

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΕΠΙ ΤΩΝ Φ/Β
ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΤΗΝ I-V ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ
ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΠΑΦΡΑΓΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (ΑΜ: 5390)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΠΛΑΝΗΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην έρευνα και την καταγραφή της μεθοδολογίας υπολογισμού της επίδρασης της σκόνης επί των Φ/Β πλαισίων στη I-V με σκοπό την πλήρη αξιοποίηση των Φ/Β δυνατοτήτων.

Στην αρχή μελετάται η ανάλυση της I-V για διάφορους τύπους σκόνης επί των Φ/Β πλαισίων. Στη συνέχεια μελετάται η I-V και αναπτύσσονται μέθοδοι υπολογισμού της μείωσης της επίδοσης των Φ/Β και εν κατακλείδι δίνονται αριθμητικοί υπολογισμοί συνοδευόμενοι από γραφήματα.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Σωκράτη Καπλάνη, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., την κα Ελίνα Καπλάνη, εργαστηριακή συνεργάτης του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., τον κ. Ευάγγελο Πετράκη, Ε.Τ.Π. του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. και τον κ. Ζαχαρία Χρήστου, Ε.Τ.Π. του Τμήματος Έργων Υποδομής για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφεραν για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Παπαφράγκος Κωνσταντίνος
Ιούλιος 2014

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

ΠΑΠΑΦΡΑΓΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη μελέτη της επίδρασης της σκόνης όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια καθώς επίσης και κυρίως στην ενεργειακή συμπεριφορά. Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι κατά κύριο λόγο η ανάλυση και καταγραφή των δεδομένων ύστερα από την μέτρηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν με βάση τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και την απόδοσή τους επηρεασμένα από ποικίλες ακαθαρσίες.

Η ανάπτυξη του θέματος της εργασίας αυτής πραγματοποιείται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται το Πρωτόκολλο του Κιότο και την απόφαση της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναφέρονται οι ηλιακές, οι αιολικές, οι γεωθερμικές, η βιομάζα κλπ.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην ηλιακή ακτινοβολία, τη γεωμετρική συστοιχία καθώς επίσης και το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Ακολουθεί ο τρόπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του αληθιού και τοπικού ηλιακού χρόνου όπως επίσης και της ηλιακής ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας. Σύντομη αναφορά γίνεται όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία στη γη και τα γεωμετρικά στοιχεία ηλίου – συλλέκτη όπου αναφέρονται και οι σημαντικές παράμετροι των στοιχείων αυτών. Τέλος, παρατίθενται οι τριγωνομετρικές σχέσεις για τον υπολογισμό των γωνιών και οι τύποι υπολογισμού του κεκλιμένου και οριζόντιου επιπέδου.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο συνοδευόμενο από τους τύπους και τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών στοιχείων (μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά κλπ.). ακολουθεί η ανάλυση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, οι κανονικές συνθήκες λειτουργίας (STC) και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Σημαντική είναι η μεταβολή της απόδοσης της πορείας των αποδόσεων των PV στοιχείων. Τέλος, δίνονται πληροφορίες για την επίδραση της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του PV πλαισίου καθώς επίσης, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου αλλά και οι παράγοντες επηρεασμού των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται και εκφράζονται τα ζητήματα της σκίασης των PV πλαισίων τόσο από τα γειτονικά αντικείμενα, όσο και από επικαθίσεις στην επιφάνειά τους, τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της σκίασης και οι μέθοδοι αντιμετώπισής του καθώς και το φαινόμενο της γήρανσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση του πειραματικού σταδίου, την ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας και το λεπτομερή υπολογισμό των μετρήσεων.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι πως οι επικαθίσεις σκόνης μειώνουν αισθητά την επίδοση των φωτοβολταϊκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιείται τακτικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών. Τέλος, παρατηρήσαμε ότι η επίδοση εξαρτάται σε ένα μικρό βαθμό από το χρώμα της επικαθίσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
-----------------------	---

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Περιγραφή Α.Π.Ε	4
1.1.1 Η ηλιακή ενέργεια	4
1.1.2 Η αιολική ενέργεια	4
1.1.3 Η υδροηλεκτρική ενέργεια	4
1.1.4 Η κυματική ενέργεια	5
1.1.5 Η βιομάζα	5
1.1.6 Η γεωθερμία	5
1.1.7 Κυψέλες καυσίμου	6

2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1 Γεωμετρική συστοιχία	7
2.2 Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας	10
2.3 Αληθής και τοπικός ηλιακός χρόνος	11
2.4 Υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας	12
2.5 Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης	13
2.6 Γεωμετρικά στοιχεία ηλίου-συλλέκτη	14
2.7 Τριγωνομετρικές σχέσεις υπολογισμού των γωνιών	17
2.8 Κεκλιμένο και οριζόντιο επίπεδο	17

3. ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

3.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	21
----------------------------------	----

3.2 Τύποι και τεχνολογίες ηλιακών στοιχείων	22
3.2.1 Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (sc-Si)	22
3.2.2 Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (mc-Si)	23
3.2.3 Στοιχεία λεπτού υμενίου (Thin film)	24
3.2.3.1 Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CIS)	24
3.2.3.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (a-Si)	25
3.2.3.3 Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)	25
3.2.3.4 Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)	26
3.2.4 Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (HIT)	27
3.3 Φωτοβολταϊκά πλαίσια	27
3.4 Πορεία αποδόσεων φωτοβολταϊκών στοιχείων	28
3.5 Κανονικές συνθήκες λειτουργίας (STC)	29
3.6 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	29
3.6.1 Ισοδύναμο κύκλωμα	29
3.6.2 Τάση ανοιχτού κυκλώματος – Ρεύμα βραχυκύκλωσης	32
3.6.3 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V φωτοβολταϊκού πλαισίου	32
3.6.4 Σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)	33
3.6.5 Συντελεστής πλήρωσης (Fill factor)	34
3.6.6 Μέθοδος μετατροπής σε STC	34
3.7 Επίδραση της θερμοκρασίας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του PV πλαίσιο	36
3.8 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του PV πλαισίου	36
3.9 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου	37
3.10 Παράγοντες επηρεασμού της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων	38
4. ΣΚΙΑΣΗ	
4.1 Σκίαση PV πλαισίων από γειτονικά αντικείμενα	39
4.2 Σκίαση PV πλαισίων από επικαθήσεις στην επιφάνεια τους	41
4.3 Φαινόμενα που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της σκίασης και τρόποι αντιμετώπισης τους	41
4.4 Φαινόμενο γήρανσης	43
5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
5.1 Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός	45
5.1.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	45
5.1.2 Μετρητικός σταθμός	47
5.1.3 Θερμοζεύγος	48
5.1.4 Ζυγός ακριβείας	48
5.1.5 Κόσκινο δομικών υλικών	49

5.1.6 Υλικά επικαθίσεων	50
5.1.7 Μετεωρολογικός σταθμός	52
5.1.8 Πυρανόμετρα	54
5.2 Πειραματική διαδικασία	55
5.2.1 Προετοιμασία υλικών εναπόθεσης	55
5.2.2 Τρόπος εναπόθεσης σκόνης και υπολογισμός της μάζας αυτής	55
5.2.3 Προετοιμασία των συσκευών του πειράματος	56
5.2.4 Διεξαγωγή μετρήσεων	57
5.3 Μετρήσεις	57
5.3.1 Υπολογισμός του πάχους επικαθίσης της σκόνης	58
5.3.2 Μετεωρολογικά δεδομένα	58
5.3.3 Εξαγωγή τιμών P_m , V_{oc} , I_{sc} και $T_{avg,cell}$ από τις μετρούμενες τιμές	59
5.3.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος-τάσης και ισχύος-τάσης	60
5.3.5 Μετατροπές σε STC	64
5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων	65
5.4.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών καμπύλων	65
5.4.2 Σύγκριση δεδομένων STC	72
5.5 Συμπεράσματα	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	77

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι ευρέως γνωστό πως ο δεσμός ζωής και ενέργειας αποτελεί αδιαμφισβήτητα αναπόσπαστο κομμάτι το ένα στο άλλο. Αυτός είναι ο λόγος που η επιθυμία μας για υψηλότερη απόδοση όλων των μέσων παραγωγής ενέργειας είναι αμετάκλητη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φωτοβολταϊκά τα οποία παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον εξαιτίας της πτώσης της απόδοσής τους από τη μη καθαρότητα των υαλοπινάκων τους.

Ως αποτέλεσμα, έχουμε την εκπόνηση πολλών ερευνών οι οποίες στηρίζονται κατά κύριο λόγο στη μέτρηση της παραγωγής της ενέργειας που παράγουν φωτοβολταϊκά με ακαθαρσίες. Οι έρευνες αυτές, στηρίζονται σε ποικίλα είδη σκόνης, ρύπων, αλάτων κ.α., τα οποία είναι τοποθετημένα είτε με φυσικό τρόπο, είτε με τεχνητό. Αξιοσημείωτο είναι το ενδιαφέρον που αφορά τη μελέτη της πτώσης για μεγάλη χρονική διάρκεια.

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες αποτελούν από τα πιο σημαντικά και απαραίτητα μέσα για την εκμετάλλευση μιας από τις πιο διαδεδομένες πηγές ενέργειας, την ηλιακή. Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η αιολική, η ηλιακή, οι γεωθερμικές κλπ. Οι παραπάνω πηγές ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητες και όλες τους απαιτούν την ύπαρξη και χρήση ανάλογων μέσων με σκοπό την πιο αποτελεσματική αξιοποίησή τους.

Σημαντικές είναι οι πληροφορίες για την ηλιακή ακτινοβολία, τη γεωμετρική συμμετρία και το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο ήλιος αποτελεί μια τεράστια πηγή ενέργειας από την οποία μέρος της κατευθύνεται προς τη γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για τον προσδιορισμό του ποσού που λαμβάνουμε από τον ήλιο, κρίνεται απαραίτητη η μελέτη των γωνιών που λαμβάνουν μέρος στην ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ ηλίου και γης [1].

Ένας ακόμη κρίσιμος παράγοντας είναι το μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας που είναι αξιοποιήσιμο από τα φωτοβολταϊκά που κυμαίνεται από 380nm – 1200nm. Αξίζει να σημειωθεί η σημασία του υπολογισμού της ηλιακής ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας καθώς και τα γεωμετρικά στοιχεία ήλιου – συλλέκτη.

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Αυτά αποτελούν την «καρδιά» των φωτοβολταϊκών. Ως υλικό κατασκευής έχει κυριαρχήσει το πυρίτιο και αυτό συμβαίνει για πολλούς λόγους, μερικοί από τους οποίους είναι η άφθονη ύπαρξή του στη φύση, η εύκολη επεξεργασία του,. Η επίτευξη μεγάλων αποδόσεων των φωτοβολταϊκών στοιχείων κλπ. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατηγοριοποιούνται σε τύπους όπως μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά κ.α.

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι ένα σύνολο από PV πλαίσια συνδεδεμένη σε charge controllers, inverters και μπαταρίες. Τα PV πλαίσια αποτελούνται από φωτοβολταϊκές κυψέλες που συνδέονται κυρίως εν σειρά που βοηθά την τάση να ανέλθει σε ένα άμεσα αξιοποιήσιμο επίπεδο. Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο κατασκευάζεται συνήθως με 36 κυψέλες με σκοπό το επίπεδο της τάσης να είναι 18 – 23 Volt. Σημαντικό ρόλο έχουν η επίδραση της θερμοκρασίας και της ακτινοβολίας στην αποδοτική παραγωγή ενέργειας.

Από τη στιγμή που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τα φωτοβολταϊκά γίνεται μέσω των φωτονίων, τα οποία μετατρέπονται σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, η σκίαση επηρεάζει δραστικά την λειτουργία τους. Η σκίαση μπορεί να προέρχεται τόσο από μόνιμα αντικείμενα (κεραίες, κτήρια, δέντρα κ.α.) όσο και από προσωρινά (σκόνη, άλατα, γύρη κλπ.). Η συχνότητα εμφάνισής τους θεωρείται απρόβλεπτη καθώς εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τις καιρικές συνθήκες.

Τέλος, ουσιαστική είναι η αναφορά στο φαινόμενο γήρανσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων [2]. Όσο περνούν τα χρόνια, παρατηρείται μείωση της επίδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων (φαινόμενο γήρανσης). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προέλθει από διάφορους παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους είναι ο χρωματισμός του υαλοπίνακα, εισχώρηση υγρασίας ή σκόνης, σπάσιμο στοιχείων, αποχρωματισμό φωτοβολταϊκών στοιχείων κλπ.

Στην προσπάθεια αυτή θα συνεισφέρουμε και εμείς με την εργασία αυτή παραθέτοντας πειραματικά στοιχεία με τη χρήση κάποιων ειδών σκόνης και η επίπτωση κάθε υλικού ξεχωριστά.

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το 1997 πραγματοποιήθηκε μια συνάντηση του Ο.Η.Ε. στο Κιότο με θέμα την ανεξέλεγκτη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας και πιο συγκεκριμένα του όζοντος από την έκκληση επιβλαβών αερίων του θερμοκηπίου [3]. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος και συνέπεια αυτού, το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπου αυξάνει τη μέση θερμοκρασία της γης με ποικίλες άσχημες επιπτώσεις.

Ως παράδειγμα των επιπτώσεων αυτών αναφέρεται η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας, η επιβάρυνση και η καταστροφή των θαλάσσιων οργανισμών, το λιώσιμο των πάγων στους πόλους που έχει ως συνέπεια, επίσης την αύξηση θερμοκρασίας του νερού και την άνοδο της στάθμης κατά την οποία απειλούνται με αφανισμό οι παραθαλάσσιες περιοχές. Έτσι, αποφασίστηκε να μειωθούν τα κάτωθι αέρια: διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο. Αυτός ήταν ο λόγος που οδήγησε στην εξέλιξη και αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή αλλιώς ήπιες μορφές ενέργειας, ονομάζονται όλες εκείνες οι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες οι οποίες δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, όπως ο άνεμος, η κυκλοφορία του νερού κλπ. και οι οποίες εκμεταλλεύονται από θέματα όπως ο ήλιος, η γεωθερμία κλπ.

Πιο συγκεκριμένα, ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται οι αιολικές, ηλιακές, γεωθερμικές, υδροθερμικές, αεροθερμικές κλπ. Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μελετηθεί κατά κύριο λόγο ως η λύση στο πρόβλημα της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων αποθεμάτων.

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Α.Π.Ε.

1.1.1 Η ηλιακή ενέργεια

Με τον όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε το ανεξάντλητο σύνολο των μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο με τη μορφή ακτινοβολίας και αξιοποιείται ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας πραγματοποιείται είτε με τα θερμικά ηλιακά συστήματα [4] είτε με τα φωτοβολταϊκά [5]. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα αξιοποιούνται κατά κύριο και σύνηθες λόγο για θέρμανση χώρων, ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με θερμοηλεκτρική γεννήτρια (ατμού) κλπ. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν κυρίως ρεύμα ενώ υπάρχουν και τύποι φωτοβολταϊκών που αξιοποιούν την ανεπιθύμητη θέρμανσή τους παράγοντας ζεστό νερό.

1.1.2 Η αιολική ενέργεια

Ως αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου. Είναι μία ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, πρακτικά το ίδιο ανεξάντλητη όπως και η ηλιακή, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες οι οποίες μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα έχει τη δυνατότητα είτε να καταναλώνεται άμεσα σε οικιακούς καταναλωτές, είτε να διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο (αιολικά πάρκα) [6].

1.1.3 Η υδροηλεκτρική ενέργεια

Πρόκειται για τη μετατροπή και εκμετάλλευση της κινητικής και δυναμικής ενέργειας του νερού και τη χρήση της με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για την αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται υδροστρόβιλοι οι οποίοι ανάλογα με την υψομετρική διαφορά του νερού διακρίνονται σε σταθμούς χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης.

Η εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας γίνεται είτε με τη χρήση φραγμάτων, υδροστρόβιλων, ηλεκτρογεννητριών κλπ. είτε σε ποταμούς εκμεταλλεύοντας τη φυσική ροή [7].

1.1.4 Η κυματική ενέργεια

Κυματική είναι η ενέργεια που παράγεται από την κίνηση των κυμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας και προκαλείται από τους κατά τόπους ανέμους. Ωστόσο, πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία η οποία βρίσκεται ακόμη σε πρώιμα στάδια εξέλιξης.

1.1.5 Η βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει οργανική προέλευση και περιλαμβάνονται υλικά που προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο, ζωικά υποπροϊόντα ή ακόμα και βιολογικά αστικά λύματα [8].

Πιο συγκεκριμένα, φυτικά υπολείμματα αναφέρονται τα καυσόξυλα, τα άχυρα, τα πριονίδια κλπ., ζωικά απόβλητα όπως κοπριά καθώς επίσης υπολείμματα βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας κλπ. Τέλος, η βιομάζα είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και είναι αποτέλεσμα του φαινομένου της φωτοσύνθεσης.

1.1.6 Η γεωθερμία

Με τον όρο γεωθερμία περιγράφεται η θερμική ενέργεια η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η γεωθερμία είναι μια ήπια και όπως και οι υπόλοιπες, ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που σε ορισμένες περιπτώσεις έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους καθώς επίσης δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Ανάλογα με τη θερμοκρασία με την οποία μεταφέρεται στην επιφάνεια, η ενέργεια της γεωθερμίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων καθώς επίσης για υδατοκαλλιέργειες.

1.1.7 Κυψέλες καυσίμου

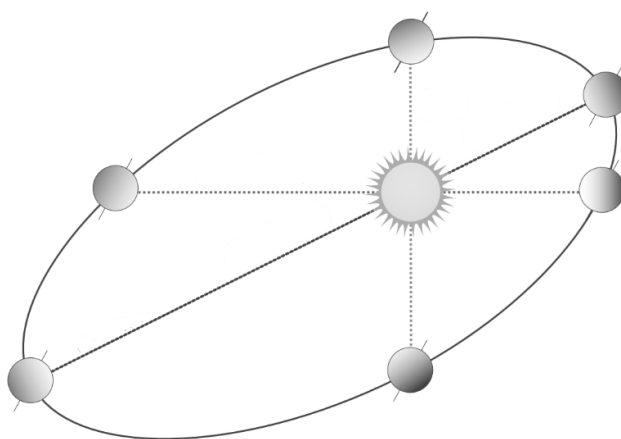
Η κυψέλη καυσίμου (Fuel Cell) είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Η αρχή λειτουργίας της είναι η αντίδραση υδρογόνου και οξυγόνου με την παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο).

2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ο ήλιος μπορεί να θεωρηθεί ως μια τεράστια πηγή ενέργειας ακτινοβολώντας την ενέργεια με βάση την εξίσωση ενέργειας – μάζας ($E=m \times c^2$) [4]. Από αυτή την ενέργεια κάποιο μέρος της κατευθύνεται προς τη γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Από αυτή την ακτινοβολία, μέρος της ανακλάται τόσο άμεσα όσο και έμμεσα μέσω της ατμόσφαιρας στο διάστημα. Επίσης, μέρος αυτής, επιστρέφεται μέσω της ανάκλασης στην επιφάνεια της γης [9].

2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ

Όπως είναι γνωστό, η γη εκτελεί μια πλήρη περιφορά γύρω από τον άξονά της σε μια ημερολογιακή ημέρα και μια πλήρη περιφορά γύρω από τον ήλιο σε ένα πλήρη έτος. Συγκεκριμένα, μιλάμε για 365,25 ημέρες. Το 0,25 καλύπτεται από την 29^η ημέρα του Φεβρουαρίου κάθε τέσσερα χρόνια (δίσεκτο έτος).

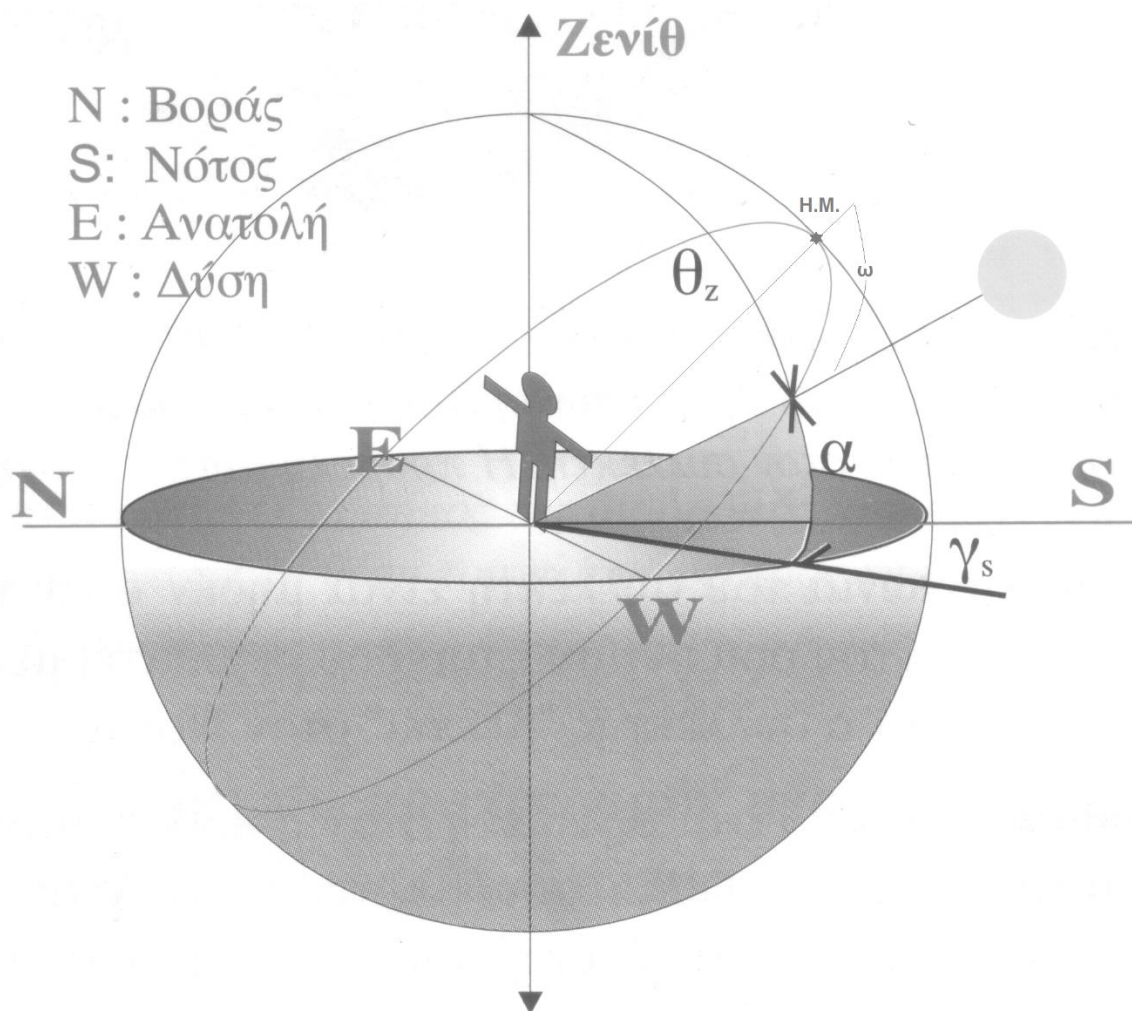


Σχήμα 2.1: Θέση γης-ηλίου κατά την διάρκεια ενός έτους.

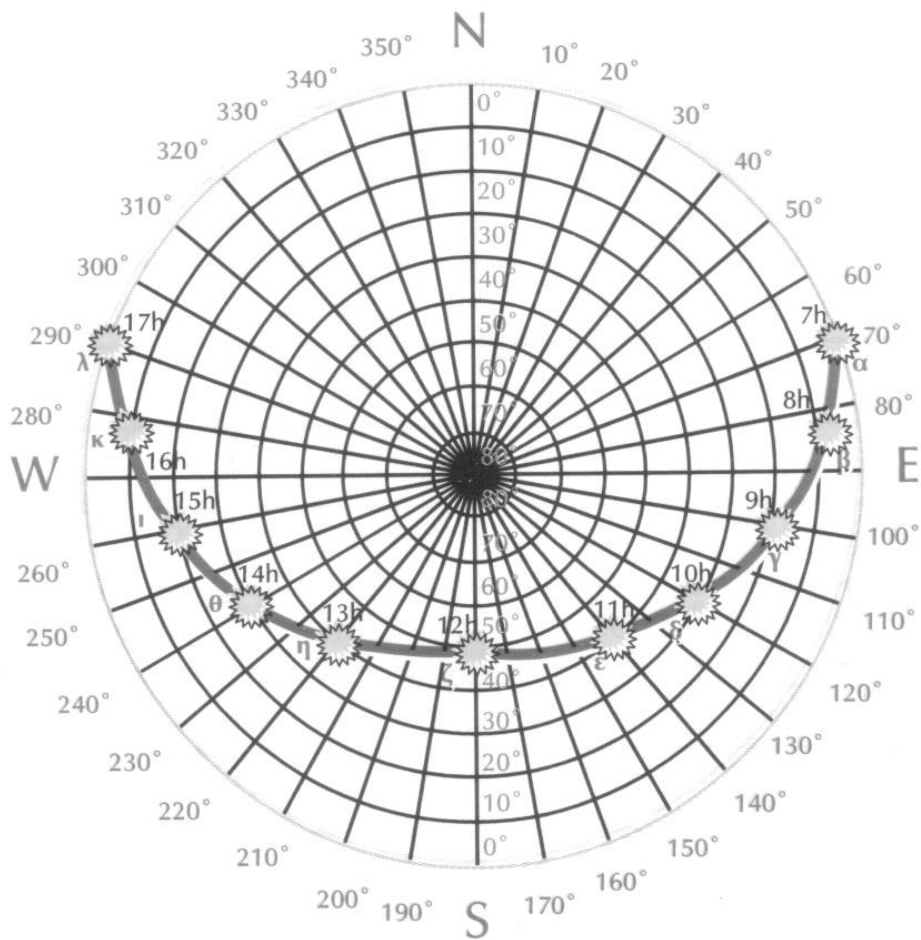
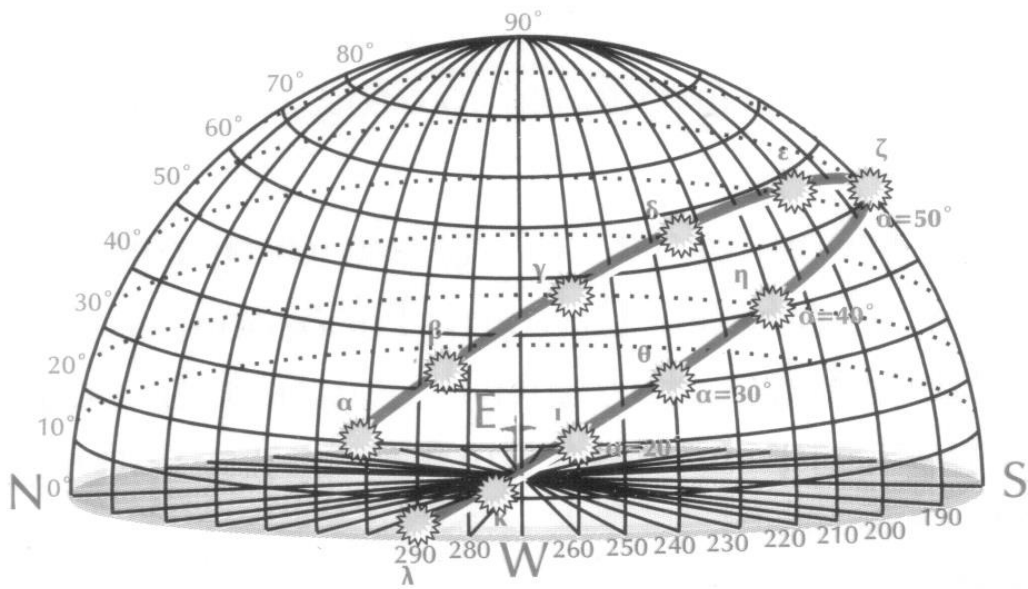
Η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική όπως φαίνεται στο Σχ. 2.1. Λόγω της ελλειπτικής τροχιάς της γης σε σχέση με τον ήλιο επηρεάζεται η γωνία του ησημερινού ως προς τον ήλιο. Αυτός είναι ο λόγος που το καλοκαίρι στο βόρειο ημισφαίριο της γης οι ακτίνες του ηλίου πέφτουν κάθετα και ως αυτού η θερμοκρασία είναι υψηλότερη παρόλο που η απόσταση μεταξύ των δύο γαλαξιακών σωμάτων είναι μεγαλύτερη.

Για τον ίδιο λόγο, η γωνία ανύψωσης (α) του ηλίου προς το οριζόντιο επίπεδο της γης στον εκάστοτε τόπο είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι και πλησιάζει τις 80° . Αυτό επηρεάζει άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία που συγκρατεί η γη και γίνεται μέγιστη τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχα ελάχιστη τους χειμερινούς. Αυτό συμβαίνει λόγω της μικρής γωνίας ανύψωσης του ηλίου ως προς τον ορίζοντα οπότε ανακλάται περισσότερη ακτινοβολία απευθείας πίσω στο διάστημα.

Η γωνία (α) αποτυπώνεται στο Σχ. 2.2&2.3 μαζί με άλλες γωνίες όπου θα αναλυθούν στο **υποκεφάλαιο 2.6**.

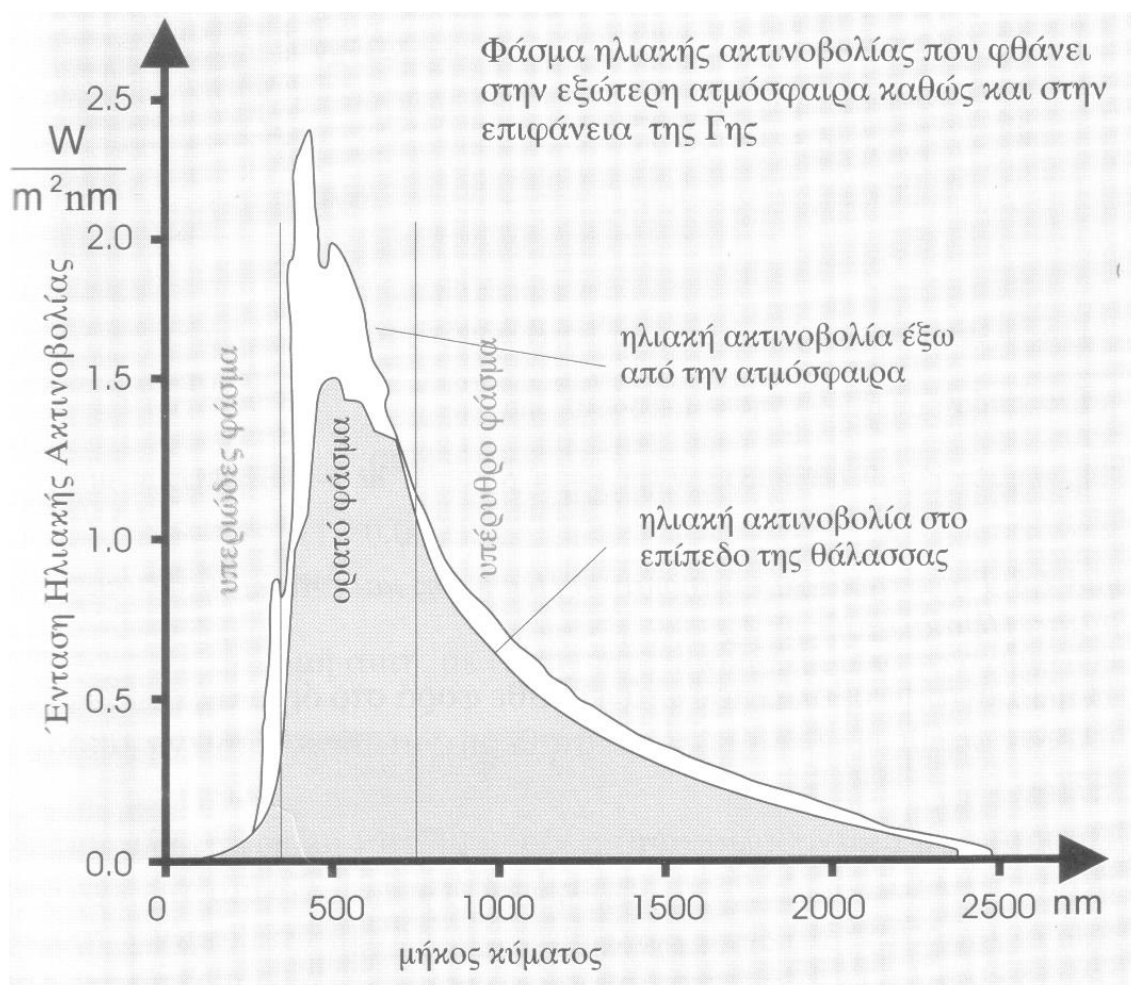


Σχήμα 2.2: Ημερήσια τροχιά του ηλίου. Διακρίνονται οι γωνίες α , γ_s και θ_z [4].



Σχήμα 2.3 α&β: Τροχιά ηλίου επάνω στον ουράνιο θόλο και στον πολικό χάρτη [4].

2.2 ΦΑΣΜΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ



Σχήμα 2.4: Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας [4].

Το φάσμα που εκπέμπεται από τον ήλιο είναι κατά το μεγαλύτερο της ποσοστό ηλεκτρομαγνητικής φύσης και κατά το υπόλοιπο σωματιδιακής. Το ορατό φάσμα από το ανθρώπινο μάτι κυμαίνεται από 380nm – 720nm. Ενώ το αξιοποιήσιμο φάσμα ακτινοβολία από τα φωτοβολταϊκά είναι στα 380nm – 1200nm. Στο Σχ. 2.4 διαφαίνεται το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνει η γη στο όριο της ατμόσφαιρας και στο επίπεδο της θάλασσας.

2.3 ΑΛΗΘΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

Αληθής ηλιακός χρόνος (ΑΗΧ) είναι ο χρόνος που βασίζεται στη γωνιακή μετακίνηση του ηλίου σε σχέση με το μεσημβρινό του τόπου. Ως ηλιακό μεσημέρι (12:00μμ) ορίζεται η χρονική στιγμή που ο ήλιος είναι στο υψηλότερο σημείο της τροχιάς του στον ουρανό.

Το ηλιακό μεσημέρι μεταβάλλεται συνεχόμενα όλο το χρόνο συναρτήσει της περιοχής και της ημέρας. Αντίθετα, τον **τοπικό ωρολογιακό χρόνο (ΤΩΧ)** τον έχουμε θέσει σε κάθε χώρα ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη διευκόλυνση. Ο τοπικός ωρολογιακός χρόνος είναι αμετάβλητος συναρτήσει του ηλίου.

Στους υπολογισμούς της ηλιακής μηχανικής χρησιμοποιείται πάντα ο αληθής ηλιακός χρόνος. Για τον υπολογισμό του πραγματοποιούνται δύο βασικές διορθώσεις :

- Διόρθωση εξαιτίας του γεωγραφικού μήκους του τόπου L_{loc} και μεσημβρινός μέτρησης χρόνου $L_{st} = 30^\circ$ για Ελλάδα.
- Η δεύτερη διόρθωση πραγματοποιείται εξαιτίας της ελλειπτικής τροχιάς της γης ως εξής:

$$E = 0.0172 + 0.3278 \cos B - 7.3456 \sin B - 3.3468 \cos 2B - 9.3544 \sin 2B \quad (2.1)$$

Όπου:

$$B = \frac{360(n-1)}{365} \quad (2.2)$$

Όπου n, ο αύξων αριθμός της ημέρας του χρόνου που μας ενδιαφέρει.

Η εξίσωση που συνδέει τον ΤΩΧ και ΑΗΧ είναι :

$$AHX = T\Omega X - \frac{4 \text{ min}}{\text{μοίρα}} (L_{st} - L_{loc}) + E \quad (2.3)$$

Έτσι, για παράδειγμα, αν θέλουμε να βρούμε τον ΤΩΧ που θα έχουμε ηλιακό μεσημέρι, θα θέσουμε $AHX = 12:00$ και ανάλογα με τον τόπο ($L_{st} - L_{loc}$) και την ημέρα του χρόνου (E, n) θα βρούμε τον ΤΩΧ. Αντίστοιχα, αν θέλουμε να βρούμε κάποιον συγκεκριμένο ΤΩΧ σε τι ΑΗΧ αντιστοιχεί, θα αντικαταστήσουμε το δεύτερο μέλος της εξίσωσης με τα δεδομένα μας.

2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η ακτινοβολία που δέχεται η γη μπορεί αρχικά να προσδιοριστεί έξω από την επιφάνεια της ατμόσφαιρας. Η ακτινοβολία αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που λαμβάνουμε στο επίπεδο της γης και αυτό συμβαίνει καθώς δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, τις ανακλάσεις των κτιρίων εδάφους, θάλασσας και γενικά της μορφολογίας του τόπου που μας ενδιαφέρει.

Η ακτινοβολία αυτή μπορεί να θεωρηθεί σταθερή για συγκεκριμένη απόσταση ηλίου. Στον προσδιορισμό της ακτινοβολίας θα χρησιμοποιηθεί η ηλιακή σταθερά I_{sc} που επηρεάζει την ποσότητα της ενέργειας την οποία δέχεται από τον ήλιο μια επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου.

Για την απόσταση μιας αστρονομικής σταθεράς ($L = \text{απόσταση ηλίου} - \text{γη}$ $= 1,495 \times 10^8 \text{ Km}$) ισχύει $I_{sc} = 1353 \text{ w/m}^2$ [16]. Επειδή η απόσταση ήλιου και γης δεν είναι σταθερή λόγω της ελλειπτικής τροχιάς, υπάρχει ανάγκη διόρθωσης ανάλογα με την ημέρα του χρόνου. Έτσι προκύπτει :

$$I_{on} = I_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (2.4)$$

Παράδειγμα 1:

Στην περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε την ακτινοβολία στο όριο της ατμόσφαιρας για την 14^η Φεβρουαρίου, ο υπολογισμός γίνεται ως εξής :

$$n = 31 + 14 = 45$$

Αντικαθιστώντας στην Εξ. 2.4:

$$I_{on} = 1353 \frac{\text{w}}{\text{m}^2} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360 \times 45}{365} \right) = 1384.91 \text{ w / m}^2$$

2.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία που δεχόμαστε στην επιφάνεια της γης χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- Άμεση ηλιακή ακτινοβολία H_b , I_b
- Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία H_d , I_d
- Ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία H_r , I_r

Όπου H (Wh/m^2) οι μέσες ωριαίες και I (W/m^2) οι στιγμιαίες.

