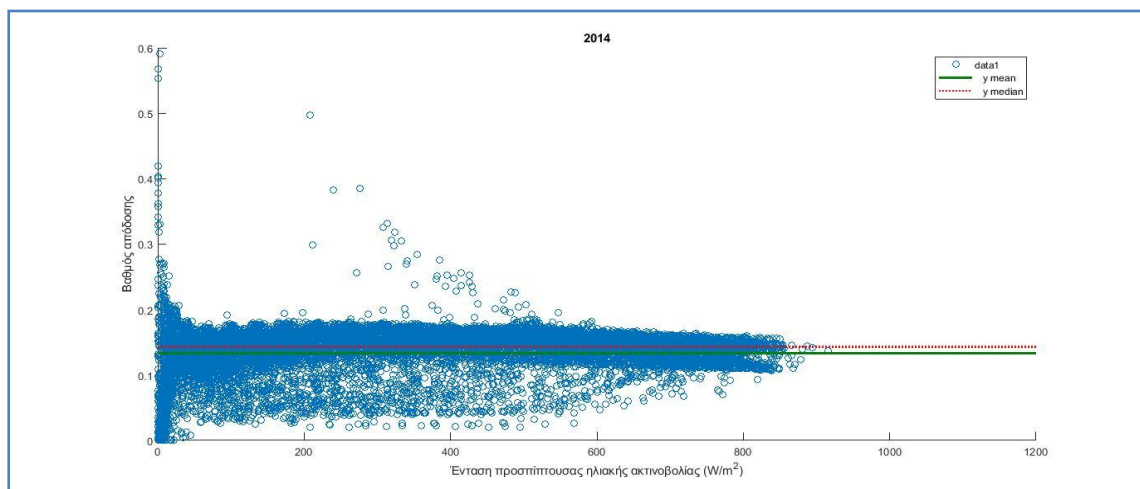
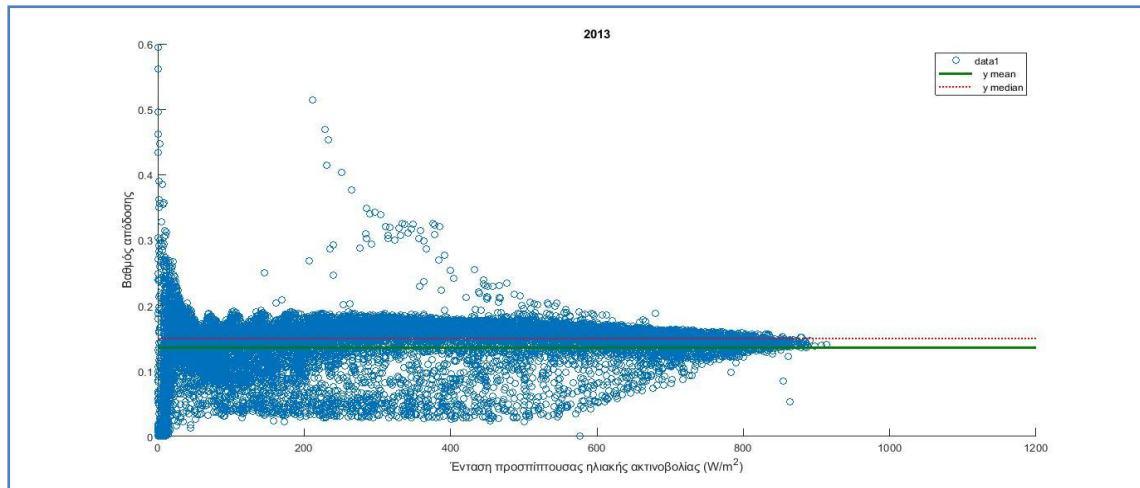
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

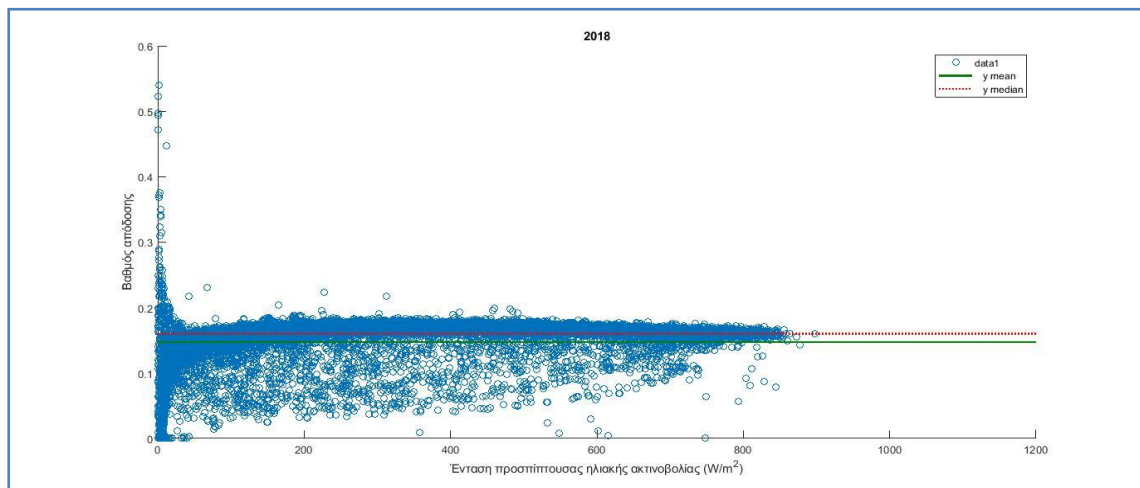
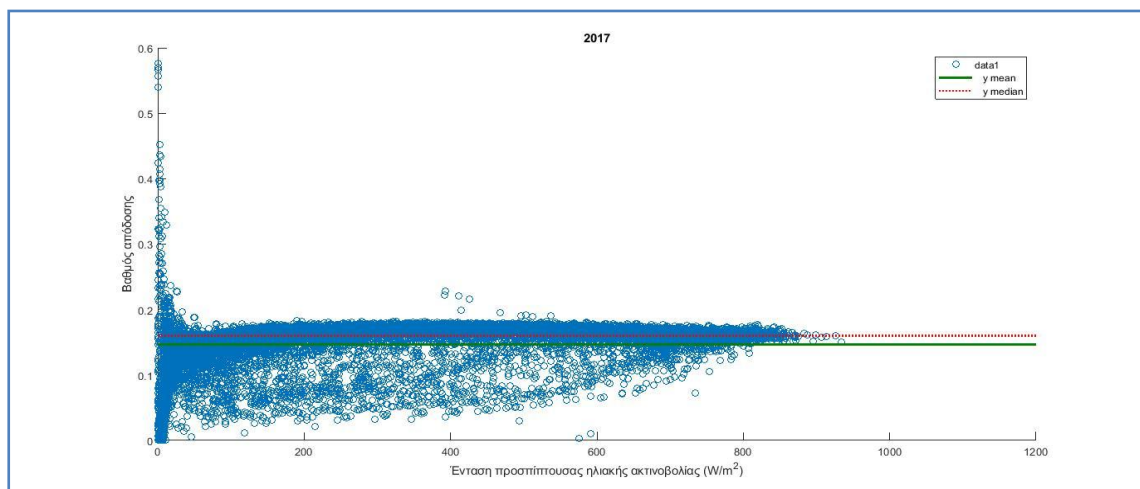
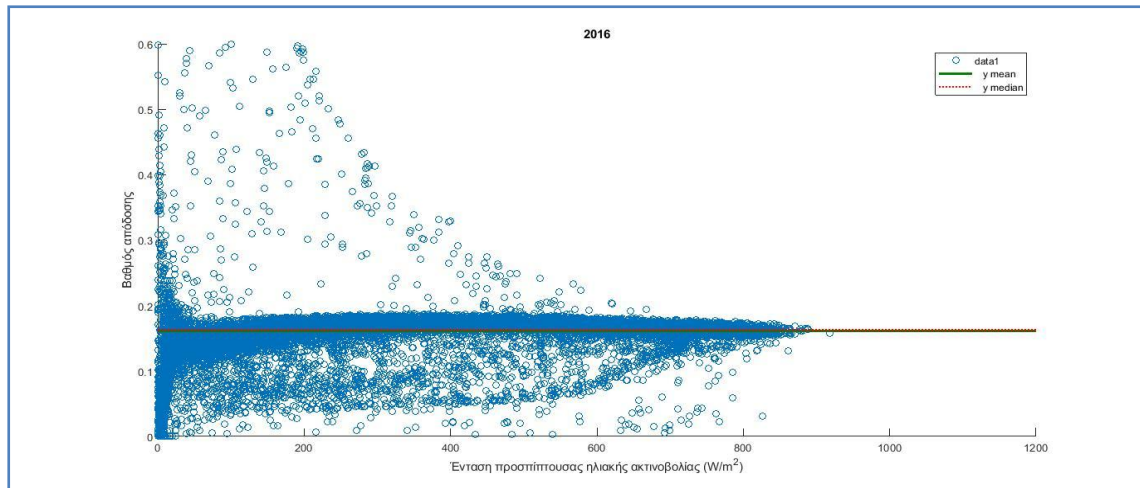
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

#### Πάρκο 1

#### Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (2011-2018)