Άμεση ακτινοβολία:

Είναι η ακτινοβολία που φθάνει έως την επιφάνεια της γης χωρίς εμπόδια από νεφώσεις, αιωρούμενα σωματίδια ανάκλασης.

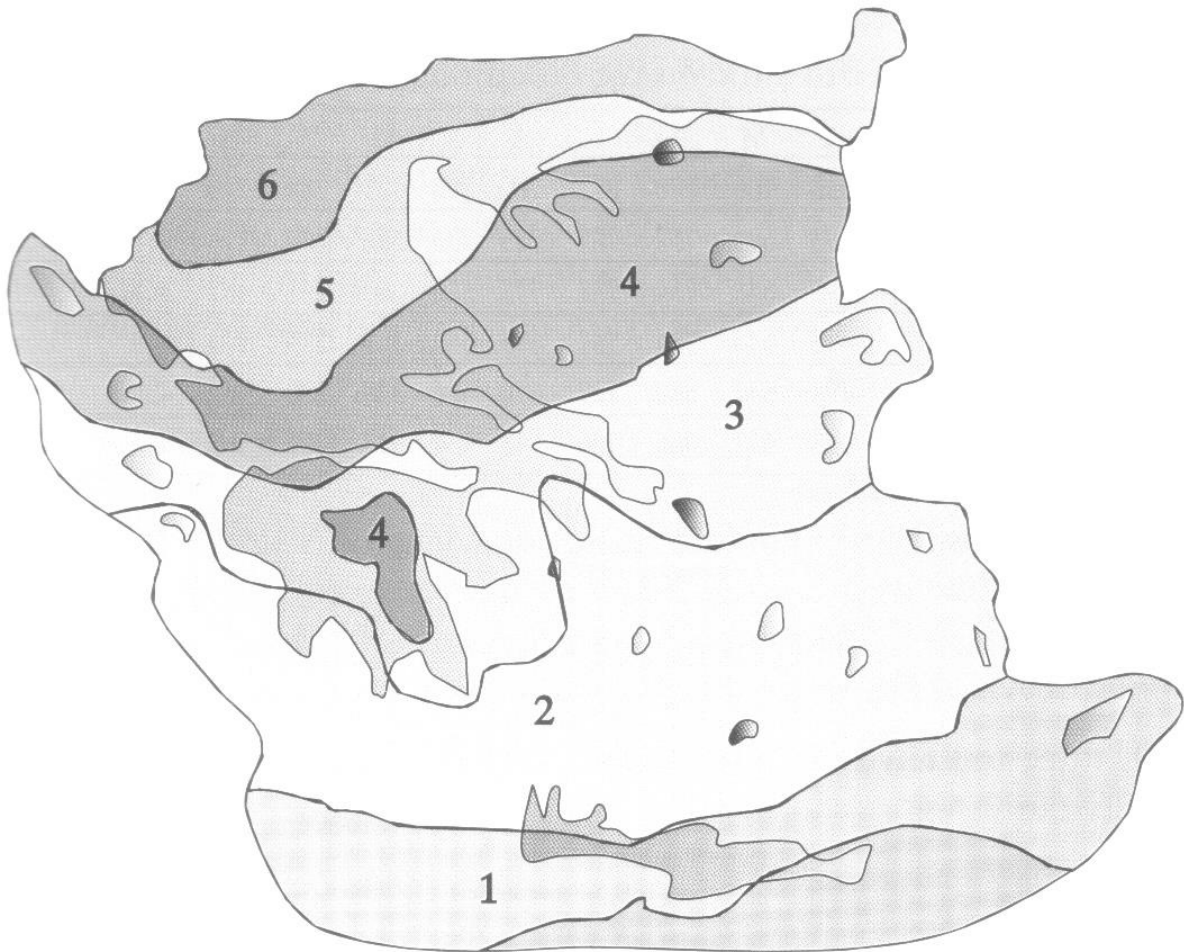
Διάχυτη ακτινοβολία:

Διάχυτη είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από τον ουράνιο θόλο, δηλαδή από ακτίνες που έχουν διαθλασθεί από τα σύννεφα ή από σωματίδια της ατμόσφαιρας.

Ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία:

Είναι η άμεση ακτινοβολία που πέφτει επί μιας οριζόντιας επιφάνειας και ανακλάται προς την επιφάνεια που μας ενδιαφέρει όπου είναι ο συλλέκτης ή το PV πλαίσιο.

Τέλος, η ολική ηλιακή ακτινοβολία, H (Wh/m^2) ή ($Joule/m^2$) είναι το άθροισμα των τριών παραπάνω ειδών ακτινοβολίας H . Στον Πίν. 2.1 παρουσιάζεται η ολική ηλιακή ακτινοβολία [17] στο επίπεδο της θάλασσας ανά μήνα, χωρισμένη ανά κλιματολογική ζώνη. Επίσης στο Σχ. 2.5 παρουσιάζονται η ζώνες που είναι χωρισμένη η Ελλάδα με βάση τα όμοια τους κλιματολογικά χαρακτηριστικά της.



Σχήμα 2.5: κλιματολογικές ζώνες της Ελλάδας [4].

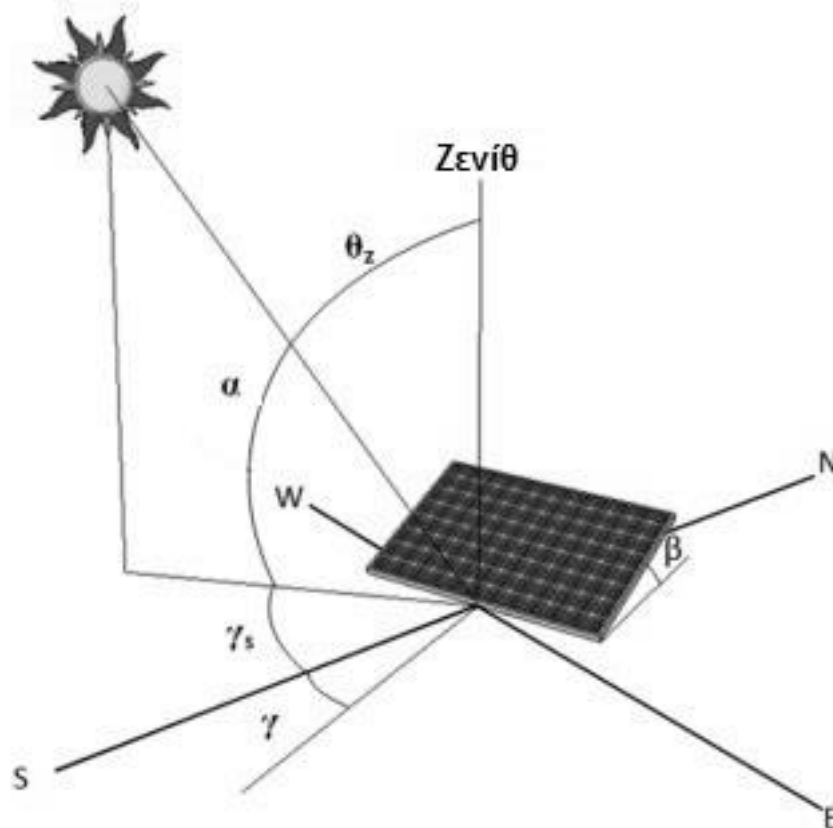
Πίνακας 2.1: Μηνιαίες τιμές ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο της θάλασσας ανά ζώνη (MJ/m²) [17].

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	736	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	648	754	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

2.6 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΙΟΥ-ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Για τη σωστή αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα ηλιακά συστήματά μας, έχουμε θεσπίσει κάποιες γωνίες εγκαταστάσεις που ανάλογα με την περιοχή και τη χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του χρόνου έχουν μέγιστη

επίδοση ενέργειας ($\text{KWh}_p / \text{KW}_p$) σε αντίθεση με την απόδοση $n_{pm} = \frac{P_m}{A_c \times I_T}$. Αυτές παρουσιάζονται στο Σχ. 2.6.



Σχήμα 2.6: Γεωμετρικά στοιχεία ηλίου συλλέκτη.

Κλίση ηλιακού συλλέκτη (β)

Κλίση β είναι η γωνία που σχηματίζει ο συλλέκτης μας με το οριζόντιο επίπεδο, βλ. Σχ. 2.6. Μπορεί να πάρει τιμές από $0^\circ - 90^\circ$. Οι βέλτιστες τιμές για την Ελλάδα για εξισορροπημένη παραγωγή όλο το έτος είναι $30^\circ - 40^\circ$.

Αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη (γ)

Είναι η γωνία που σχηματίζει ο συλλέκτης μας στο οριζόντιο επίπεδο σε σχέση με το Νότο, βλ. Σχ. 2.6. Αυτή η γωνία κυμαίνεται από -90° έως $+90^\circ$. για συλλέκτες προσανατολισμένους προς:

- Νότο : $\gamma = 0^\circ$
- Ανατολή : $\gamma = -90^\circ$
- Δύση : $\gamma = +90^\circ$

Αυτή η γωνία προτιμάται να είναι $\gamma = 0^\circ$ για μέγιστη επίδοση αλλά πολλές φορές λόγω διάταξης του χώρου και της μορφολογίας της εγκατάστασης επιλέγεται αρνητική ή θετική γωνία, γ .

Ζενίθια γωνία (θ_z)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που συνδέει το επίπεδο του συλλέκτη με τον ήλιο και της κατακόρυφου στον τόπο του συλλέκτη, βλ. Σχ. 2.6.

Αζιμουθιακή γωνία του ήλιου (γ_s)

Είναι η γωνία που σχηματίζει η προβολή του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο σε σχέση με τη διεύθυνση B – N, βλ. Σχ. 2.6. Αντίστοιχα, με τη γ είναι αρνητική προς ανατολή και θετική προς δύση.

Ωριαία γωνία ήλιου (ω)

Είναι το τόξο που διαγράφει ο ήλιος στην ημερήσια τροχιά του με αρχή μέτρησης το ηλιακό μεσημέρι, βλ. Σχ. 2.2. Ξεκινά από αρνητική κατά την ανύψωση του ηλίου, μηδενίζεται στο ηλιακό μεσημέρι και γίνεται θετική έως τη δύση του ηλίου.

Ωριαία γωνία δύσης και ανατολής ηλίου (ω_s)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται στο οριζόντιο επίπεδο στην ανατολή και στη δύση του ηλίου σε σχέση με τον άξονα του B – N. Παρομοίως είναι αρνητική της ανατολής και θετική της δύσης. Αυτές μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του έτους σε σχέση με τη μέγιστη ανύψωση του ηλίου α , όπου α η συμπληρωματική της ζενίθιας θ_z .

Απόκλιση ηλίου (δ)

Είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ ισημερινού επιπέδου και θέσης ηλίου. Η μεταβολή της δ είναι καθημερινή και προκύπτει από την εξίσωση του Cooper :

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left(360 \frac{284+n}{360} \right) \quad (2.5)$$

2.7 ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ

Για τον υπολογισμό της ακτινοβολίας I_T , που πέφτει σε μια επιφάνεια με κλίση β , αζιμουθιακή γ , σε συγκεκριμένη ημέρα και τόπο, είναι αναγκαίος ο υπολογισμός της γωνίας πρόσπτωσης θ .

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \times \sin \varphi \times \cos \beta - \sin \delta \times \cos \varphi \times \sin \beta \times \cos \gamma + \\ & + \cos \delta \times \cos \varphi \times \cos \beta \times \cos \omega + \\ & + \cos \delta \times \sin \varphi \times \sin \beta \times \cos \gamma \times \cos \omega + \\ & + \cos \delta \times \sin \beta \times \sin \gamma \times \sin \omega \end{aligned} \quad (2.6)$$

Επίσης απαιτούνται οι ω_s , ω'_s και γ_s .

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \times \tan \delta) \quad (2.7)$$

$$\omega'_s = \min [\omega_s, \cos^{-1}(-\tan(\varphi - \beta) \times \tan \delta)] \quad (2.8)$$

$$\sin \gamma_s = \cos \delta \frac{\sin \omega}{\sin \theta_z} \quad (2.9)$$

2.8 ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η ηλιακή ακτινοβολία μετρείται με τα πυρανόμετρα. Αυτά συνήθως μετρούν την ακτινοβολία ολικής ηλιακής ενέργειας, άμεσης και διάχυτης μέσω κατάλληλης διάταξης θερμοζευγών, στο οριζόντιο επίπεδο. Αντίθετα, η

πλειοψηφία των εγκαταστάσεων ηλιακών συλλεκτών είναι κεκλιμένες. Έτσι, υπάρχει η ανάγκη μετατροπής του μέτρου της ηλιακής ακτινοβολίας από το οριζόντιο στο κεκλιμένο επίπεδο. Αυτό βρίσκεται με τον παρακάτω τύπο:

$$R_b = \frac{I_{bn}}{I_b} = \frac{I_{bd} \cos \theta}{I_{bd} \cos \theta_Z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_Z} \quad (2.10)$$

Ωστόσο, οι ηλιακοί συλλέκτες απορροφούν τόσο την άμεση όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία. Έτσι, έγκειται η ανάγκη να υπολογίσουμε την ολική ακτινοβολία που λαμβάνει ένας συλλέκτης. Επομένως, το R είναι ο συντελεστής που μας βοηθά στον υπολογισμό της ολικής ακτινοβολίας :

$$R = \frac{I_T}{I} \quad (2.11)$$

Όπου:

I_T , ολική ένταση στο κεκλιμένο (W/m^2)

I , ολική ένταση στο οριζόντιο (w/m^2)

Το I_T εμπεριέχει την άμεση και τη διάχυτη. Έτσι, αναλύεται ως εξής:

$$R = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} R_d \quad (2.12)$$

Όπου:

$$R_b = \frac{I_{b,T}}{I_b} \quad (2.13)$$

$$R_d = \frac{I_{d,T}}{I_d} \quad (2.14)$$

Όπου:

$I_{b,T}$, άμεση ακτινοβολία στο κεκλιμένο

I_b , άμεση ακτινοβολία στο οριζόντιο

$I_{d,T}$, διάχυτη ακτινοβολία στο κεκλιμένο

I_d , διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο.

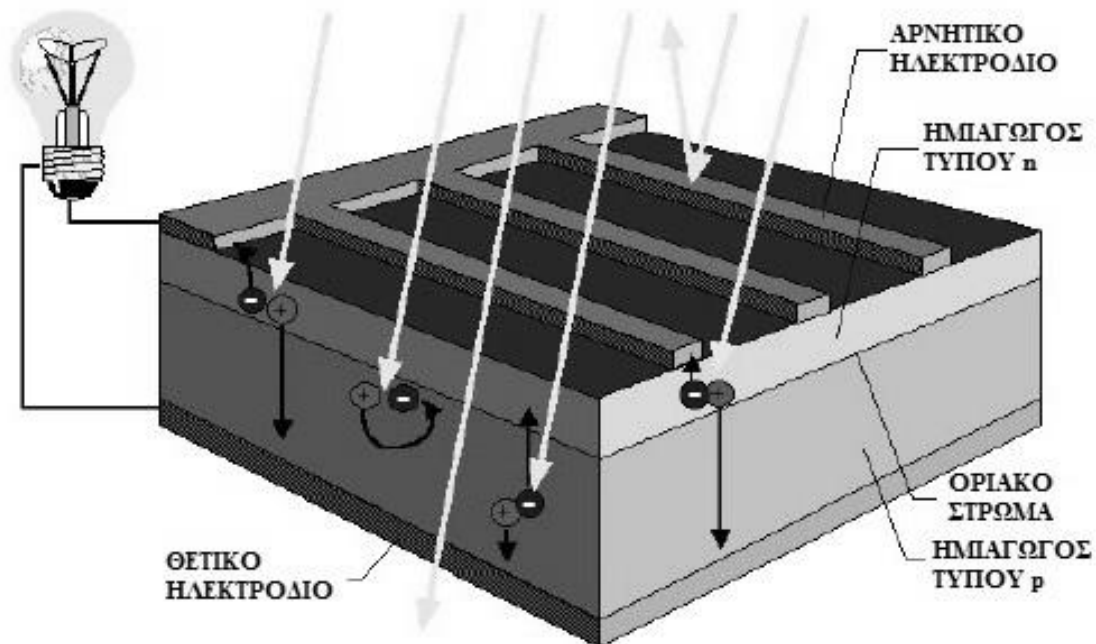
Μία πιο ολοκληρωμένη σχέση για τον υπολογισμό της I_T προτάθηκε από τους Liu και Jordan, όπως αναλύονται στο [9], όπου περιέχει και τα τρία είδη ακτινοβολίας : άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη.

$$R = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \frac{1 - \cos \beta}{2} \times r \quad (2.15)$$

Όπου, r ο συντελεστής ανακλαστικότητας του χώρου με τιμές :

- $r = 0.2$ για σύνηθες συνθήκες εδάφους και
- $r = 0.7$ για χιονοσκεπείς περιοχές.

3. ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ



Σχήμα 3.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο [10].

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας που απορροφάτε από μια διάταξη ημιαγωγών, σε ηλεκτρική ενέργεια καλείται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η διάταξη αυτή ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη.

3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Οι ημιαγωγοί που απαρτίζουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο χαρακτηρίζονται από διαφορά δυναμικού. Αυτό πραγματοποιείται με ημιαγωγούς διαφορετικού υλικού, είτε με ημιαγωγούς ίδιου υλικού με την προσθήκη ατόμων άλλου υλικού, ώστε ο ένας ημιαγωγός να έχει περίσσεια ελεύθερων ηλεκτρονίων (ημιαγωγός p+) και ο άλλος περίσσεια ελεύθερων οπών (ημιαγωγός n-).

Με την επαφή των δυο ημιαγωγών δημιουργείται μια ισορροπία θετικών και αρνητικών ατόμων. Με την έλευση και απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας, όπου τα φωτόνια μετατρέπονται σε ηλεκτρόνια, υπάρχει μια περίσσεια ηλεκτρονίων με τάση κίνησης στον ημιαγωγό p. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού (V), όπου με τοποθέτηση ηλεκτροδίων στις δυο πλευρές του φωτοβολταϊκού στοιχείου και κλείσιμο του κυκλώματος με έναν αγωγό η καταναλωτή, έχουμε παραγωγή συνεχούς (DC) ηλεκτρικού ρεύματος (I). Η διάταξη φαίνεται στο Σχ. 3.1.

3.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών στοιχείων που κατασκευάζονται σήμερα είναι από πυρίτιο (silicon). Οι λόγοι μεγαλύτερης χρήσης του πυριτίου είναι:

- Επίτευξη μεγάλων αποδόσεων των φωτοβολταϊκών στοιχείων
- Το Si υπάρχει σε αφθονία στην φύση και είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον
- Είναι εύκολη η επεξεργασία του
- Διατηρεί τις ηλεκτρικές του ιδιότητες σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (ως 125°C)

Οι τύποι των φωτοβολταϊκών στοιχείων μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες και στις υποκατηγορίες τους:

1. Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου
2. Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου
3. Στοιχεία λεπτού υμενίου (thin film)
4. Υβριδικά PV στοιχεία (HIT)

3.2.1 Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (sc-Si)

Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (Εικ. 3.1) χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους απόδοση, που κυμαίνεται στα 15-18% στα PV πλαίσια παραγωγής. Το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλότερο σε σύγκριση με τα πολυκρυσταλλικά οπότε και το κόστος απόκτησης τους είναι υψηλότερο. Οι κυριότερες μέθοδοι παραγωγής τους είναι η CZ (Czochralski) και η FZ (float zone) όπου βασίζονται στη ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.



Εικόνα 3.1: PV στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου [Από το εργαστήριο ΑΠΕ].

3.2.2 Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (mc-Si)

Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου (Εικ. 3.2) χαρακτηρίζονται από τις χαμηλότερες αποδόσεις τους 13-15% (για PV πλαίσια). Το κόστος παραγωγής είναι χαμηλότερο από αυτό των μονοκρυσταλλικών, αντίστοιχα και το κόστος κτήσης τους χαμηλότερο.

Οι βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι:

- Η απευθείας στερεοποίηση (DS)
- Η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου (χύτευση)
- Η ηλεκτρομαγνητική χύτευση (EMC)

Μια νέα τεχνολογία κατασκευής PV στοιχείων, που εμπίπτουν στα πολυκρυσταλλικά, είναι τα PV στοιχεία ταινίας πυριτίου που υπόσχεται μείωση της χρήσης πυριτίου κατά 50%. Η απόδοσή τους κυμαίνεται στο 12%.



Εικόνα 3.2: Στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου [Από το εργαστήριο ΑΠΕ].

3.2.3 Στοιχεία λεπτού υμενίου (Thin film)

3.2.3.1 Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CIS)

Η απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αυτών των στοιχείων είναι εξαιρετική. Ωστόσο με τις υπάρχουσες τεχνικές κατασκευής η απόδοση των PV πλαισίων έχει φθάσει ως 11%. Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι τα μικρά αποθέματα ινδίου που υπάρχουν στη φύση. Η Εικ. 3.3 απεικονίζει ένα τέτοιο στοιχείο.



Εικόνα 3.3: PV στοιχείου τύπου CIS.

3.2.3.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (*a-Si*)

Τα άμορφα PV στοιχεία πυριτίου (Εικ. 3.4) χαρακτηρίζονται από την πολύ μικρή περιεκτικότητά τους σε πυρίτιο, όπου είναι διάσπαρτο με τυχαίο τρόπο στο PV στοιχείο.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι η μικρότερη επίδραση της θερμοκρασίας στη λειτουργία τους και η καλύτερη αξιοποίηση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας. Η τιμή τους είναι αισθητά χαμηλότερη, σε σύγκριση με τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου.

Στα μειονεκτήματά συγκαταλέγονται επίσης, η χαμηλή τους απόδοση που κυμαίνεται στο 8%. Έτσι η αξιοποίηση χώρου είναι υποδιπλάσια σχεδόν των δυο άλλων τεχνολογιών. Ακόμη η αντοχή τους στον χρόνο είναι αβέβαιη, λόγω της μη μεγάλης διαθεσιμότητας μελετών και αποτελεσμάτων, αφού είναι πρόωμη τεχνολογία.



Εικόνα 3.4: PV στοιχείο άμορφου πυριτίου.

3.2.3.3 Τελουριούχο Κάδμιο (*CdTe*)

Το ενεργειακό χάσμα του τελουριούχου καδμίου κυμαίνεται στο 1eV. Αυτό του δίνει την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Απ' την άλλη πλευρά, η απόδοση των πλαισίων (Εικ. 3.5) κυμαίνεται μόλις στο 6-8%. Το κόστος τους είναι υψηλό αλλά αναμένεται να μειωθούν τα επόμενα έτη αισθητά.

Ωστόσο εκφράζονται διαμαρτυρίες για την καρκινογόνο δράση του καδμίου και επίσης η μικρή διαθεσιμότητα του τελουρίου θέτει σε αβεβαιότητα την πορεία αυτού του είδους κυψελών.



Εικόνα 3.5: PV πλαίσιο τύπου τελουριούχου καδμίου.

3.2.3.4 Αρσενικούχο Γάλλιο (*GaAs*)

Το γάλλιο προέρχεται από τη ρευστοποίηση άλλων μετάλλων όπως αλουμινίου και ψευδαργύρου. Είναι εξαιρετικά σπάνιο ακόμα και σε σύγκριση με το χρυσό. Το αρσενικό, απ' την άλλη πλευρά φέρει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

Ως θετικά στοιχεία επισημαίνονται τα κάτωθι:

- Απόδοση PV στοιχείων ως 29% μέχρι στιγμής
- Εύρος λειτουργίας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες
- Και πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας

Έτσι τα φωτοβολταϊκά από Αρσενικούχο Γάλλιο (Εικ. 3.6) είναι κατάλληλα για χρήση σε εφαρμογές, συγκεντρωτικών ηλιακών συστημάτων και διαστημικών αναγκών.



Εικόνα 3.6: Φωτοβολταϊκά τύπου Αρσενικούχου Γαλλίου.

3.2.4 Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (HIT)

Ένα υβριδικό PV στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών (Εικ. 3.7). Τα πιο γνωστά αποτελούνται από δυο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Αυτό τα καθιστά περισσότερο αποδοτικά. Η απόδοση των πλαισίων αυτών αγγίζει το 19% και το εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας είναι μεγαλύτερο. Το κόστος βέβαια είναι μεγαλύτερο, από των δυο κοινών τεχνολογιών (κρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά).



Εικόνα 3.7: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο υβριδικού τύπου.

3.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια Εικ. 3.8 είναι η συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών κυψελών σε έναν ενιαίο φορέα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια σε μεγάλες διαστάσεις όπου είναι πιο εύκολη στην εγκατάσταση καθώς επίσης έχει τα κατάλληλα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά να λειτουργήσει ένα πλαίσιο ακόμα και μόνο του.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες συνδέονται συνήθως εν σειρά ώστε η τάση να ανέλθει σε ένα άμεσα αξιοποιήσιμο επίπεδο. Η συνηθέστερη κατασκευή ενός πλαισίου είναι με 36 ή 72 κυψέλες ώστε η τάση να είναι σε ένα επίπεδο 18 – 23 Volt.

Η ισχύς του φωτοβολταϊκού πλαισίου εξαρτάται από την ισχύ των PV στοιχείων που επιλέχθηκαν κατά την κατασκευή του. Παρακάτω θα υπάρξει μεγαλύτερη ανάλυση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών τους.



Εικόνα 3.8: Φωτοβολταϊκά πλαίσια διαφορετικών ισχύων και τύπων [Από το εργαστήριο ΑΠΕ].

3.4 ΠΟΡΕΙΑ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ PV ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στο Σχ. 3.2 παρουσιάζεται η πορεία των αποδόσεων των PV στοιχείων από το 1975 ως σήμερα [11].

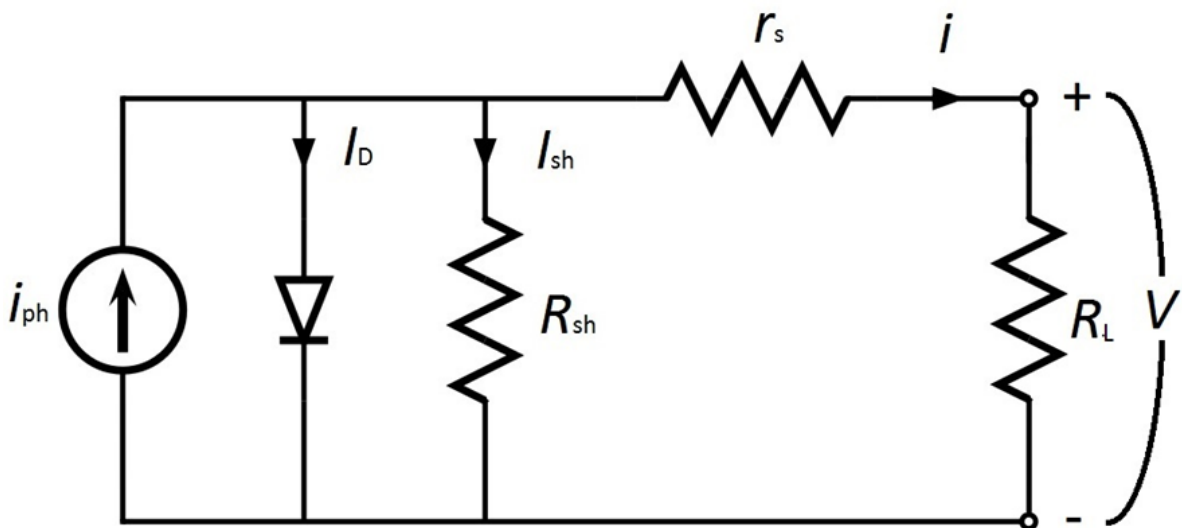
3.5 ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (STC)

Για να καταστεί δυνατό να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις ανάμεσα σε φωτοβολταϊκά διάφορων τόσο κατασκευαστριών όσο και τεχνολογιών, θεσπίστηκαν κάποιοι παράμετροι όπως αναφέρονται παρακάτω:

- Ένταση ηλιακής προσπίπτουσα στα φωτοβολταϊκά πλαίσια 10^3 W/m^2
- Θερμοκρασία φωτοβολταϊκού πλαισίου $T_{\text{cell}} = 25^\circ \text{ C}$
- Φάσμα προσπίπτουσας ακτινοβολίας AM 1.5

3.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

3.6.1 Ισοδύναμο κύκλωμα

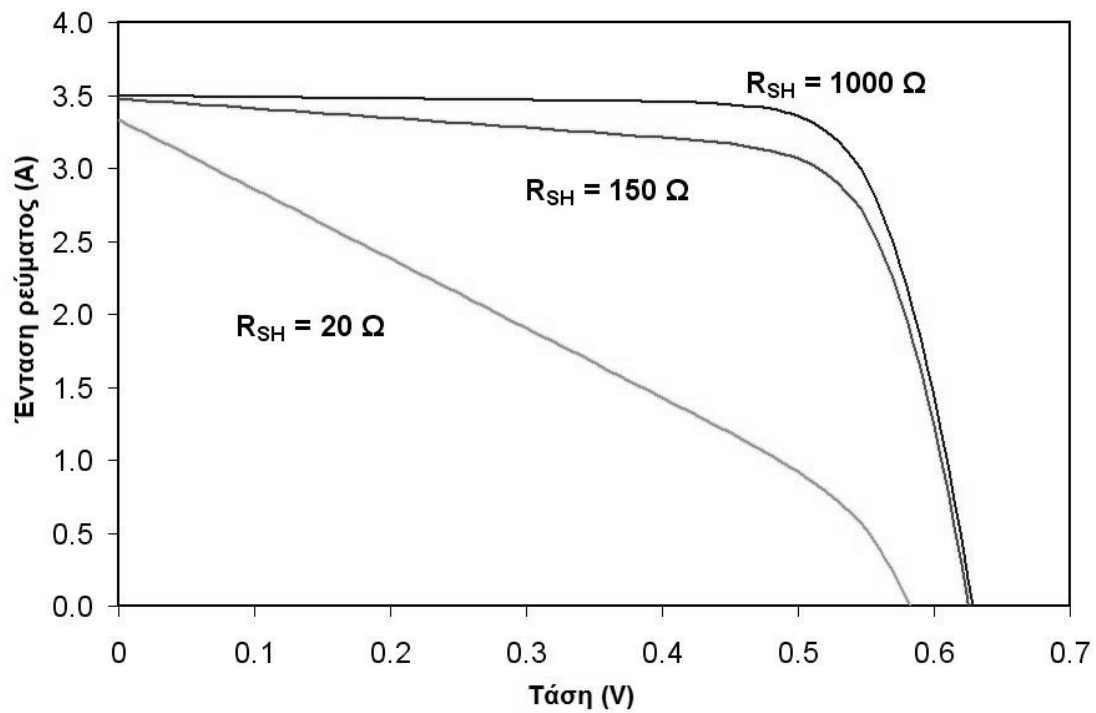


Σχήμα 3.3: Ισοδύναμο κύκλωμα PV στοιχείου.

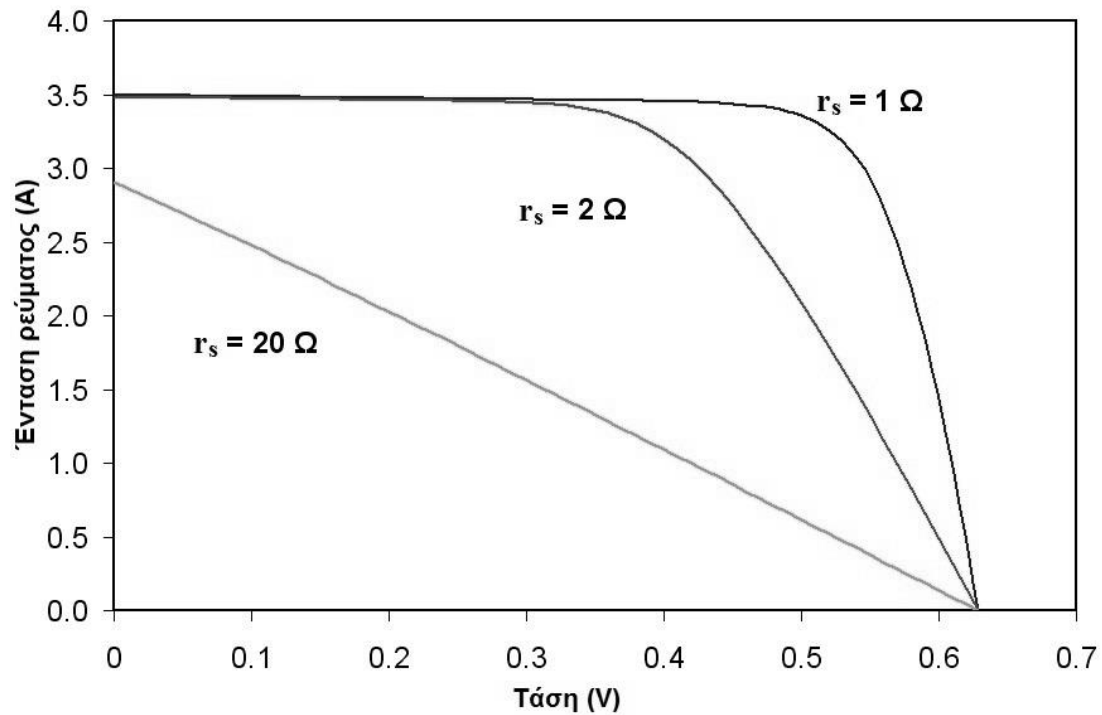
Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός PV στοιχείου φαίνεται στο Σχ. 3.3. Αυτό έχει μια πηγή σταθερού ρεύματος (i_{ph}) σε συνδυασμό με μια ιδανική δίοδο και μια αντίσταση απωλειών διαρροής R_{sh} παράλληλα στα άκρα της δίοδου και μια αντίσταση σε σειρά r_s .

Αυτές οι δυο αντιστάσεις ισοδυναμούν με την δυσκολία λόγω απωλειών της ηλεκτρικής ακτινοβολίας να μεταφερθεί ως φωτορεύμα (i_{ph}) στο φορτίο (R_L). Η αντίσταση R_{sh} αντιπροσωπεύει την δυσκολία του ρεύματος να κινηθεί ανάμεσα

στις επαφές p-n ενώ η r_s την αντίσταση που παρουσιάζεται στις διόδους και στις επαφές των ηλεκτροδίων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η επίδραση των αντιστάσεων R_{sh} (Σχ. 3.4) και r_s (Σχ. 3.5) στην I-V.



Σχήμα 3.4: Επίδραση της αντίστασης R_{sh} στην καμπύλη I-V.



Σχήμα 3.5: Επίδραση της αντίστασης r_s στην καμπύλη I-V.

3.6.2 Τάση ανοιχτού κυκλώματος – Ρεύμα βραχυκύκλωσης

Ανοιχτό κύκλωμα

Στην περίπτωση που το φωτοβολταϊκό στοιχείο βρίσκεται σε ανοιχτό κύκλωμα και δέχεται μια σταθερή ηλιακή ακτινοβολία, αν μετρήσουμε την τάση στα ηλεκτρόδια του, θα λάβουμε την τάση V_{oc} . Η τάση V_{oc} είναι η μεγαλύτερη που μπορεί να δώσει το στοιχείο με το ρεύμα να είναι μηδενικό. Αντίστοιχα, αυτό ισχύει και στα φωτοβολταϊκά πλαίσια αλλά με τάση, αυτή τη φορά, ανάλογη του αριθμού των κυψελών ($V_{oc} = n_s \times V_{oc, cell}$, όπου n_s το πλήθος των στοιχείων σε σειρά).

Κλειστό κύκλωμα

Στην περίπτωση του κλειστού κυκλώματος, δηλαδή βραχυκυκλωμένα τα ηλεκτρόδια του στοιχείου με αγωγό μηδενικής αντίστασης, λαμβάνουμε το μέγιστο ρεύμα που καλείται ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}). Η τάση σε αυτή την περίπτωση είναι μηδενική. Ομοίως, το ρεύμα βραχυκύκλωσης στα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι το ίδιο I_{sc} αν όλες οι κυψέλες είναι συνδεδεμένες σε σειρά.

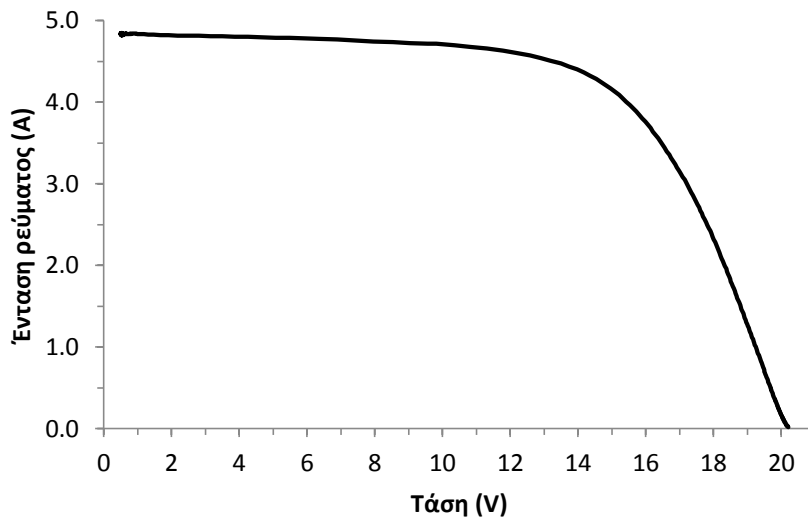
Κύκλωμα σε κανονική λειτουργία

Για να λάβουμε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου σε κατάσταση λειτουργίας πρέπει να επικρατούν οι συνθήκες STC και να έχουμε παρεμβάλει μια αντίσταση ανάλογα με το μέγεθος της αντίστασης C , που αναπαριστά των καταναλωτή και έτσι, λαμβάνουμε μια τάση (V) και ένα ρεύμα (I).