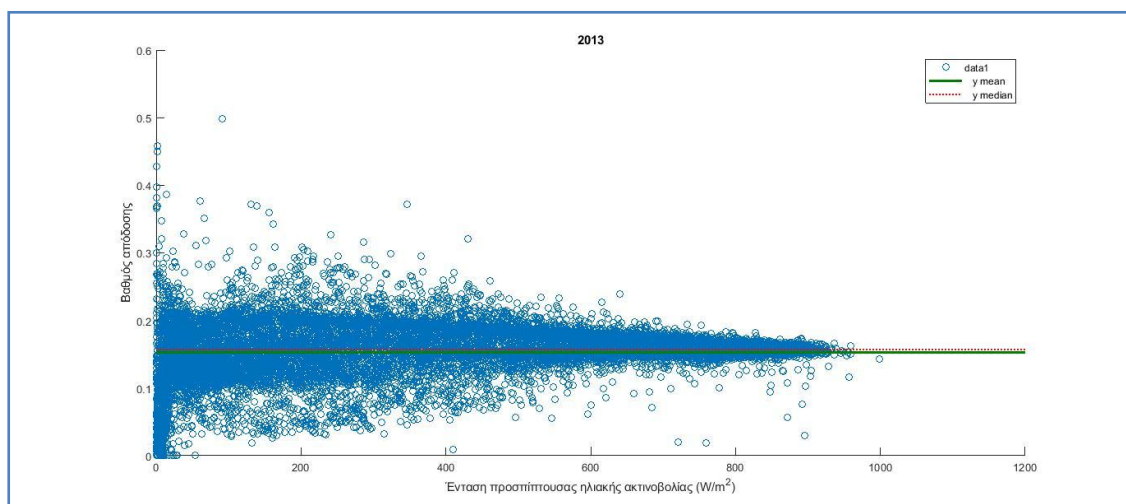
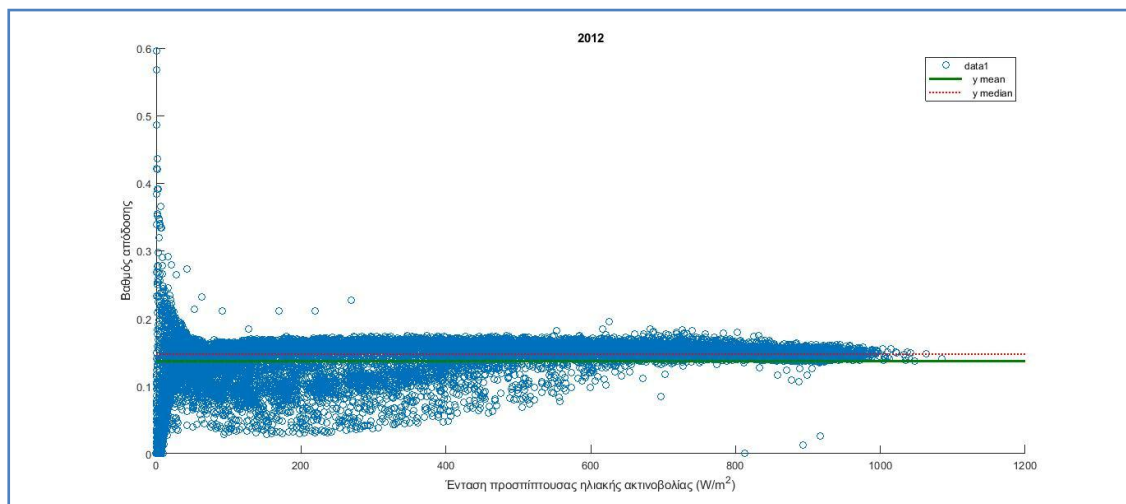
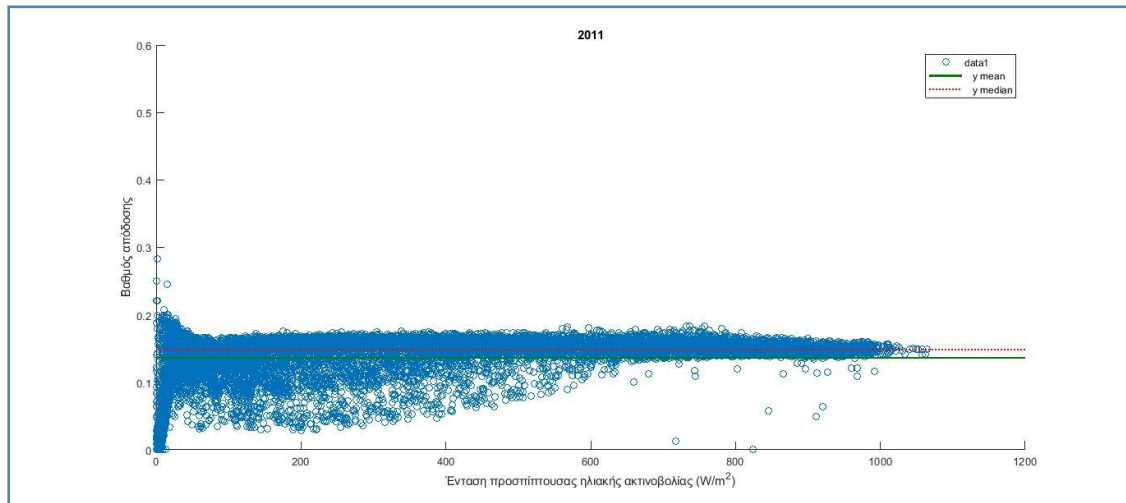


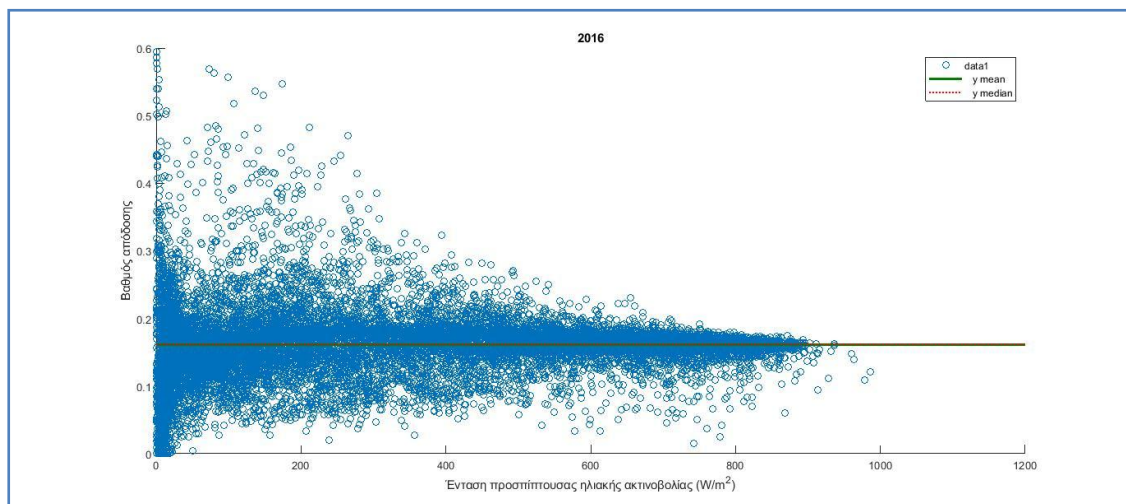
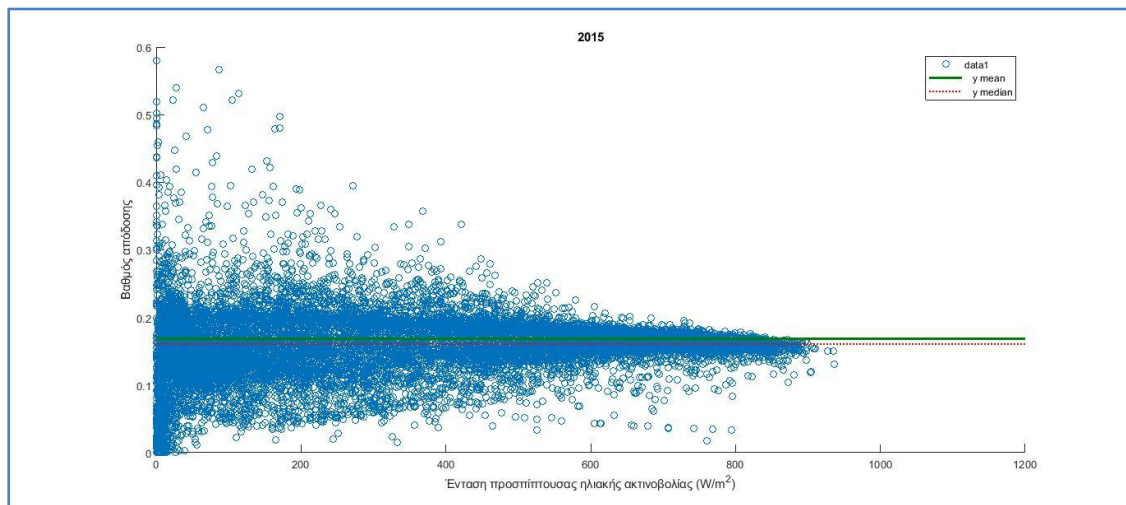
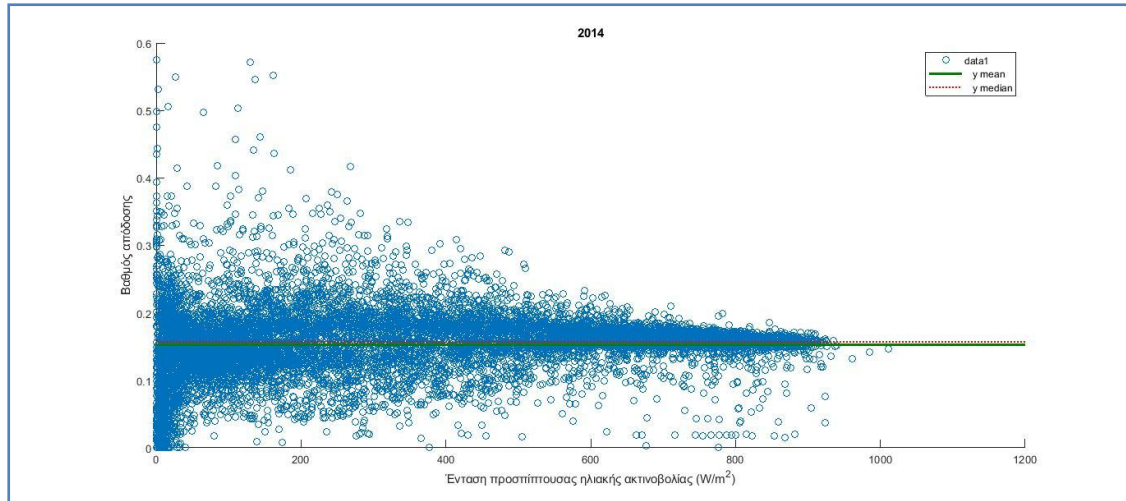


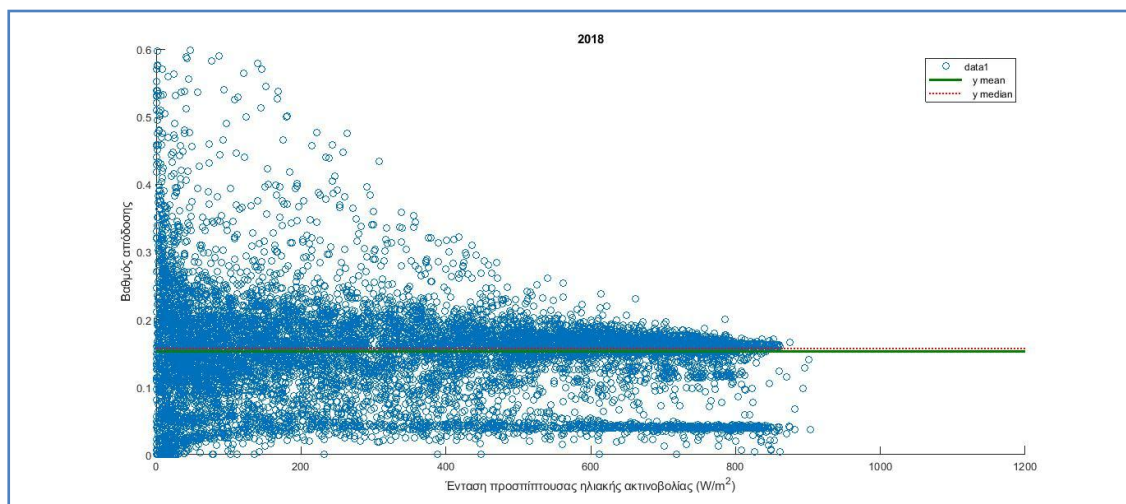
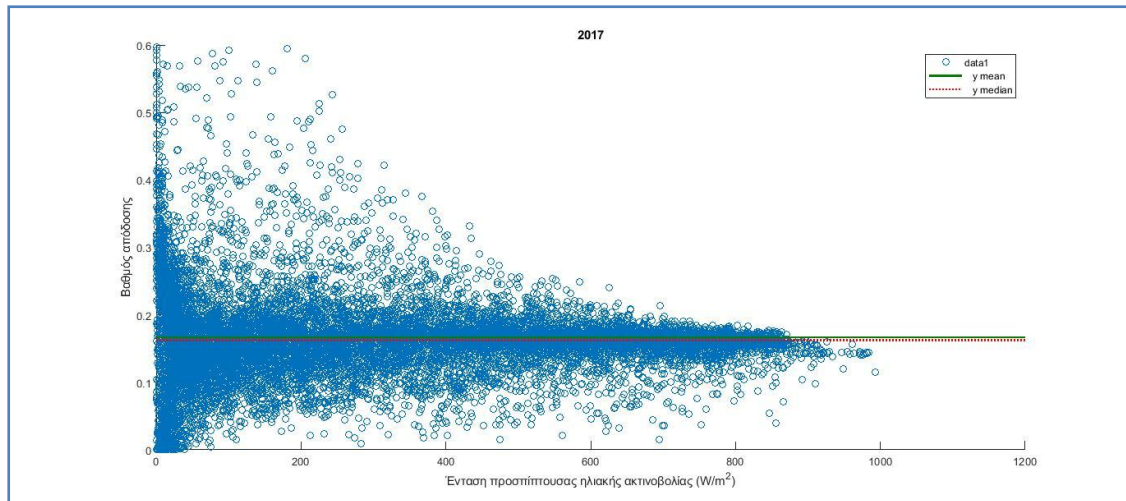


## Πάρκο 2

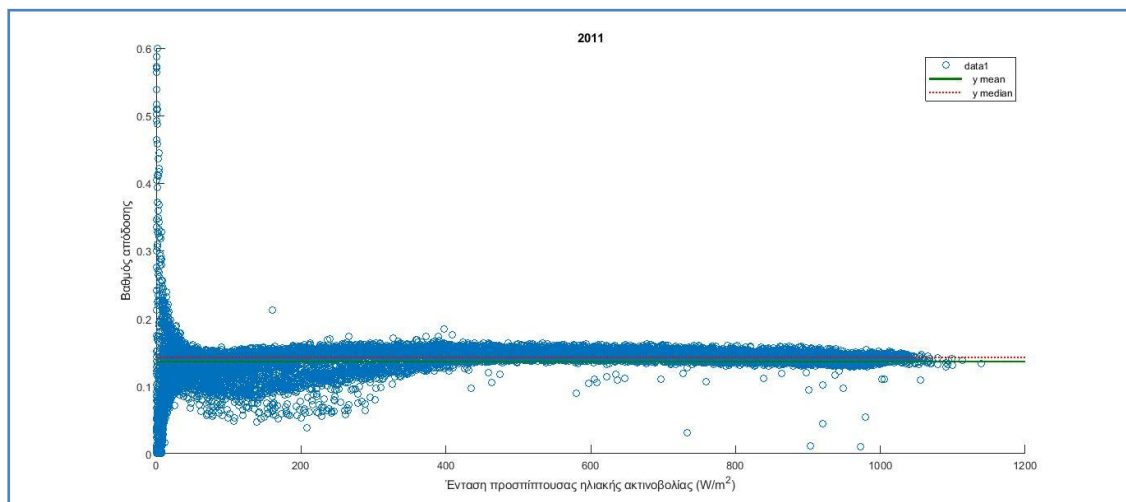
### Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (2011-2018)