3.6.3 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V φωτοβολταϊκού πλαισίου

Για να λάβουμε και να χαράξουμε την καμπύλη I-V ενός PV πλαισίου, πρέπει να παρεμβάλουμε διαφορετικές ηλεκτρικές αντιστάσεις (καταναλωτές) στο κύκλωμα. Οι αντιστάσεις πρέπει να είναι από 0Ω έως θεωρητικά άπειρα Ω ώστε να χαρακτηί όλη η καμπύλη I-V όπου θα ξεκινά από $I = I_{max} = I_{sc}$ με $V = 0$

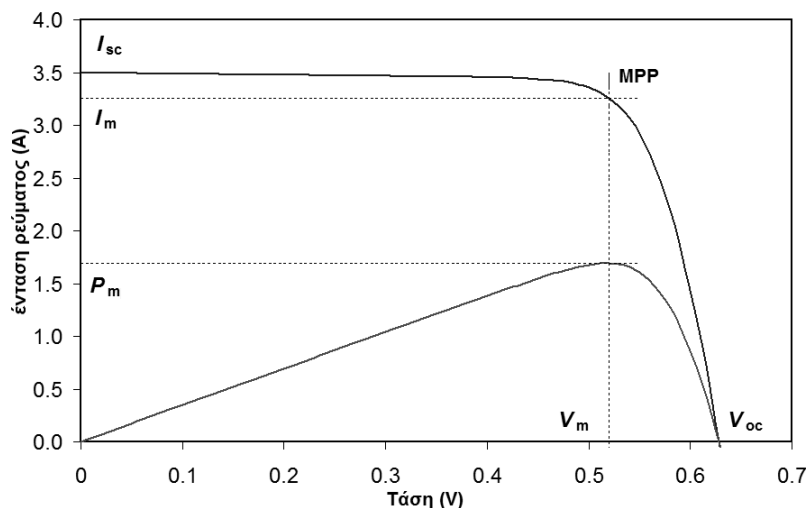
και να καταλήγει σε $I = 0$ και $V = V_{\max} = V_{oc}$. Στο Σχ. 3.6 δίδεται μια χαρακτηριστική καμπύλη PV πλαισίου.



Σχήμα 3.6: Χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος τάσης ενός PV πλαισίου [Ελήφθη από τις μετρήσεις των πειραμάτων].

3.6.4 Σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)

Για να εκμεταλλευτούμε τη μέγιστη παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού, πρέπει να προσαρμόσουμε το φορτίο μας στο σημείο MPP του φωτοβολταϊκού. Αυτό αντιστοιχεί στην μέγιστη ισχύ του φωτοβολταϊκού. Το σημείο αυτό, βρίσκεται εύκολα όταν από την καμπύλη I-V παρασκευάσουμε και την καμπύλη ισχύος – τάσης ($P = f(v)$). Τότε το μέγιστο αυτής της καμπύλης προεκτεινόμενο στην καμπύλη I-V θα δείξει το σημείο MPP. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται στο Σχ. 3.7.



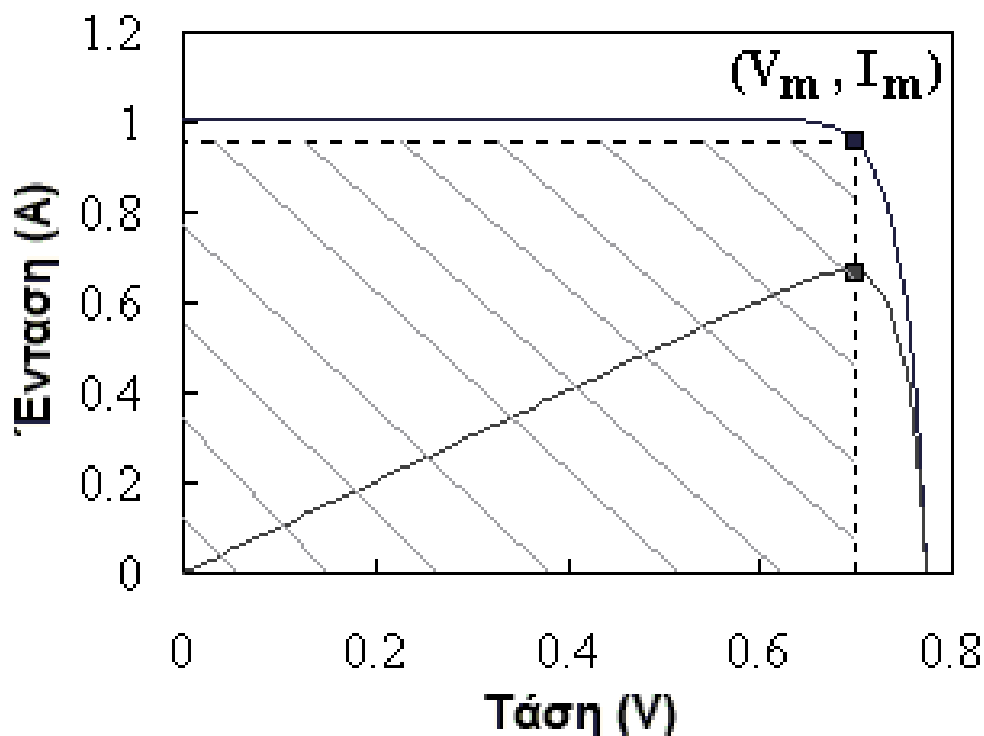
Σχήμα 3.7: Γραφική εύρεση του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP).

3.6.5 Συντελεστής πλήρωσης (Fill factor)

Ο συντελεστής πλήρωσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας της απόδοσης του φωτοβολταϊκού. Ο συντελεστής αυτός υπολογίζεται ως εξής:

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (3.1)$$

Επιπλέον, ο συντελεστής πλήρωσης μπορεί να βρεθεί σχηματικά (Σχ. 3.8) από το ορθογώνιο που σχηματίζεται στην καμπύλη I-V αν από το σημείο MPP σχεδιάσουμε δύο γραμμές παράλληλες στους άξονες I και V.



Σχήμα 3.8: Γραφική εύρεση του συντελεστή πλήρωσης (FILL FACTOR)

3.6.6 Μέθοδος μετατροπής σε STC

Για να υπάρξει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με αυτά των αναμενόμενων από τον κατασκευαστή, θα χρησιμοποιήσουμε μια σειρά από μαθηματικούς ορισμούς ώστε τα αποτελέσματά μας να μετατραπούν σε συνθήκες πειράματος STC. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η μελέτη μας και

εξάγονται τα συμπεράσματα. Η σειρά των ορισμών αυτών όπως προβλήθηκε και παρουσιάστηκε στο [12] είναι η ακόλουθη:

$$I_{sc,STC} = \frac{I_{sc}}{\frac{I_T}{10^3} [1 + \alpha_{I_{sc}} (T_{cell} - 25^\circ C)]} \quad (3.2)$$

Όπου:

$I_{sc,STC}$, το ρεύμα βραχυκύκλωσης ανηγμένο σε STC
 I_T , ολική ένταση ηλιακής ακτινοβολίας
 $\alpha_{I_{sc}}$, θερμικός συντελεστής PV πλαισίου για το I_{sc}
 T_{cell} , θερμοκρασία λειτουργίας PV στοιχείου.

$$V_{oc,STC} = V_{oc} - \beta_{V_{oc}} (T_{cell} - 25^\circ C) - n_s \times m \times k \frac{T_{cell} + 273}{q \times 10^3} \times \ln \frac{I_T}{10^3} \quad (3.3)$$

Όπου:

$V_{oc,STC}$, τάση ανοικτού κυκλώματος ανηγμένο σε STC
 $\beta_{V_{oc}}$, θερμικός συντελεστής PV πλαισίου για το V_{oc}
 n_s , πλήθος PV στοιχείων στο πλαίσιο
 m , παράγον ιδανικότητας
 k , σταθερά του Boltzmann ($k = 1.38 \times 10^{-23} J^\circ K$)
 q , φορτίο ηλεκτρονίου σε Coulomb ($q = 1.602 \times 10^{-19} C$).

$$P_{m,STC} = \frac{P_m}{\frac{I_T}{10^3} [1 + \gamma_{P_m} (T_{cell} - 25^\circ C) + \delta \times \ln \frac{I_T}{10^3}]} \quad (3.4)$$

Όπου:

$P_{m,STC}$, μέγιστη ισχύς ανηγμένη σε STC
 γ_{P_m} , θερμικός συντελεστής PV πλαισίου για την P_m
 δ , συντελεστής ηλιακής ακτινοβολίας ($\delta = 0.085$)

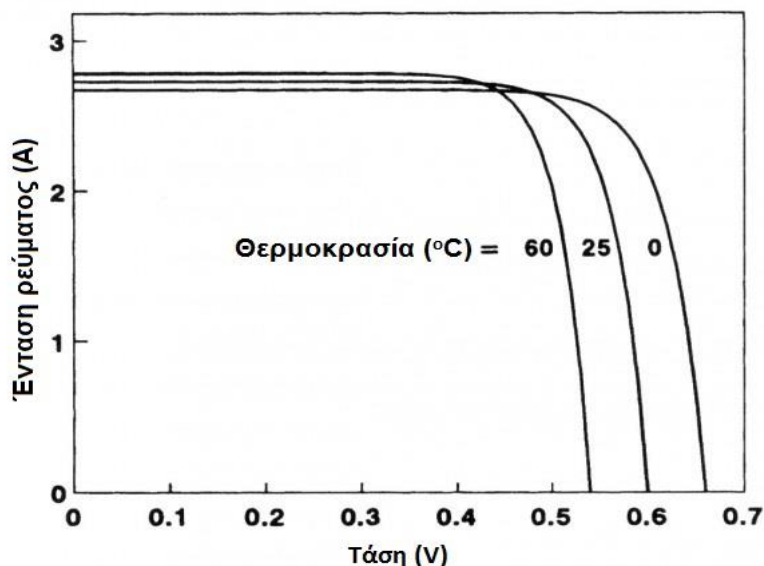
$$FF_{STC} = \frac{P_{m,STC}}{I_{sc,STC} \times V_{oc,STC}} \quad (3.5)$$

Όπου:

FF_{STC} , συντελεστής πλήρωσης ανηγμένος σε STC

3.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ PV ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Με το φωτισμό των στοιχείων του φωτοβολταϊκού πλαισίου από τον ήλιο, η θερμοκρασία τους ανεβαίνει αισθητά. Αυτό οφείλεται στο λόγο ότι η ηλιακή ενέργεια δε μπορεί να μετατραπεί κατά 100% σε ηλεκτρική ενέργεια και έτσι έχουμε μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα η οποία συνεισφέρει και στην αύξηση της θερμοκρασίας των PV στοιχείων. Η θερμοκρασία T_{cell} επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αυτών. Στο Σχ. 3.9 παρατηρούμε ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του στοιχείου, έχουμε πολύ μικρή αύξηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} ($\frac{1}{I_{sc}} \frac{dI_{sc}}{dT} \approx +0.05\% / ^\circ C$, [12]) αλλά αντίθετα, ραγδαία πτώση της τάσης ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} ($\frac{1}{V_{oc}} \frac{dV_{oc}}{dT} \approx -0.35\% / ^\circ C$, [12]).

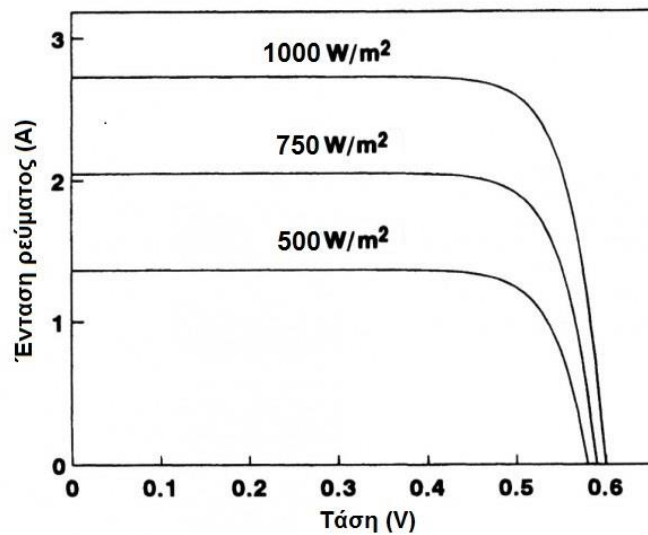


Σχήμα 3.9: Επίδραση της θερμοκρασίας στην καμπύλη ρεύματος τάσης [18].

3.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ PV ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η επίδραση του μέτρου της ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά είναι εξαιρετικά μεγάλη αφού η ίδια η ακτινοβολία αποτελεί κινητήριο δύναμη του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Έτσι, βλέπουμε στο Σχ. 3.10 ότι όσο η ακτινοβολία

ελαττώνεται, υπάρχει μικρή ελάττωση της τάσης V_{oc} ενώ υπάρχει και μεγάλη ελάττωση του ρεύματος I_{sc} .



Σχήμα 3.10: Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην καμπύλη ρεύματος-τάσης [18].

3.9 ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου μπορεί να υπολογιστεί με δύο μεθόδους.

1^η μέθοδος :

$$n_{cell} = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m \times V_m}{I_T \times A_c} \quad (3.6)$$

Όπου :

P_{in} , η στιγμιαία απορροφούμενη ενέργεια από την ήλιο (W)

I_T , η ολική ακτινοβολία που λαμβάνει το PV στοιχείο (άμεση κ διάχυτη)

A_c , η επιφάνεια του PV στοιχείου χωρίς την επιφάνεια που καταλαμβάνει το ηλεκτρόδιο.

2^η μέθοδος:

Εάν είναι γνωστή από τον κατασκευαστή η ονομαστική απόδοση του στοιχείου σε συνθήκες STC χρησιμοποιούμε την εξής εξίσωση, για να προσδιορίσουμε την απόδοση:

$$n_{cell} = n_T \times n_{cell,STC} \quad (3.7)$$

όπου :

$n_T = 1 + \gamma_{P_m} (T_{cell} - T_{STC})$, συντελεστής θερμοκρασίας PV στοιχείου
 $n_{cell,STC}$, ονομαστική τιμή απόδοσης σε STC.

3.10 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στην απόδοση του PV πλαισίου μπορούν να αποτυπωθούν και ως το παρακάτω γινόμενο:

$$n_m = n_{καθ} \times n_R \times n_s \times n_p \times n_T \times n_D \times n_{m,STC} \quad (3.8)$$

όπου :

n_m , συντελεστής απόδοσης PV πλαισίου

$n_{καθ}$, συντελεστής καθαρότητας επιφανείας

n_R , συντελεστής απόκλισης όπου εξαρτάται από τη γωνία υποδοχής των ηλιακών ακτίνων του πλαισίου

n_s , συντελεστής απόκλισης σε σύγκριση με το φάσμα ηλιακού φωτός AM 1.5

n_p , συντελεστής απόκλισης λόγω πόλωσης

n_T , συντελεστής απόκλισης από την θερμοκρασία 25°C του

n_D , συντελεστής απωλειών στην δίοδο αντεπιστροφής

$n_{m,STC}$, συντελεστής του PV στις STC

4. ΣΚΙΑΣΗ

Ο παράγων της σκίασης στα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι εξαιρετικά σημαντικός καθώς επέρχεται πτώση της επίδοσης της ηλιακής συστοιχίας και μακροπρόθεσμα μπορεί να επέλθει καταστροφή των εκάστοτε PV cell που οδηγεί στην καταστροφή ολόκληρου του πλαισίου. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν οι αιτίες της σκίασης και τα αποτελέσματα αυτής (μόνιμα, προσωρινά).

4.1 ΣΚΙΑΣΗ PV ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΑΠΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Η σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να προέρχεται από γειτονικά αντικείμενα όπου είναι σταθερά συνήθως. Αυτά μπορεί να είναι στηθαία (Εικ. 4.2), κεραίες, γειτονικά κτήρια και κατασκευές, καπναγωγοί (Εικ. 4.1) δέντρα, κολώνες και καλώδια ρεύματος – τηλεφώνου κα.

Αυτά, κατά τη διάρκεια της ημέρας προκαλούν διαφορετικές σκιάσεις στη συστοιχία μας που σχετίζονται με την κίνηση του ηλίου στην ημερήσια τροχιά του. Οι σκιάσεις αυτές μπορούν να εκμηδενιστούν ή τουλάχιστον να ελαχιστοποιηθούν με τη σωστή μελέτη εγκατάστασης.



Εικόνα 4.1: Σκίαση από καπναγωγό τζακιού.



Εικόνα 4.2: Σκίαση από προστατευτικά κάγκελα ταράτσας.

4.2 ΣΚΙΑΣΗ PV ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΑΘΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥΣ

Οι επικαθίσεις στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών μπορεί να προέλθει από:

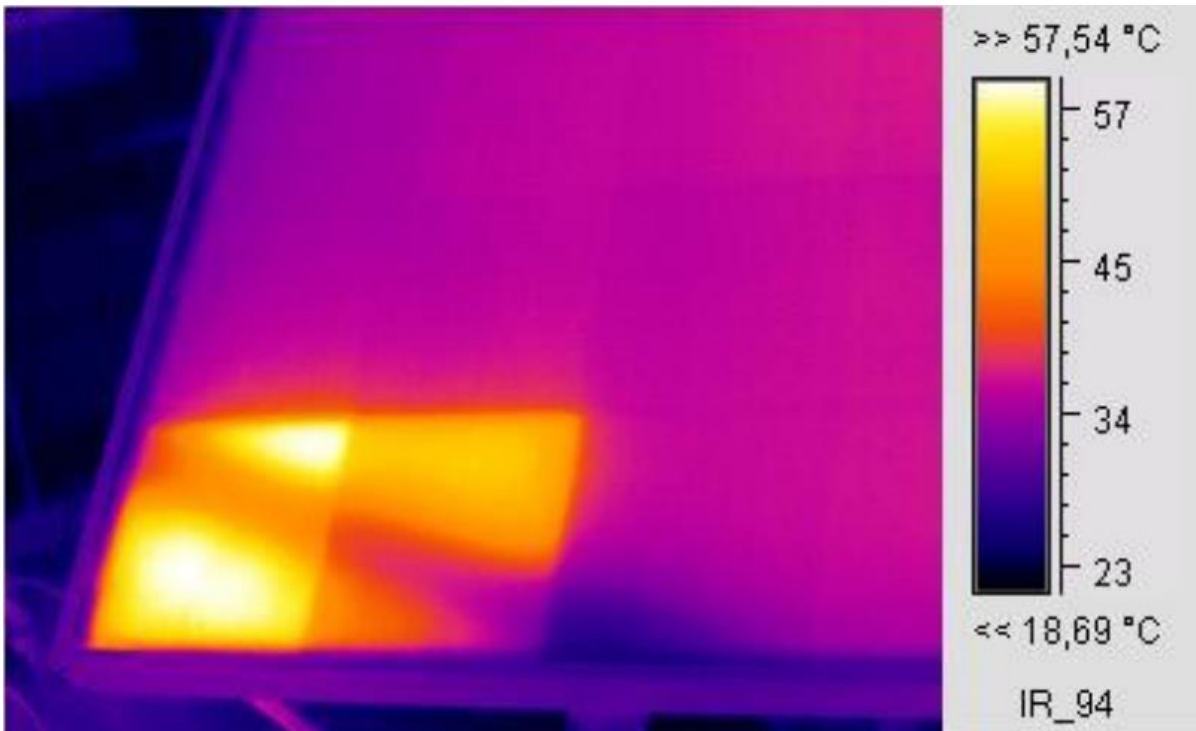
- Γύρη
- Περιττώματα πουλιών
- Σκόνη
- Λάσπη
- Χιόνι
- Άλατα

Αυτά προκαλούν σκίαση μερική ή ολική ανά περίπτωση, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η συχνότητα εμφάνισής τους θεωρείται απρόβλεπτη αφού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπου κατά κύριο λόγο είναι οι καιρικές συνθήκες. Ο άνεμος, για παράδειγμα, μεταφέρει σκόνη, γύρη και άλλα φερτά υλικά. Η βροχόπτωση προκαλεί μερικό αυτοκαθαρισμό στα PV πλαίσια αλλά με σημαντικό παράγοντα την κλίση τοποθέτησής τους. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, η επικαθήση εξακολουθεί να παραμένει στο πλαίσιο υπό μορφή λάσπης ή αλάτων.

4.3 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΙΝΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ

Όσο διαρκεί η σκίαση σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, η παραγωγή ηλεκτρονίων μειώνεται ή διακόπτεται, δηλαδή $I=0$. Έτσι, όταν αυτό το φωτοβολταϊκό στοιχείο βρίσκεται σε μια στοιχειοσειρά εντός του φωτοβολταϊκού πλαισίου, λειτουργεί ως αντίσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας στο στοιχείο αυτό (hot spot) και η ελάττωση έως και ο μηδενισμός της ροής του ρεύματος, είναι γεγονός (Εικ. 4.3).

Έτσι, όσα είναι συνδεδεμένα σε σειρά, επηρεάζονται αρνητικά. Για την αποφυγή αυτών των φαινομένων, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε κάθε πλαίσιο χωρίζονται συνήθως σε τρεις στοιχειοσειρές όπου η καθεμία παραλληλίζει μια δίοδο αντεπιστροφής by pass (Εικ. 4.4).



Εικόνα 4.3: Διεξαγωγή θερμογραφίας την στιγμή της μερικής σκίασης του PV από μια περίφραξη [12].



Εικόνα 4.4: Δίοδοι BYPASS στο πίσω μέρος ενός PV πλαισίου [Από εργαστήριο ΑΠΕ].

4.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΓΗΡΑΝΣΗΣ

Με την πάροδο των χρόνων η επίδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνεται. Αυτό καλείται φαινόμενο γήρανσης [15] που μπορεί να προέλθει κυρίως από:

- Σκίαση με δημιουργία hot spot με υποβάθμιση της απόδοσης του συγκεκριμένου στοιχείου ή και ολική καταστροφή αυτού
- Αδιαφανοποίηση υαλοπίνακα
- Ρήξη των αγωγών σύνδεσης των ηλεκτροδίων μέσω της οξείδωσης
- Διατήρηση του πλαισίου, του υαλοπίνακα ή της οπίσθιας επιφάνειας και εισχώρηση υγρασίας ή σκόνης
- Αποχρωματισμό φωτοβολταϊκών στοιχείων
- Οξείδωση διόδων ή και καλωδίων
- Θραύση των στοιχείων

Αυτά συνήθως είναι μόνιμα και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η επισκευή είναι ασύμφορη. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις περιπτώσεις υφίστανται μείωση και στις σοβαρότερες, ολική διακοπή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για τον προσδιορισμό της επίδρασης της σκόνης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών στήθηκε μια πειραματική διάταξη που θα δούμε στη συνέχεια.

5.1 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για την εκπόνηση των μετρήσεων της I-V των PV πλαισίων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω :

- Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο της Solarworld τύπου SW 80 mono R5E
- Μετρητικός σταθμός I-V και θερμοκρασίας κυψέλης με καταγραφικό της Campbell scientific CR1000
- Θερμοζεύγος Cu – Const
- Ζυγός ακριβείας της Orama τύπου bc800D
- Κόσκινο δομικών υλικών της Matest
- Βούρτσα καθαρισμού υαλοπινάκων σιλικόνης
- Υλικά επικαθίσεων (κόκκινος άργιλος, άμμος θαλάσσης και μαρμαρόσκονη)
- Μετεωρολογικός σταθμός εργαστηρίου ΑΠΕ ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος [13]

5.1.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε είναι της Solarworld τύπου SW 80 mono R5E (Εικ. 5.1), τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίδονται στον Πίν. 5.1.

Πίνακας 5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά PV πλαισίου σε STC.

Μέγιστη ισχύς P_m	80W _p
Τάση μέγιστης ισχύος V_{MPP}	17.4 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος I_{MPP}	4.6 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc}	21.9 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}	5.0 A
Noct	46°C
Θερμικός συντελεστής I_{sc}	0.036%/κ
Θερμικός συντελεστής V_{oc}	-0.33%/κ
Θερμικός συντελεστής P_m	-0.48%/κ



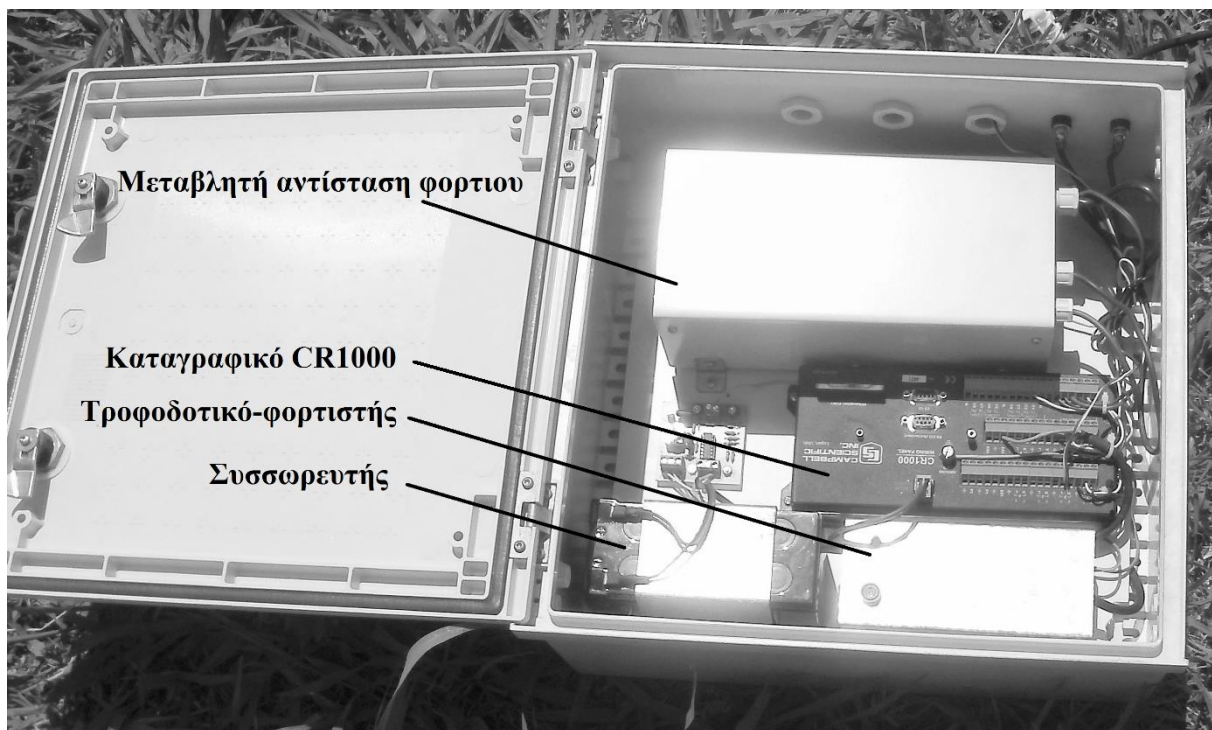
Εικόνα 5.1: PV πλαίσιο Solarworld SW80monoR5E.

5.1.2 Μετρητικός σταθμός

Ο μετρητικός σταθμός (Εικ. 5.2) αποτελείται από ένα καταγραφικό της Campbell scientific τύπου CR1000 όπου πάνω του έχουν προσαρμοστεί :

- Μία μεταβλητή αντίσταση φορτίου 516 βημάτων
- Μία πηγή τάσης (συσσωρευτής) ώστε να λειτουργεί αυτόνομα
- Ένα τροφοδοτικό για δυνατότητα φόρτισης και απευθείας λειτουργίας από το δίκτυο ρεύματος 220 VAC και
- Ένα θερμοζεύγος Cu – Const (Εικ. 5.3).

Ο μετρητικός σταθμός στο πέρας των μετρήσεων συνδέεται μέσω της θήρας RS-232, που φέρει το καταγραφικό, σε Η/Υ ώστε να εξάγει τα δεδομένα σε αξιοποιήσιμη μορφή αρχείων (.dat).



Εικόνα 5.2: Μετρητικός σταθμός εξαγωγής καμπύλης I-V.



Εικόνα 5.3: Θερμοζεύγος Cu – Const.

5.1.3 Θερμοζεύγος

Ένα θερμοζεύγος (Εικ. 5.3) αποτελείται από δύο αγωγούς από διαφορετικά μέταλλα ή κράματα μετάλλων. Όταν ενωθούν μεταξύ τους, δημιουργούν μια διαφορά δυναμικού που είναι εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία. Έτσι, ανάλογα με την τάση που δίνουν βαθμονομείται και εξάγεται αντιστοιχία σε μονάδες θερμοκρασίας. Αυτό που χρησιμοποιήθηκε είναι θερμοζεύγος **Τύπου T** (Cu – Const) με εύρος θερμοκρασιακών μετρήσεων -185°C έως 300°C και ακρίβειας $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

5.1.4 Ζυγός ακριβείας

Ο ζυγός ακριβείας (Εικ 5.4) που χρησιμοποιήθηκε είναι της Oroma, τύπου bc800D, με δυνατότητα μέτρησης $0.1\text{gr} \pm 0.05\text{gr}$ και μέγιστου φορτίου 5.5 kg, με χειροκίνητη δυνατότητα ευθυγράμμισης.



Εικόνα 5.4: Ζυγός ακριβείας Orama.

5.1.5 Κόσκινο δομικών υλικών

Χρησιμοποιήθηκε κόσκινο δομικών υλικών (Εικ.5.5) της Matest με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Άνοιγμα οπών κόσκινου: 75 μ m
- Μέγεθος Tyler (mesh): 200mm



Εικόνα 5.5: Κόσκινο δομικών υλικών Matest 75 μm .

5.1.6 Υλικά επικαθίσεων

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση σκόνης είναι:

- Κόκκινος άργιλος με μέση πυκνότητα: 1.72 gr/cm^3
- Άμμος θαλάσσης με μέση πυκνότητα: 1.56 gr/cm^3
- Μαρμαρόσκονη με μέση πυκνότητα: 1.60 gr/cm^3

Οι Εικ. 5.6, 5.7 & 5.8 παρουσιάζουν τα υλικά αντίστοιχα.



Εικόνα 5.6: Κόκκινος άργιλος.



Εικόνα 5.7: Άμμος θαλάσσης.



Εικόνα 5.8: Μαμαρόσκη.

5.1.7 Μετεωρολογικός σταθμός

Ο μετεωρολογικός σταθμός που χρησιμοποιήθηκε είναι μόνιμα εγκατεστημένος και ενεργός στο κτήριο των ΑΠΕ στο ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος. Αυτός έχει τη δυνατότητα πραγματοποίησης των εξής μετρήσεων:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος (MP101A, Εικ. 5.12)
- Υγρασία περιβάλλοντος (MP101A)
- Ύψος βροχόπτωσης (Casella)
- Ταχύτητα ανέμου (R.M. Young wind sensor: model 05305, Εικ. 5.11)
- Ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (Kipp & Zonen: CM11, Εικ. 5.10)
- Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (Kipp & Zonen: CM6B με δακτύλιο σκίασης, Εικ. 5.9)



Εικόνα 5.9: Πυρανόμετρο με στεφάνη για την μέτρηση διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, εγκατεστημένο στο εργαστήριο ΑΠΕ.



Εικόνα 5.10: Πυρανόμετρο μέτρησης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, εγκατεστημένο στο εργαστήριο ΑΠΕ.



Εικόνα 5.11: Ανεμόμετρο, εγκατεστημένο στο εργαστήριο ΑΠΕ.



Εικόνα 5.12: Αισθητήριο θερμοκρασίας, εγκατεστημένο στο εργαστήριο ΑΠΕ.

5.1.8 Πυρανόμετρα

Τα πυρανόμετρα (Εικ. 5.9 & 5.10) είναι αξιόπιστα όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Τοποθετούνται οριζόντια ή σε κλίση ίδια με το επίπεδο που μας ενδιαφέρει η καταγραφή της ηλιακής ακτινοβολίας. Πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία κατάλληλα επιλεγμένα ώστε να έχουν μηδενική ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή και σε σημεία ανοιχτά προς αποφυγή οποιωνδήποτε σκιάσεων.

Για να καταγράψουμε τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται μια στεφάνη ώστε το πυρανόμετρο να σκιάζεται ολοκληρωτικά από την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη την τροχιά του ήλιου στον ηλιακό θόλο. Η στεφάνη κινείται στον κάθετο άξονα ώστε να αποτρέπεται η άμεση επαφή του ήλιου με το πυρανόμετρο στις διαφορετικές τροχιές ανύψωσης του ήλιου. Τέλος, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι οι μετρήσεις των πυρανόμετρων δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

5.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Σκοπός της πειραματικής διαδικασίας ήταν η εξαγωγή αποτελεσμάτων της επίπτωσης της σκόνης στην παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το μήνα Ιούνιο και Ιούλιο στο νότιο προαύλιο χώρο του κτηρίου των ΑΠΕ στο ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος.

Ο αρχικός στόχος ήταν να πραγματοποιηθούν στην ταράτσα του κτηρίου. Ωστόσο, υπήρξε η παράμετρος του ανέμου ο οποίος κατέστρεφε την ομαλή επίστρωση της σκόνης.

5.2.1 Προετοιμασία υλικών εναπόθεσης

Τα υλικά για να είναι ομοιογενή με ίδιο μέγεθος κόκκων, περάστηκαν από το κόσκινο με άνοιγμα 75μm. Έτσι κατέστη δυνατό τα υλικά να πάρουν τη μορφή “πούδρας” ώστε να διαχέονται όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφα στον υαλοπίνακα του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Για την αποφυγή της όποιας αλλαγής της συμπεριφοράς της σκόνης λόγω εσωτερικής υγρασίας, πριν από το πείραμα, τοποθετήθηκαν σε φούρνο ειδικό για δομικά υλικά ώστε να αφυδατωθούν.

5.2.2 Τρόπος εναπόθεσης σκόνης και υπολογισμός της μάζας αυτής

Η εναπόθεση της σκόνης πραγματοποιήθηκε με το κόσκινο ρίχνοντας τη σκόνη στον υαλοπίνακα του φωτοβολταϊκού όσο πιο ομοιόμορφα ήταν δυνατό. Αυτό επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τον άνεμο που επικρατούσε τη στιγμή της εναπόθεσης της σκόνης αλλά και κατά το διάστημα που χρειάστηκε για να εξαχθεί η κάθε μέτρηση καθώς παρατηρήθηκαν διαρροές και ολισθήσεις της σκόνης.

Υπήρξε ανάγκη να υπολογιστεί η εναπόθεση της σκόνης μετά το πέρας αυτής. Έτσι, ζυγίστηκε η σκόνη και εξήχθει υπολογιστικά το μέσο πάχος της με την κάτωθι εξίσωση:

$$\delta_{σκ} = \frac{m}{\rho_{υλικού} \times A_{PV}} \quad (5.1)$$

όπου:

m , η μάζα του υλικού σκόνης (gr)

$\rho_{υλικού}$, η μέση πυκνότητα του υλικού σκόνης (gr/cm^3)

A_{PV} , η επιφάνεια του υαλοπίνακα του φωτοβολταϊκού (cm^2)

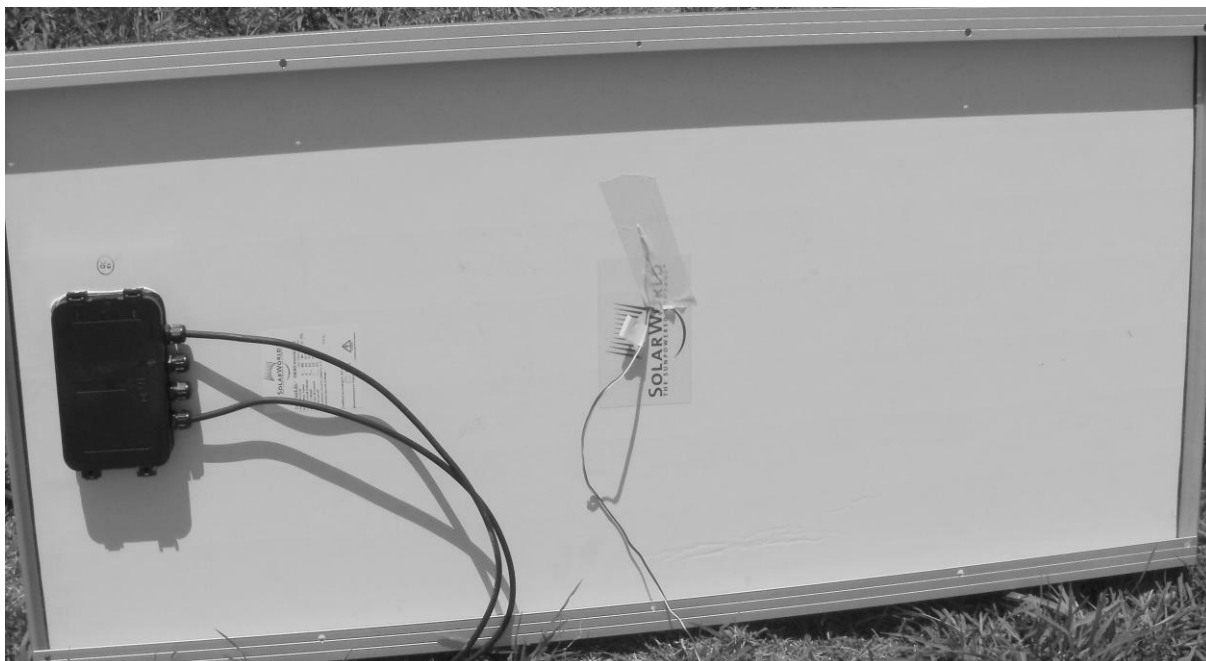
Η συλλογή της σκόνης από τον υαλοπίνακα πραγματοποιήθηκε με κομμάτια νάιλον προ-ζυγισμένα μαζί με ένα κομμάτι μονωτικής ταινίας προσαρμζοντάς τα κάθε φορά σε μια πλευρά του φωτοβολταϊκού. Με τη βοήθεια της βούρτσας (Εικ. 5.13), συλλέχθηκε όλη η σκόνη μέσα στο νάιλον και στη συνέχεια ζυγίστηκε στο ζυγό ακριβείας. Ύστερα από το ζύγισμα, εξήχθει η καθαρή μάζα της σκόνης.



Εικόνα 5.13: Βούρτσα σιλικόνης, επί του PV πλαισίου.

5.2.3 Προετοιμασία των συσκευών του πειράματος

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο τοποθετήθηκε οριζόντια ανυψωμένο από το έδαφος. Το θερμοζεύγος (Εικ. 5.14) προσαρμζστηκε σε μία από τις κεντρικές φωτοβολταϊκές κυψέλες ώστε να εξάγει μια μέση θερμοκρασία και τέλος συνδέθηκαν οι ακροδέκτες του φωτοβολταϊκού στους αντίστοιχους ιδίας πολικότητας του μετρητικού σταθμού.



Εικόνα 5.14: Προσαρμογή θερμοζεύγους στην οπίσθια πλευρά του PV πλαισίου.