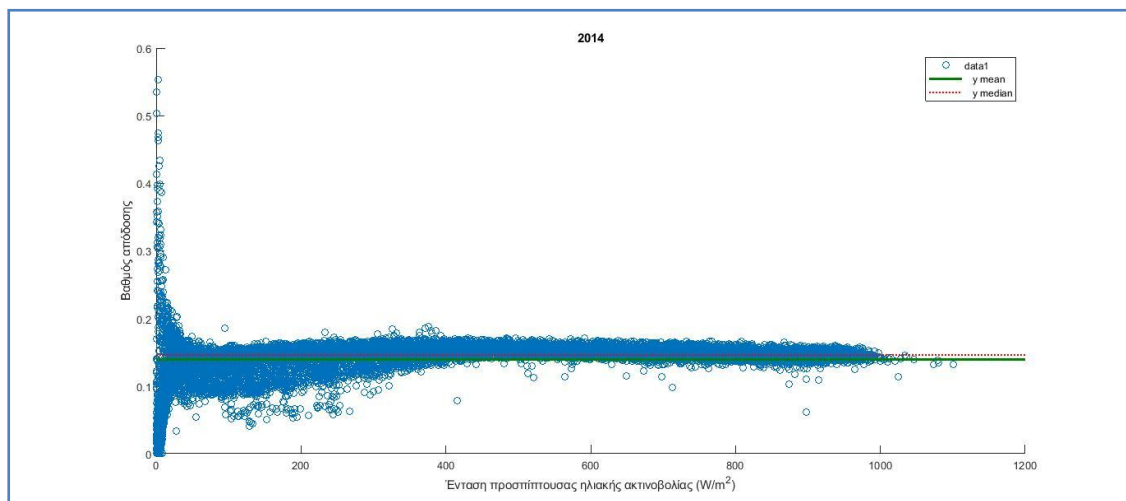
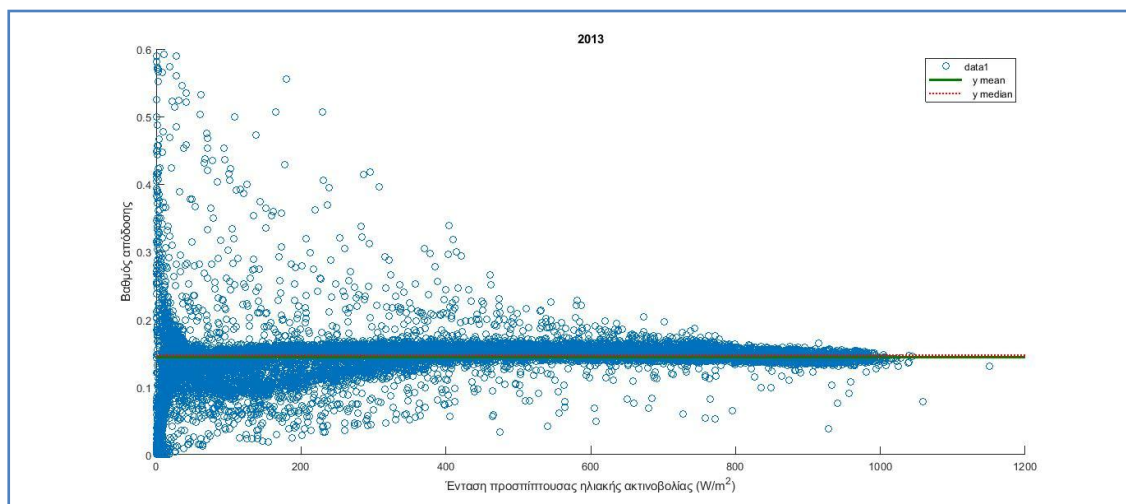
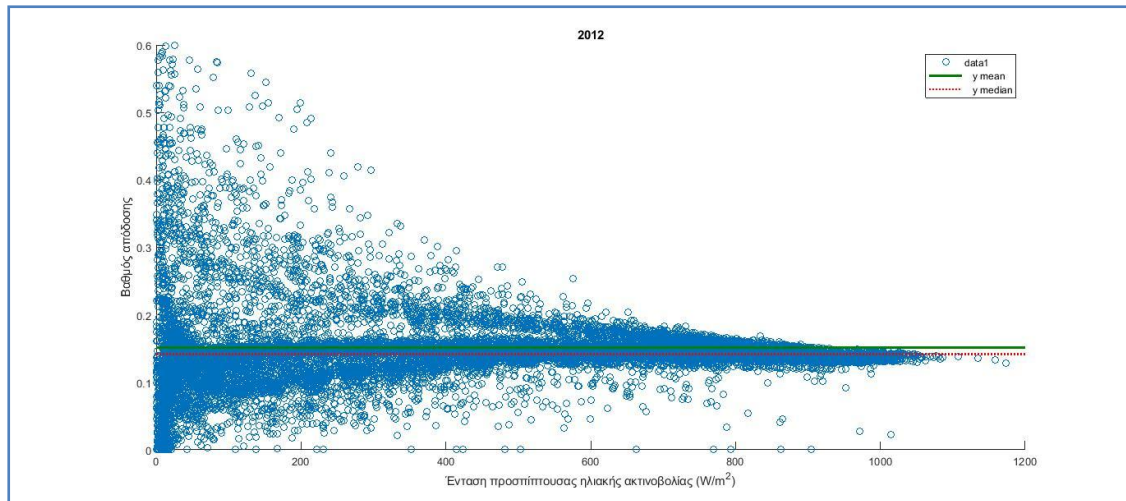




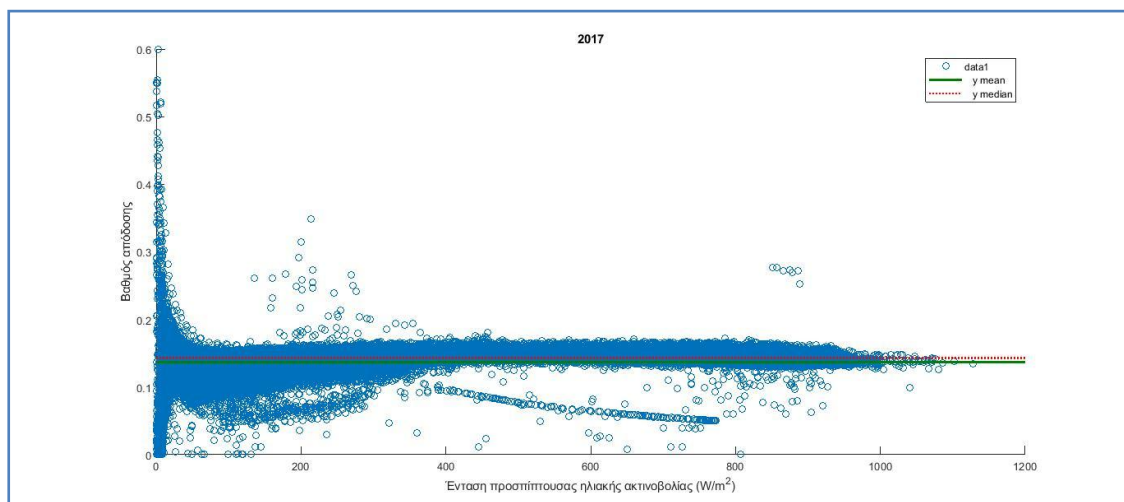
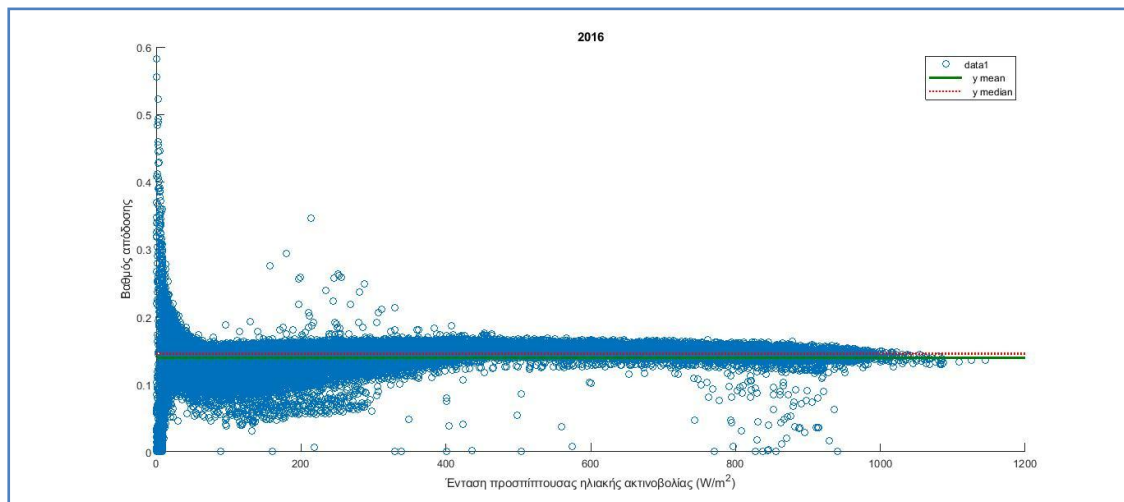
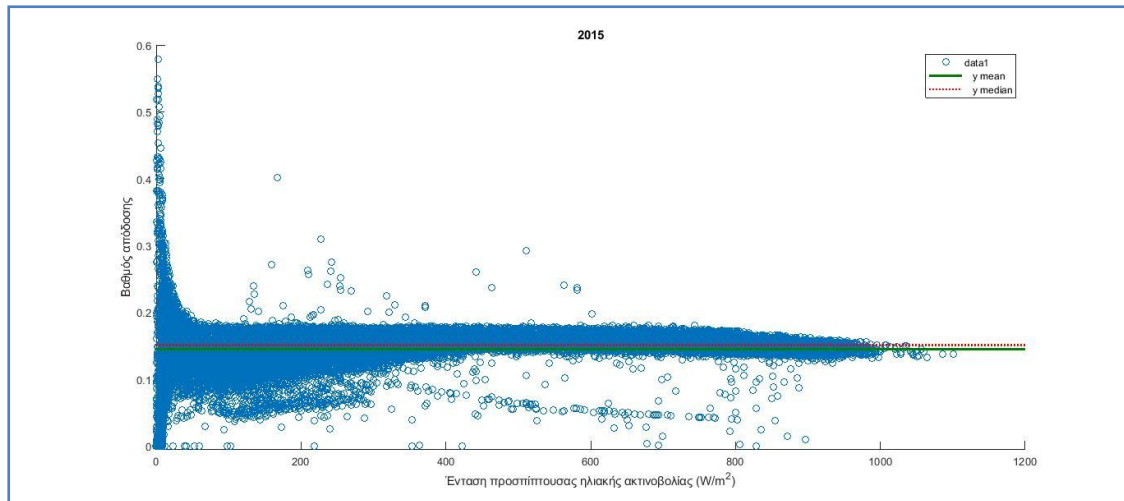


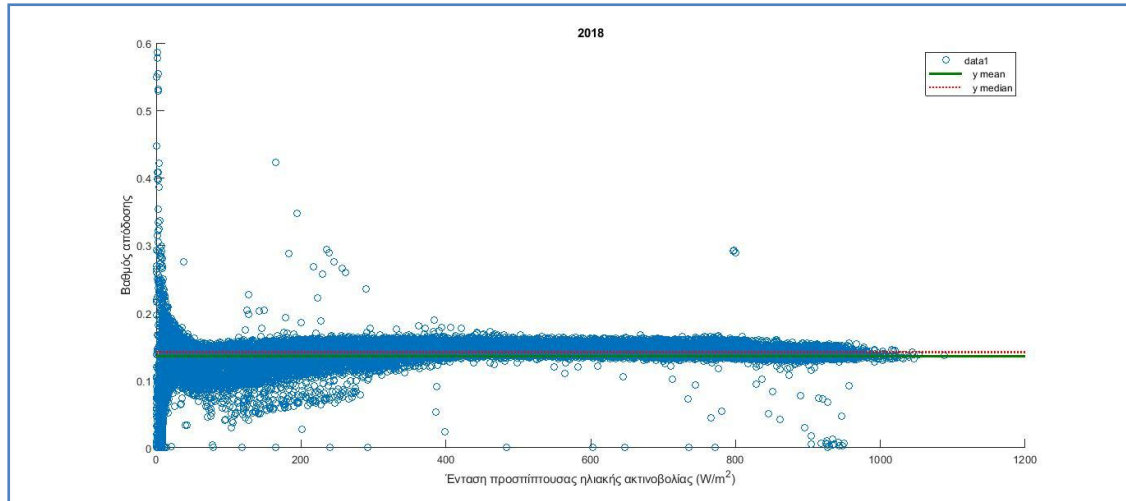
### Πάρκο 3 Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (2011-2018)