5.2.4 Διεξαγωγή μετρήσεων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο ηλιακό μεσημέρι ώστε το μέτρο της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι σταθεροποιημένο στο υψηλότερο σημείο της ημέρας. Ξεκινώντας, έγινε μια μέτρηση με το μετρητικό σταθμό σε καθαρό φωτοβολταϊκό και στη συνέχεια ακολούθησαν δύο μετρήσεις για κάθε υλικό.

Αυτές οι δύο μετρήσεις αντιπροσωπεύουν το λεπτό στρώμα επίστρωσης και το πιο παχύ αντιστοιχώς. Η διάρκεια ενός κύκλου μέτρησης με το προαναφερθέν μετρητικό είναι περίπου πέντε (5) λεπτά. Ύστερα από κάθε μέτρηση, η εκάστοτε σκόνη συλλέχθηκε με τη μέθοδο που αναφέρθηκε στην **Ενότητα 5.2.2** και ρίχθηκε η επόμενη σκόνη.

Έτσι, μετά από πλήθος δοκιμασιών κατορθώθηκε όλες οι μετρήσεις, οι εναποθέσεις και οι συλλογές να διαρκέσουν 80 λεπτά όπου μοιρασμένα πριν και μετά το ηλιακό μεσημέρι είναι μια πολύ καλή περίοδος για την διατήρηση σταθερής ηλιακής ακτινοβολίας.

5.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πειραματικό στάδιο πραγματοποιήθηκε στον προαύλιο χώρο του εργαστηρίου ΑΠΕ του ΤΕΙ Πατρών. Για την λήψη των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ένα PV πλαίσιο τύπου Solarworld SW80monoR5E, ένας μετρητικός σταθμός με αυτόματο ηλεκτρονικό σύστημα λήψης των τιμών I-V.

Παρακάτω θα γίνει ανάλυση των μετρούμενων τιμών που λάβαμε από τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Οι μετρούμενες τιμές που εξήχθησαν από το μετρητικό σταθμό I-V καθώς και τα απαιτούμενα μετεωρολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του εργαστηρίου παρουσιάζονται στους Πίν. 3&4&5 του Παραρτήματος της εργασίας αυτής.

Επίσης, στο παράρτημα παρουσιάζονται οι Εικ. 1-6 που αποτυπώνουν την επίστρωση της σκόνης σε όλες τις φάσεις του πειράματος.

5.3.1 Υπολογισμός του πάχους επικάλυψης της σκόνης

Ο υπολογισμός του πάχους επικάλυψης της σκόνης έγινε με βάση την Εξ. (5.1). Έτσι, στον Πίν. 5.2 φαίνονται οι παράμετροι της εξίσωσης και υπολογίζεται το πάχος επικάλυψης.

Οι μετρήσεις που διεξήχθησαν είναι οι εξής:

- α. Με καθαρό πλαίσιο
- β. Με επίστρωση κόκκινου αργίλου περίπτωση 1
- γ. Με επίστρωση κόκκινου αργίλου περίπτωση 2
- δ. Με επίστρωση άμμου θαλάσσης περίπτωση 1
- ε. Με επίστρωση άμμου θαλάσσης περίπτωση 2
- στ. Με επίστρωση μαρμαρόσκονης περίπτωση 1
- ζ. Με επίστρωση μαρμαρόσκονης περίπτωση 2

Πίνακας 5.2: Υπολογισμός πάχους επικάλυψης.

Τύπος σκόνης	m(gr)	ρ _{υλικού} (gr/cm ³)	A _{PV} (m ²)	δ _{σκ} (μm)
Χωρίς σκόνη	-	-	5865	-
Κόκκινος άργιλος περίπτωση 1	1	1.72	5865	1.0
Κόκκινος άργιλος περίπτωση 2	1.8	1.72	5865	1.8
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 1	1.1	1.56	5865	1.2
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 2	2.4	1.56	5865	2.6
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 1	1.4	1.6	5865	1.5
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 2	1.9	1.6	5865	2.0

5.3.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που μας ενδιαφέρουν είναι αυτά που επικρατούσαν στην εκάστοτε διάρκεια των μετρήσεων της (I-V). Έτσι, αυτά παρουσιάζονται στους Πίν. 3&4&5 του παραρτήματος. Για να είναι, όμως, αξιοποιήσιμα πρέπει να υπολογιστούν οι μέσες τιμές αυτών ανά διάρκεια μέτρησης.

Στον Πίν. 5.3 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές:

- Της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας I_{avg}
- Της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας $I_{d,avg}$
- Της ταχύτητας του ανέμου W_{speed}
- Της θερμοκρασίας περιβάλλοντος $T_{amb,avg}$

Πίνακας 5.3: Μέσες τιμές των I_{avg} , $I_{d,avg}$, W_{speed} και $T_{amb,avg}$ για τη διάρκεια των μετρήσεων.

Τύπος σκόνης	I_{avg} (W/m ²)	$I_{d,avg}$ (W/m ²)	W_{speed} (m/s)	$T_{amb,avg}$ (°C)
Χωρίς σκόνη	973.8	103.50	1.8	27.9
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 1	975.0	106.70	2.6	27.8
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 2	975.0	107.00	2.2	27.5
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 1	971.6	105.00	2.5	27.8
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 2	974.2	104.70	1.9	27.6
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 1	967.6	105.70	2.2	28.3
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 2	987.2	125.30	2.7	26.0

5.3.3 Εξαγωγή τιμών P_m , V_{oc} , I_{sc} και $T_{avg,cell}$ από τις μετρούμενες τιμές

Στον Πίν. 5.4 παρουσιάζονται οι τιμές μέγιστης ισχύος (P_m), τάσης ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}), ρεύματος-βραχυκύκλωσης (I_{sc}), η μέση θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού ($T_{avg,cell}$), μέση ολική ηλιακή ακτινοβολία (I_{avg}) και πάχος εναπόθεσης υλικού ($\delta_{σκ}$)

Πίνακας 5.4: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και μετεωρολογικά δεδομένα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Τύπος σκόνης	P_m (W)	V_{oc} (V)	I_{sc} (A)	$T_{avg,cell}$ (°C)	I_{avg} (W/m ²)	$\delta_{σκ}$ (μm)
Χωρίς σκόνη	59.8	19.28	4.80	52.1	973.8	-
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 1	57.0	19.04	4.66	54.3	975.0	1.0
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 2	55.2	18.98	4.49	55.2	975.0	1.8
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 1	56.2	19.00	4.62	56.7	971.6	1.2
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 2	55.6	18.93	4.60	56.3	974.2	2.6
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 1	56.5	18.94	4.69	56.2	967.6	1.5
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 2	56.2	19.08	4.63	54.4	987.2	2.0

Αυτά ευρέθηκαν ως εξής:

Μέγιστη ισχύς (P_m)

Ως μέγιστη ισχύ (P_m) του φωτοβολταϊκού πλαισίου λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή της ισχύος (P) του Πίν. 1&2 όπου προκύπτει από το γινόμενο ρεύματος – τάσης ($P=V \times I$).

Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc})

Ως τάση ανοιχτού κυκλώματος λαμβάνεται η μέγιστη τιμή τάσης (V) που καταγράφηκε στον εκάστοτε κύκλο μέτρησης.

Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc})

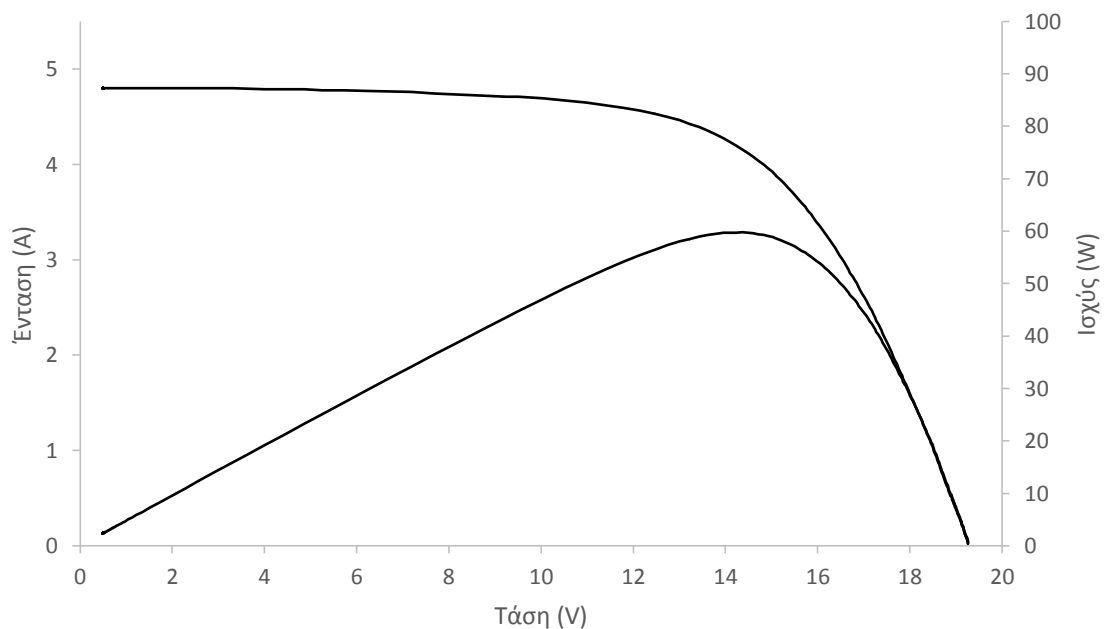
Ως ρεύμα βραχυκύκλωσης λαμβάνεται η μέγιστη τιμή ρεύματος (I) που καταγράφηκε στον εκάστοτε κύκλο μέτρησης.

Μέση θερμοκρασία φωτοβολταϊκού πλαισίου ($T_{avg,cell}$)

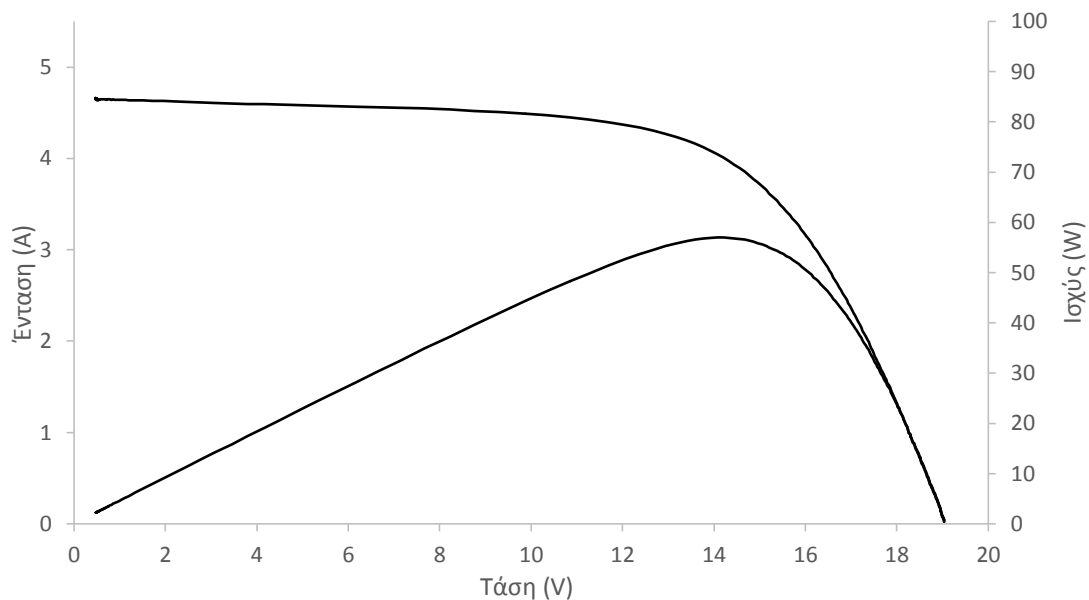
Η μέση θερμοκρασία φωτοβολταϊκού πλαισίου λαμβάνεται από τον υπολογισμό της μέσης τιμής της T_{cell} .

5.3.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος-τάσης και ισχύος-τάσης

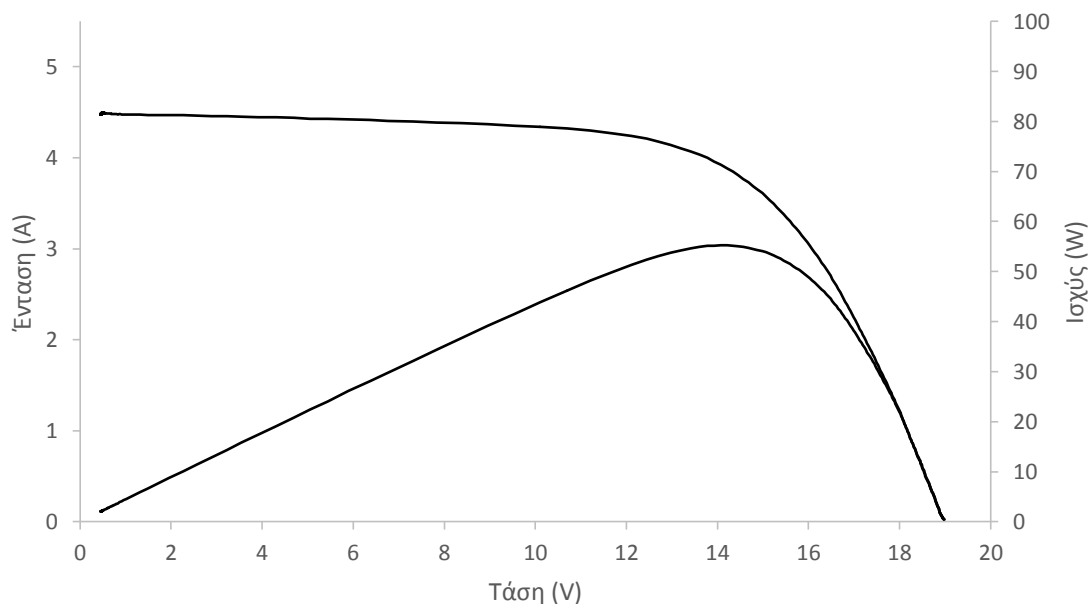
Από τις τιμές του Πίν. 1&2 του Παραρτήματος εξάγουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος-τάσης (I-V), παράλληλα με αυτές και τις χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος-τάσης (P-V) για όλες τις περιπτώσεις σκόνης που μελετήθηκαν.



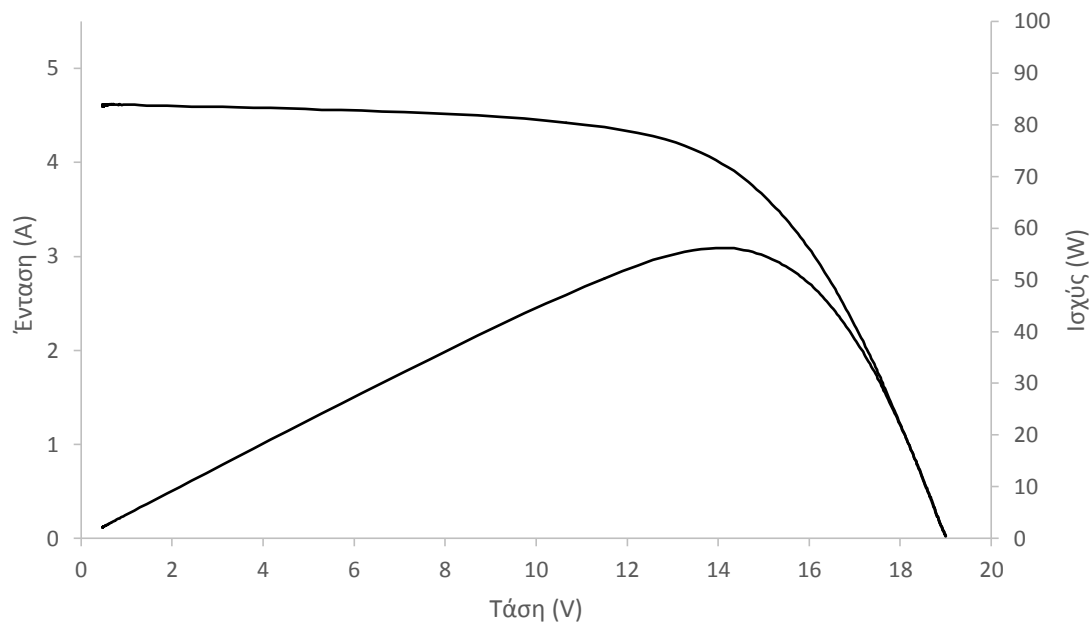
Σχήμα 5.1: Χαρακτηριστικές καμπύλες καθαρού PV πλαισίου, με $I_{avg}=973.8$ W/m^2 και $T_{avg,cell}=52.1$ $^{\circ}C$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



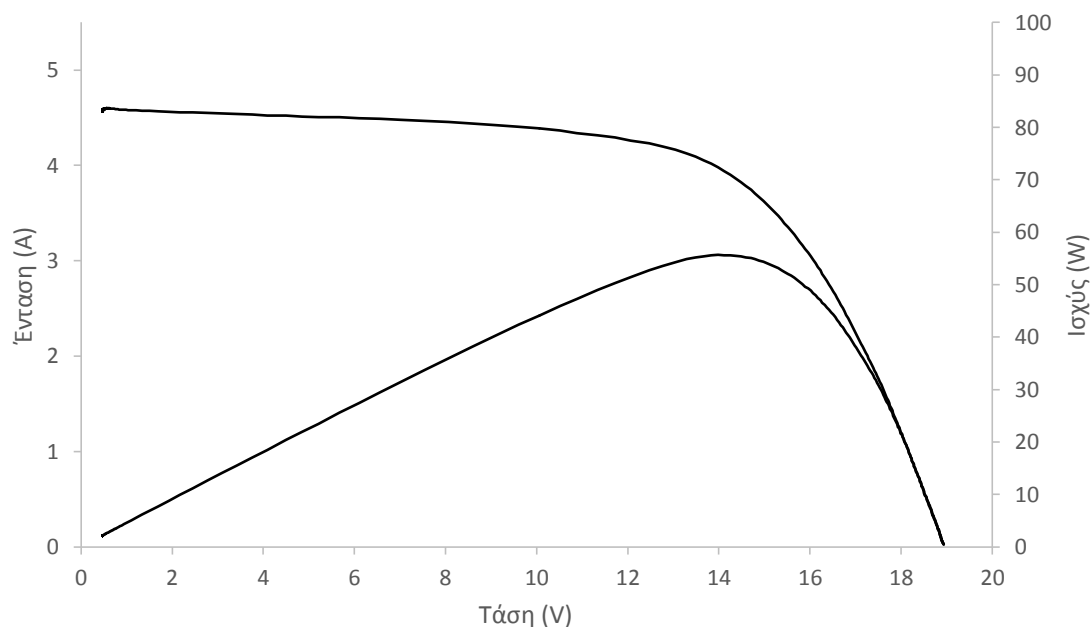
Σχήμα 5.2: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάθηση κόκκινου αργίλου περίπτωσης 1, με $I_{avg}=975 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=54.3 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



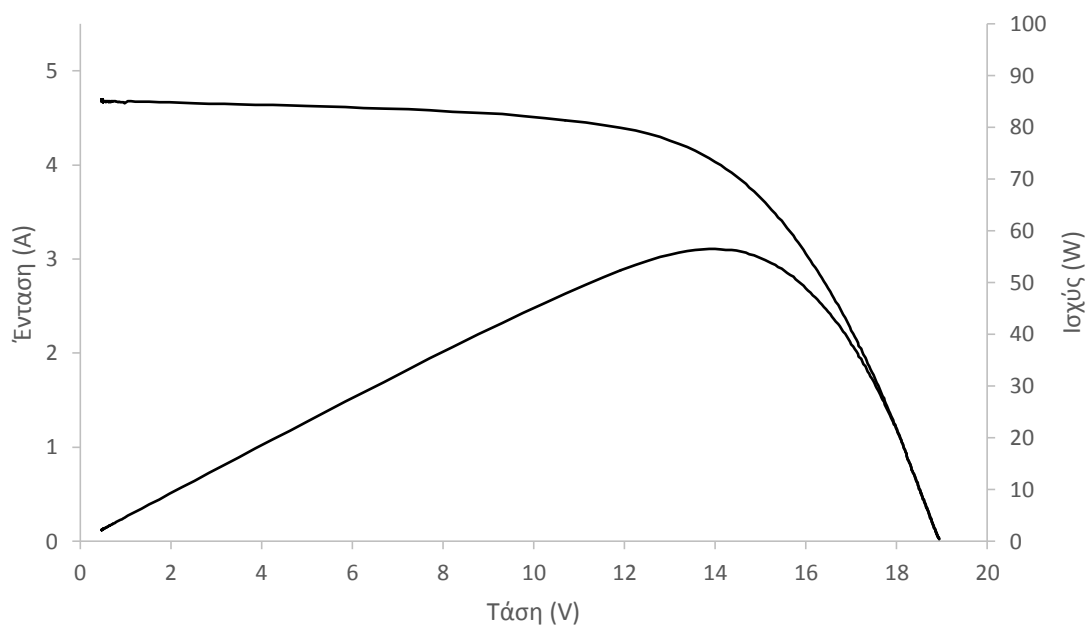
Σχήμα 5.3: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάθηση κόκκινου αργίλου περίπτωσης 2, με $I_{avg}=975 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=55.2 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



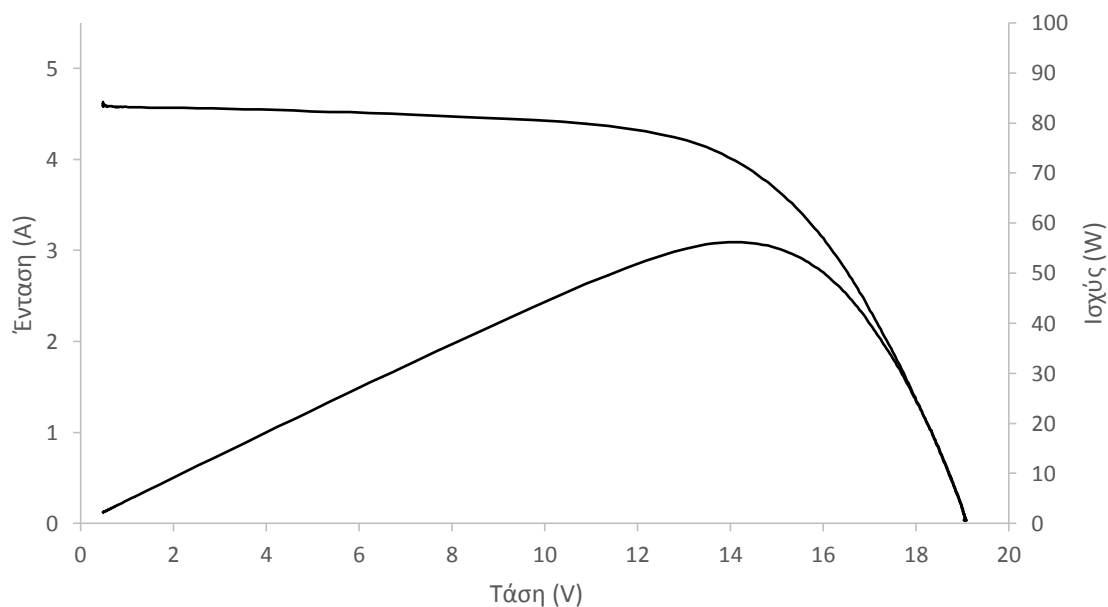
Σχήμα 5.4: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάθηση άμμου θαλάσσης περίπτωσης 1, με $I_{avg}=971.6 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=56.7 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



Σχήμα 5.5: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάθηση άμμου θαλάσσης περίπτωσης 2, με $I_{avg}=974.2 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=56.3 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



Σχήμα 5.6: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάλυψη μαρμαρόσκονης περίπτωσης 1, με $I_{avg}=967.6 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=56.2 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



Σχήμα 5.7: Χαρακτηριστικές καμπύλες με επικάλυψη μαρμαρόσκονης περίπτωσης 2, με $I_{avg}=987.2 \text{ W/m}^2$ και $T_{avg,cell}=54.4 \text{ }^\circ\text{C}$. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.

5.3.5 Μετατροπές σε STC

Για να καταστεί δυνατή η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών επιστρώσεων, πρέπει οι τιμές να αναχθούν σε όμοια ηλιακή ακτινοβολία, όμοια θερμοκρασία φωτοβολταϊκού και αέρια μάζα. Σε αυτή την περίπτωση, έρχονται να δώσουν λύση τα μαθηματικά μοντέλα αντιστοίχισης των μετρούμενων τιμών (πραγματικές συνθήκες) σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας (STC) όπου αποτυπώνονται στην ενότητα 3.6.6 (εξ. 3.2, 3.3, 3.4 & 3.5).

Έτσι, με τη χρήση των παραπάνω εξισώσεων υπολογίστηκαν τα δεδομένα του Πίν. 5.5.

Πίνακας 5.5: Τιμές P_m , V_{oc} , I_{sc} και FF ανηγμένες σε STC

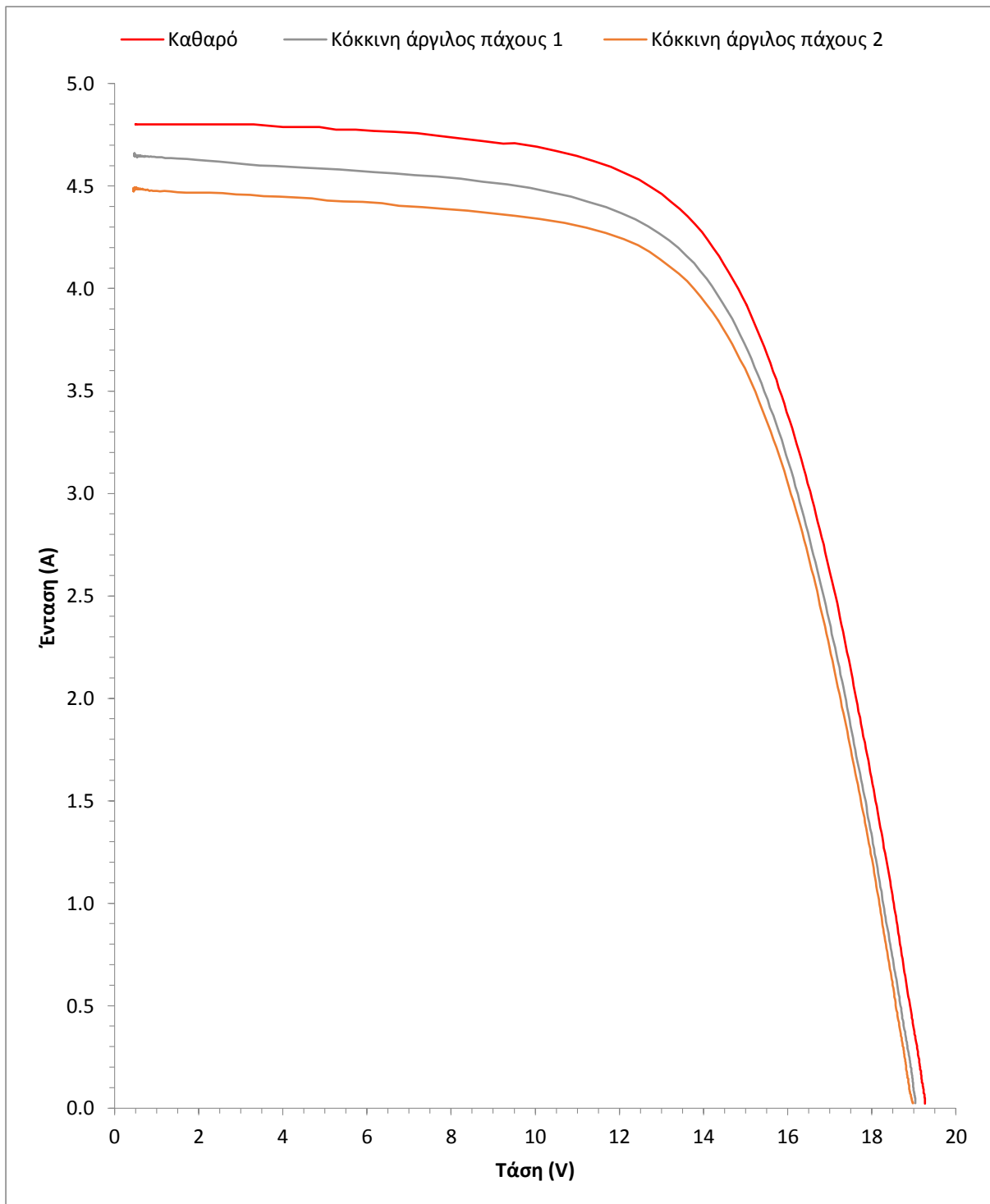
Τύπος σκόνης	$P_{m,STC}$ (W)	$V_{oc,STC}$ (V)	$I_{sc,STC}$ (A)	FF_{STC} (%)
Χωρίς σκόνη	70.8	21.27	4.88	68.16
Κόκκινος άργιλος πάχους 1	68.1	21.18	4.73	60.66
Κόκκινος άργιλος πάχους 2	66.4	21.19	4.56	54.06
Άμμος θαλάσσης πάχους 1	68.4	21.32	4.70	61.16
Άμμος θαλάσσης πάχους 2	67.4	21.22	4.67	58.36
Μαρμαρόσκηνη πάχους 1	68.9	21.23	4.79	63.46
Μαρμαρόσκηνη πάχους 2	66.4	21.22	4.64	56.06

5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

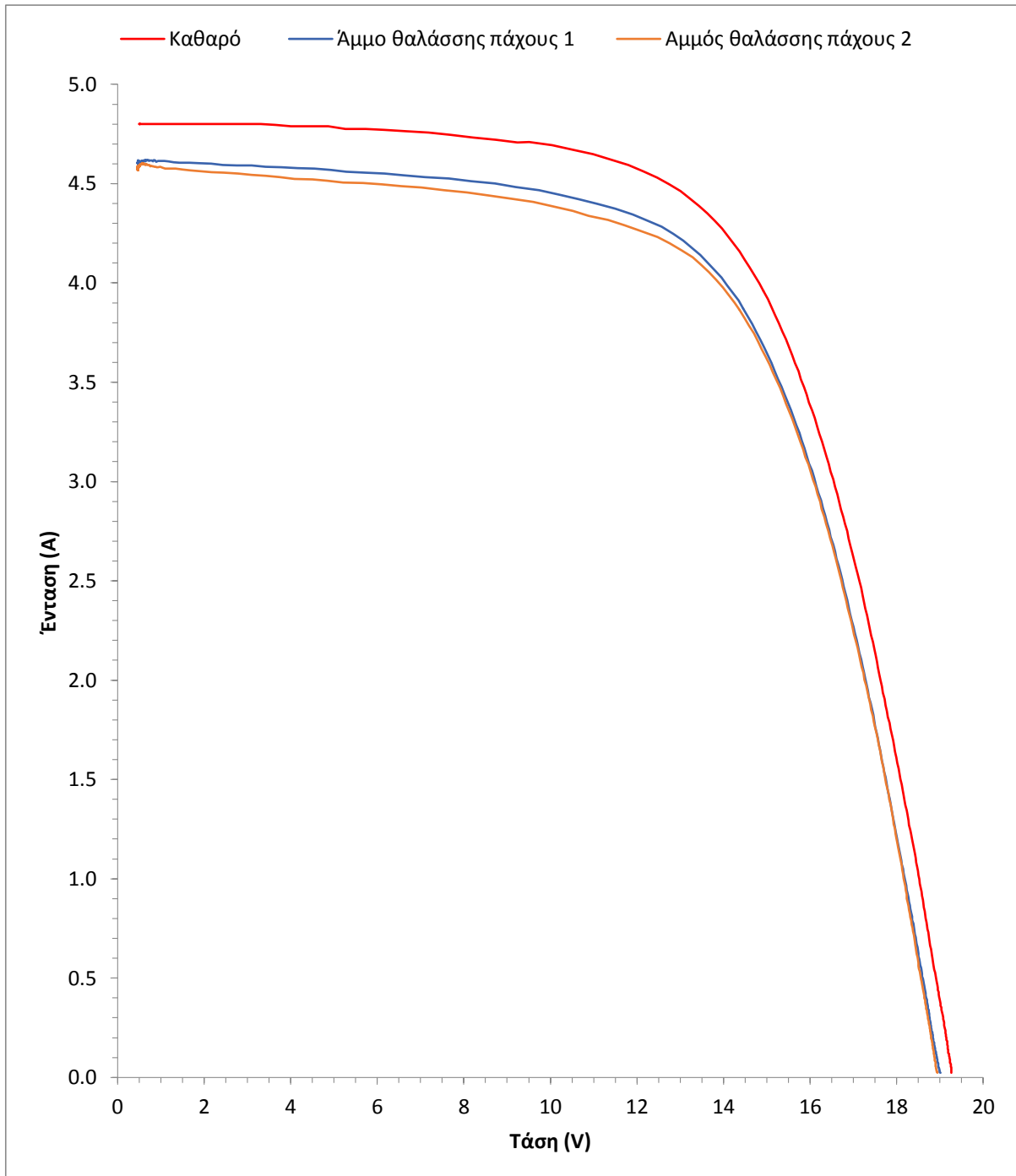
Η σύγκριση της μείωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο πιο σημαντικός λόγος που εκπονήθηκε η εργασία. Παρακάτω θα δούμε την ποσοστιαία πτώση των ηλεκτρικών παραμέτρων $P_{m,STC}$, $V_{oc,STC}$, $I_{sc,STC}$ και FF_{STC} . Η τιμές αυτών εξάγονται με βάση τα μοντέλα αντιστοίχισης των μετρούμενων τιμών σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας της ενότητα 3.6.6. Το ενδιαφέρον, ωστόσο, πρέπει να επικεντρωθεί στην πτώση της ισχύος $P_{m,STC}$.

5.4.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών καμπύλων

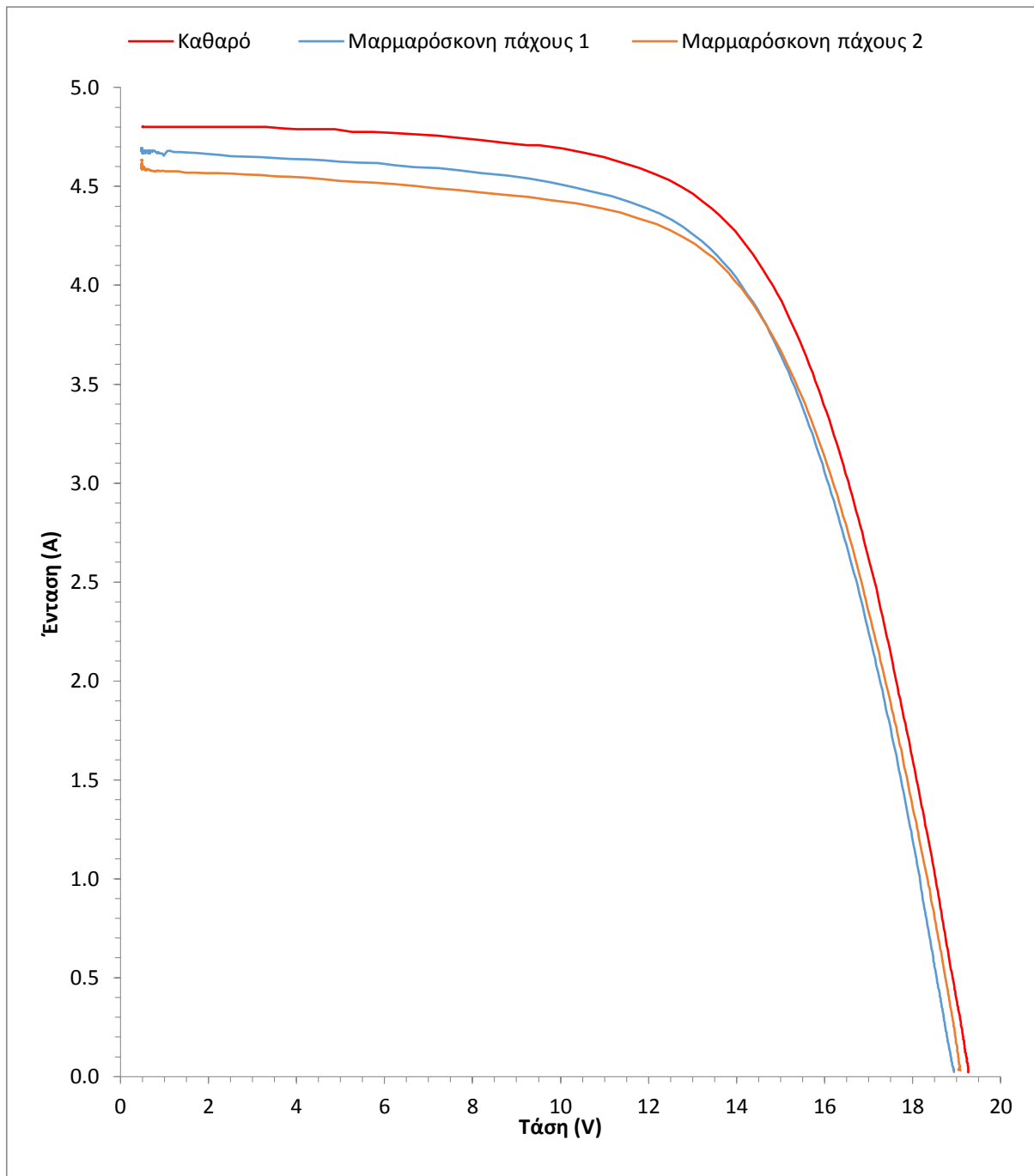
Στα Σχ. 5.8, 5.9 & 5.10 παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες μεταξύ ιδίου υλικού αλλά διαφορετικής περίπτωσης πάχους. Στο Σχ. 5.11.α&β φαίνονται ενσωματωμένες όλες οι χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος – τάσης και στο Σχ. 5.12.α&β, οι χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος – τάσης. Αυτές αντιστοιχούν σε πραγματικές συνθήκες.



Σχήμα 5.8: Καμπύλη I-V, καθαρού PV πλαισίου και με επικαθήσεις κόκκινου αργίλου περίπτωσης 1&2. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



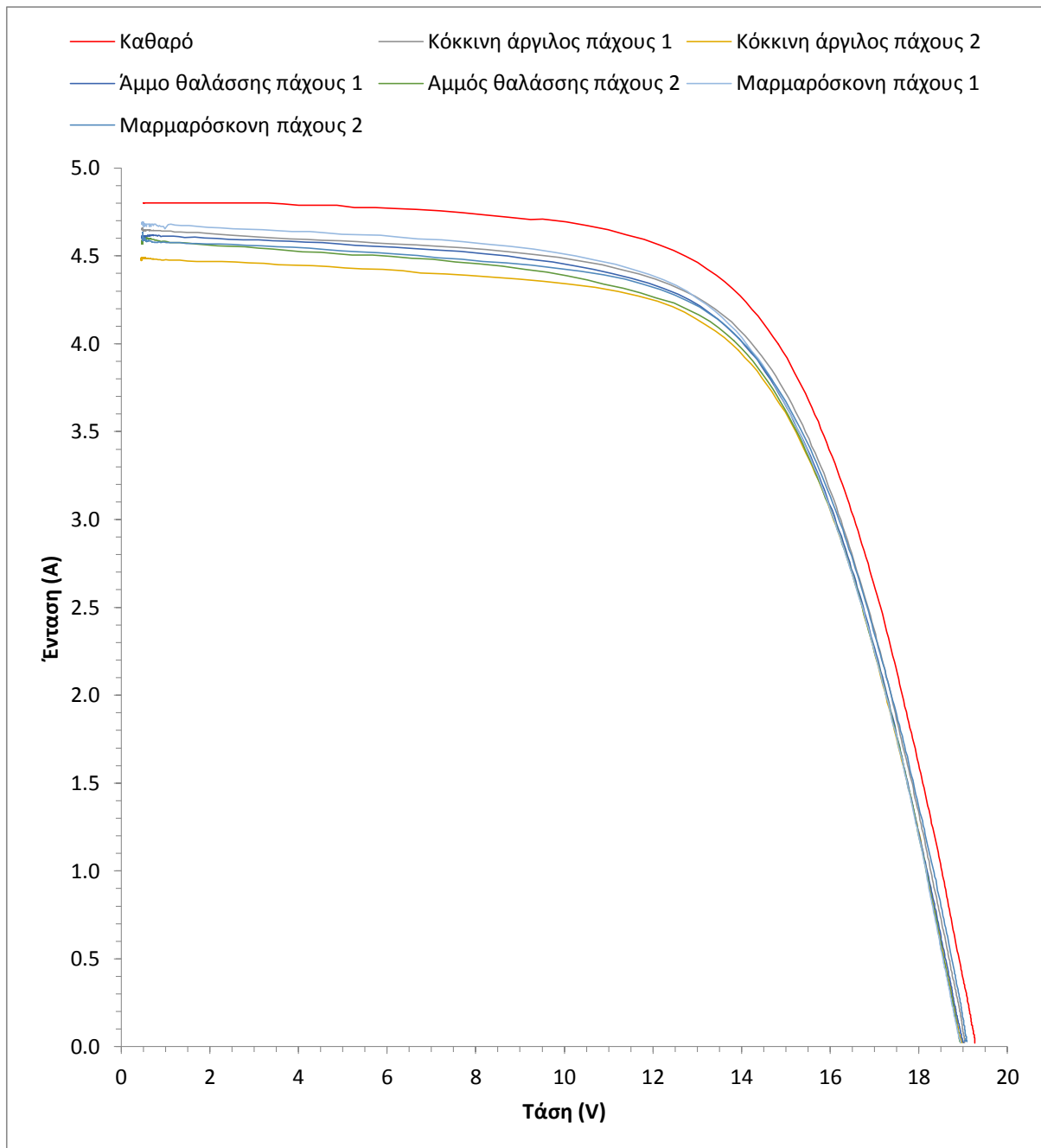
Σχήμα 5.9: Καμπύλη I-V, καθαρού PV πλαισίου και με επικαθήσεις άμμου θαλάσσης περίπτωσης 1&2. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.



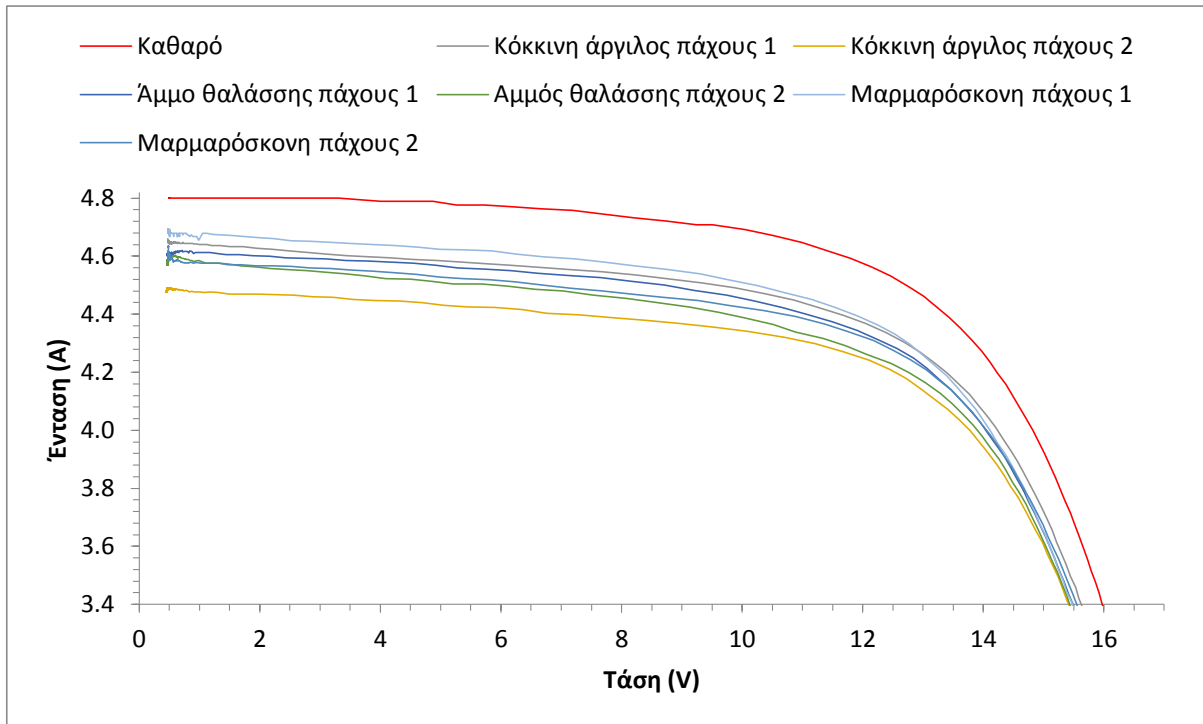
Σχήμα 5.10: Καμπύλη I-V, καθαρού PV πλαισίου και με επικαθήσεις μαρμαρόσκονης πάχους 1&2. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι αυτές που ελήφθησαν από τα πειράματα μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων.

Σχόλια:

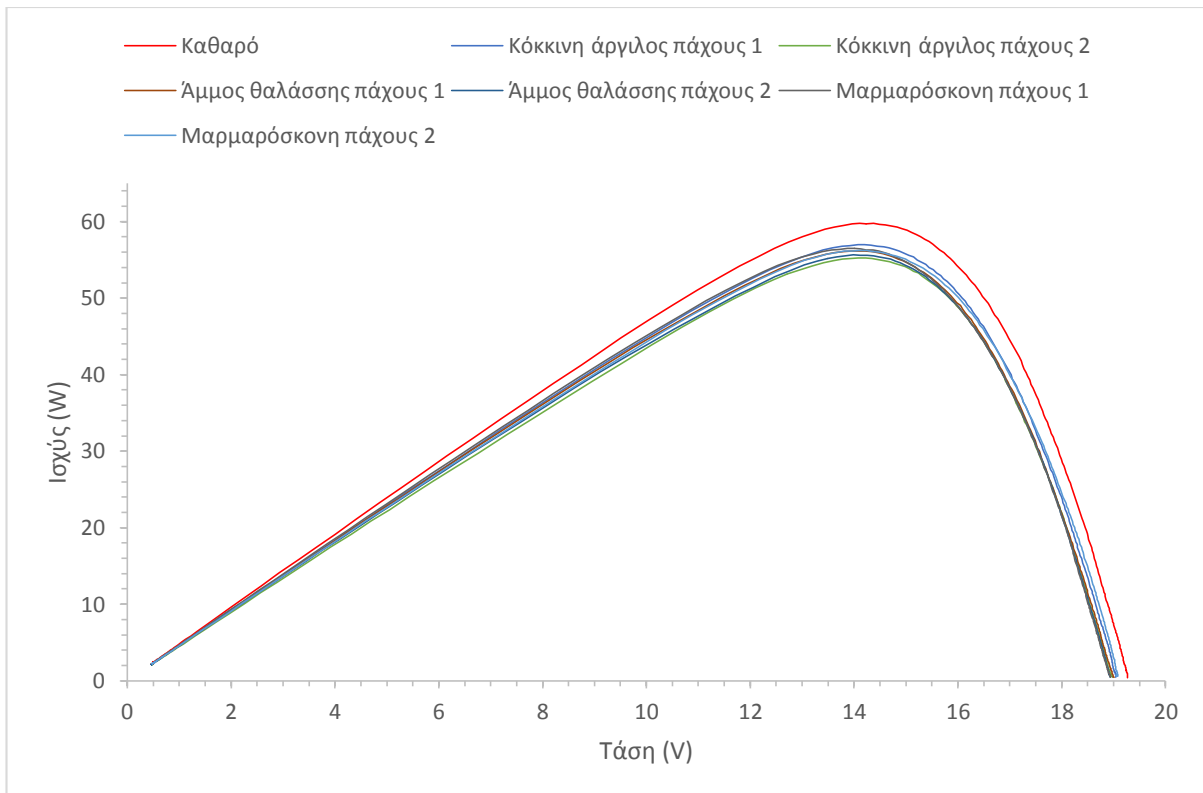
Παρατηρείται ότι στο Σχ. 5.10 η καμπύλη της περίπτωσης 2 έχει μεγαλύτερες τιμές στην πορεία της προς την V_{oc} . Αυτό οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



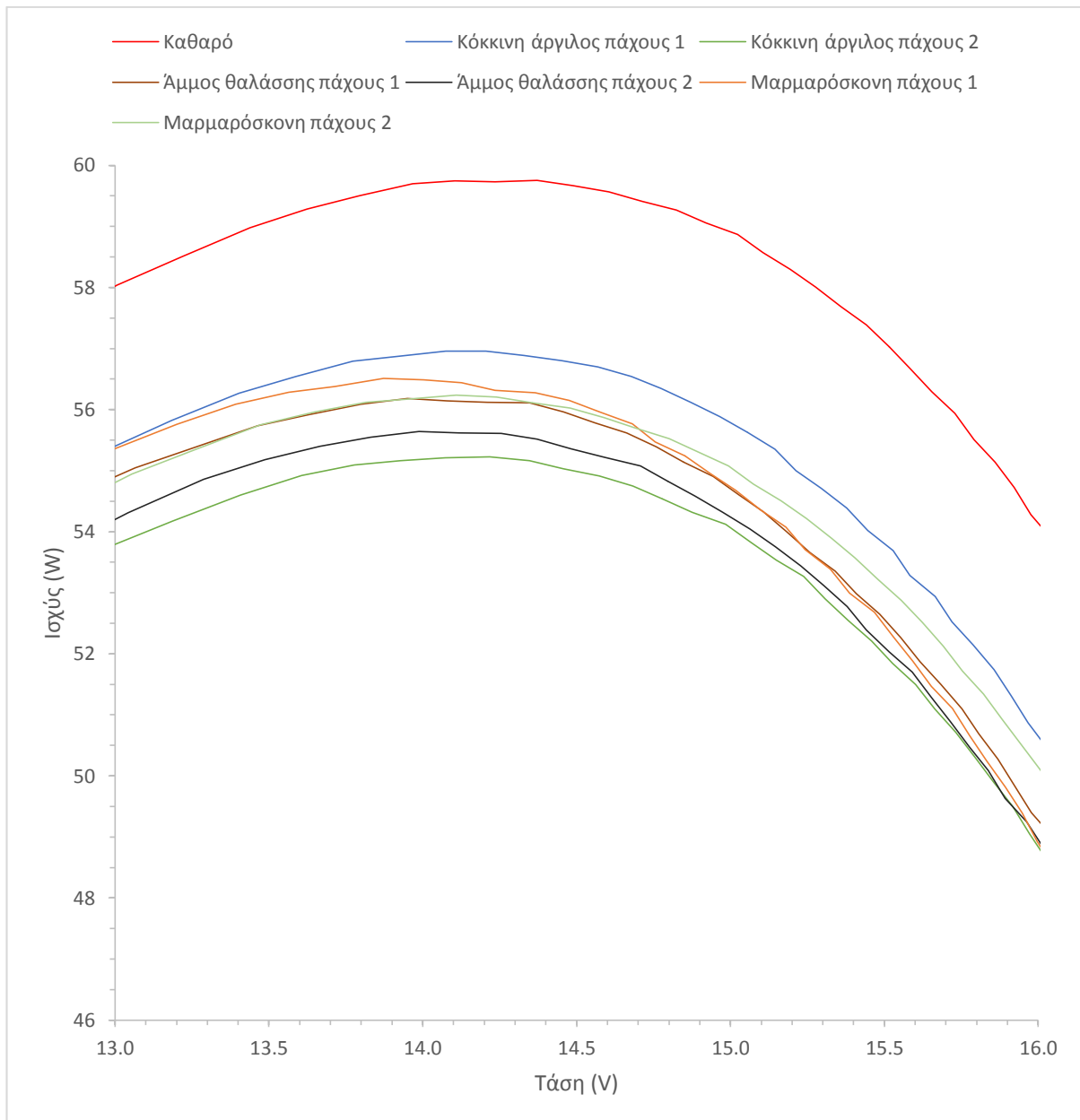
Σχήμα 5.11.α: Συνδυασμός όλων των χαρακτηριστικών καμπυλών I-V



Σχήμα 5.11.β: Συνδυασμός όλων των χαρακτηριστικών καμπυλών I-V (μεγεθυμένο).



Σχήμα 5.12.α: Συνδυασμός όλων των χαρακτηριστικών καμπυλών P-V.



Σχήμα 5.12.β: Συνδυασμός όλων των χαρακτηριστικών καμπυλών P-V (μεγεθυμένο).

Σχόλια:

Παρατηρείται ότι υπάρχει πτώση της ισχύος P_m και της έντασης ρεύματος I_{sc} με όλα τα είδη σκόνης. Σε σύγκριση με τη χαρακτηριστική καμπύλη του καθαρού φωτοβολταϊκού. Ακόμη, παρατηρείται ότι η καμπύλη του καθαρού φωτοβολταϊκού, έχει μεγαλύτερη τάση V_{oc} . Αυτό οφείλεται τόσο στον επηρεασμό της σκίασης από τη σκόνη όσο και στη χαμηλότερη μέση θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού. Η μέση θερμοκρασία αυτή στην διάρκεια μετρήσεων του καθαρού PV πλαισίου ήταν 52.1°C έναντι $54.3-56.7^{\circ}\text{C}$ των μετρήσεων με επικαθήσεις σκόνης.

5.4.2 Σύγκριση δεδομένων STC

Στον Πίν. 5.6 παρουσιάζεται η ποσοστιαία πτώση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών σε σύγκριση με το καθαρό φωτοβολταϊκό. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται χρήση του Πίν. 5.5.

Πίνακας 5.6: Ποσοστιαία πτώση ηλεκτρικών χαρακτηριστικών σε σχέση με το καθαρό PV πλαίσιο.

Τύπος σκόνης	$\frac{\delta(P_{m,STC})}{P_{m,STC}}$	$\frac{\delta(V_{oc,STC})}{V_{oc,STC}}$	$\frac{\delta(I_{sc,STC})}{I_{sc,STC}}$	$\frac{\delta(FF_{STC})}{FF_{STC}}$	$\delta_{σκ}$ (μm)
	$P_{m,STC}$	$V_{oc,STC}$	$I_{sc,STC}$	FF_{STC}	
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 1	-3.9%	-0.4%	-3.2%	-7.5%	1.0
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 2	-6.6%	-0.4%	-7.1%	-14.1%	1.8
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 1	-3.5%	+0.2%	-3.8%	-7.0%	1.2
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 2	-5.1%	-0.2%	-4.5%	-9.8%	2.6
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 1	-2.7%	-0.2%	-1.8%	-4.7%	1.5
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 2	-6.7%	-0.2%	-5.2%	-12.1%	2.0

Σχόλια:

Παρατηρείται ότι η μείωση της μέγιστης ισχύος κυμαίνεται από 2.7% - 6.7% και η μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης από 1.8% - 7.1%. Αυτό το αποτέλεσμα είναι φυσιολογικό αφού η σκόνη απορροφά μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα, η τάση ανοιχτού κυκλώματος είχε αύξηση 0.2% και μείωση έως 0.4%. Τέλος, ο συντελεστής πλήρωσης μειώθηκε από 4.7% έως 14.1%. Ενδιαφέρον δείχνει και η σύγκριση μεταξύ των ιδίων υλικών σκόνης διαφορετικού πάχους επικάλυψης που ακολουθεί στους Πίν. 5.7, 5.8, 5.9.

Πίνακας 5.7: Ποσοστιαία σύγκριση με επικαθήσεις κόκκινης άργιλου.

Τύπος σκόνης	$P_{m,STC}$ (W)	$V_{oc,STC}$ (V)	$I_{sc,STC}$ (A)	FF_{STC} (%)	$\delta_{σκ}$ (μm)
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 1	68.1	21.18	4.73	60.66	1.0
Κόκκινη άργιλος περίπτωση 2	66.4	21.19	4.56	54.06	1.8
	-2.6%	0.0%	-3.8%	-12.2%	

Πίνακας 5.8: Ποσοστιαία σύγκριση με επικαθήσεις άμμου θαλάσσης.

Τύπος σκόνης	$P_{m,STC}$ (W)	$V_{oc,STC}$ (V)	$I_{sc,STC}$ (A)	FF_{STC} (%)	$\delta_{σκ}$ (μm)
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 1	68.4	21.32	4.70	61.16	1.2
Άμμος θαλάσσης περίπτωση 2	67.4	21.22	4.67	58.36	2.6
	-1.5%	-0.5%	-0.7%	-4.8%	

Πίνακας 5.9: Ποσοστιαία σύγκριση με επικαθήσεις μαρμαρόσκονης.

Τύπος σκόνης	$P_{m,STC}$ (W)	$V_{oc,STC}$ (V)	$I_{sc,STC}$ (A)	FF_{STC} (%)	$\delta_{σκ}$ (μm)
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 1	68.9	21.23	4.79	63.46	1.5
Μαρμαρόσκονη περίπτωση 2	66.4	21.22	4.64	56.06	2.0
	-3.9%	0.0%	-3.3%	-13.2%	

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έγιναν ολοκληρωμένα πειράματα στο εργαστήριο των ΑΠΕ με την αυτοματοποιημένη συσκευή για λήψη και ανάλυση της I-V σε ένα PV πλαίσιο sc-Si. Αναλύθηκαν για τρία είδη σκόνης, με διαφορετική πυκνότητα και χρωματισμό, το εύρος των τιμών μείωσης των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του PV πλαισίου όταν επικαθονται στην επιφάνεια του.

Η τάση ανοικτού κυκλώματος είχε εύρος μείωσης 0.4% έως αύξηση 0.2%. Το εύρος μείωσης, του ρεύματος βραχυκύκλωσης ήταν 1.8% έως 7.1%, της μέγιστης ισχύος 2.7% έως 6.7% και του συντελεστή πλήρωσης 4.7% έως 14.1%.

Παρατηρείται ότι στα αποτελέσματα της άμμου θαλάσσης περίπτωσης πάχους 2, παρόλο που το πάχος επίστρωσης είναι το μέγιστο όλων, η πτώση της μέγιστης ισχύος είναι μικρότερη από τα αλλά δυο υλικά περίπτωσης πάχους 2. Αυτό οφείλεται, στις διαφορετικές ανακλάσεις με βάση το χρώμα της σκόνης και στην διαφορά του μεγέθους των μικρόκοκκων της σκόνης.

Ενδιαφέρον δείχνει η διεξαγωγή πειραμάτων με άλλους τύπους υλικών όπου προκαλούν σκίαση ώστε να καλυφθούν περισσότερες πιθανές αιτίες μείωσης της ισχύος λόγω σκίασης από επικαθήσεις. Επίσης, η διεξαγωγή πειραμάτων καθ' όλη την διάρκεια της ημερήσιας ηλιοφάνειας ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει διαφορετική μείωση ανάλογα και με την γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του ηλίου στο PV πλαίσιο διαμέσου σταθερού σχηματισμού επιστρώματος σκόνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S. Kaplanis and E. Kaplani, Renewable Energy Systems: Theory, Innovations and Intelligent Applications, Nova Publishers, N.Y., June 2013
- [2] S. Kaplanis and E. Kaplani, Energy Performance and Degradation Over 20 Years Performance of BP c-Si PV modules, Simulation Modeling Practice and Theory, Patra, 2011.
- [3] https://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php
- [4] Σ.Ν. Καπλάνης, Ήπιες μορφές ενέργειας: Ηλιακή Μηχανική, Τόμος II, Εκδόσεις ΙΩΝ, Πάτρα, 2008.
- [5] Σ.Ν. Καπλάνης, Ήπιες μορφές ενέργειας: Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων, Τόμος III, Εκδόσεις ΙΩΝ, Πάτρα, 2004.
- [6] John K. Kaldellis and D Zafirakis, The Wind Energy (r)evolution: A short Review of a long history, Elsevier, Piraeus, 2011.
- [7] Σ.Ν. Καπλάνης, Ήπιες μορφές ενέργειας: Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Τόμος I, Εκδόσεις ΙΩΝ, Πάτρα, 2008.
- [8] Dr. Spiros Alexopoulos, Biomass: Basics, Bio-conversion cropland sewage treatment, summer school in Res, Patra, 2013.
- [9] John A. Duffie and William A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 4th edition, Wiley, 2013.
- [10] <http://www.solar-is-future.com>
- [11] <http://www.nrel.gov/>
- [12] E. Kaplani, PV module performance at S.T.C. and field conditions, Innovation Week on PV Systems Engineering and the other Renewable Energy Systems, 1-10 July 2013, T.E.I. of Patras, Greece, ISSN:978-960-7801-24-1.
- [13] <http://solar-net.teipat.gr/res/index.php/en/>
- [14] Δ. Λαμπρίδης, Π. Ντοκόπουλος, Γ. Παπαγιάννης, Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2006.
- [15] E. Kaplani, PV cell and module degradation, Innovation Week on PV Systems Engineering and the other Renewable Energy Systems, 1-10 July 2013, T.E.I. of Patras, Greece.
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_constant

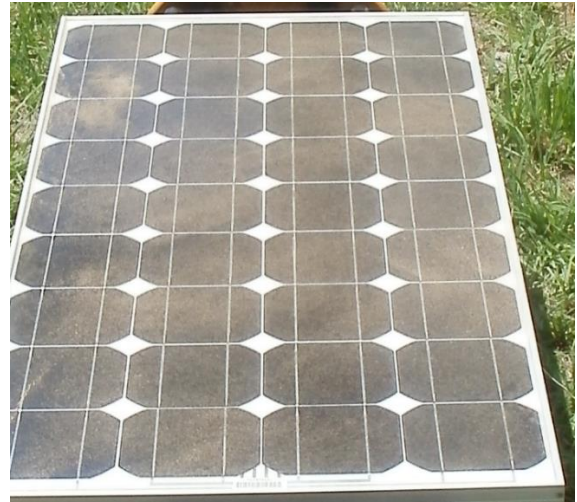
[17]<http://meteonorm.com>

[18]<http://www.pveducation.org>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



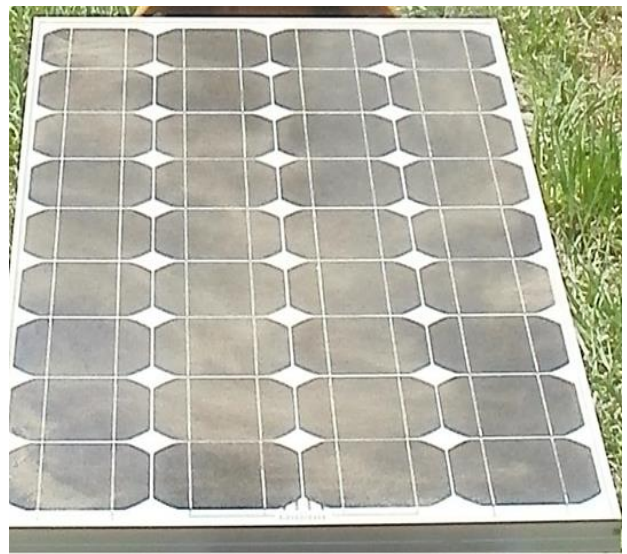
Εικόνα 1: Επίστρωση κόκκινης αργίλου περίπτωση 1.



Εικόνα 2: Επίστρωση κόκκινης αργίλου περίπτωση 2.



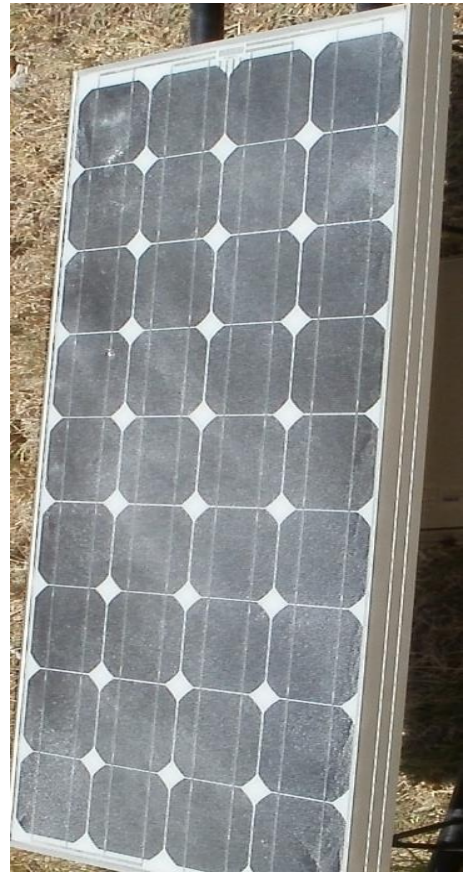
Εικόνα 3: Επίστρωση άμμου θαλάσσης περίπτωση 1.



Εικόνα 4: Επίστρωση άμμου θαλάσσης περίπτωση 2.



Εικόνα 5: Επίστρωση μαρμαρόσκονης περίπτωση 1.



Εικόνα 6: Επίστρωση μαρμαρόσκονης περίπτωση 2.

Πίνακας 1: Τιμές των μεγεθών V, I, P, T_{cell} (°C) για PV καθαρό και με 2 περιπτώσεις Κόκκινου αργίλου.

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T_{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T_{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T_{cell} (°C)
1	19.26	0.02	0.4	51.58	19.04	0.02	0.4	54.4	18.98	0.02	0.4	55.1
2	19.26	0.02	0.4	51.63	19.04	0.02	0.5	54.4	18.97	0.02	0.5	55.1
3	19.26	0.02	0.5	51.68	19.04	0.03	0.5	54.4	18.97	0.03	0.5	55.2
4	19.26	0.03	0.5	51.7	19.04	0.03	0.5	54.4	18.97	0.03	0.5	55.2
5	19.26	0.03	0.5	51.75	19.04	0.03	0.5	54.4	18.97	0.03	0.5	55.2
6	19.26	0.03	0.5	51.77	19.04	0.03	0.6	54.4	18.97	0.03	0.6	55.2
7	19.26	0.03	0.6	51.77	19.04	0.03	0.6	54.4	18.96	0.03	0.6	55.2
8	19.26	0.03	0.6	51.82	19.04	0.03	0.6	54.4	18.96	0.03	0.6	55.2
9	19.26	0.03	0.6	51.82	19.04	0.03	0.6	54.4	18.96	0.03	0.6	55.2
10	19.26	0.03	0.6	51.82	19.04	0.03	0.7	54.4	18.96	0.03	0.7	55.2
11	19.26	0.03	0.7	51.82	19.04	0.04	0.7	54.4	18.95	0.04	0.7	55.2
12	19.26	0.04	0.7	51.82	19.04	0.04	0.7	54.4	18.95	0.04	0.7	55.2
13	19.26	0.04	0.7	51.82	19.04	0.04	0.7	54.4	18.95	0.04	0.8	55.2
14	19.26	0.04	0.8	51.82	19.04	0.04	0.8	54.4	18.95	0.04	0.8	55.3

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
15	19.26	0.04	0.8	51.77	19.04	0.04	0.8	54.4	18.95	0.04	0.8	55.3
16	19.26	0.04	0.8	51.72	19.03	0.04	0.9	54.5	18.95	0.05	0.9	55.3
17	19.26	0.04	0.9	51.72	19.03	0.05	0.9	54.5	18.94	0.05	0.9	55.4
18	19.26	0.05	0.9	51.68	19.03	0.05	0.9	54.5	18.94	0.05	0.9	55.4
19	19.26	0.05	0.9	51.68	19.02	0.05	1.0	54.5	18.94	0.05	1.0	55.4
20	19.26	0.05	1.0	51.63	19.02	0.05	1.0	54.5	18.94	0.05	1.0	55.4
21	19.26	0.05	1.0	51.63	19.02	0.06	1.0	54.5	18.93	0.06	1.0	55.5
22	19.26	0.05	1.1	51.64	19.02	0.06	1.1	54.5	18.93	0.06	1.1	55.5
23	19.26	0.06	1.1	51.64	19.02	0.06	1.1	54.5	18.93	0.06	1.1	55.5
24	19.25	0.06	1.1	51.61	19.01	0.06	1.2	54.5	18.93	0.06	1.2	55.5
25	19.25	0.06	1.2	51.61	19.01	0.06	1.2	54.5	18.93	0.07	1.2	55.5
26	19.25	0.06	1.2	51.61	19.01	0.07	1.3	54.6	18.92	0.07	1.3	55.5
27	19.25	0.07	1.3	51.61	19.01	0.07	1.3	54.6	18.91	0.07	1.3	55.5
28	19.24	0.07	1.3	51.61	19.01	0.07	1.4	54.6	18.91	0.07	1.4	55.5
29	19.23	0.07	1.4	51.57	19.00	0.08	1.4	54.6	18.91	0.08	1.4	55.5
30	19.23	0.08	1.5	51.57	19.00	0.08	1.5	54.7	18.91	0.08	1.5	55.5
31	19.23	0.08	1.5	51.52	19.00	0.08	1.6	54.7	18.90	0.08	1.6	55.6
32	19.23	0.08	1.6	51.47	18.99	0.09	1.6	54.7	18.90	0.09	1.6	55.6
33	19.23	0.09	1.6	51.47	18.99	0.09	1.7	54.8	18.90	0.09	1.7	55.6
34	19.23	0.09	1.7	51.45	18.99	0.09	1.8	54.7	18.89	0.09	1.7	55.6
35	19.23	0.09	1.8	51.43	18.99	0.10	1.8	54.6	18.89	0.10	1.8	55.6
36	19.22	0.10	1.8	51.38	18.99	0.10	1.9	54.6	18.89	0.10	1.9	55.7
37	19.22	0.10	1.9	51.36	18.98	0.10	2.0	54.6	18.89	0.10	2.0	55.7
38	19.22	0.10	2.0	51.36	18.98	0.11	2.0	54.5	18.89	0.11	2.0	55.6
39	19.21	0.11	2.1	51.34	18.98	0.11	2.1	54.5	18.89	0.11	2.1	55.7
40	19.21	0.11	2.1	51.34	18.98	0.12	2.2	54.4	18.88	0.12	2.2	55.6
41	19.21	0.12	2.2	51.37	18.98	0.12	2.3	54.4	18.88	0.12	2.3	55.6
42	19.21	0.12	2.3	51.35	18.98	0.12	2.4	54.4	18.87	0.12	2.4	55.6
43	19.19	0.12	2.4	51.35	18.97	0.13	2.4	54.3	18.86	0.13	2.4	55.6
44	19.19	0.13	2.5	51.37	18.97	0.13	2.5	54.3	18.86	0.13	2.5	55.6
45	19.19	0.13	2.6	51.37	18.97	0.14	2.6	54.2	18.86	0.14	2.6	55.6
46	19.19	0.14	2.6	51.37	18.97	0.14	2.7	54.2	18.86	0.14	2.7	55.5
47	19.18	0.14	2.7	51.37	18.96	0.15	2.8	54.1	18.85	0.15	2.8	55.5
48	19.18	0.15	2.8	51.35	18.96	0.15	2.9	54.1	18.85	0.15	2.9	55.6
49	19.18	0.15	2.9	51.3	18.96	0.16	3.0	54.1	18.84	0.16	3.0	55.6
50	19.18	0.16	3.0	51.25	18.95	0.16	3.1	54.1	18.84	0.16	3.1	55.6
51	19.17	0.16	3.2	51.23	18.95	0.17	3.2	54.1	18.84	0.17	3.2	55.6
52	19.17	0.17	3.3	51.21	18.94	0.18	3.3	54.0	18.83	0.18	3.3	55.5
53	19.17	0.18	3.4	51.21	18.94	0.18	3.5	54.0	18.82	0.18	3.4	55.5
54	19.17	0.18	3.5	51.18	18.94	0.19	3.6	53.9	18.82	0.19	3.6	55.5
55	19.15	0.19	3.6	51.18	18.94	0.19	3.7	53.9	18.82	0.20	3.7	55.5
56	19.15	0.19	3.7	51.18	18.92	0.20	3.8	53.9	18.81	0.20	3.8	55.5
57	19.15	0.20	3.9	51.18	18.92	0.21	3.9	53.9	18.81	0.21	3.9	55.5

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
58	19.14	0.21	4.0	51.18	18.91	0.22	4.1	53.9	18.80	0.22	4.1	55.4
59	19.14	0.21	4.1	51.18	18.91	0.22	4.2	53.9	18.80	0.22	4.2	55.4
60	19.12	0.22	4.2	51.18	18.91	0.23	4.3	53.9	18.79	0.23	4.3	55.3
61	19.12	0.23	4.4	51.18	18.89	0.24	4.5	53.9	18.79	0.24	4.5	55.3
62	19.12	0.24	4.5	51.16	18.89	0.24	4.6	53.8	18.78	0.24	4.6	55.3
63	19.12	0.24	4.7	51.14	18.89	0.25	4.8	53.8	18.78	0.25	4.7	55.2
64	19.11	0.25	4.8	51.14	18.88	0.26	4.9	53.7	18.78	0.26	4.9	55.2
65	19.10	0.26	5.0	51.14	18.87	0.27	5.1	53.7	18.76	0.27	5.0	55.3
66	19.10	0.27	5.1	51.14	18.87	0.28	5.2	53.7	18.76	0.28	5.2	55.3
67	19.09	0.28	5.3	51.14	18.86	0.29	5.4	53.7	18.75	0.29	5.4	55.3
68	19.08	0.29	5.4	51.14	18.85	0.29	5.5	53.7	18.75	0.29	5.5	55.3
69	19.08	0.29	5.6	51.16	18.85	0.30	5.7	53.7	18.73	0.30	5.7	55.3
70	19.07	0.30	5.8	51.18	18.83	0.31	5.9	53.7	18.73	0.31	5.9	55.3
71	19.06	0.31	6.0	51.18	18.83	0.32	6.1	53.7	18.72	0.32	6.0	55.4
72	19.06	0.32	6.1	51.22	18.82	0.33	6.2	53.8	18.71	0.33	6.2	55.4
73	19.04	0.33	6.3	51.24	18.81	0.34	6.4	53.9	18.71	0.34	6.4	55.4
74	19.04	0.34	6.5	51.26	18.81	0.35	6.6	53.9	18.69	0.35	6.6	55.5
75	19.03	0.35	6.7	51.26	18.79	0.36	6.8	53.9	18.69	0.36	6.8	55.5
76	19.02	0.36	6.9	51.26	18.79	0.37	7.0	54.0	18.68	0.37	7.0	55.5
77	19.01	0.37	7.1	51.31	18.78	0.38	7.2	54.0	18.67	0.38	7.2	55.6
78	19.00	0.38	7.3	51.31	18.76	0.39	7.4	54.1	18.66	0.39	7.4	55.6
79	18.99	0.39	7.5	51.31	18.76	0.40	7.6	54.1	18.65	0.41	7.6	55.6
80	18.98	0.41	7.7	51.31	18.75	0.42	7.8	54.1	18.65	0.42	7.8	55.6
81	18.97	0.42	7.9	51.31	18.74	0.43	8.0	54.1	18.63	0.43	8.0	55.6
82	18.97	0.43	8.1	51.31	18.72	0.44	8.2	54.1	18.62	0.44	8.2	55.7
83	18.95	0.44	8.3	51.31	18.72	0.45	8.5	54.1	18.61	0.45	8.4	55.7
84	18.95	0.45	8.6	51.33	18.71	0.46	8.7	54.1	18.60	0.47	8.7	55.7
85	18.94	0.46	8.8	51.31	18.70	0.48	8.9	54.1	18.59	0.48	8.9	55.7
86	18.93	0.48	9.0	51.36	18.70	0.49	9.1	54.1	18.58	0.49	9.1	55.7
87	18.92	0.49	9.2	51.36	18.68	0.50	9.3	54.1	18.56	0.50	9.3	55.7
88	18.91	0.50	9.5	51.41	18.67	0.51	9.6	54.2	18.56	0.52	9.6	55.7
89	18.90	0.51	9.7	51.41	18.66	0.53	9.8	54.1	18.55	0.53	9.8	55.7
90	18.88	0.53	10.0	51.43	18.65	0.54	10.1	54.2	18.54	0.54	10.1	55.7
91	18.87	0.54	10.2	51.46	18.64	0.56	10.4	54.2	18.54	0.56	10.3	55.7
92	18.86	0.56	10.5	51.46	18.63	0.57	10.6	54.2	18.52	0.57	10.6	55.7
93	18.84	0.57	10.8	51.48	18.62	0.58	10.9	54.2	18.51	0.59	10.8	55.6
94	18.84	0.59	11.0	51.5	18.61	0.60	11.1	54.2	18.49	0.60	11.1	55.6
95	18.83	0.60	11.3	51.5	18.59	0.61	11.4	54.2	18.49	0.62	11.4	55.6
96	18.82	0.62	11.6	51.53	18.59	0.63	11.7	54.2	18.47	0.63	11.7	55.6
97	18.80	0.63	11.9	51.55	18.57	0.64	12.0	54.3	18.46	0.65	11.9	55.6
98	18.79	0.65	12.1	51.57	18.55	0.66	12.3	54.3	18.45	0.66	12.2	55.6
99	18.78	0.66	12.4	51.62	18.54	0.68	12.6	54.3	18.43	0.68	12.5	55.7
100	18.76	0.68	12.7	51.67	18.52	0.69	12.8	54.3	18.42	0.70	12.8	55.7