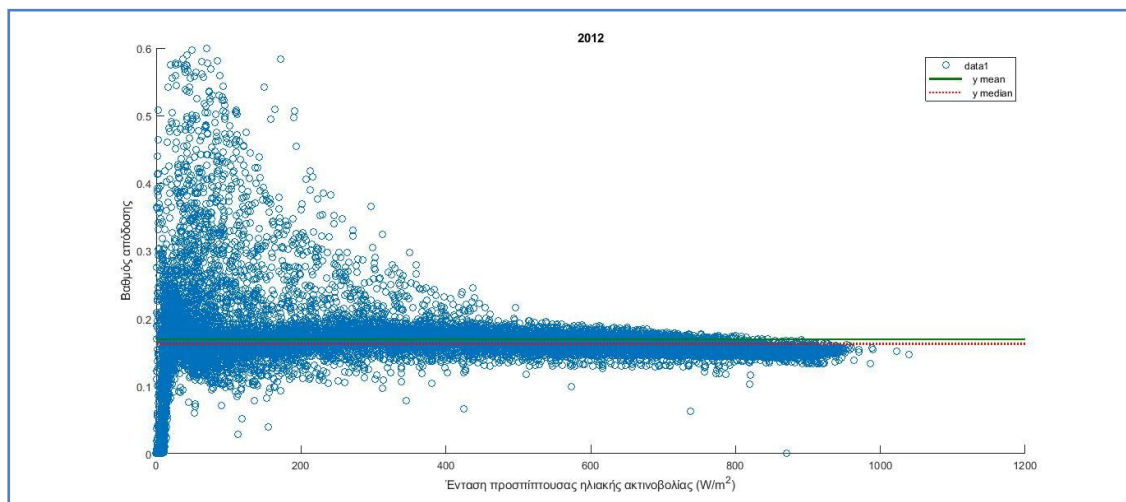
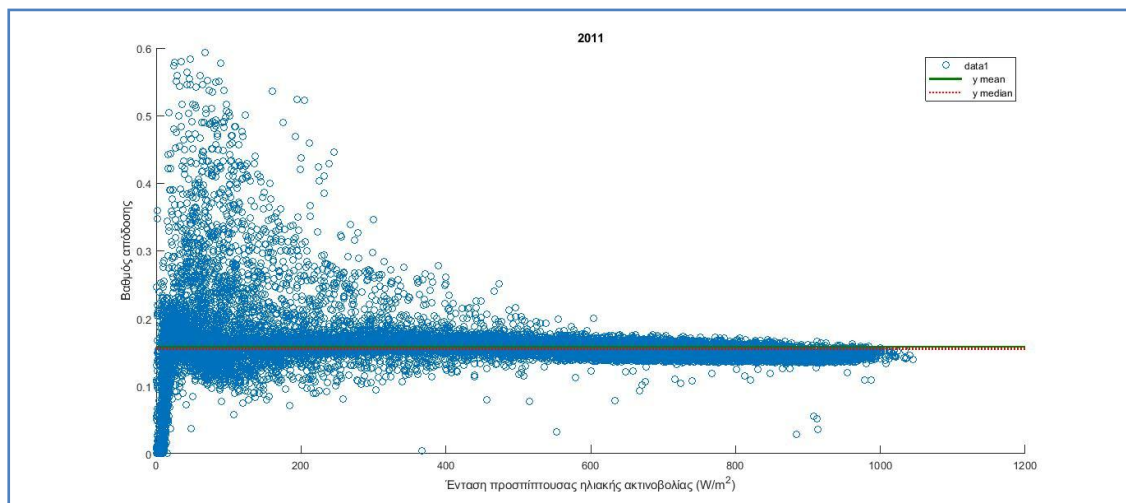


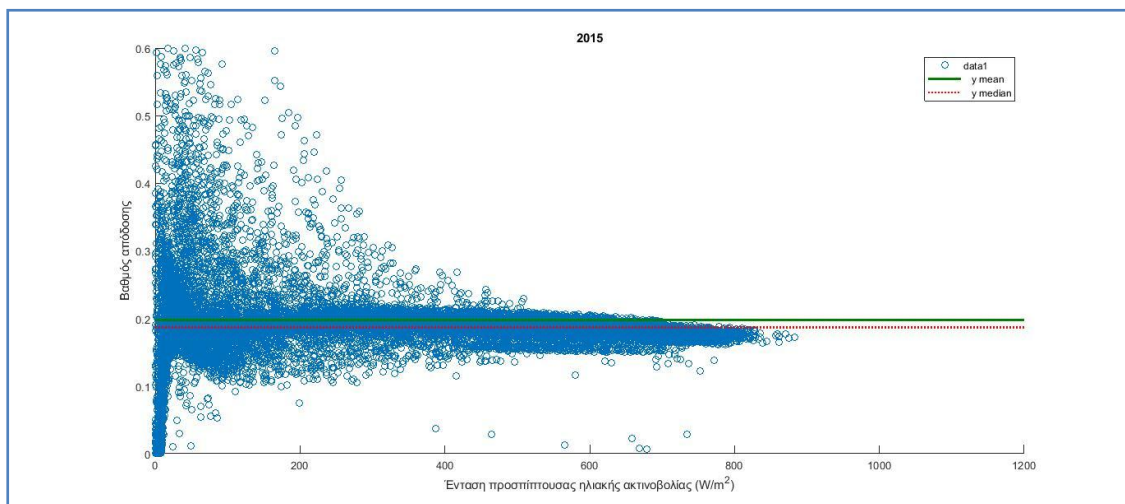
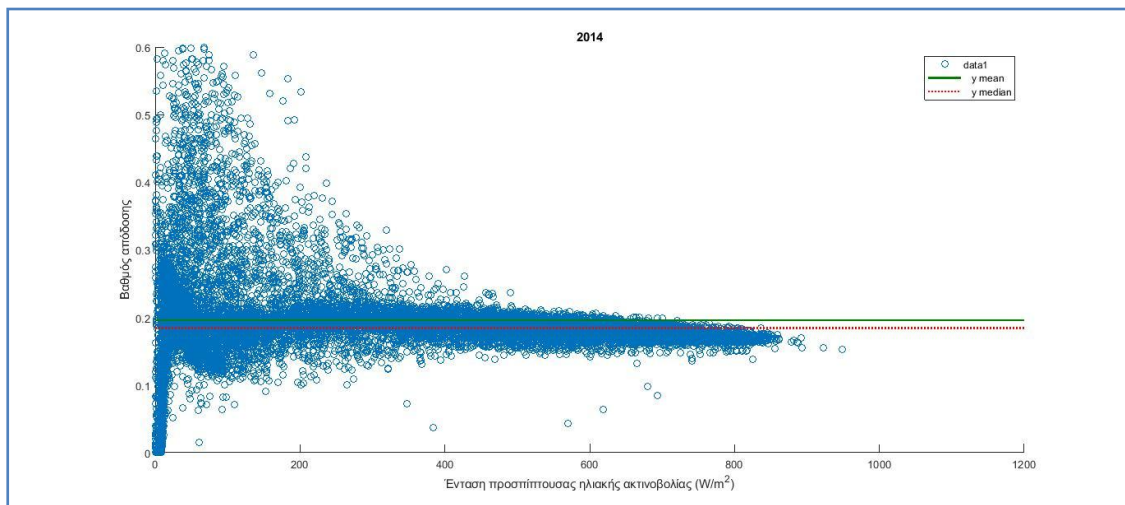
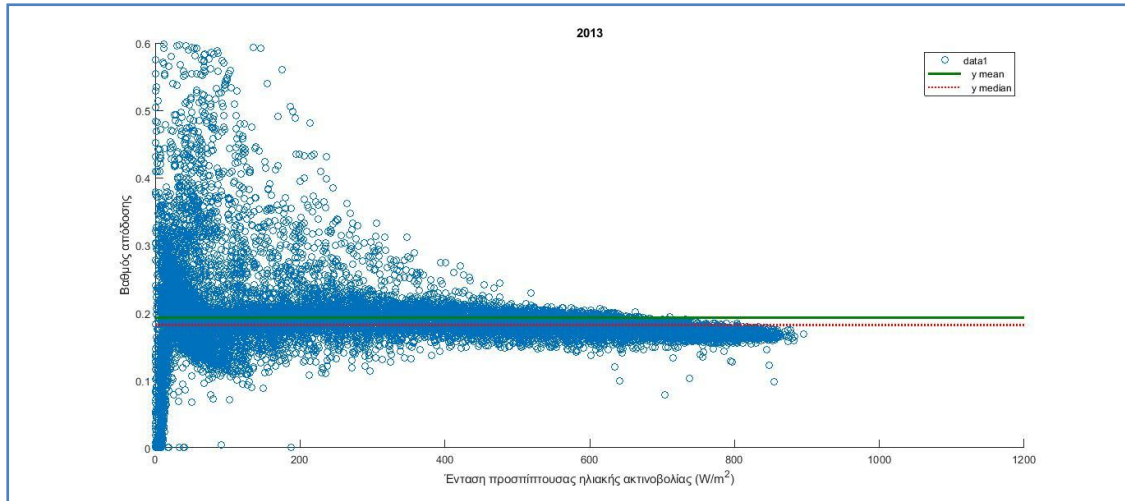