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
101	18.75	0.69	13.0	51.69	18.52	0.71	13.2	54.3	18.41	0.71	13.1	55.7
102	18.74	0.71	13.3	51.71	18.50	0.73	13.4	54.3	18.39	0.73	13.4	55.7
103	18.73	0.73	13.7	51.74	18.48	0.74	13.8	54.3	18.38	0.75	13.7	55.8
104	18.71	0.75	14.0	51.76	18.48	0.76	14.1	54.3	18.36	0.76	14.0	55.8
105	18.70	0.76	14.3	51.76	18.46	0.78	14.4	54.4	18.35	0.78	14.3	55.8
106	18.69	0.78	14.6	51.76	18.44	0.80	14.7	54.4	18.34	0.80	14.7	55.8
107	18.67	0.80	14.9	51.74	18.42	0.82	15.0	54.5	18.32	0.82	15.0	55.9
108	18.66	0.82	15.3	51.74	18.41	0.83	15.4	54.5	18.30	0.84	15.3	55.9
109	18.64	0.84	15.6	51.71	18.39	0.85	15.7	54.5	18.29	0.86	15.6	55.9
110	18.63	0.86	15.9	51.69	18.38	0.87	16.0	54.5	18.27	0.87	16.0	55.9
111	18.62	0.88	16.3	51.69	18.35	0.89	16.4	54.6	18.25	0.89	16.3	55.9
112	18.60	0.89	16.6	51.67	18.34	0.91	16.7	54.6	18.24	0.91	16.7	55.9
113	18.59	0.91	17.0	51.68	18.33	0.93	17.1	54.7	18.23	0.93	17.0	55.8
114	18.57	0.94	17.4	51.65	18.30	0.95	17.4	54.7	18.21	0.95	17.4	55.9
115	18.55	0.96	17.7	51.65	18.30	0.97	17.8	54.7	18.20	0.97	17.7	55.9
116	18.53	0.98	18.1	51.65	18.27	0.99	18.2	54.7	18.18	1.00	18.1	55.8
117	18.52	1.00	18.5	51.65	18.26	1.01	18.5	54.7	18.17	1.02	18.5	55.8
118	18.51	1.02	18.8	51.61	18.24	1.04	18.9	54.7	18.14	1.04	18.8	55.8
119	18.49	1.04	19.2	51.58	18.23	1.06	19.3	54.7	18.13	1.06	19.2	55.8
120	18.47	1.06	19.6	51.56	18.20	1.08	19.6	54.7	18.11	1.08	19.6	55.7
121	18.45	1.08	20.0	51.56	18.19	1.10	20.0	54.8	18.10	1.10	20.0	55.7
122	18.44	1.11	20.4	51.54	18.17	1.12	20.4	54.8	18.08	1.13	20.4	55.7
123	18.42	1.13	20.8	51.54	18.15	1.15	20.8	54.7	18.06	1.15	20.7	55.6
124	18.40	1.15	21.2	51.54	18.13	1.17	21.2	54.7	18.04	1.17	21.1	55.6
125	18.38	1.17	21.6	51.56	18.11	1.19	21.6	54.7	18.02	1.20	21.5	55.5
126	18.36	1.20	22.0	51.56	18.09	1.22	22.0	54.7	18.00	1.22	21.9	55.4
127	18.33	1.22	22.4	51.56	18.06	1.24	22.4	54.7	17.97	1.24	22.3	55.3
128	18.31	1.25	22.8	51.58	18.05	1.27	22.8	54.7	17.96	1.27	22.8	55.3
129	18.29	1.27	23.2	51.61	18.02	1.29	23.2	54.6	17.93	1.29	23.1	55.2
130	18.27	1.29	23.6	51.63	18.01	1.31	23.7	54.6	17.90	1.32	23.6	55.2
131	18.25	1.32	24.1	51.63	17.99	1.34	24.1	54.5	17.89	1.34	24.0	55.2
132	18.23	1.34	24.5	51.66	17.96	1.36	24.5	54.5	17.86	1.37	24.4	55.2
133	18.20	1.37	24.9	51.69	17.94	1.39	24.9	54.5	17.84	1.39	24.8	55.2
134	18.18	1.40	25.4	51.68	17.91	1.42	25.4	54.5	17.82	1.42	25.3	55.2
135	18.16	1.42	25.8	51.71	17.89	1.44	25.8	54.5	17.80	1.44	25.7	55.2
136	18.14	1.45	26.3	51.71	17.87	1.47	26.2	54.5	17.77	1.47	26.1	55.2
137	18.12	1.47	26.7	51.71	17.85	1.50	26.7	54.5	17.74	1.50	26.6	55.3
138	18.09	1.50	27.1	51.71	17.82	1.52	27.1	54.5	17.72	1.52	27.0	55.3
139	18.07	1.53	27.6	51.71	17.79	1.55	27.6	54.5	17.69	1.55	27.4	55.4
140	18.04	1.56	28.1	51.71	17.77	1.58	28.0	54.5	17.66	1.58	27.9	55.4
141	18.01	1.58	28.5	51.66	17.74	1.60	28.5	54.4	17.64	1.61	28.3	55.4
142	17.99	1.61	29.0	51.66	17.72	1.63	28.9	54.5	17.61	1.63	28.8	55.4
143	17.96	1.64	29.5	51.62	17.69	1.66	29.4	54.5	17.58	1.66	29.2	55.4

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
144	17.94	1.67	29.9	51.62	17.66	1.69	29.8	54.5	17.56	1.69	29.7	55.4
145	17.92	1.70	30.4	51.64	17.63	1.72	30.3	54.5	17.53	1.72	30.1	55.4
146	17.89	1.73	30.9	51.66	17.61	1.75	30.8	54.5	17.50	1.75	30.6	55.4
147	17.85	1.76	31.3	51.66	17.58	1.78	31.2	54.6	17.47	1.78	31.1	55.4
148	17.83	1.79	31.8	51.69	17.55	1.81	31.7	54.6	17.45	1.81	31.5	55.3
149	17.80	1.81	32.3	51.71	17.52	1.84	32.2	54.6	17.42	1.84	32.0	55.3
150	17.77	1.84	32.8	51.69	17.50	1.87	32.7	54.6	17.39	1.87	32.5	55.4
151	17.74	1.87	33.3	51.69	17.47	1.90	33.1	54.6	17.36	1.90	32.9	55.4
152	17.72	1.91	33.8	51.69	17.44	1.93	33.6	54.6	17.32	1.93	33.4	55.4
153	17.68	1.94	34.2	51.66	17.41	1.96	34.1	54.5	17.29	1.96	33.9	55.5
154	17.66	1.97	34.7	51.64	17.39	1.99	34.6	54.5	17.26	1.99	34.4	55.5
155	17.63	2.00	35.2	51.64	17.36	2.02	35.1	54.4	17.23	2.02	34.9	55.5
156	17.60	2.03	35.7	51.64	17.32	2.05	35.6	54.4	17.19	2.05	35.3	55.5
157	17.57	2.06	36.2	51.59	17.29	2.08	36.0	54.4	17.16	2.09	35.8	55.5
158	17.55	2.09	36.7	51.59	17.26	2.12	36.5	54.4	17.12	2.12	36.3	55.5
159	17.51	2.13	37.2	51.59	17.23	2.15	37.0	54.4	17.10	2.15	36.8	55.5
160	17.48	2.16	37.7	51.55	17.19	2.18	37.5	54.4	17.07	2.18	37.3	55.4
161	17.45	2.19	38.2	51.55	17.16	2.21	38.0	54.3	17.03	2.22	37.7	55.4
162	17.41	2.23	38.7	51.5	17.13	2.25	38.5	54.3	16.99	2.25	38.2	55.4
163	17.38	2.26	39.3	51.48	17.09	2.28	39.0	54.3	16.96	2.28	38.7	55.4
164	17.35	2.29	39.8	51.46	17.05	2.31	39.5	54.3	16.92	2.32	39.2	55.4
165	17.31	2.33	40.3	51.43	17.02	2.35	40.0	54.3	16.89	2.35	39.7	55.4
166	17.27	2.36	40.8	51.43	16.98	2.38	40.5	54.3	16.85	2.38	40.2	55.4
167	17.24	2.39	41.3	51.46	16.94	2.42	40.9	54.3	16.81	2.42	40.7	55.3
168	17.22	2.43	41.8	51.42	16.91	2.45	41.5	54.3	16.77	2.45	41.1	55.2
169	17.18	2.46	42.3	51.44	16.86	2.49	41.9	54.3	16.73	2.49	41.6	55.1
170	17.13	2.50	42.8	51.44	16.82	2.52	42.4	54.3	16.70	2.52	42.1	55.0
171	17.09	2.53	43.3	51.44	16.78	2.56	42.9	54.3	16.66	2.56	42.6	55.0
172	17.06	2.57	43.8	51.44	16.74	2.59	43.4	54.3	16.62	2.59	43.1	54.9
173	17.01	2.60	44.3	51.42	16.70	2.63	43.9	54.3	16.57	2.63	43.6	54.8
174	16.97	2.64	44.8	51.42	16.66	2.66	44.4	54.3	16.53	2.66	44.0	54.7
175	16.93	2.68	45.3	51.42	16.61	2.70	44.9	54.2	16.49	2.70	44.5	54.7
176	16.89	2.71	45.8	51.44	16.57	2.74	45.3	54.2	16.44	2.74	45.0	54.6
177	16.85	2.75	46.3	51.44	16.53	2.77	45.8	54.1	16.39	2.77	45.5	54.6
178	16.81	2.79	46.8	51.44	16.49	2.81	46.3	54.1	16.35	2.81	46.0	54.5
179	16.76	2.82	47.3	51.42	16.43	2.85	46.8	54.1	16.29	2.85	46.4	54.5
180	16.71	2.86	47.8	51.39	16.39	2.88	47.3	54.1	16.24	2.88	46.8	54.5
181	16.67	2.90	48.3	51.39	16.34	2.92	47.7	54.1	16.19	2.92	47.3	54.5
182	16.63	2.94	48.8	51.37	16.29	2.96	48.2	54.0	16.14	2.96	47.7	54.5
183	16.58	2.97	49.3	51.37	16.24	3.00	48.7	54.0	16.08	3.00	48.2	54.5
184	16.53	3.01	49.8	51.38	16.18	3.03	49.1	54.0	16.03	3.03	48.6	54.4
185	16.48	3.05	50.2	51.35	16.14	3.07	49.6	54.0	15.97	3.07	49.1	54.4
186	16.43	3.09	50.7	51.4	16.08	3.11	50.0	54.0	15.92	3.11	49.5	54.4

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
187	16.38	3.12	51.2	51.37	16.03	3.15	50.5	54.0	15.86	3.15	49.9	54.3
188	16.33	3.16	51.7	51.4	15.97	3.19	50.9	54.0	15.79	3.19	50.3	54.3
189	16.27	3.20	52.1	51.43	15.91	3.22	51.3	54.0	15.73	3.22	50.7	54.3
190	16.22	3.24	52.6	51.43	15.86	3.26	51.7	54.0	15.66	3.26	51.1	54.2
191	16.16	3.28	53.0	51.4	15.79	3.30	52.1	54.0	15.60	3.30	51.5	54.2
192	16.11	3.32	53.5	51.4	15.72	3.34	52.5	54.0	15.53	3.34	51.8	54.2
193	16.04	3.36	53.9	51.38	15.67	3.38	52.9	54.0	15.46	3.38	52.2	54.2
194	15.98	3.40	54.3	51.38	15.58	3.42	53.3	54.0	15.38	3.42	52.5	54.2
195	15.92	3.44	54.7	51.36	15.53	3.46	53.7	54.0	15.31	3.46	52.9	54.2
196	15.86	3.48	55.1	51.33	15.45	3.50	54.0	54.0	15.24	3.50	53.3	54.2
197	15.79	3.52	55.5	51.31	15.38	3.54	54.4	54.0	15.15	3.53	53.5	54.1
198	15.73	3.56	55.9	51.29	15.29	3.58	54.7	54.0	15.07	3.57	53.8	54.1
199	15.65	3.60	56.3	51.29	15.21	3.62	55.0	53.9	14.98	3.61	54.1	54.1
200	15.59	3.64	56.7	51.26	15.14	3.65	55.4	53.9	14.88	3.65	54.3	54.1
201	15.52	3.68	57.0	51.24	15.06	3.69	55.6	53.9	14.78	3.69	54.5	54.0
202	15.44	3.72	57.4	51.24	14.97	3.73	55.9	53.9	14.68	3.73	54.7	54.0
203	15.36	3.76	57.7	51.19	14.87	3.77	56.1	53.8	14.57	3.77	54.9	54.0
204	15.28	3.80	58.0	51.17	14.77	3.81	56.3	53.8	14.46	3.81	55.0	54.0
205	15.19	3.84	58.3	51.15	14.68	3.85	56.5	53.8	14.35	3.85	55.2	54.0
206	15.11	3.88	58.6	51.15	14.57	3.89	56.7	53.8	14.22	3.88	55.2	54.0
207	15.02	3.92	58.9	51.1	14.45	3.93	56.8	53.8	14.07	3.92	55.2	54.1
208	14.92	3.96	59.1	51.1	14.33	3.97	56.9	53.8	13.93	3.96	55.2	54.1
209	14.82	4.00	59.3	51.05	14.20	4.01	57.0	53.8	13.78	4.00	55.1	54.1
210	14.71	4.04	59.4	51.05	14.07	4.05	57.0	53.8	13.61	4.04	54.9	54.1
211	14.60	4.08	59.6	51.05	13.92	4.09	56.9	53.8	13.41	4.07	54.6	54.1
212	14.49	4.12	59.7	51.03	13.77	4.12	56.8	53.8	13.19	4.11	54.2	54.1
213	14.37	4.16	59.8	51.03	13.59	4.16	56.5	53.8	12.97	4.14	53.7	54.2
214	14.23	4.20	59.7	51.05	13.40	4.20	56.3	53.8	12.72	4.18	53.1	54.2
215	14.10	4.24	59.7	51.05	13.18	4.23	55.8	53.8	12.45	4.21	52.4	54.2
216	13.97	4.27	59.7	51.1	12.94	4.27	55.3	53.8	12.11	4.24	51.4	54.2
217	13.80	4.31	59.5	51.15	12.68	4.30	54.6	53.8	11.67	4.27	49.9	54.2
218	13.62	4.35	59.3	51.18	12.38	4.34	53.7	53.9	11.21	4.30	48.2	54.2
219	13.44	4.39	59.0	51.23	12.05	4.37	52.6	53.9	10.70	4.32	46.2	54.2
220	13.22	4.43	58.5	51.25	11.68	4.40	51.4	53.9	10.10	4.34	43.8	54.2
221	13.01	4.46	58.0	51.28	11.26	4.42	49.8	53.9	9.54	4.35	41.5	54.2
222	12.75	4.50	57.3	51.3	10.85	4.45	48.3	54.0	8.96	4.37	39.1	54.3
223	12.47	4.53	56.5	51.3	10.37	4.47	46.3	54.0	8.38	4.38	36.7	54.3
224	12.14	4.56	55.4	51.3	9.87	4.49	44.3	54.0	7.83	4.39	34.4	54.3
225	11.80	4.59	54.2	51.3	9.33	4.51	42.1	54.0	7.31	4.40	32.2	54.4
226	11.40	4.62	52.7	51.28	8.75	4.52	39.6	53.9	6.76	4.40	29.8	54.5
227	10.98	4.65	51.1	51.25	8.23	4.54	37.3	54.0	6.36	4.42	28.1	54.5
228	10.51	4.67	49.1	51.25	7.67	4.55	34.9	54.0	5.90	4.42	26.1	54.6
229	10.04	4.69	47.1	51.25	7.14	4.55	32.5	54.0	5.44	4.43	24.1	54.6

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
230	9.51	4.71	44.8	51.23	6.66	4.56	30.4	54.0	5.05	4.43	22.4	54.6
231	9.24	4.71	43.5	51.23	6.16	4.57	28.2	54.0	4.70	4.44	20.8	54.6
232	8.74	4.72	41.3	51.23	5.75	4.57	26.3	54.0	4.31	4.45	19.2	54.6
233	8.21	4.73	38.8	51.23	5.35	4.58	24.5	54.0	3.92	4.45	17.4	54.6
234	7.69	4.75	36.5	51.25	4.94	4.59	22.7	53.9	3.54	4.45	15.8	54.7
235	7.19	4.76	34.2	51.28	4.54	4.59	20.8	53.9	3.22	4.46	14.4	54.7
236	6.66	4.76	31.7	51.28	4.17	4.59	19.1	53.9	2.89	4.46	12.9	54.8
237	6.16	4.77	29.4	51.28	3.80	4.60	17.5	53.9	2.56	4.47	11.4	54.8
238	5.73	4.78	27.4	51.23	3.45	4.60	15.9	53.9	2.26	4.47	10.1	54.9
239	5.26	4.78	25.1	51.23	3.11	4.61	14.3	53.9	1.96	4.47	8.8	54.8
240	4.87	4.79	23.3	51.23	2.80	4.61	12.9	53.9	1.71	4.47	7.6	54.8
241	4.42	4.79	21.2	51.23	2.49	4.62	11.5	53.9	1.49	4.47	6.7	54.8
242	4.00	4.79	19.2	51.24	2.21	4.62	10.2	53.9	1.32	4.47	5.9	54.8
243	3.65	4.79	17.5	51.21	1.95	4.63	9.0	53.8	1.18	4.48	5.3	54.8
244	3.30	4.80	15.9	51.21	1.72	4.63	8.0	53.8	1.08	4.47	4.8	54.8
245	2.93	4.80	14.1	51.21	1.50	4.63	7.0	53.8	1.01	4.48	4.5	54.8
246	2.58	4.80	12.4	51.19	1.34	4.64	6.2	53.8	0.95	4.48	4.3	54.9
247	2.27	4.80	10.9	51.19	1.20	4.64	5.6	53.8	0.92	4.48	4.1	54.9
248	2.00	4.80	9.6	51.19	1.12	4.64	5.2	53.8	0.88	4.48	4.0	54.9
249	1.74	4.80	8.4	51.14	1.05	4.64	4.9	53.7	0.86	4.48	3.8	54.8
250	1.52	4.80	7.3	51.14	0.99	4.64	4.6	53.7	0.83	4.48	3.7	54.8
251	1.34	4.80	6.5	51.14	0.95	4.64	4.4	53.7	0.80	4.48	3.6	54.9
252	1.22	4.80	5.9	51.14	0.91	4.64	4.2	53.7	0.79	4.48	3.5	54.8
253	1.12	4.80	5.4	51.14	0.88	4.64	4.1	53.6	0.77	4.48	3.5	54.9
254	1.05	4.80	5.0	51.14	0.86	4.64	4.0	53.6	0.75	4.48	3.3	54.9
255	1.00	4.80	4.8	51.12	0.83	4.64	3.9	53.5	0.74	4.48	3.3	54.9
256	0.96	4.80	4.6	51.12	0.81	4.64	3.8	53.5	0.73	4.48	3.3	54.9
257	0.93	4.80	4.4	51.1	0.80	4.64	3.7	53.5	0.72	4.48	3.2	54.9
258	0.90	4.80	4.3	51.07	0.77	4.64	3.6	53.5	0.71	4.48	3.2	54.9
259	0.87	4.80	4.2	51.03	0.76	4.64	3.5	53.5	0.69	4.48	3.1	54.9
260	0.85	4.80	4.1	50.98	0.75	4.64	3.5	53.5	0.68	4.48	3.0	54.9
261	0.83	4.80	4.0	50.98	0.74	4.64	3.4	53.5	0.68	4.48	3.0	54.9
262	0.81	4.80	3.9	50.93	0.73	4.65	3.4	53.5	0.66	4.48	3.0	54.9
263	0.80	4.80	3.8	50.93	0.71	4.64	3.3	53.5	0.66	4.49	3.0	54.9
264	0.78	4.80	3.8	50.93	0.70	4.64	3.2	53.5	0.65	4.48	2.9	54.9
265	0.77	4.80	3.7	50.89	0.70	4.64	3.2	53.5	0.64	4.48	2.9	54.9
266	0.75	4.80	3.6	50.89	0.69	4.64	3.2	53.5	0.64	4.48	2.9	54.9
267	0.74	4.80	3.6	50.84	0.68	4.64	3.2	53.5	0.63	4.48	2.8	54.9
268	0.73	4.80	3.5	50.84	0.67	4.65	3.1	53.5	0.62	4.49	2.8	54.9
269	0.72	4.80	3.5	50.84	0.66	4.65	3.1	53.5	0.62	4.49	2.8	54.9
270	0.71	4.80	3.4	50.84	0.66	4.65	3.1	53.4	0.62	4.49	2.8	54.9
271	0.71	4.80	3.4	50.84	0.65	4.64	3.0	53.5	0.61	4.49	2.7	54.9
272	0.69	4.80	3.3	50.84	0.64	4.65	3.0	53.5	0.61	4.49	2.7	54.8

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
273	0.69	4.80	3.3	50.84	0.64	4.65	3.0	53.5	0.60	4.49	2.7	54.8
274	0.68	4.80	3.3	50.84	0.64	4.64	3.0	53.5	0.60	4.48	2.7	54.8
275	0.68	4.80	3.3	50.84	0.63	4.65	2.9	53.5	0.60	4.49	2.7	54.9
276	0.67	4.80	3.2	50.84	0.62	4.65	2.9	53.5	0.59	4.49	2.6	54.9
277	0.67	4.80	3.2	50.84	0.62	4.65	2.9	53.5	0.58	4.48	2.6	54.9
278	0.67	4.80	3.2	50.84	0.62	4.65	2.9	53.5	0.58	4.49	2.6	55.0
279	0.65	4.80	3.1	50.84	0.61	4.65	2.8	53.6	0.58	4.49	2.6	55.0
280	0.65	4.80	3.1	50.88	0.61	4.65	2.8	53.6	0.58	4.49	2.6	55.0
281	0.64	4.80	3.1	50.88	0.60	4.65	2.8	53.7	0.58	4.49	2.6	55.0
282	0.64	4.80	3.1	50.86	0.60	4.65	2.8	53.7	0.58	4.49	2.6	55.1
283	0.64	4.80	3.1	50.9	0.60	4.65	2.8	53.7	0.56	4.48	2.5	55.1
284	0.63	4.80	3.0	50.92	0.60	4.65	2.8	53.8	0.56	4.48	2.5	55.1
285	0.62	4.80	3.0	50.95	0.59	4.65	2.7	53.8	0.56	4.49	2.5	55.1
286	0.62	4.80	3.0	50.99	0.59	4.65	2.7	53.8	0.56	4.49	2.5	55.1
287	0.62	4.80	3.0	51.02	0.58	4.65	2.7	53.8	0.56	4.48	2.5	55.1
288	0.61	4.80	2.9	51.04	0.58	4.65	2.7	53.8	0.55	4.49	2.5	55.1
289	0.61	4.80	2.9	51.06	0.58	4.65	2.7	53.8	0.55	4.48	2.5	55.1
290	0.61	4.80	2.9	51.09	0.58	4.65	2.7	53.8	0.55	4.49	2.5	55.1
291	0.61	4.80	2.9	51.13	0.58	4.65	2.7	53.8	0.55	4.49	2.5	55.1
292	0.61	4.80	2.9	51.13	0.58	4.65	2.7	53.8	0.55	4.49	2.5	55.2
293	0.60	4.80	2.9	51.18	0.57	4.65	2.6	53.8	0.55	4.49	2.5	55.2
294	0.60	4.80	2.9	51.23	0.57	4.65	2.6	53.8	0.55	4.49	2.5	55.3
295	0.60	4.80	2.9	51.23	0.57	4.65	2.6	53.8	0.53	4.49	2.4	55.3
296	0.60	4.80	2.9	51.27	0.56	4.65	2.6	53.8	0.53	4.49	2.4	55.3
297	0.60	4.80	2.9	51.32	0.56	4.64	2.6	53.8	0.53	4.49	2.4	55.4
298	0.58	4.80	2.8	51.34	0.56	4.64	2.6	53.8	0.53	4.49	2.4	55.4
299	0.58	4.80	2.8	51.4	0.56	4.64	2.6	53.8	0.53	4.49	2.4	55.4
300	0.58	4.80	2.8	51.41	0.56	4.64	2.6	53.7	0.53	4.49	2.4	55.4
301	0.58	4.80	2.8	51.44	0.56	4.65	2.6	53.7	0.53	4.49	2.4	55.4
302	0.58	4.80	2.8	51.46	0.55	4.64	2.5	53.7	0.53	4.49	2.4	55.3
303	0.58	4.80	2.8	51.54	0.55	4.64	2.5	53.7	0.53	4.49	2.4	55.3
304	0.57	4.80	2.7	51.58	0.55	4.64	2.5	53.7	0.53	4.49	2.4	55.3
305	0.57	4.80	2.7	51.63	0.55	4.64	2.5	53.6	0.53	4.49	2.4	55.3
306	0.57	4.80	2.7	51.68	0.54	4.64	2.5	53.6	0.52	4.49	2.3	55.3
307	0.57	4.80	2.7	51.7	0.54	4.64	2.5	53.6	0.52	4.49	2.3	55.2
308	0.57	4.80	2.7	51.72	0.54	4.65	2.5	53.6	0.52	4.49	2.3	55.2
309	0.57	4.80	2.7	51.72	0.54	4.65	2.5	53.5	0.51	4.49	2.3	55.2
310	0.57	4.80	2.7	51.77	0.54	4.64	2.5	53.4	0.51	4.49	2.3	55.2
311	0.57	4.80	2.7	51.79	0.54	4.65	2.5	53.4	0.51	4.49	2.3	55.2
312	0.56	4.80	2.7	51.82	0.53	4.64	2.5	53.3	0.51	4.49	2.3	55.2
313	0.56	4.80	2.7	51.86	0.53	4.65	2.5	53.2	0.51	4.49	2.3	55.2
314	0.56	4.80	2.7	51.91	0.53	4.65	2.5	53.2	0.51	4.49	2.3	55.1
315	0.56	4.80	2.7	51.93	0.53	4.64	2.5	53.2	0.51	4.49	2.3	55.1

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
316	0.56	4.80	2.7	51.93	0.53	4.64	2.5	53.3	0.51	4.49	2.3	55.1
317	0.56	4.80	2.7	51.96	0.53	4.64	2.5	53.3	0.51	4.49	2.3	55.1
318	0.56	4.80	2.7	51.96	0.53	4.64	2.5	53.3	0.51	4.49	2.3	55.1
319	0.56	4.80	2.7	51.98	0.53	4.65	2.5	53.4	0.51	4.49	2.3	55.1
320	0.56	4.80	2.7	52	0.53	4.64	2.5	53.4	0.50	4.49	2.2	55.1
321	0.56	4.80	2.7	52.03	0.53	4.65	2.5	53.4	0.50	4.49	2.2	55.1
322	0.55	4.80	2.6	52.07	0.53	4.65	2.5	53.5	0.50	4.49	2.2	55.1
323	0.55	4.80	2.6	52.1	0.53	4.65	2.5	53.5	0.50	4.49	2.2	55.1
324	0.54	4.80	2.6	52.12	0.52	4.64	2.4	53.5	0.50	4.49	2.2	55.1
325	0.54	4.80	2.6	52.14	0.52	4.65	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	55.0
326	0.54	4.80	2.6	52.19	0.53	4.65	2.5	53.5	0.50	4.49	2.2	55.0
327	0.54	4.80	2.6	52.21	0.51	4.65	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	55.0
328	0.54	4.80	2.6	52.24	0.51	4.65	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	55.0
329	0.54	4.80	2.6	52.26	0.51	4.65	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	55.0
330	0.54	4.80	2.6	52.26	0.51	4.64	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	54.9
331	0.54	4.80	2.6	52.31	0.51	4.65	2.4	53.6	0.50	4.49	2.2	54.9
332	0.54	4.80	2.6	52.31	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
333	0.53	4.80	2.6	52.35	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
334	0.53	4.80	2.6	52.4	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
335	0.53	4.80	2.6	52.45	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
336	0.53	4.80	2.6	52.47	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	54.9
337	0.53	4.80	2.6	52.49	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
338	0.53	4.80	2.6	52.54	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
339	0.53	4.80	2.6	52.59	0.51	4.64	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.0
340	0.53	4.80	2.5	52.62	0.51	4.65	2.4	53.5	0.49	4.49	2.2	55.0
341	0.53	4.80	2.5	52.62	0.51	4.64	2.4	53.5	0.49	4.49	2.2	55.1
342	0.53	4.80	2.5	52.66	0.51	4.65	2.4	53.5	0.49	4.49	2.2	55.1
343	0.53	4.80	2.5	52.66	0.51	4.65	2.4	53.5	0.49	4.49	2.2	55.1
344	0.53	4.80	2.5	52.71	0.51	4.64	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.1
345	0.53	4.80	2.5	52.71	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.1
346	0.53	4.80	2.5	52.76	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.1
347	0.53	4.80	2.5	52.78	0.51	4.65	2.4	53.6	0.49	4.49	2.2	55.1
348	0.53	4.80	2.5	52.8	0.50	4.65	2.3	53.7	0.49	4.49	2.2	55.2
349	0.53	4.80	2.5	52.85	0.50	4.65	2.3	53.7	0.49	4.49	2.2	55.2
350	0.53	4.80	2.5	52.85	0.50	4.65	2.3	53.7	0.49	4.49	2.2	55.2
351	0.53	4.80	2.5	52.9	0.50	4.65	2.3	53.8	0.49	4.49	2.2	55.2
352	0.53	4.80	2.5	52.9	0.50	4.65	2.3	53.8	0.49	4.49	2.2	55.3
353	0.53	4.80	2.5	52.9	0.50	4.65	2.3	53.8	0.49	4.49	2.2	55.3
354	0.53	4.80	2.5	52.92	0.50	4.65	2.3	53.9	0.49	4.49	2.2	55.3
355	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.65	2.3	53.9	0.49	4.49	2.2	55.3
356	0.52	4.80	2.5	52.92	0.50	4.65	2.3	53.9	0.48	4.49	2.2	55.2
357	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.64	2.3	53.9	0.49	4.49	2.2	55.2
358	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.65	2.3	53.9	0.49	4.49	2.2	55.2

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
359	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.65	2.3	54.0	0.48	4.48	2.2	55.2
360	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.65	2.3	54.0	0.48	4.49	2.2	55.3
361	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.65	2.3	53.9	0.48	4.49	2.2	55.3
362	0.52	4.80	2.5	52.94	0.50	4.64	2.3	53.9	0.48	4.48	2.2	55.3
363	0.51	4.80	2.5	52.92	0.50	4.65	2.3	53.9	0.48	4.49	2.2	55.3
364	0.51	4.80	2.5	52.88	0.49	4.64	2.3	53.9	0.48	4.49	2.2	55.4
365	0.51	4.80	2.5	52.88	0.50	4.65	2.3	53.9	0.47	4.48	2.1	55.4
366	0.51	4.80	2.5	52.84	0.50	4.65	2.3	53.9	0.48	4.49	2.2	55.5
367	0.51	4.80	2.5	52.75	0.50	4.64	2.3	53.9	0.47	4.49	2.1	55.5
368	0.51	4.80	2.5	52.7	0.50	4.65	2.3	54.0	0.47	4.49	2.1	55.6
369	0.51	4.80	2.5	52.68	0.50	4.65	2.3	54.0	0.47	4.49	2.1	55.6
370	0.51	4.80	2.5	52.65	0.49	4.65	2.3	54.0	0.47	4.49	2.1	55.7
371	0.51	4.80	2.5	52.65	0.49	4.65	2.3	54.0	0.47	4.49	2.1	55.7
372	0.51	4.80	2.5	52.61	0.49	4.65	2.3	54.1	0.47	4.49	2.1	55.7
373	0.51	4.80	2.5	52.61	0.49	4.65	2.3	54.1	0.47	4.49	2.1	55.7
374	0.51	4.80	2.5	52.56	0.49	4.65	2.3	54.1	0.47	4.49	2.1	55.7
375	0.51	4.80	2.5	52.51	0.49	4.65	2.3	54.1	0.47	4.49	2.1	55.7
376	0.51	4.80	2.5	52.49	0.49	4.65	2.3	54.1	0.47	4.49	2.1	55.7
377	0.51	4.80	2.5	52.44	0.49	4.65	2.3	54.2	0.47	4.49	2.1	55.6
378	0.51	4.80	2.5	52.4	0.49	4.64	2.3	54.2	0.47	4.49	2.1	55.6
379	0.51	4.80	2.5	52.37	0.49	4.64	2.3	54.2	0.47	4.49	2.1	55.6
380	0.51	4.80	2.5	52.33	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.6
381	0.51	4.80	2.5	52.3	0.49	4.64	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.6
382	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.6
383	0.51	4.80	2.5	52.26	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
384	0.51	4.80	2.5	52.26	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
385	0.51	4.80	2.5	52.26	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
386	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
387	0.51	4.80	2.5	52.3	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
388	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.5
389	0.51	4.80	2.5	52.26	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
390	0.51	4.80	2.5	52.26	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
391	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.7
392	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
393	0.51	4.80	2.4	52.28	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.7
394	0.51	4.80	2.5	52.28	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.7
395	0.51	4.80	2.4	52.26	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.7
396	0.51	4.80	2.4	52.23	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
397	0.51	4.80	2.4	52.27	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
398	0.51	4.80	2.4	52.23	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
399	0.51	4.80	2.4	52.23	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
400	0.51	4.80	2.4	52.24	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6
401	0.51	4.80	2.4	52.21	0.49	4.65	2.3	54.4	0.47	4.49	2.1	55.6

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
402	0.51	4.80	2.4	52.16	0.49	4.65	2.3	54.5	0.47	4.49	2.1	55.6
403	0.51	4.80	2.4	52.2	0.49	4.65	2.3	54.5	0.47	4.49	2.1	55.6
404	0.51	4.80	2.4	52.15	0.49	4.65	2.3	54.5	0.47	4.49	2.1	55.6
405	0.51	4.80	2.4	52.1	0.49	4.65	2.3	54.5	0.47	4.48	2.1	55.6
406	0.51	4.80	2.4	52.1	0.48	4.65	2.2	54.5	0.47	4.48	2.1	55.6
407	0.51	4.80	2.4	52.1	0.48	4.65	2.2	54.4	0.47	4.48	2.1	55.6
408	0.51	4.80	2.4	52.1	0.48	4.65	2.2	54.3	0.47	4.49	2.1	55.5
409	0.51	4.80	2.4	52.13	0.48	4.65	2.2	54.3	0.47	4.48	2.1	55.5
410	0.51	4.80	2.4	52.13	0.48	4.65	2.2	54.3	0.47	4.48	2.1	55.4
411	0.51	4.80	2.4	52.15	0.48	4.65	2.2	54.3	0.47	4.48	2.1	55.4
412	0.51	4.80	2.4	52.15	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.48	2.1	55.4
413	0.51	4.80	2.4	52.17	0.49	4.65	2.3	54.3	0.47	4.48	2.1	55.4
414	0.51	4.80	2.4	52.17	0.49	4.65	2.3	54.2	0.47	4.48	2.1	55.4
415	0.51	4.80	2.4	52.17	0.49	4.65	2.3	54.2	0.47	4.48	2.1	55.4
416	0.50	4.80	2.4	52.22	0.49	4.65	2.3	54.2	0.47	4.48	2.1	55.4
417	0.50	4.80	2.4	52.27	0.49	4.65	2.3	54.2	0.46	4.48	2.1	55.4
418	0.50	4.80	2.4	52.31	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
419	0.50	4.80	2.4	52.34	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
420	0.50	4.80	2.4	52.34	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
421	0.50	4.80	2.4	52.34	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
422	0.50	4.80	2.4	52.34	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
423	0.50	4.80	2.4	52.37	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
424	0.50	4.80	2.4	52.39	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
425	0.50	4.80	2.4	52.42	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
426	0.50	4.80	2.4	52.42	0.49	4.65	2.3	54.3	0.46	4.48	2.1	55.3
427	0.50	4.80	2.4	52.42	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.3
428	0.50	4.80	2.4	52.42	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.3
429	0.50	4.80	2.4	52.42	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
430	0.50	4.80	2.4	52.42	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
431	0.50	4.80	2.4	52.46	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.4
432	0.50	4.80	2.4	52.51	0.48	4.65	2.2	54.4	0.46	4.49	2.1	55.4
433	0.50	4.80	2.4	52.51	0.48	4.65	2.2	54.4	0.46	4.48	2.1	55.5
434	0.50	4.80	2.4	52.56	0.48	4.66	2.2	54.4	0.46	4.48	2.1	55.5
435	0.50	4.80	2.4	52.6	0.48	4.65	2.2	54.4	0.46	4.48	2.1	55.5
436	0.50	4.80	2.4	52.63	0.48	4.65	2.2	54.5	0.46	4.48	2.1	55.5
437	0.50	4.80	2.4	52.65	0.48	4.65	2.2	54.5	0.46	4.48	2.1	55.5
438	0.50	4.80	2.4	52.7	0.48	4.65	2.2	54.5	0.46	4.48	2.1	55.5
439	0.50	4.80	2.4	52.74	0.48	4.65	2.2	54.6	0.46	4.48	2.1	55.5
440	0.50	4.80	2.4	52.79	0.48	4.65	2.2	54.6	0.46	4.48	2.1	55.5
441	0.50	4.80	2.4	52.84	0.48	4.65	2.2	54.6	0.46	4.48	2.1	55.5
442	0.50	4.80	2.4	52.86	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.48	2.1	55.5
443	0.50	4.80	2.4	52.88	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.49	2.1	55.4
444	0.50	4.80	2.4	52.93	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.49	2.1	55.4