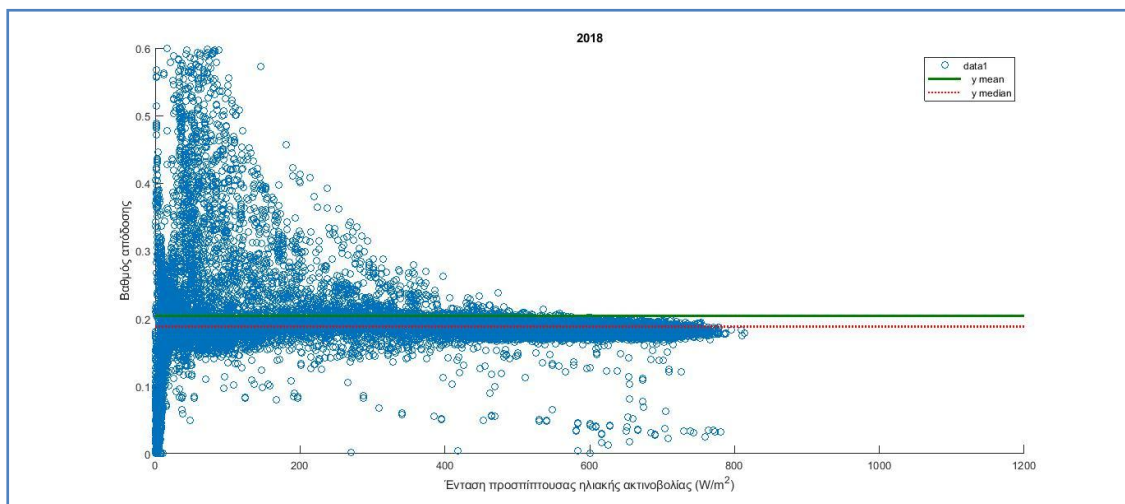
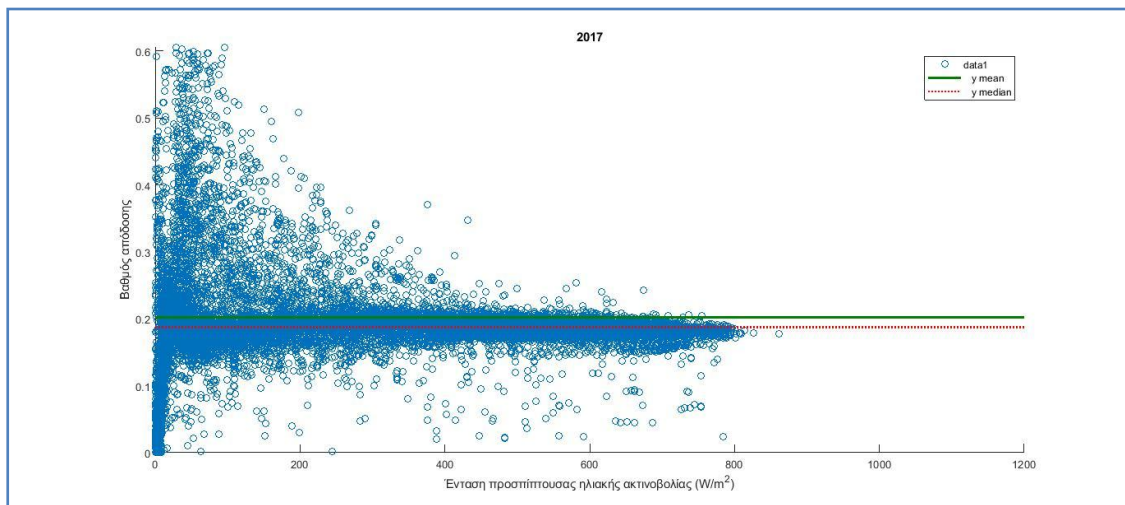
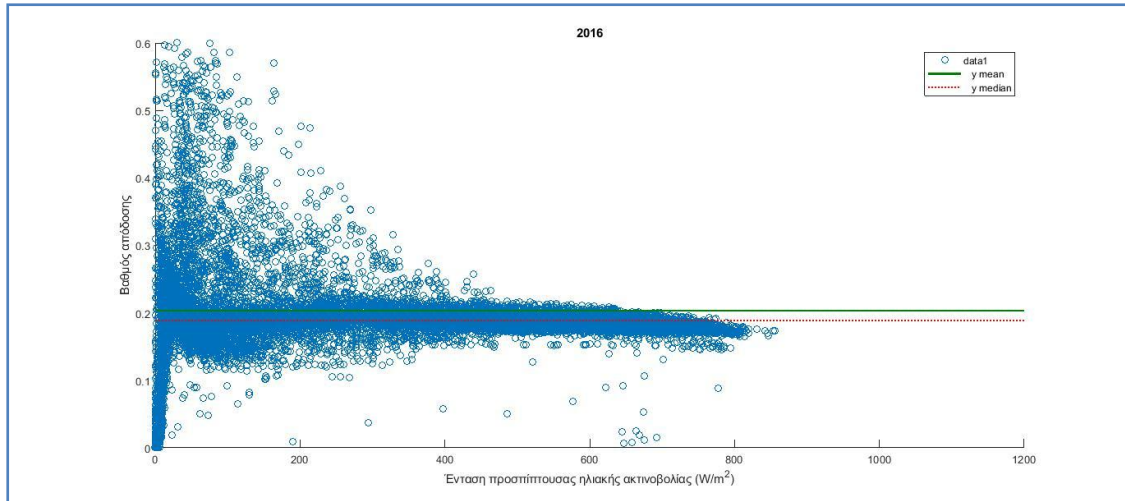




#### Πάρκο 4 Βαθμός απόδοσης $\phi/\beta$ συστήματος (2011-2018)

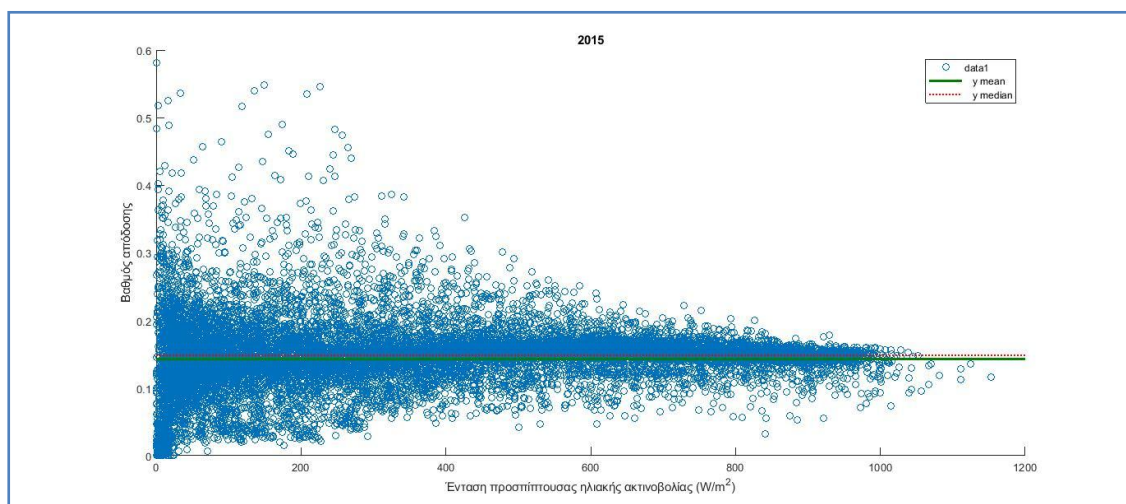
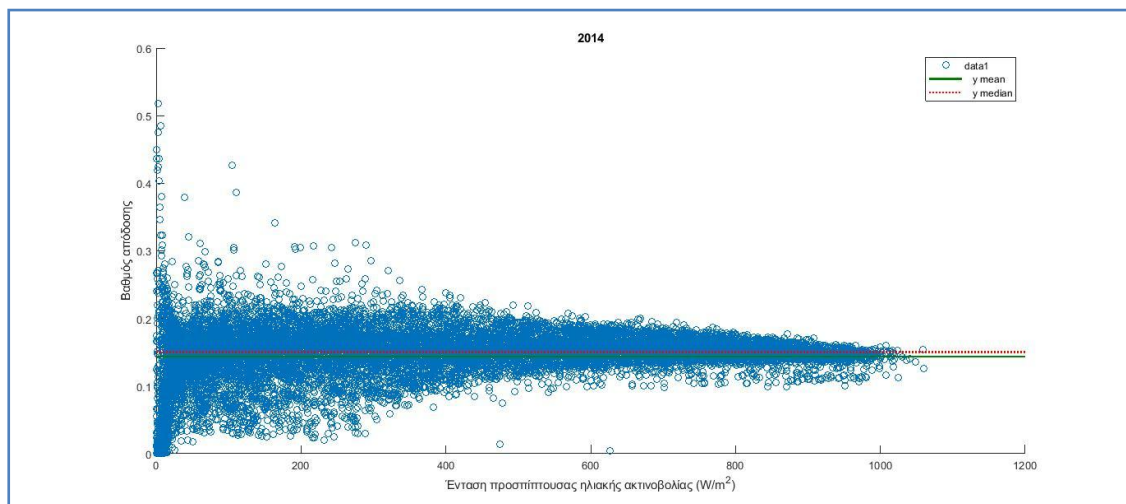
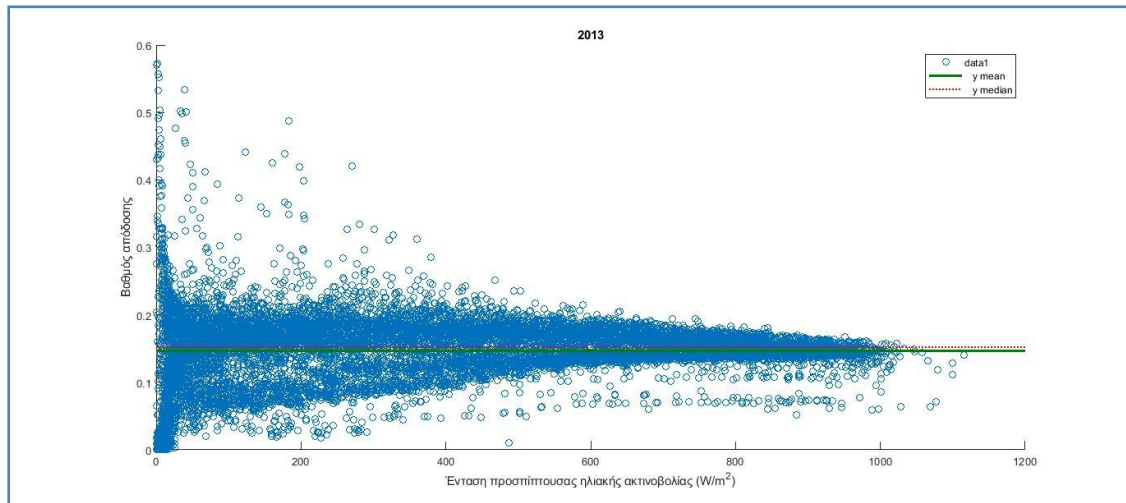


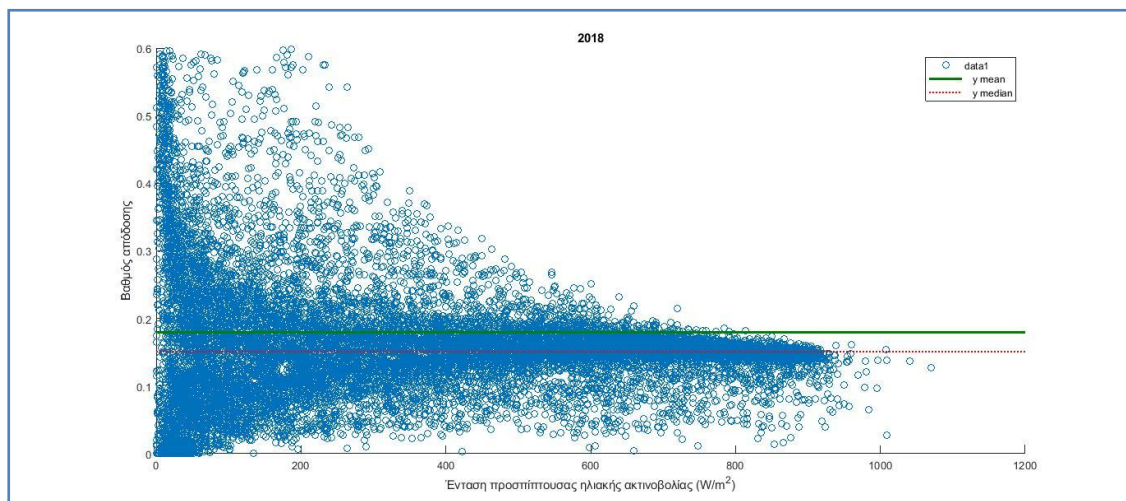
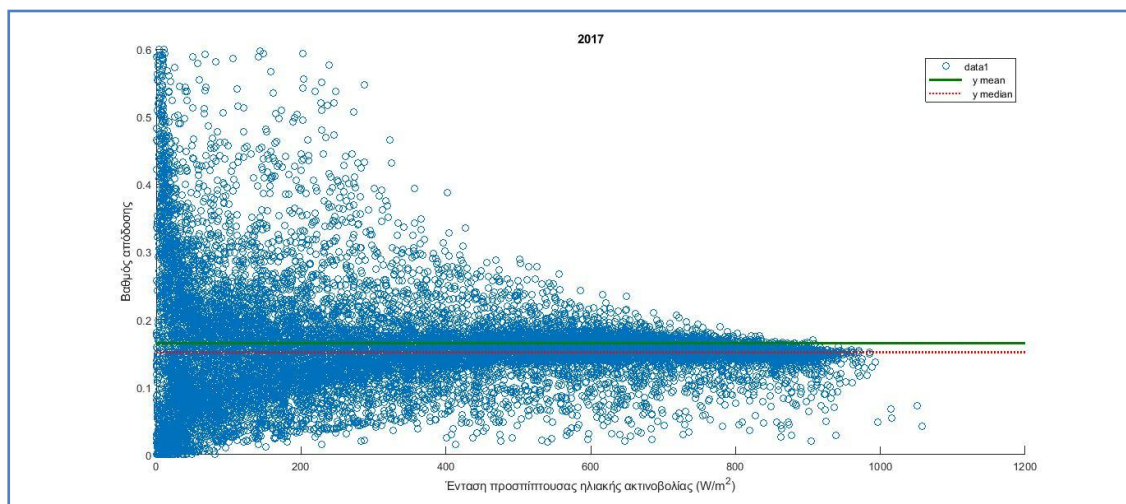
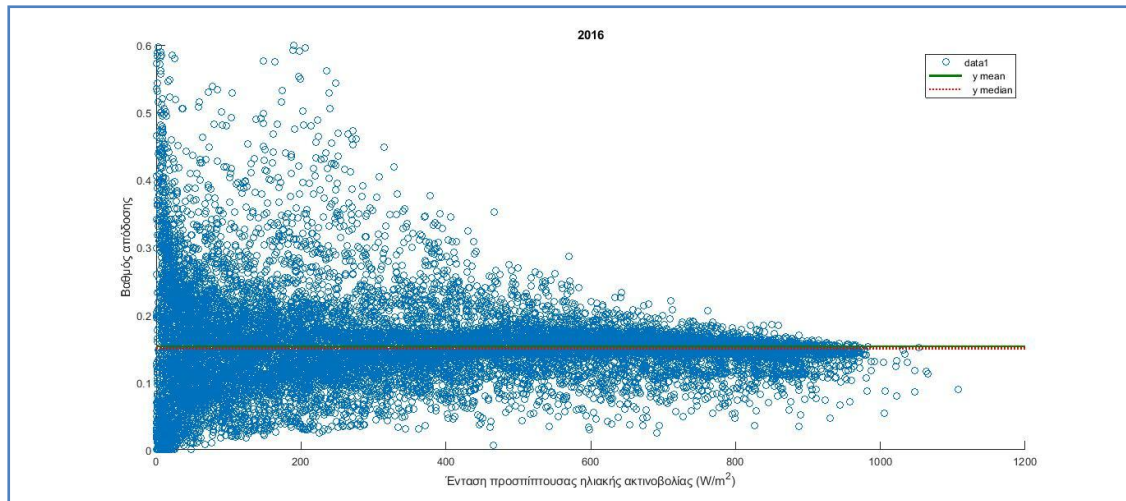