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
445	0.50	4.80	2.4	52.98	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.49	2.1	55.4
446	0.50	4.80	2.4	53.02	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.49	2.1	55.4
447	0.50	4.80	2.4	53.02	0.48	4.65	2.2	54.7	0.46	4.49	2.1	55.3
448	0.50	4.80	2.4	53.07	0.48	4.65	2.2	54.8	0.46	4.49	2.1	55.3
449	0.50	4.80	2.4	53.07	0.48	4.65	2.2	54.8	0.46	4.49	2.1	55.3
450	0.50	4.80	2.4	53.07	0.47	4.65	2.2	54.9	0.46	4.49	2.1	55.3
451	0.50	4.80	2.4	53.11	0.48	4.65	2.2	54.9	0.46	4.49	2.1	55.3
452	0.50	4.80	2.4	53.11	0.48	4.65	2.2	55.0	0.47	4.49	2.1	55.3
453	0.50	4.80	2.4	53.16	0.48	4.66	2.2	55.1	0.47	4.49	2.1	55.3
454	0.50	4.80	2.4	53.16	0.48	4.65	2.2	55.1	0.47	4.49	2.1	55.3
455	0.50	4.80	2.4	53.21	0.48	4.65	2.2	55.2	0.47	4.49	2.1	55.3
456	0.50	4.80	2.4	53.29	0.48	4.65	2.2	55.3	0.47	4.49	2.1	55.3
457	0.50	4.80	2.4	53.29	0.48	4.65	2.2	55.3	0.47	4.49	2.1	55.2
458	0.50	4.80	2.4	53.33	0.48	4.65	2.2	55.4	0.47	4.49	2.1	55.2
459	0.50	4.80	2.4	53.36	0.48	4.65	2.2	55.4	0.47	4.49	2.1	55.2
460	0.50	4.80	2.4	53.38	0.48	4.66	2.2	55.5	0.47	4.49	2.1	55.2
461	0.50	4.80	2.4	53.38	0.48	4.66	2.2	55.5	0.47	4.49	2.1	55.2
462	0.50	4.80	2.4	53.38	0.47	4.66	2.2	55.5	0.47	4.48	2.1	55.2
463	0.50	4.80	2.4	53.43	0.47	4.65	2.2	55.5	0.47	4.49	2.1	55.2
464	0.50	4.80	2.4	53.43	0.47	4.65	2.2	55.5	0.47	4.49	2.1	55.2
465	0.50	4.80	2.4	53.43	0.47	4.65	2.2	55.5	0.47	4.49	2.1	55.2
466	0.50	4.80	2.4	53.43	0.47	4.65	2.2	55.6	0.46	4.49	2.1	55.2
467	0.50	4.80	2.4	53.47	0.47	4.65	2.2	55.6	0.46	4.49	2.1	55.2
468	0.50	4.80	2.4	53.47	0.47	4.65	2.2	55.6	0.46	4.49	2.1	55.2
469	0.50	4.80	2.4	53.47	0.47	4.65	2.2	55.7	0.46	4.49	2.1	55.2
470	0.50	4.80	2.4	53.52	0.48	4.65	2.2	55.7	0.46	4.49	2.1	55.2
471	0.50	4.80	2.4	53.52	0.48	4.66	2.2	55.7	0.46	4.49	2.1	55.2
472	0.49	4.80	2.4	53.56	0.47	4.65	2.2	55.7	0.46	4.49	2.1	55.2
473	0.50	4.80	2.4	53.56	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
474	0.49	4.80	2.4	53.56	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
475	0.50	4.80	2.4	53.6	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
476	0.50	4.80	2.4	53.6	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
477	0.50	4.80	2.4	53.62	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
478	0.50	4.80	2.4	53.65	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.1
479	0.50	4.80	2.4	53.63	0.47	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.2
480	0.50	4.80	2.4	53.69	0.47	4.66	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.2
481	0.50	4.80	2.4	53.72	0.47	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.2
482	0.50	4.80	2.4	53.72	0.47	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.3
483	0.50	4.80	2.4	53.72	0.48	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.3
484	0.50	4.80	2.4	53.72	0.48	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.3
485	0.49	4.80	2.4	53.72	0.48	4.66	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.4
486	0.50	4.80	2.4	53.74	0.48	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.4
487	0.50	4.80	2.4	53.76	0.48	4.66	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.4

α/α	Καθαρό				Κόκκινο άργιλο πάχους 1				Κόκκινο άργιλο πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
488	0.50	4.80	2.4	53.78	0.48	4.65	2.2	55.9	0.46	4.48	2.1	55.4
489	0.49	4.80	2.4	53.81	0.48	4.66	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.5
490	0.50	4.80	2.4	53.85	0.48	4.66	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.5
491	0.50	4.80	2.4	53.9	0.47	4.65	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.5
492	0.49	4.80	2.4	53.92	0.47	4.66	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.5
493	0.49	4.80	2.4	53.95	0.48	4.66	2.2	55.8	0.46	4.48	2.1	55.5
494	0.49	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.7	0.46	4.48	2.1	55.5
495	0.49	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.7	0.46	4.48	2.1	55.5
496	0.49	4.80	2.4	53.97	0.47	4.66	2.2	55.6	0.46	4.48	2.1	55.6
497	0.49	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.5	0.46	4.48	2.1	55.6
498	0.50	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.4	0.46	4.48	2.1	55.6
499	0.49	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.3	0.46	4.48	2.1	55.6
500	0.49	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.2	0.46	4.48	2.1	55.6
501	0.50	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.1	0.46	4.48	2.1	55.6
502	0.50	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.0	0.46	4.48	2.1	55.5
503	0.50	4.80	2.4	53.95	0.47	4.65	2.2	55.0	0.46	4.48	2.1	55.5
504	0.50	4.80	2.4	53.95	0.47	4.66	2.2	54.9	0.46	4.48	2.1	55.5
505	0.50	4.80	2.4	53.99	0.47	4.65	2.2	54.8	0.46	4.48	2.1	55.4
506	0.50	4.80	2.4	53.99	0.47	4.66	2.2	54.8	0.46	4.48	2.1	55.4
507	0.49	4.80	2.4	53.99	0.47	4.65	2.2	54.7	0.46	4.48	2.1	55.3
508	0.49	4.80	2.4	53.99	0.47	4.66	2.2	54.6	0.46	4.48	2.1	55.3
509	0.49	4.80	2.4	54.05	0.47	4.66	2.2	54.5	0.46	4.48	2.1	55.3
510	0.49	4.80	2.4	54.07	0.48	4.66	2.2	54.5	0.46	4.48	2.1	55.3
511	0.50	4.80	2.4	54.07	0.48	4.65	2.2	54.4	0.46	4.48	2.1	55.2
512	0.49	4.80	2.4	54.07	0.48	4.65	2.2	54.4	0.46	4.48	2.1	55.2
513	0.49	4.80	2.4	54.07	0.48	4.65	2.2	54.3	0.46	4.48	2.1	55.2
514	0.49	4.80	2.4	54.07	0.48	4.66	2.2	54.2	0.46	4.48	2.1	55.2
515	0.49	4.80	2.4	54.07	0.47	4.65	2.2	54.2	0.46	4.48	2.1	55.2
516	0.49	4.80	2.4	54.03	0.47	4.66	2.2	54.1	0.46	4.48	2.1	55.2

Πίνακας 2: Τιμές των μεγεθών V, I, P, T_{cell} (°C) για PV με 2 περιπτώσεις πάχους άμμου θαλάσσης και 2 μαρμαρόσκονης.

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
1	19.01	0.02	0.5	55.8	18.94	0.02	0.4	55.9	18.94	0.02	0.5	55.2	19.08	0.03	0.6	55.8
2	19.00	0.03	0.5	55.7	18.94	0.02	0.5	55.9	18.94	0.03	0.5	55.2	19.08	0.03	0.6	55.8
3	18.99	0.03	0.5	55.7	18.94	0.03	0.5	55.9	18.94	0.03	0.5	55.2	19.07	0.03	0.6	55.8
4	18.99	0.03	0.5	55.7	18.94	0.03	0.5	56.0	18.94	0.03	0.5	55.2	19.04	0.03	0.7	55.7
5	18.99	0.03	0.5	55.7	18.93	0.03	0.5	56.0	18.94	0.03	0.6	55.2	19.06	0.04	0.7	55.7
6	18.99	0.03	0.6	55.7	18.93	0.03	0.6	56.0	18.93	0.03	0.6	55.3	19.08	0.04	0.7	55.7
7	18.99	0.03	0.6	55.7	18.92	0.03	0.6	56.0	18.93	0.03	0.6	55.3	19.08	0.04	0.7	55.6

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
8	18.99	0.03	0.6	55.7	18.92	0.03	0.6	56.0	18.93	0.03	0.6	55.3	19.08	0.04	0.8	55.6
9	18.99	0.03	0.7	55.7	18.92	0.03	0.6	56.0	18.93	0.04	0.7	55.3	19.08	0.04	0.8	55.6
10	18.99	0.04	0.7	55.7	18.92	0.04	0.7	56.1	18.93	0.04	0.7	55.3	19.05	0.04	0.8	55.6
11	18.99	0.04	0.7	55.7	18.92	0.04	0.7	56.1	18.93	0.04	0.7	55.4	19.07	0.05	0.9	55.5
12	18.99	0.04	0.7	55.8	18.92	0.04	0.7	56.1	18.93	0.04	0.8	55.4	19.07	0.05	0.9	55.5
13	18.98	0.04	0.8	55.8	18.92	0.04	0.8	56.1	18.93	0.04	0.8	55.4	19.07	0.05	1.0	55.5
14	18.98	0.04	0.8	55.8	18.92	0.04	0.8	56.1	18.91	0.04	0.8	55.4	19.07	0.05	1.0	55.5
15	18.98	0.04	0.8	55.8	18.91	0.04	0.8	56.1	18.91	0.05	0.9	55.5	19.07	0.05	1.0	55.5
16	18.98	0.05	0.9	55.8	18.91	0.05	0.9	56.2	18.91	0.05	0.9	55.5	19.07	0.06	1.1	55.5
17	18.97	0.05	0.9	55.8	18.91	0.05	0.9	56.2	18.91	0.05	0.9	55.5	19.06	0.06	1.1	55.5
18	18.97	0.05	1.0	55.8	18.91	0.05	0.9	56.2	18.91	0.05	1.0	55.6	19.06	0.06	1.2	55.5
19	18.97	0.05	1.0	55.8	18.91	0.05	1.0	56.2	18.91	0.05	1.0	55.6	19.06	0.06	1.2	55.5
20	18.97	0.05	1.0	55.9	18.90	0.05	1.0	56.2	18.90	0.06	1.1	55.6	19.06	0.07	1.3	55.6
21	18.97	0.06	1.1	55.9	18.90	0.06	1.1	56.2	18.90	0.06	1.1	55.6	19.06	0.07	1.3	55.6
22	18.97	0.06	1.1	55.8	18.90	0.06	1.1	56.2	18.90	0.06	1.1	55.6	19.05	0.07	1.4	55.6
23	18.97	0.06	1.2	55.8	18.90	0.06	1.2	56.2	18.90	0.06	1.2	55.6	19.04	0.07	1.4	55.6
24	18.97	0.06	1.2	55.8	18.90	0.06	1.2	56.2	18.89	0.07	1.2	55.7	19.04	0.08	1.5	55.6
25	18.96	0.07	1.3	55.9	18.89	0.07	1.3	56.2	18.89	0.07	1.3	55.7	19.04	0.08	1.5	55.6
26	18.96	0.07	1.3	55.9	18.89	0.07	1.3	56.2	18.89	0.07	1.3	55.7	19.04	0.08	1.6	55.6
27	18.95	0.07	1.4	55.8	18.89	0.07	1.4	56.2	18.89	0.07	1.4	55.7	19.04	0.09	1.7	55.6
28	18.95	0.08	1.4	55.8	18.89	0.07	1.4	56.2	18.89	0.08	1.4	55.7	19.04	0.09	1.7	55.6
29	18.94	0.08	1.5	55.9	18.89	0.08	1.5	56.2	18.88	0.08	1.5	55.7	19.04	0.09	1.8	55.6
30	18.94	0.08	1.5	55.9	18.89	0.08	1.5	56.2	18.88	0.08	1.6	55.7	19.04	0.10	1.9	55.6
31	18.94	0.08	1.6	55.9	18.88	0.08	1.6	56.2	18.88	0.09	1.6	55.7	19.03	0.10	1.9	55.6
32	18.94	0.09	1.7	56.0	18.88	0.09	1.6	56.2	18.88	0.09	1.7	55.7	19.03	0.11	2.0	55.6
33	18.94	0.09	1.7	56.0	18.88	0.09	1.7	56.2	18.87	0.09	1.8	55.7	19.03	0.11	2.1	55.6
34	18.93	0.10	1.8	56.0	18.88	0.09	1.8	56.2	18.87	0.10	1.8	55.7	19.03	0.11	2.2	55.6
35	18.93	0.10	1.9	56.1	18.87	0.10	1.8	56.2	18.87	0.10	1.9	55.7	19.03	0.12	2.2	55.6
36	18.92	0.10	1.9	56.1	18.87	0.10	1.9	56.2	18.87	0.10	2.0	55.7	19.02	0.12	2.3	55.5
37	18.92	0.11	2.0	56.1	18.87	0.11	2.0	56.2	18.86	0.11	2.0	55.7	19.01	0.13	2.4	55.5
38	18.92	0.11	2.1	56.2	18.87	0.11	2.1	56.1	18.85	0.11	2.1	55.7	19.01	0.13	2.5	55.5
39	18.92	0.11	2.2	56.2	18.87	0.11	2.1	56.1	18.85	0.12	2.2	55.7	19.01	0.14	2.6	55.5
40	18.91	0.12	2.3	56.2	18.85	0.12	2.2	56.1	18.85	0.12	2.3	55.8	19.01	0.14	2.7	55.4
41	18.90	0.12	2.3	56.3	18.85	0.12	2.3	56.1	18.85	0.12	2.4	55.8	19.01	0.15	2.8	55.4
42	18.90	0.13	2.4	56.3	18.85	0.13	2.4	56.0	18.85	0.13	2.4	55.8	19.01	0.15	2.9	55.4
43	18.90	0.13	2.5	56.3	18.85	0.13	2.5	56.0	18.84	0.13	2.5	55.8	19.00	0.16	3.0	55.3
44	18.89	0.14	2.6	56.3	18.85	0.14	2.6	56.0	18.83	0.14	2.6	55.9	19.00	0.16	3.1	55.3
45	18.89	0.14	2.7	56.4	18.85	0.14	2.6	55.9	18.83	0.14	2.7	55.9	18.99	0.17	3.2	55.2
46	18.88	0.15	2.8	56.4	18.84	0.15	2.7	55.9	18.83	0.15	2.8	55.9	18.99	0.17	3.3	55.2
47	18.88	0.15	2.9	56.4	18.84	0.15	2.8	55.9	18.83	0.15	2.9	55.9	18.99	0.18	3.4	55.2
48	18.88	0.16	3.0	56.5	18.84	0.16	2.9	55.9	18.82	0.16	3.0	55.9	18.99	0.18	3.5	55.2
49	18.86	0.16	3.1	56.5	18.83	0.16	3.0	55.8	18.81	0.17	3.1	55.9	18.98	0.19	3.6	55.2
50	18.86	0.17	3.2	56.5	18.83	0.17	3.2	55.8	18.80	0.17	3.2	56.0	18.97	0.20	3.7	55.2

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
51	18.86	0.17	3.3	56.4	18.83	0.17	3.3	55.8	18.80	0.18	3.3	56.0	18.97	0.20	3.9	55.1
52	18.85	0.18	3.4	56.5	18.81	0.18	3.4	55.8	18.80	0.18	3.4	56.0	18.97	0.21	4.0	55.1
53	18.85	0.19	3.5	56.5	18.81	0.19	3.5	55.8	18.79	0.19	3.6	56.0	18.96	0.22	4.1	55.1
54	18.85	0.19	3.6	56.5	18.81	0.19	3.6	55.8	18.78	0.20	3.7	56.0	18.96	0.22	4.2	55.1
55	18.83	0.20	3.8	56.5	18.80	0.20	3.7	55.8	18.78	0.20	3.8	56.1	18.95	0.23	4.4	55.0
56	18.83	0.21	3.9	56.4	18.80	0.20	3.8	55.8	18.77	0.21	3.9	56.1	18.94	0.24	4.5	55.0
57	18.83	0.21	4.0	56.4	18.79	0.21	4.0	55.7	18.77	0.22	4.0	56.1	18.94	0.25	4.7	55.0
58	18.82	0.22	4.1	56.4	18.78	0.22	4.1	55.7	18.77	0.22	4.2	56.1	18.93	0.25	4.8	55.0
59	18.82	0.23	4.3	56.4	18.78	0.23	4.2	55.7	18.76	0.23	4.3	56.1	18.93	0.26	5.0	54.9
60	18.81	0.23	4.4	56.4	18.78	0.23	4.4	55.7	18.76	0.24	4.5	56.1	18.92	0.27	5.1	54.9
61	18.81	0.24	4.6	56.4	18.77	0.24	4.5	55.7	18.74	0.24	4.6	56.2	18.92	0.28	5.3	54.9
62	18.79	0.25	4.7	56.4	18.76	0.25	4.7	55.7	18.74	0.25	4.7	56.1	18.91	0.29	5.4	54.9
63	18.79	0.26	4.9	56.4	18.76	0.26	4.8	55.7	18.74	0.26	4.9	56.1	18.90	0.30	5.6	54.9
64	18.78	0.27	5.0	56.4	18.75	0.26	4.9	55.7	18.73	0.27	5.0	56.1	18.90	0.30	5.8	55.0
65	18.78	0.27	5.2	56.4	18.74	0.27	5.1	55.7	18.72	0.28	5.2	56.0	18.89	0.31	5.9	55.0
66	18.77	0.28	5.3	56.3	18.74	0.28	5.3	55.7	18.72	0.29	5.3	56.0	18.88	0.32	6.1	55.0
67	18.77	0.29	5.5	56.3	18.73	0.29	5.4	55.7	18.72	0.29	5.5	56.0	18.88	0.33	6.3	55.0
68	18.77	0.30	5.6	56.3	18.72	0.30	5.6	55.7	18.70	0.30	5.7	56.0	18.86	0.34	6.5	55.0
69	18.75	0.31	5.8	56.3	18.72	0.31	5.8	55.7	18.70	0.31	5.8	56.0	18.86	0.35	6.6	54.9
70	18.75	0.32	6.0	56.2	18.71	0.32	5.9	55.7	18.69	0.32	6.0	56.0	18.85	0.36	6.8	54.9
71	18.74	0.33	6.2	56.2	18.70	0.33	6.1	55.7	18.67	0.33	6.2	56.0	18.84	0.37	7.0	54.9
72	18.74	0.34	6.3	56.1	18.70	0.34	6.3	55.7	18.67	0.34	6.4	56.0	18.84	0.38	7.2	54.9
73	18.73	0.35	6.5	56.1	18.68	0.35	6.5	55.7	18.66	0.35	6.6	56.0	18.83	0.39	7.4	54.8
74	18.72	0.36	6.7	56.1	18.68	0.36	6.6	55.7	18.66	0.36	6.8	56.0	18.82	0.41	7.6	54.8
75	18.71	0.37	6.9	56.1	18.67	0.37	6.8	55.7	18.65	0.37	6.9	56.0	18.81	0.42	7.8	54.8
76	18.70	0.38	7.1	56.1	18.66	0.38	7.0	55.8	18.64	0.38	7.1	56.0	18.80	0.43	8.1	54.8
77	18.70	0.39	7.3	56.1	18.65	0.39	7.2	55.8	18.63	0.39	7.3	56.0	18.79	0.44	8.3	54.8
78	18.68	0.40	7.5	56.1	18.64	0.40	7.4	55.8	18.62	0.41	7.5	56.1	18.78	0.45	8.5	54.8
79	18.67	0.41	7.7	56.0	18.63	0.41	7.6	55.8	18.61	0.42	7.8	56.1	18.77	0.46	8.7	54.8
80	18.67	0.42	7.9	56.0	18.63	0.42	7.9	55.8	18.61	0.43	8.0	56.1	18.77	0.48	8.9	54.9
81	18.66	0.44	8.1	56.0	18.61	0.43	8.1	55.8	18.59	0.44	8.2	56.1	18.75	0.49	9.2	54.9
82	18.64	0.45	8.4	56.0	18.61	0.45	8.3	55.8	18.58	0.45	8.4	56.2	18.75	0.50	9.4	54.9
83	18.64	0.46	8.6	56.0	18.60	0.46	8.5	55.8	18.57	0.46	8.6	56.2	18.73	0.51	9.6	54.9
84	18.63	0.47	8.8	56.0	18.59	0.47	8.7	55.8	18.56	0.48	8.8	56.2	18.72	0.53	9.9	54.9
85	18.62	0.49	9.0	56.0	18.57	0.48	9.0	55.8	18.55	0.49	9.0	56.3	18.71	0.54	10.1	54.9
86	18.60	0.50	9.2	56.0	18.57	0.49	9.2	55.8	18.54	0.50	9.3	56.3	18.70	0.56	10.4	54.9
87	18.59	0.51	9.5	56.0	18.56	0.51	9.4	55.9	18.53	0.51	9.5	56.3	18.68	0.57	10.6	54.9
88	18.59	0.52	9.7	56.0	18.55	0.52	9.7	55.9	18.52	0.53	9.8	56.3	18.68	0.58	10.9	54.9
89	18.57	0.54	10.0	56.0	18.53	0.53	9.9	55.9	18.51	0.54	10.0	56.3	18.66	0.60	11.2	54.9
90	18.56	0.55	10.2	56.0	18.52	0.55	10.1	55.9	18.50	0.56	10.3	56.3	18.66	0.61	11.4	54.9
91	18.55	0.57	10.5	56.0	18.50	0.56	10.4	55.9	18.49	0.57	10.5	56.3	18.64	0.63	11.7	54.9
92	18.53	0.58	10.8	56.0	18.50	0.58	10.7	56.0	18.48	0.58	10.8	56.4	18.63	0.64	12.0	54.9
93	18.52	0.59	11.0	56.0	18.49	0.59	10.9	56.0	18.47	0.60	11.1	56.4	18.62	0.66	12.3	54.9

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
94	18.51	0.61	11.3	56.0	18.48	0.61	11.2	56.0	18.46	0.61	11.3	56.4	18.60	0.68	12.6	55.0
95	18.50	0.62	11.6	56.0	18.46	0.62	11.5	56.0	18.45	0.63	11.6	56.4	18.59	0.69	12.9	55.0
96	18.49	0.64	11.9	56.0	18.45	0.64	11.8	56.0	18.43	0.64	11.9	56.5	18.57	0.71	13.2	55.0
97	18.48	0.66	12.1	56.0	18.44	0.65	12.0	56.0	18.42	0.66	12.2	56.5	18.57	0.73	13.5	54.9
98	18.46	0.67	12.4	56.0	18.43	0.67	12.3	56.0	18.41	0.68	12.5	56.5	18.55	0.74	13.8	54.9
99	18.45	0.69	12.7	56.0	18.41	0.69	12.6	56.0	18.39	0.69	12.7	56.5	18.53	0.76	14.1	55.0
100	18.44	0.71	13.0	56.0	18.41	0.70	12.9	56.0	18.38	0.71	13.1	56.4	18.52	0.78	14.4	55.0
101	18.42	0.72	13.3	56.0	18.39	0.72	13.2	56.0	18.37	0.73	13.3	56.5	18.51	0.80	14.7	55.0
102	18.41	0.74	13.6	56.0	18.37	0.74	13.5	56.0	18.35	0.74	13.6	56.5	18.49	0.81	15.1	55.0
103	18.40	0.76	13.9	56.0	18.37	0.75	13.8	55.9	18.33	0.76	13.9	56.5	18.48	0.83	15.4	55.0
104	18.38	0.77	14.2	56.0	18.35	0.77	14.1	55.9	18.32	0.78	14.3	56.5	18.46	0.85	15.7	55.0
105	18.36	0.79	14.5	56.0	18.33	0.79	14.5	56.0	18.31	0.80	14.6	56.5	18.44	0.87	16.0	55.1
106	18.36	0.81	14.9	56.0	18.32	0.81	14.8	56.0	18.30	0.82	14.9	56.5	18.42	0.89	16.4	55.1
107	18.33	0.83	15.2	55.9	18.31	0.82	15.1	56.0	18.28	0.83	15.3	56.5	18.41	0.91	16.7	55.1
108	18.31	0.85	15.5	55.9	18.28	0.84	15.4	56.0	18.26	0.85	15.6	56.5	18.40	0.93	17.1	55.1
109	18.30	0.87	15.9	55.9	18.28	0.86	15.8	56.0	18.25	0.87	15.9	56.5	18.38	0.95	17.4	55.1
110	18.29	0.89	16.2	55.9	18.26	0.88	16.1	56.0	18.24	0.89	16.3	56.5	18.36	0.97	17.8	55.2
111	18.27	0.90	16.5	55.9	18.24	0.90	16.4	56.0	18.22	0.91	16.6	56.4	18.34	0.99	18.2	55.3
112	18.25	0.92	16.9	55.9	18.23	0.92	16.8	56.0	18.22	0.93	17.0	56.4	18.33	1.01	18.5	55.3
113	18.23	0.94	17.2	55.9	18.21	0.94	17.1	56.0	18.19	0.95	17.3	56.4	18.30	1.03	18.9	55.4
114	18.22	0.97	17.6	56.0	18.20	0.96	17.5	56.0	18.18	0.97	17.7	56.3	18.29	1.05	19.3	55.4
115	18.20	0.99	18.0	56.0	18.17	0.98	17.8	56.0	18.17	0.99	18.0	56.3	18.26	1.08	19.6	55.4
116	18.18	1.01	18.3	56.0	18.16	1.00	18.2	55.9	18.15	1.01	18.4	56.2	18.25	1.10	20.0	55.5
117	18.16	1.03	18.7	56.0	18.15	1.02	18.6	55.9	18.13	1.03	18.7	56.2	18.22	1.12	20.4	55.5
118	18.15	1.05	19.1	56.0	18.13	1.05	19.0	55.8	18.12	1.06	19.1	56.2	18.21	1.14	20.8	55.4
119	18.12	1.07	19.4	56.0	18.11	1.07	19.3	55.8	18.10	1.08	19.5	56.1	18.18	1.16	21.2	55.4
120	18.11	1.09	19.8	56.0	18.09	1.09	19.7	55.8	18.09	1.10	19.9	56.1	18.16	1.19	21.6	55.4
121	18.09	1.12	20.2	56.0	18.07	1.11	20.1	55.7	18.06	1.12	20.3	56.0	18.14	1.21	22.0	55.4
122	18.07	1.14	20.6	56.1	18.06	1.13	20.5	55.7	18.04	1.15	20.7	56.0	18.12	1.24	22.4	55.5
123	18.05	1.16	21.0	56.1	18.04	1.16	20.9	55.7	18.02	1.17	21.0	56.0	18.10	1.26	22.8	55.5
124	18.03	1.19	21.4	56.2	18.02	1.18	21.3	55.7	18.00	1.19	21.4	56.0	18.08	1.28	23.2	55.5
125	18.01	1.21	21.8	56.2	17.99	1.20	21.7	55.7	17.98	1.21	21.8	56.0	18.05	1.31	23.6	55.5
126	17.99	1.23	22.2	56.2	17.98	1.23	22.1	55.7	17.97	1.24	22.2	56.0	18.03	1.33	24.0	55.6
127	17.96	1.26	22.6	56.2	17.96	1.25	22.5	55.6	17.94	1.26	22.6	56.0	18.00	1.36	24.4	55.6
128	17.94	1.28	23.0	56.2	17.94	1.28	22.9	55.6	17.92	1.29	23.1	55.9	17.99	1.38	24.9	55.6
129	17.92	1.31	23.4	56.3	17.92	1.30	23.3	55.6	17.90	1.31	23.5	55.9	17.96	1.41	25.3	55.6
130	17.90	1.33	23.8	56.3	17.89	1.33	23.7	55.6	17.88	1.34	23.9	55.9	17.93	1.43	25.7	55.6
131	17.88	1.35	24.2	56.3	17.87	1.35	24.2	55.5	17.86	1.36	24.3	55.9	17.91	1.46	26.2	55.6
132	17.86	1.38	24.7	56.3	17.85	1.38	24.6	55.5	17.83	1.39	24.7	55.9	17.89	1.49	26.6	55.6
133	17.83	1.41	25.1	56.4	17.83	1.40	25.0	55.5	17.81	1.41	25.2	55.9	17.86	1.52	27.1	55.6
134	17.81	1.43	25.5	56.4	17.81	1.43	25.4	55.5	17.79	1.44	25.6	55.9	17.84	1.54	27.5	55.6
135	17.79	1.46	25.9	56.4	17.78	1.45	25.9	55.5	17.76	1.46	26.0	55.9	17.81	1.57	27.9	55.6
136	17.76	1.48	26.4	56.4	17.76	1.48	26.3	55.5	17.74	1.49	26.5	55.9	17.79	1.60	28.4	55.6

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
137	17.74	1.51	26.8	56.4	17.74	1.51	26.7	55.5	17.72	1.52	26.9	55.9	17.76	1.62	28.8	55.5
138	17.71	1.54	27.2	56.5	17.72	1.53	27.2	55.5	17.69	1.55	27.3	55.9	17.74	1.65	29.3	55.5
139	17.69	1.57	27.7	56.4	17.69	1.56	27.6	55.5	17.67	1.57	27.8	55.9	17.71	1.68	29.8	55.5
140	17.66	1.59	28.2	56.5	17.66	1.59	28.1	55.5	17.65	1.60	28.2	55.9	17.68	1.71	30.2	55.5
141	17.64	1.62	28.6	56.5	17.64	1.62	28.5	55.5	17.63	1.63	28.7	55.8	17.65	1.74	30.7	55.5
142	17.62	1.65	29.1	56.4	17.61	1.65	29.0	55.5	17.60	1.66	29.1	55.8	17.62	1.77	31.2	55.5
143	17.59	1.68	29.5	56.5	17.59	1.67	29.4	55.4	17.56	1.68	29.6	55.8	17.59	1.80	31.6	55.5
144	17.57	1.71	30.0	56.5	17.57	1.70	29.9	55.4	17.54	1.71	30.1	55.9	17.56	1.83	32.1	55.5
145	17.53	1.74	30.4	56.5	17.53	1.73	30.4	55.3	17.52	1.74	30.5	55.9	17.53	1.86	32.6	55.5
146	17.51	1.77	30.9	56.5	17.50	1.76	30.8	55.3	17.49	1.77	31.0	55.9	17.50	1.89	33.0	55.5
147	17.49	1.79	31.4	56.5	17.48	1.79	31.3	55.3	17.46	1.80	31.4	55.9	17.47	1.92	33.5	55.5
148	17.46	1.82	31.9	56.5	17.45	1.82	31.8	55.3	17.42	1.83	31.9	55.9	17.44	1.95	34.0	55.5
149	17.43	1.85	32.3	56.5	17.41	1.85	32.2	55.3	17.39	1.86	32.4	55.9	17.40	1.98	34.4	55.5
150	17.40	1.88	32.8	56.4	17.39	1.88	32.7	55.3	17.37	1.89	32.8	55.9	17.37	2.01	34.9	55.5
151	17.36	1.92	33.2	56.4	17.36	1.91	33.2	55.3	17.34	1.92	33.3	55.9	17.34	2.04	35.4	55.6
152	17.33	1.95	33.7	56.3	17.33	1.94	33.6	55.3	17.31	1.95	33.8	55.9	17.30	2.07	35.9	55.6
153	17.31	1.98	34.2	56.3	17.29	1.97	34.1	55.3	17.27	1.98	34.2	55.9	17.27	2.10	36.3	55.6
154	17.27	2.01	34.7	56.2	17.26	2.00	34.6	55.4	17.24	2.01	34.7	55.9	17.24	2.14	36.8	55.6
155	17.24	2.04	35.2	56.2	17.23	2.04	35.1	55.5	17.22	2.05	35.2	55.9	17.20	2.17	37.3	55.6
156	17.21	2.07	35.6	56.1	17.19	2.07	35.5	55.4	17.17	2.08	35.7	55.9	17.16	2.20	37.8	55.7
157	17.18	2.10	36.1	56.1	17.16	2.10	36.0	55.5	17.15	2.11	36.2	56.0	17.13	2.24	38.3	55.7
158	17.14	2.14	36.6	56.1	17.13	2.13	36.5	55.5	17.11	2.14	36.7	56.0	17.09	2.27	38.8	55.7
159	17.11	2.17	37.1	56.1	17.09	2.16	37.0	55.5	17.08	2.18	37.1	56.0	17.05	2.30	39.3	55.7
160	17.07	2.20	37.6	56.1	17.05	2.20	37.5	55.6	17.04	2.21	37.6	56.0	17.01	2.34	39.7	55.8
161	17.03	2.23	38.1	56.1	17.02	2.23	38.0	55.6	17.00	2.24	38.1	56.0	16.97	2.37	40.2	55.7
162	17.00	2.27	38.5	56.1	16.98	2.26	38.4	55.6	16.97	2.27	38.6	56.0	16.94	2.40	40.7	55.7
163	16.96	2.30	39.0	56.1	16.95	2.30	38.9	55.7	16.93	2.31	39.1	56.0	16.90	2.44	41.2	55.7
164	16.92	2.34	39.5	56.1	16.91	2.33	39.4	55.8	16.90	2.34	39.6	56.0	16.87	2.47	41.7	55.7
165	16.89	2.37	40.0	56.1	16.87	2.36	39.9	55.8	16.87	2.38	40.1	56.0	16.83	2.51	42.2	55.7
166	16.85	2.40	40.5	56.1	16.84	2.40	40.4	55.8	16.82	2.41	40.5	56.0	16.79	2.54	42.7	55.7
167	16.81	2.44	41.0	56.0	16.79	2.43	40.8	55.8	16.78	2.44	41.0	56.0	16.75	2.58	43.2	55.7
168	16.78	2.47	41.5	56.0	16.76	2.47	41.3	55.8	16.75	2.48	41.5	56.0	16.71	2.61	43.7	55.6
169	16.74	2.51	42.0	55.9	16.72	2.50	41.8	55.7	16.72	2.51	42.0	56.0	16.66	2.65	44.1	55.6
170	16.70	2.54	42.4	55.9	16.68	2.54	42.3	55.7	16.66	2.55	42.5	56.1	16.62	2.68	44.6	55.6
171	16.66	2.58	42.9	55.9	16.64	2.57	42.8	55.7	16.62	2.58	42.9	56.1	16.57	2.72	45.1	55.5
172	16.61	2.61	43.4	55.8	16.60	2.61	43.3	55.7	16.58	2.62	43.4	56.1	16.53	2.76	45.6	55.6
173	16.57	2.65	43.9	55.8	16.56	2.64	43.8	55.6	16.54	2.65	43.9	56.2	16.48	2.79	46.0	55.5
174	16.53	2.68	44.4	55.8	16.52	2.68	44.2	55.6	16.50	2.69	44.4	56.2	16.42	2.83	46.5	55.5
175	16.48	2.72	44.8	55.8	16.46	2.71	44.7	55.6	16.44	2.73	44.8	56.3	16.38	2.87	47.0	55.5
176	16.44	2.76	45.3	55.8	16.42	2.75	45.2	55.7	16.40	2.76	45.3	56.3	16.33	2.90	47.4	55.5
177	16.39	2.79	45.8	55.7	16.37	2.79	45.6	55.6	16.35	2.80	45.8	56.3	16.28	2.94	47.9	55.5
178	16.35	2.83	46.3	55.8	16.32	2.82	46.1	55.7	16.30	2.84	46.2	56.4	16.22	2.98	48.3	55.5
179	16.30	2.87	46.7	55.8	16.27	2.86	46.6	55.7	16.26	2.87	46.7	56.4	16.17	3.02	48.8	55.6

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
180	16.25	2.90	47.2	55.8	16.23	2.90	47.0	55.7	16.21	2.91	47.2	56.4	16.12	3.05	49.2	55.5
181	16.20	2.94	47.6	55.8	16.17	2.94	47.5	55.7	16.15	2.95	47.6	56.5	16.06	3.09	49.7	55.5
182	16.14	2.98	48.1	55.7	16.13	2.97	47.9	55.7	16.11	2.98	48.1	56.5	16.01	3.13	50.1	55.5
183	16.09	3.02	48.6	55.7	16.07	3.01	48.4	55.7	16.05	3.02	48.5	56.5	15.94	3.17	50.5	55.5
184	16.05	3.05	49.0	55.7	16.02	3.05	48.8	55.7	16.00	3.06	48.9	56.5	15.88	3.21	50.9	55.5
185	15.98	3.09	49.4	55.7	15.96	3.09	49.2	55.7	15.95	3.10	49.4	56.5	15.82	3.24	51.3	55.4
186	15.92	3.13	49.8	55.7	15.89	3.12	49.6	55.7	15.89	3.13	49.8	56.5	15.75	3.28	51.7	55.4
187	15.87	3.17	50.3	55.7	15.84	3.16	50.1	55.7	15.83	3.17	50.2	56.5	15.69	3.32	52.1	55.4
188	15.81	3.21	50.7	55.7	15.78	3.20	50.5	55.7	15.78	3.21	50.7	56.5	15.62	3.36	52.5	55.4
189	15.75	3.24	51.1	55.7	15.71	3.24	50.9	55.8	15.72	3.25	51.1	56.5	15.55	3.40	52.9	55.4
190	15.68	3.28	51.5	55.7	15.65	3.28	51.3	55.8	15.65	3.29	51.5	56.6	15.48	3.44	53.2	55.5
191	15.61	3.32	51.9	55.7	15.59	3.32	51.7	55.8	15.59	3.33	51.9	56.6	15.40	3.48	53.6	55.5
192	15.55	3.36	52.3	55.7	15.52	3.35	52.0	55.9	15.53	3.37	52.3	56.6	15.33	3.52	53.9	55.5
193	15.48	3.40	52.6	55.8	15.44	3.39	52.4	55.9	15.47	3.41	52.7	56.7	15.25	3.56	54.2	55.6
194	15.41	3.44	53.0	55.8	15.38	3.43	52.8	55.9	15.39	3.44	53.0	56.7	15.16	3.59	54.5	55.6
195	15.34	3.48	53.4	55.9	15.30	3.47	53.1	55.9	15.32	3.48	53.4	56.6	15.08	3.63	54.8	55.7
196	15.26	3.52	53.7	55.9	15.23	3.51	53.4	56.0	15.24	3.52	53.7	56.6	14.99	3.67	55.1	55.7
197	15.18	3.56	54.0	56.0	15.15	3.55	53.8	56.0	15.18	3.56	54.1	56.6	14.88	3.70	55.3	55.7
198	15.11	3.60	54.3	56.0	15.06	3.59	54.0	56.1	15.10	3.60	54.4	56.7	14.80	3.75	55.5	55.8
199	15.03	3.63	54.6	55.9	14.97	3.63	54.3	56.1	15.02	3.64	54.7	56.7	14.69	3.79	55.7	55.7
200	14.94	3.67	54.9	56.0	14.89	3.67	54.6	56.1	14.93	3.68	55.0	56.6	14.59	3.83	55.9	55.7
201	14.85	3.71	55.1	56.0	14.80	3.71	54.8	56.2	14.85	3.72	55.2	56.6	14.48	3.87	56.0	55.7
202	14.76	3.75	55.4	56.0	14.71	3.75	55.1	56.2	14.76	3.76	55.5	56.7	14.36	3.91	56.1	55.7
203	14.66	3.79	55.6	56.0	14.59	3.78	55.2	56.2	14.68	3.80	55.8	56.7	14.24	3.95	56.2	55.6
204	14.56	3.83	55.8	56.1	14.48	3.82	55.4	56.2	14.58	3.84	56.0	56.7	14.11	3.99	56.2	55.6
205	14.46	3.87	56.0	56.0	14.37	3.86	55.5	56.3	14.48	3.88	56.2	56.7	13.96	4.02	56.2	55.6
206	14.35	3.91	56.1	56.0	14.25	3.90	55.6	56.4	14.37	3.92	56.3	56.7	13.81	4.06	56.1	55.6
207	14.21	3.95	56.1	56.0	14.12	3.94	55.6	56.4	14.24	3.96	56.3	56.7	13.65	4.10	56.0	55.6
208	14.08	3.99	56.1	56.0	13.99	3.98	55.6	56.4	14.13	4.00	56.4	56.7	13.47	4.14	55.7	55.6
209	13.95	4.03	56.2	56.0	13.83	4.02	55.5	56.5	14.00	4.03	56.5	56.7	13.26	4.17	55.3	55.6
210	13.80	4.06	56.1	56.0	13.67	4.05	55.4	56.5	13.87	4.07	56.5	56.6	13.05	4.21	54.9	55.6
211	13.63	4.10	55.9	56.0	13.49	4.09	55.2	56.5	13.71	4.11	56.4	56.6	12.79	4.24	54.3	55.6
212	13.46	4.14	55.7	56.0	13.29	4.13	54.9	56.5	13.56	4.15	56.3	56.6	12.50	4.28	53.5	55.6
213	13.26	4.18	55.4	56.0	13.04	4.16	54.3	56.6	13.39	4.19	56.1	56.6	12.18	4.31	52.5	55.6
214	13.07	4.21	55.0	56.1	12.76	4.20	53.6	56.6	13.20	4.22	55.8	56.6	11.77	4.34	51.1	55.6
215	12.84	4.25	54.5	56.1	12.47	4.23	52.8	56.7	12.99	4.26	55.4	56.5	11.36	4.37	49.6	55.6
216	12.57	4.28	53.8	56.1	12.07	4.26	51.4	56.7	12.78	4.30	54.9	56.5	10.89	4.39	47.8	55.6
217	12.22	4.31	52.7	56.1	11.72	4.29	50.3	56.7	12.53	4.33	54.3	56.5	10.36	4.41	45.7	55.6
218	11.90	4.34	51.7	56.1	11.34	4.32	48.9	56.8	12.25	4.36	53.4	56.5	9.77	4.43	43.3	55.6
219	11.50	4.37	50.3	56.1	10.88	4.34	47.2	56.8	11.91	4.39	52.3	56.5	9.27	4.45	41.2	55.6
220	11.07	4.40	48.7	56.2	10.52	4.36	45.9	56.9	11.54	4.42	51.1	56.5	8.68	4.46	38.7	55.7
221	10.65	4.42	47.1	56.2	10.06	4.39	44.1	56.9	11.15	4.45	49.6	56.5	8.16	4.47	36.5	55.7
222	10.21	4.44	45.4	56.2	9.61	4.41	42.3	57.0	10.69	4.48	47.9	56.5	7.68	4.48	34.4	55.7