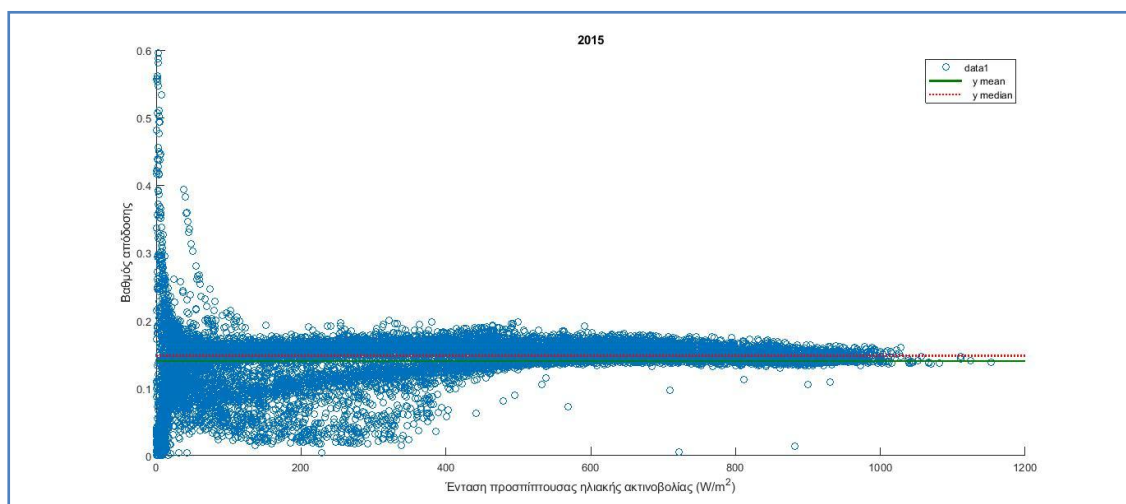
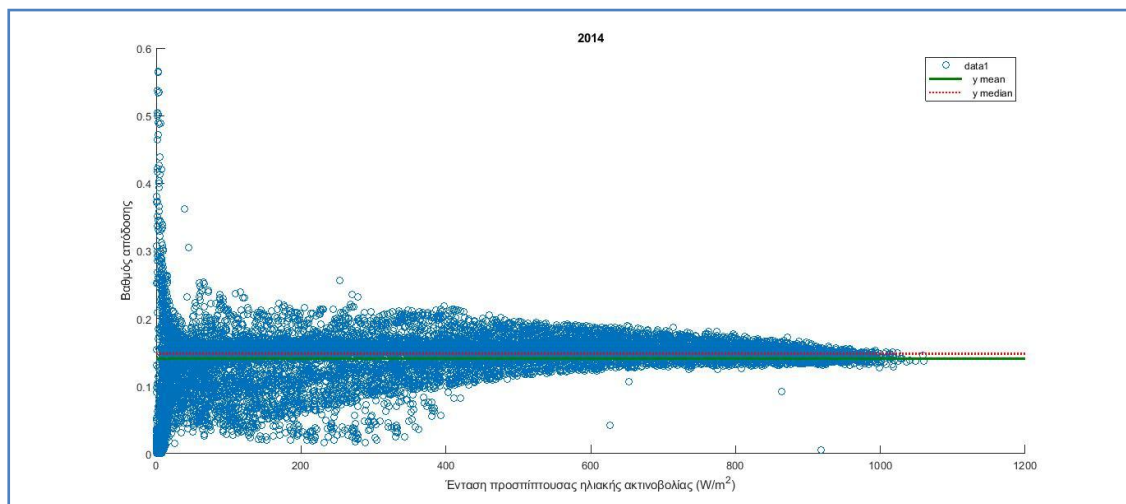
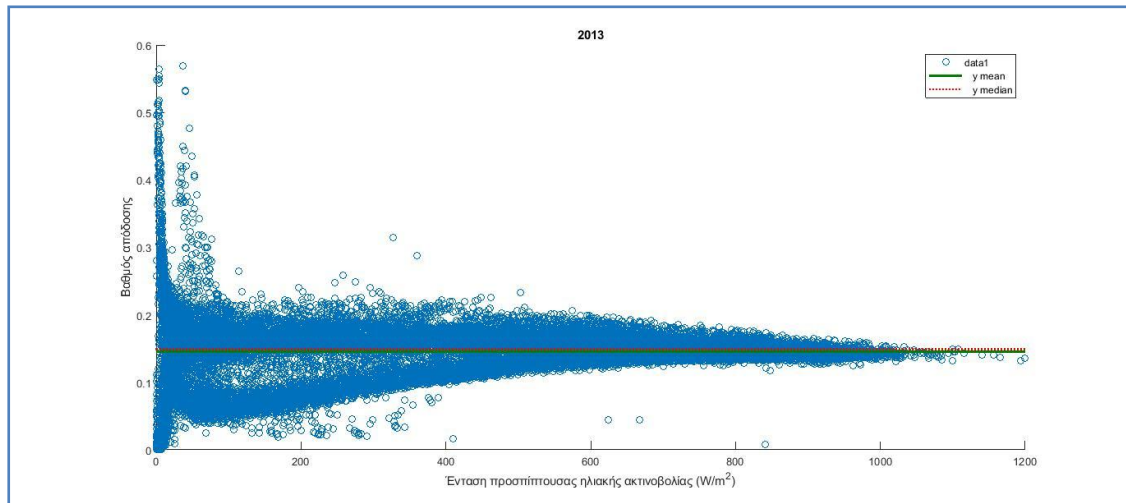
### Πάρκο 8

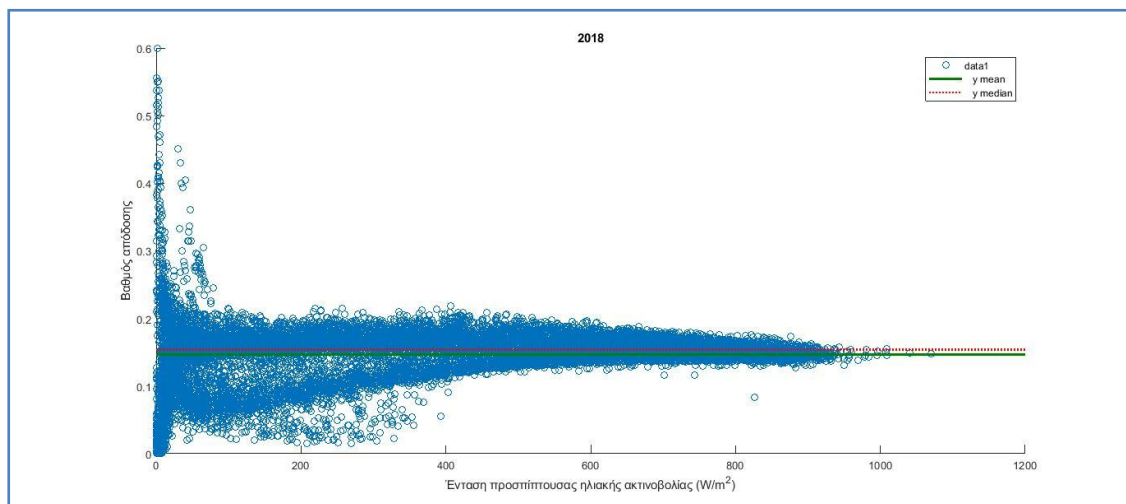
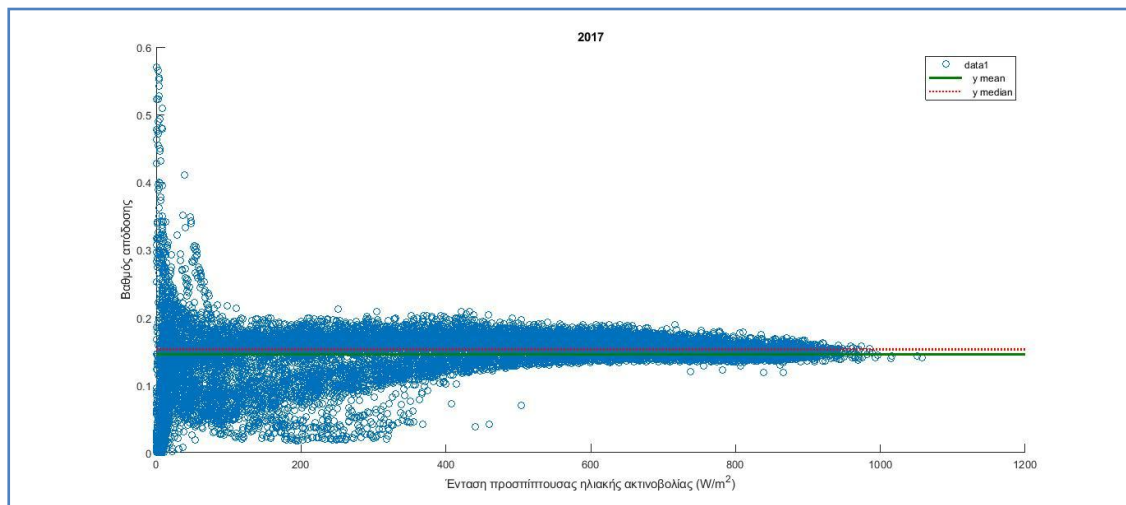
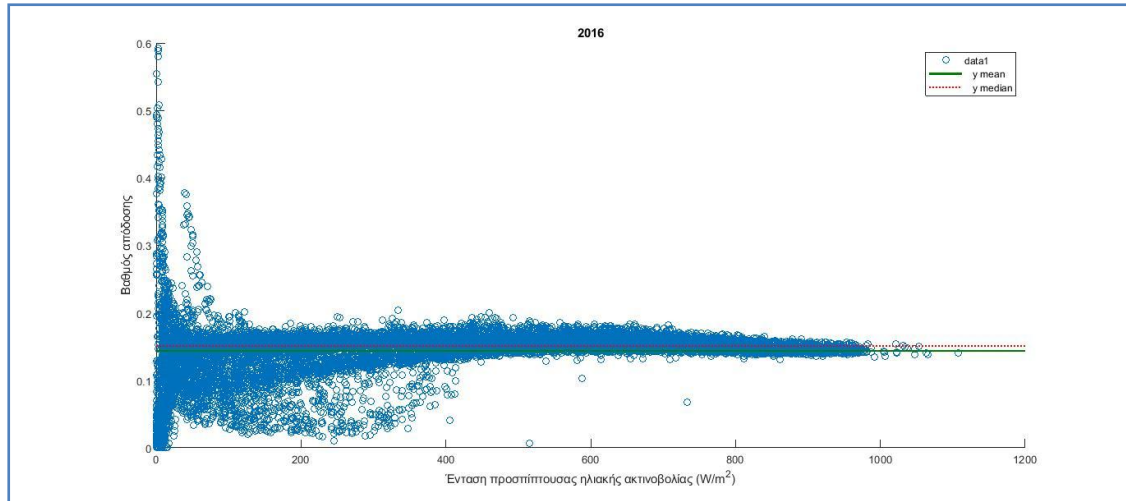
### Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (2013-2018)





**Πάρκο 9**  
**Βαθμός απόδοσης φ/β συστήματος (2013-2018)**







**Πάρκο 10**  
**Βαθμός απόδοσης  $\phi/\beta$  συστήματος (2013-2018)**