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
223	9.74	4.47	43.5	56.1	9.11	4.42	40.3	57.0	10.25	4.50	46.1	56.5	7.15	4.49	32.1	55.8
224	9.20	4.48	41.2	56.2	8.59	4.44	38.2	57.0	9.77	4.52	44.1	56.5	6.68	4.50	30.1	55.9
225	8.72	4.50	39.2	56.2	8.07	4.46	36.0	57.0	9.30	4.54	42.2	56.6	6.23	4.51	28.1	55.9
226	8.17	4.51	36.9	56.3	7.54	4.47	33.7	57.0	8.78	4.55	40.0	56.5	5.81	4.52	26.2	55.9
227	7.65	4.53	34.6	56.3	7.02	4.48	31.5	57.0	8.21	4.57	37.5	56.5	5.37	4.52	24.3	56.0
228	7.11	4.53	32.2	56.3	6.56	4.49	29.4	57.0	7.71	4.58	35.3	56.5	4.98	4.53	22.5	56.0
229	6.62	4.54	30.1	56.3	6.11	4.50	27.5	57.0	7.23	4.59	33.2	56.6	4.60	4.54	20.9	56.0
230	6.17	4.55	28.1	56.3	5.67	4.50	25.6	57.0	6.69	4.60	30.8	56.6	4.25	4.54	19.3	56.1
231	5.71	4.56	26.0	56.3	5.21	4.50	23.5	57.0	6.25	4.61	28.8	56.6	3.87	4.55	17.6	56.1
232	5.29	4.56	24.1	56.3	4.85	4.51	21.9	57.1	5.85	4.62	27.0	56.6	3.53	4.55	16.1	56.0
233	4.93	4.57	22.5	56.3	4.50	4.52	20.4	57.1	5.40	4.62	24.9	56.7	3.17	4.56	14.5	56.1
234	4.54	4.58	20.8	56.3	4.08	4.52	18.5	57.1	4.98	4.62	23.0	56.7	2.84	4.56	12.9	56.1
235	4.17	4.58	19.1	56.3	3.76	4.53	17.0	57.1	4.62	4.63	21.4	56.8	2.52	4.56	11.5	56.1
236	3.79	4.58	17.4	56.3	3.42	4.54	15.5	57.2	4.25	4.64	19.7	56.8	2.22	4.57	10.1	56.1
237	3.43	4.59	15.7	56.3	3.10	4.54	14.1	57.2	3.86	4.64	17.9	56.8	1.94	4.57	8.9	56.1
238	3.10	4.59	14.3	56.4	2.78	4.55	12.7	57.2	3.50	4.64	16.3	56.8	1.69	4.57	7.7	56.1
239	2.75	4.59	12.6	56.4	2.45	4.55	11.2	57.2	3.18	4.65	14.8	56.8	1.47	4.57	6.7	56.2
240	2.43	4.59	11.2	56.4	2.17	4.56	9.9	57.3	2.84	4.65	13.2	56.8	1.32	4.58	6.0	56.2
241	2.17	4.60	10.0	56.5	1.93	4.56	8.8	57.3	2.52	4.65	11.7	56.8	1.18	4.58	5.4	56.2
242	1.88	4.60	8.7	56.5	1.69	4.57	7.7	57.4	2.24	4.66	10.4	56.8	1.09	4.58	5.0	56.1
243	1.66	4.61	7.7	56.5	1.50	4.57	6.9	57.4	1.97	4.66	9.2	56.8	1.02	4.58	4.7	56.1
244	1.44	4.60	6.6	56.5	1.34	4.58	6.1	57.4	1.74	4.67	8.1	56.8	0.97	4.58	4.5	56.1
245	1.29	4.61	6.0	56.5	1.21	4.58	5.5	57.5	1.53	4.67	7.1	56.8	0.93	4.58	4.3	56.1
246	1.17	4.61	5.4	56.5	1.10	4.58	5.1	57.5	1.36	4.67	6.3	56.8	0.90	4.58	4.1	56.1
247	1.08	4.61	5.0	56.5	1.03	4.58	4.7	57.5	1.22	4.67	5.7	56.8	0.87	4.58	4.0	56.1
248	1.01	4.61	4.7	56.5	0.99	4.58	4.5	57.4	1.12	4.68	5.3	56.8	0.85	4.58	3.9	56.0
249	0.97	4.61	4.5	56.5	0.94	4.58	4.3	57.4	1.05	4.68	4.9	56.8	0.82	4.58	3.8	56.0
250	0.93	4.61	4.3	56.6	0.90	4.58	4.1	57.3	0.99	4.65	4.6	56.8	0.81	4.58	3.7	55.9
251	0.90	4.61	4.1	56.6	0.88	4.58	4.0	57.3	0.95	4.67	4.4	56.8	0.79	4.58	3.6	55.9
252	0.87	4.62	4.0	56.7	0.85	4.59	3.9	57.3	0.92	4.67	4.3	56.9	0.77	4.58	3.5	55.8
253	0.84	4.62	3.9	56.7	0.83	4.59	3.8	57.3	0.89	4.67	4.2	56.8	0.75	4.58	3.4	55.8
254	0.82	4.61	3.8	56.8	0.81	4.59	3.7	57.2	0.86	4.67	4.0	56.8	0.74	4.58	3.4	55.7
255	0.80	4.62	3.7	56.8	0.79	4.59	3.6	57.2	0.84	4.67	3.9	56.8	0.73	4.58	3.4	55.6
256	0.78	4.62	3.6	56.9	0.77	4.59	3.6	57.1	0.82	4.67	3.8	56.7	0.72	4.58	3.3	55.6
257	0.77	4.62	3.5	56.9	0.76	4.59	3.5	57.1	0.79	4.67	3.7	56.7	0.71	4.58	3.3	55.6
258	0.75	4.62	3.5	57.0	0.75	4.59	3.4	57.0	0.78	4.68	3.7	56.6	0.70	4.58	3.2	55.5
259	0.74	4.62	3.4	57.0	0.73	4.59	3.4	57.0	0.77	4.68	3.6	56.6	0.69	4.58	3.2	55.5
260	0.73	4.61	3.4	57.0	0.72	4.59	3.3	56.9	0.75	4.68	3.5	56.5	0.68	4.58	3.1	55.4
261	0.71	4.62	3.3	57.1	0.71	4.59	3.3	56.9	0.74	4.68	3.5	56.5	0.68	4.58	3.1	55.3
262	0.71	4.62	3.3	57.2	0.70	4.59	3.2	56.9	0.73	4.67	3.4	56.4	0.67	4.58	3.1	55.3
263	0.70	4.62	3.2	57.2	0.69	4.59	3.2	56.9	0.72	4.68	3.4	56.4	0.66	4.58	3.0	55.3
264	0.69	4.62	3.2	57.2	0.69	4.59	3.1	56.9	0.71	4.68	3.3	56.4	0.66	4.59	3.0	55.3
265	0.69	4.62	3.2	57.3	0.68	4.60	3.1	56.9	0.70	4.68	3.3	56.4	0.65	4.59	3.0	55.2

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
266	0.67	4.62	3.1	57.4	0.66	4.60	3.1	56.9	0.69	4.68	3.2	56.4	0.64	4.59	3.0	55.2
267	0.67	4.62	3.1	57.4	0.66	4.60	3.0	56.9	0.69	4.68	3.2	56.4	0.64	4.59	3.0	55.2
268	0.66	4.62	3.0	57.4	0.66	4.60	3.0	56.9	0.67	4.68	3.1	56.4	0.64	4.59	2.9	55.1
269	0.66	4.61	3.0	57.5	0.65	4.60	3.0	56.9	0.67	4.67	3.1	56.4	0.63	4.59	2.9	55.1
270	0.64	4.61	3.0	57.5	0.64	4.59	3.0	56.9	0.66	4.68	3.1	56.3	0.62	4.59	2.9	55.0
271	0.64	4.62	3.0	57.5	0.64	4.60	2.9	56.9	0.66	4.68	3.1	56.3	0.62	4.58	2.9	55.0
272	0.64	4.62	2.9	57.5	0.63	4.60	2.9	56.9	0.65	4.68	3.0	56.3	0.62	4.59	2.8	55.0
273	0.63	4.61	2.9	57.5	0.62	4.60	2.9	56.9	0.64	4.68	3.0	56.3	0.62	4.59	2.8	54.9
274	0.62	4.61	2.9	57.6	0.62	4.60	2.9	56.9	0.64	4.67	3.0	56.2	0.61	4.59	2.8	54.9
275	0.62	4.62	2.9	57.6	0.62	4.60	2.8	56.9	0.63	4.67	2.9	56.2	0.61	4.59	2.8	54.9
276	0.62	4.61	2.8	57.6	0.61	4.60	2.8	56.9	0.63	4.68	2.9	56.2	0.60	4.59	2.8	54.9
277	0.61	4.61	2.8	57.6	0.61	4.60	2.8	56.9	0.63	4.68	2.9	56.1	0.60	4.59	2.7	54.9
278	0.61	4.62	2.8	57.6	0.61	4.60	2.8	57.0	0.62	4.68	2.9	56.1	0.60	4.58	2.7	54.8
279	0.60	4.61	2.8	57.6	0.60	4.60	2.7	57.0	0.62	4.68	2.9	56.1	0.59	4.58	2.7	54.8
280	0.60	4.61	2.8	57.6	0.60	4.60	2.7	57.0	0.62	4.68	2.9	56.1	0.59	4.58	2.7	54.8
281	0.60	4.62	2.8	57.6	0.60	4.60	2.7	57.1	0.61	4.68	2.9	56.0	0.59	4.58	2.7	54.8
282	0.60	4.61	2.7	57.6	0.59	4.60	2.7	57.1	0.61	4.68	2.9	56.0	0.58	4.58	2.7	54.8
283	0.59	4.61	2.7	57.6	0.58	4.60	2.7	57.1	0.60	4.68	2.8	56.0	0.58	4.58	2.7	54.8
284	0.58	4.61	2.7	57.6	0.58	4.60	2.7	57.1	0.60	4.68	2.8	56.0	0.58	4.58	2.7	54.8
285	0.58	4.61	2.7	57.6	0.58	4.60	2.7	57.2	0.60	4.68	2.8	56.0	0.58	4.58	2.6	54.7
286	0.58	4.61	2.7	57.6	0.58	4.60	2.7	57.2	0.60	4.68	2.8	56.0	0.58	4.58	2.6	54.7
287	0.58	4.61	2.7	57.6	0.58	4.60	2.6	57.2	0.59	4.68	2.8	56.0	0.58	4.58	2.6	54.7
288	0.58	4.61	2.7	57.6	0.57	4.60	2.6	57.2	0.59	4.68	2.8	56.0	0.57	4.58	2.6	54.7
289	0.57	4.61	2.6	57.5	0.57	4.60	2.6	57.2	0.59	4.68	2.8	56.0	0.57	4.58	2.6	54.7
290	0.57	4.61	2.6	57.5	0.57	4.60	2.6	57.2	0.58	4.68	2.7	56.0	0.56	4.58	2.6	54.7
291	0.57	4.61	2.6	57.5	0.57	4.60	2.6	57.2	0.58	4.68	2.7	56.1	0.56	4.59	2.6	54.7
292	0.57	4.61	2.6	57.5	0.57	4.60	2.6	57.2	0.58	4.68	2.7	56.0	0.56	4.59	2.6	54.6
293	0.57	4.61	2.6	57.5	0.56	4.60	2.6	57.1	0.58	4.68	2.7	56.0	0.56	4.59	2.6	54.7
294	0.55	4.61	2.6	57.5	0.56	4.60	2.6	57.1	0.58	4.68	2.7	56.0	0.55	4.59	2.5	54.7
295	0.55	4.61	2.6	57.5	0.56	4.60	2.6	57.1	0.57	4.68	2.7	56.1	0.55	4.59	2.5	54.7
296	0.55	4.61	2.6	57.5	0.56	4.60	2.6	57.0	0.57	4.68	2.7	56.1	0.55	4.59	2.5	54.7
297	0.55	4.61	2.6	57.5	0.56	4.60	2.6	57.0	0.57	4.67	2.7	56.1	0.55	4.59	2.5	54.6
298	0.55	4.61	2.6	57.6	0.56	4.60	2.6	57.0	0.56	4.68	2.6	56.0	0.55	4.59	2.5	54.6
299	0.55	4.61	2.6	57.6	0.56	4.60	2.6	56.9	0.56	4.68	2.6	56.0	0.55	4.59	2.5	54.6
300	0.55	4.61	2.6	57.7	0.54	4.60	2.5	56.8	0.56	4.68	2.6	55.9	0.55	4.59	2.5	54.6
301	0.55	4.61	2.5	57.7	0.54	4.60	2.5	56.8	0.56	4.68	2.6	55.9	0.55	4.59	2.5	54.6
302	0.54	4.61	2.5	57.7	0.54	4.60	2.5	56.7	0.56	4.68	2.6	55.9	0.55	4.59	2.5	54.5
303	0.54	4.60	2.5	57.8	0.54	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.9	0.54	4.59	2.5	54.5
304	0.54	4.61	2.5	57.8	0.54	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.9	0.54	4.59	2.5	54.5
305	0.54	4.61	2.5	57.8	0.54	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.9	0.54	4.59	2.5	54.5
306	0.54	4.61	2.5	57.9	0.54	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.9	0.54	4.59	2.5	54.4
307	0.54	4.61	2.5	57.9	0.53	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.8	0.54	4.59	2.5	54.4
308	0.54	4.61	2.5	57.9	0.53	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.8	0.53	4.60	2.5	54.4

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
309	0.54	4.61	2.5	57.9	0.53	4.60	2.5	56.7	0.55	4.68	2.6	55.7	0.53	4.60	2.5	54.3
310	0.53	4.61	2.5	57.9	0.53	4.60	2.4	56.7	0.55	4.68	2.6	55.7	0.53	4.60	2.5	54.3
311	0.53	4.61	2.4	57.8	0.53	4.60	2.4	56.7	0.55	4.68	2.6	55.7	0.53	4.60	2.5	54.2
312	0.53	4.61	2.4	57.8	0.53	4.60	2.4	56.8	0.54	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.5	54.2
313	0.53	4.61	2.4	57.8	0.53	4.60	2.4	56.8	0.54	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.5	54.2
314	0.53	4.61	2.4	57.9	0.53	4.60	2.4	56.8	0.54	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.5	54.2
315	0.53	4.61	2.4	57.9	0.53	4.60	2.4	56.9	0.53	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.5	54.2
316	0.53	4.61	2.4	57.9	0.53	4.60	2.4	56.9	0.53	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.4	54.1
317	0.53	4.61	2.4	57.9	0.53	4.59	2.4	56.9	0.53	4.68	2.5	55.7	0.53	4.60	2.4	54.1
318	0.53	4.61	2.4	57.9	0.52	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.6	0.53	4.60	2.4	54.1
319	0.53	4.61	2.4	58.0	0.52	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.6	0.53	4.60	2.4	54.1
320	0.53	4.61	2.4	58.0	0.52	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.6	0.53	4.60	2.4	54.0
321	0.52	4.61	2.4	58.0	0.52	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.6	0.52	4.60	2.4	54.0
322	0.52	4.61	2.4	58.0	0.52	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.60	2.4	54.0
323	0.51	4.61	2.4	58.0	0.51	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.60	2.4	54.0
324	0.51	4.61	2.4	58.0	0.51	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.59	2.4	54.0
325	0.51	4.61	2.4	58.0	0.51	4.59	2.4	57.0	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.59	2.4	54.1
326	0.51	4.60	2.4	58.1	0.51	4.59	2.4	57.1	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.59	2.4	54.1
327	0.51	4.61	2.4	58.1	0.51	4.59	2.4	57.1	0.53	4.68	2.5	55.5	0.52	4.59	2.4	54.0
328	0.51	4.61	2.4	58.1	0.51	4.59	2.4	57.1	0.53	4.68	2.5	55.6	0.52	4.59	2.4	54.0
329	0.51	4.61	2.4	58.1	0.51	4.59	2.4	57.1	0.52	4.68	2.4	55.6	0.52	4.59	2.4	54.0
330	0.51	4.61	2.4	58.2	0.51	4.59	2.4	57.1	0.53	4.68	2.5	55.6	0.51	4.59	2.4	54.0
331	0.51	4.61	2.4	58.2	0.51	4.59	2.4	57.1	0.52	4.68	2.4	55.6	0.52	4.59	2.4	54.0
332	0.51	4.61	2.4	58.2	0.51	4.59	2.3	57.1	0.52	4.68	2.4	55.7	0.51	4.59	2.4	54.1
333	0.51	4.61	2.4	58.2	0.51	4.59	2.3	57.0	0.52	4.68	2.4	55.7	0.51	4.59	2.4	54.1
334	0.51	4.61	2.4	58.2	0.51	4.59	2.3	57.1	0.52	4.68	2.4	55.8	0.51	4.59	2.4	54.1
335	0.51	4.60	2.4	58.1	0.51	4.59	2.3	57.1	0.51	4.68	2.4	55.8	0.51	4.59	2.4	54.1
336	0.51	4.61	2.4	58.1	0.51	4.59	2.3	57.1	0.51	4.68	2.4	55.9	0.51	4.59	2.4	54.1
337	0.51	4.61	2.3	58.0	0.51	4.59	2.3	57.1	0.51	4.68	2.4	55.9	0.51	4.59	2.4	54.1
338	0.51	4.61	2.3	57.9	0.51	4.59	2.3	57.1	0.51	4.68	2.4	56.0	0.51	4.59	2.4	54.1
339	0.51	4.61	2.3	57.9	0.51	4.59	2.3	57.0	0.51	4.68	2.4	56.0	0.51	4.59	2.4	54.1
340	0.51	4.61	2.3	57.8	0.51	4.59	2.3	57.0	0.51	4.68	2.4	56.0	0.51	4.59	2.3	54.1
341	0.51	4.61	2.3	57.8	0.51	4.59	2.3	56.9	0.51	4.68	2.4	56.0	0.51	4.59	2.3	54.0
342	0.50	4.61	2.3	57.8	0.50	4.59	2.3	56.9	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.59	2.4	54.0
343	0.50	4.61	2.3	57.8	0.50	4.59	2.3	56.8	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	54.0
344	0.50	4.61	2.3	57.7	0.50	4.59	2.3	56.8	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	54.0
345	0.50	4.61	2.3	57.7	0.50	4.59	2.3	56.7	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	53.9
346	0.50	4.61	2.3	57.7	0.50	4.59	2.3	56.7	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	53.9
347	0.50	4.61	2.3	57.6	0.50	4.59	2.3	56.6	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	54.0
348	0.50	4.61	2.3	57.6	0.50	4.59	2.3	56.6	0.51	4.67	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	54.0
349	0.50	4.60	2.3	57.5	0.49	4.59	2.3	56.6	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	54.0
350	0.50	4.60	2.3	57.5	0.49	4.59	2.3	56.6	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	53.9
351	0.50	4.60	2.3	57.4	0.49	4.59	2.3	56.6	0.51	4.68	2.4	56.1	0.51	4.60	2.3	53.9

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
352	0.50	4.60	2.3	57.4	0.49	4.59	2.3	56.5	0.51	4.68	2.4	56.2	0.51	4.60	2.3	53.9
353	0.50	4.60	2.3	57.3	0.49	4.59	2.3	56.5	0.51	4.68	2.4	56.2	0.50	4.61	2.3	53.9
354	0.50	4.60	2.3	57.3	0.49	4.59	2.3	56.4	0.51	4.68	2.4	56.2	0.50	4.60	2.3	53.9
355	0.50	4.60	2.3	57.3	0.49	4.59	2.3	56.4	0.51	4.68	2.4	56.3	0.50	4.60	2.3	54.0
356	0.50	4.60	2.3	57.2	0.49	4.59	2.3	56.4	0.51	4.68	2.4	56.3	0.50	4.60	2.3	54.0
357	0.49	4.60	2.3	57.2	0.49	4.59	2.3	56.3	0.51	4.68	2.4	56.4	0.50	4.60	2.3	54.1
358	0.49	4.60	2.3	57.2	0.49	4.59	2.3	56.3	0.50	4.68	2.3	56.4	0.50	4.60	2.3	54.1
359	0.49	4.60	2.3	57.2	0.49	4.59	2.3	56.3	0.51	4.68	2.4	56.4	0.50	4.60	2.3	54.2
360	0.49	4.60	2.3	57.2	0.49	4.59	2.3	56.3	0.50	4.67	2.3	56.5	0.50	4.60	2.3	54.2
361	0.49	4.60	2.3	57.1	0.49	4.59	2.3	56.2	0.50	4.68	2.3	56.5	0.50	4.60	2.3	54.2
362	0.49	4.60	2.3	57.1	0.49	4.59	2.3	56.2	0.50	4.68	2.3	56.5	0.50	4.60	2.3	54.2
363	0.49	4.60	2.3	57.1	0.49	4.59	2.3	56.1	0.50	4.68	2.3	56.6	0.50	4.60	2.3	54.3
364	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.3	56.2	0.50	4.68	2.3	56.6	0.50	4.60	2.3	54.3
365	0.49	4.60	2.3	57.1	0.49	4.59	2.3	56.1	0.50	4.67	2.3	56.6	0.50	4.60	2.3	54.3
366	0.49	4.60	2.3	57.1	0.49	4.59	2.3	56.1	0.50	4.67	2.3	56.7	0.50	4.60	2.3	54.3
367	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.3	56.0	0.50	4.68	2.3	56.7	0.50	4.60	2.3	54.3
368	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	56.0	0.50	4.68	2.3	56.7	0.50	4.60	2.3	54.3
369	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	56.0	0.50	4.68	2.3	56.8	0.50	4.59	2.3	54.3
370	0.49	4.60	2.2	57.0	0.49	4.58	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.8	0.50	4.60	2.3	54.3
371	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.50	4.59	2.3	54.3
372	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.3
373	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.67	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.3
374	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.3
375	0.49	4.60	2.2	57.1	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.3
376	0.49	4.60	2.2	57.2	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.69	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.2
377	0.49	4.60	2.2	57.2	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.2
378	0.49	4.60	2.2	57.2	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.2
379	0.49	4.60	2.2	57.2	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.69	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.2
380	0.49	4.60	2.2	57.2	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.1
381	0.49	4.60	2.2	57.3	0.49	4.58	2.2	55.9	0.50	4.69	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.1
382	0.49	4.60	2.2	57.3	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.9	0.49	4.59	2.3	54.1
383	0.49	4.60	2.2	57.3	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.69	2.3	56.8	0.49	4.59	2.3	54.1
384	0.49	4.60	2.2	57.3	0.49	4.59	2.2	55.9	0.50	4.68	2.3	56.8	0.49	4.59	2.3	54.1
385	0.49	4.60	2.2	57.3	0.49	4.58	2.2	55.9	0.49	4.68	2.3	56.8	0.49	4.59	2.3	54.0
386	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.58	2.2	55.8	0.50	4.68	2.3	56.8	0.49	4.60	2.3	54.0
387	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.58	2.2	55.8	0.49	4.68	2.3	56.8	0.49	4.59	2.2	54.0
388	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.58	2.2	55.7	0.49	4.68	2.3	56.8	0.49	4.60	2.3	54.0
389	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.58	2.2	55.7	0.49	4.68	2.3	56.7	0.49	4.60	2.2	54.0
390	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.59	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.7	0.49	4.60	2.2	54.0
391	0.49	4.60	2.2	57.4	0.49	4.59	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.7	0.49	4.60	2.2	54.0
392	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.6	0.49	4.60	2.2	53.9
393	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.6	0.49	4.60	2.2	53.9
394	0.48	4.60	2.2	57.3	0.48	4.58	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.6	0.49	4.60	2.2	54.0

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
395	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.60	2.2	53.9
396	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	55.6	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.9
397	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.7	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.8
398	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	55.7	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.8
399	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.8	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.7
400	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.8	0.49	4.68	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.7
401	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.9	0.49	4.69	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.6
402	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	55.9	0.49	4.69	2.3	56.5	0.49	4.59	2.2	53.5
403	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	55.9	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.5
404	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	56.0	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.5
405	0.48	4.61	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	56.0	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.4
406	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.4
407	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.59	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.3
408	0.48	4.60	2.2	57.4	0.48	4.58	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.2
409	0.48	4.60	2.2	57.5	0.48	4.58	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.4	0.49	4.59	2.2	53.2
410	0.48	4.60	2.2	57.5	0.48	4.58	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.3	0.49	4.59	2.2	53.2
411	0.48	4.61	2.2	57.5	0.48	4.59	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.3	0.49	4.59	2.2	53.1
412	0.48	4.61	2.2	57.5	0.48	4.59	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.3	0.49	4.59	2.2	53.2
413	0.48	4.61	2.2	57.5	0.48	4.58	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.3	0.49	4.59	2.2	53.1
414	0.48	4.60	2.2	57.6	0.47	4.59	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.59	2.2	53.1
415	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.59	2.2	56.1	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.59	2.2	53.1
416	0.48	4.61	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.59	2.2	53.1
417	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.1
418	0.47	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.0
419	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.0
420	0.47	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.3	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.0
421	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.3	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.0
422	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.3	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	53.0
423	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	52.9
424	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.58	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	52.9
425	0.48	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.2	0.49	4.60	2.2	52.9
426	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.4	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.61	2.2	52.9
427	0.48	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.4	0.49	4.68	2.3	56.2	0.49	4.61	2.2	52.9
428	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.5	0.49	4.68	2.3	56.1	0.49	4.61	2.2	52.8
429	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.5	0.49	4.68	2.3	56.0	0.49	4.61	2.2	52.8
430	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.58	2.2	56.6	0.49	4.68	2.3	56.0	0.49	4.61	2.2	52.8
431	0.48	4.60	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.69	2.3	55.9	0.49	4.61	2.2	52.7
432	0.47	4.60	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.68	2.3	55.9	0.49	4.61	2.2	52.7
433	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.68	2.3	55.8	0.49	4.61	2.2	52.7
434	0.47	4.60	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.68	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.7
435	0.48	4.61	2.2	57.5	0.48	4.58	2.2	56.7	0.49	4.68	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.7
436	0.48	4.61	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.69	2.3	55.6	0.49	4.61	2.2	52.6
437	0.48	4.61	2.2	57.6	0.47	4.57	2.2	56.7	0.49	4.68	2.3	55.6	0.49	4.61	2.2	52.6

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
438	0.48	4.61	2.2	57.6	0.47	4.57	2.2	56.7	0.49	4.68	2.3	55.6	0.49	4.61	2.2	52.6
439	0.48	4.61	2.2	57.7	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.6
440	0.48	4.61	2.2	57.7	0.47	4.58	2.2	56.6	0.49	4.68	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.6
441	0.48	4.61	2.2	57.7	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.6
442	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.6	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.5
443	0.48	4.61	2.2	57.7	0.47	4.57	2.2	56.5	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.5
444	0.48	4.62	2.2	57.8	0.47	4.58	2.2	56.5	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.61	2.2	52.5
445	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.5	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.61	2.2	52.5
446	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.5	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.61	2.2	52.5
447	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.5	0.48	4.69	2.2	55.8	0.49	4.61	2.2	52.4
448	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.58	2.2	56.5	0.48	4.69	2.2	55.9	0.49	4.62	2.2	52.4
449	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.5	0.48	4.68	2.2	55.9	0.49	4.61	2.2	52.3
450	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.58	2.2	56.5	0.48	4.69	2.2	55.8	0.49	4.61	2.2	52.2
451	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.61	2.2	52.2
452	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.62	2.2	52.1
453	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.62	2.2	52.1
454	0.48	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.62	2.2	51.9
455	0.48	4.62	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.63	2.3	51.9
456	0.47	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.3	0.48	4.69	2.2	55.7	0.49	4.63	2.3	51.8
457	0.47	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.63	2.3	51.8
458	0.47	4.61	2.2	57.8	0.47	4.57	2.2	56.3	0.48	4.69	2.2	55.7	0.49	4.63	2.3	51.8
459	0.47	4.61	2.2	57.8	0.47	4.58	2.2	56.3	0.48	4.69	2.2	55.7	0.49	4.63	2.3	51.8
460	0.47	4.61	2.2	57.8	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	55.7	0.49	4.63	2.3	51.8
461	0.47	4.61	2.2	57.7	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	55.8	0.49	4.63	2.3	51.8
462	0.47	4.61	2.2	57.7	0.47	4.57	2.2	56.2	0.48	4.69	2.2	55.8	0.49	4.63	2.3	51.8
463	0.47	4.61	2.2	57.7	0.47	4.58	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	55.9	0.49	4.63	2.3	51.8
464	0.47	4.61	2.2	57.6	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	55.9	0.49	4.63	2.3	51.8
465	0.47	4.61	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	55.9	0.49	4.63	2.3	51.8
466	0.47	4.61	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	55.9	0.49	4.63	2.3	51.7
467	0.47	4.60	2.2	57.5	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.0	0.49	4.63	2.3	51.7
468	0.47	4.60	2.2	57.4	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.0	0.49	4.63	2.3	51.7
469	0.47	4.61	2.2	57.4	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.0	0.49	4.63	2.3	51.7
470	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.2	56.4	0.49	4.69	2.3	56.0	0.49	4.63	2.3	51.6
471	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.4	0.49	4.69	2.3	56.1	0.49	4.63	2.3	51.6
472	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.4	0.49	4.69	2.3	56.1	0.49	4.63	2.3	51.6
473	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.4	0.49	4.69	2.3	56.1	0.49	4.63	2.3	51.5
474	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.3	0.49	4.69	2.3	56.1	0.49	4.63	2.3	51.5
475	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.3	0.49	4.69	2.3	56.1	0.49	4.63	2.3	51.5
476	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.3	0.49	4.69	2.3	56.2	0.49	4.63	2.3	51.6
477	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.6
478	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.6
479	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.7
480	0.47	4.61	2.2	57.3	0.47	4.57	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.7

α/α	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2				Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)	V (V)	I (A)	P (W)	T _{cell} (°C)
481	0.47	4.61	2.2	57.2	0.47	4.57	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.8
482	0.47	4.61	2.2	57.2	0.47	4.57	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.8
483	0.47	4.61	2.2	57.2	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.8
484	0.47	4.61	2.2	57.1	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.8
485	0.47	4.61	2.2	57.0	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.2	0.48	4.63	2.2	51.8
486	0.47	4.61	2.2	57.0	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.3	0.48	4.63	2.2	51.8
487	0.47	4.61	2.2	56.9	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.3	0.48	4.63	2.2	51.8
488	0.47	4.61	2.2	56.9	0.47	4.57	2.2	56.1	0.49	4.69	2.3	56.4	0.48	4.63	2.2	51.8
489	0.47	4.61	2.1	56.8	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.4	0.48	4.63	2.2	51.8
490	0.47	4.60	2.1	56.8	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.5	0.48	4.63	2.2	51.8
491	0.47	4.61	2.2	56.8	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.5	0.48	4.63	2.2	51.8
492	0.47	4.60	2.2	56.8	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.68	2.3	56.6	0.48	4.63	2.2	51.8
493	0.47	4.60	2.2	56.8	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	56.6	0.48	4.63	2.2	51.8
494	0.47	4.61	2.2	56.7	0.47	4.57	2.2	56.3	0.49	4.69	2.3	56.7	0.48	4.63	2.2	51.8
495	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.7	0.48	4.63	2.2	51.8
496	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.8	0.48	4.63	2.2	51.8
497	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.58	2.2	56.2	0.49	4.68	2.3	56.8	0.48	4.63	2.2	51.8
498	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.57	2.2	56.2	0.49	4.69	2.3	56.8	0.48	4.63	2.2	51.8
499	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.57	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.9	0.48	4.63	2.2	51.8
500	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.9	0.48	4.63	2.2	51.7
501	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	56.9	0.48	4.63	2.2	51.7
502	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	57.0	0.48	4.63	2.2	51.6
503	0.47	4.60	2.2	56.7	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.68	2.3	57.0	0.48	4.63	2.2	51.6
504	0.47	4.61	2.2	56.6	0.47	4.58	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	57.1	0.48	4.63	2.2	51.5
505	0.47	4.61	2.2	56.6	0.47	4.58	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	57.1	0.48	4.63	2.2	51.5
506	0.47	4.60	2.2	56.5	0.47	4.58	2.1	56.1	0.49	4.69	2.3	57.1	0.48	4.63	2.2	51.5
507	0.47	4.60	2.2	56.5	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	57.1	0.48	4.63	2.2	51.5
508	0.47	4.60	2.2	56.5	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	57.1	0.48	4.63	2.2	51.6
509	0.47	4.60	2.2	56.4	0.47	4.58	2.1	56.2	0.49	4.69	2.3	57.2	0.48	4.63	2.2	51.6
510	0.47	4.60	2.2	56.3	0.47	4.59	2.1	56.3	0.48	4.68	2.2	57.2	0.48	4.63	2.2	51.6
511	0.47	4.60	2.2	56.3	0.47	4.58	2.1	56.3	0.48	4.68	2.2	57.2	0.48	4.63	2.2	51.7
512	0.47	4.60	2.2	56.3	0.47	4.58	2.2	56.3	0.48	4.69	2.2	57.2	0.48	4.63	2.2	51.7
513	0.47	4.60	2.2	56.3	0.47	4.58	2.2	56.4	0.48	4.69	2.2	57.3	0.48	4.63	2.2	51.7
514	0.47	4.60	2.2	56.2	0.47	4.58	2.1	56.4	0.48	4.69	2.2	57.3	0.48	4.63	2.2	51.8
515	0.47	4.61	2.2	56.2	0.47	4.58	2.2	56.4	0.48	4.69	2.2	57.3	0.48	4.63	2.2	51.8
516	0.47	4.60	2.2	56.2	0.47	4.58	2.2	56.4	0.48	4.69	2.2	57.3	0.48	4.63	2.2	51.8

Πίνακας 3: Μετεωρολογικά δεδομένα.

α/a	Καθαρό				Κόκκινη άργιλος πάχους 1				Κόκκινη άργιλος πάχους 2			
	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)
1	28.0	2.6	974.0	102.3	28.0	2.8	973.0	105.0	27.5	2.3	976.0	107.4
2	28.0	2.5	975.0	103.8	27.8	2.7	975.0	107.0	27.4	2.3	977.0	107.0
3	27.8	1.1	973.0	103.9	27.8	2.7	975.0	107.4	27.5	2.1	975.0	106.8
4	27.8	1.3	974.0	103.4	27.6	2.8	976.0	107.7	27.6	2.7	973.0	107.3
5	27.8	1.6	973.0	103.9	27.6	1.8	976.0	106.5	27.5	1.6	974.0	106.6

Πίνακας 4: Μετεωρολογικά δεδομένα.

α/a	Άμμος θαλάσσης πάχους 1				Άμμος θαλάσσης πάχους 2			
	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)
1	27.8	2.9	972.0	105.2	27.7	1.6	976.0	103.6
2	27.8	2.5	973.0	105.5	27.6	2.9	975.0	105.6
3	27.8	1.6	972.0	104.8	27.5	1.0	975.0	104.7
4	27.8	2.8	971.0	104.5	27.6	2.2	973.0	104.6
5	27.9	2.6	970.0	105.2	27.6	1.7	972.0	105.2

Πίνακας 5: Μετεωρολογικά δεδομένα.

α/a	Μαρμαρόσκονη πάχους 1				Μαρμαρόσκονη πάχους 2			
	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)	T_{ambient} (°C)	W_{speed} (m/s)	I (W/m ²)	I_d (W/m ²)
1	27.8	2.9	970.0	106.4	26.3	2.6	988.0	125.5
2	27.9	1.5	968.0	105.4	26.2	2.3	985.0	126.0
3	28.1	2.6	967.0	105.1	26.3	2.3	987.0	125.4
4	28.0	2.2	966.0	106.3	26.4	2.4	987.0	124.2
5	28.2	1.9	967.0	105.3	26.3	3.9	989.0	125.2