

Επίδραση των επεισοδίων σκόνης στην απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Κύπρο

Σωτήρης Καλογήρου και Ραφαέλλα Αγαθοκλέους

Archimedes Solar Energy Laboratory (ASEL)

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου



Περιεχόμενα

- Εισαγωγή
- Χαρακτηρισμός και δοκιμές ομοιότητας των Φ/β
- Επίδραση της τεχνητής ακραίας απόθεσης σκόνης
- Επίδραση των επεισοδίων σκόνης
- Συμπεράσματα
- Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας Αρχιμήδης (ASEL)

Στόχος

- Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης των επεισοδίων σκόνης στην απόδοση των Φ/β συστημάτων που βρίσκονται εγκατεστημένα σε μια αστική παραθαλάσσια περιοχή της Κύπρου και η πρόταση διορθωτικών μέτρων.
- Αυτή είναι η πρώτη μελέτη που γίνεται για το συγκεκριμένο θέμα στην Κύπρο.
- Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα Φ/β:
 - 2 x μονοκρυσταλλικά Φ/β πλαίσια
 - 2 x πολυκρυσταλλικά Φ/β πλαίσια
 - 2 x άμορφα Φ/β πλαίσια
- Όλα τα πειράματα διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας Αρχιμήδης (ASEL) στο ΤΕΠΑΚ.

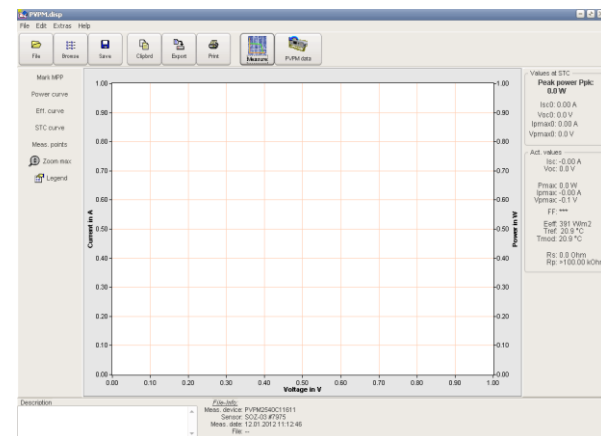
Πειραματική εγκατάσταση

- Τα Φ/β βρίσκονται εγκατεστημένα στο ASEL
- Είναι οι πιο διαδεδομένοι τύποι Φ/β στην Κύπρο

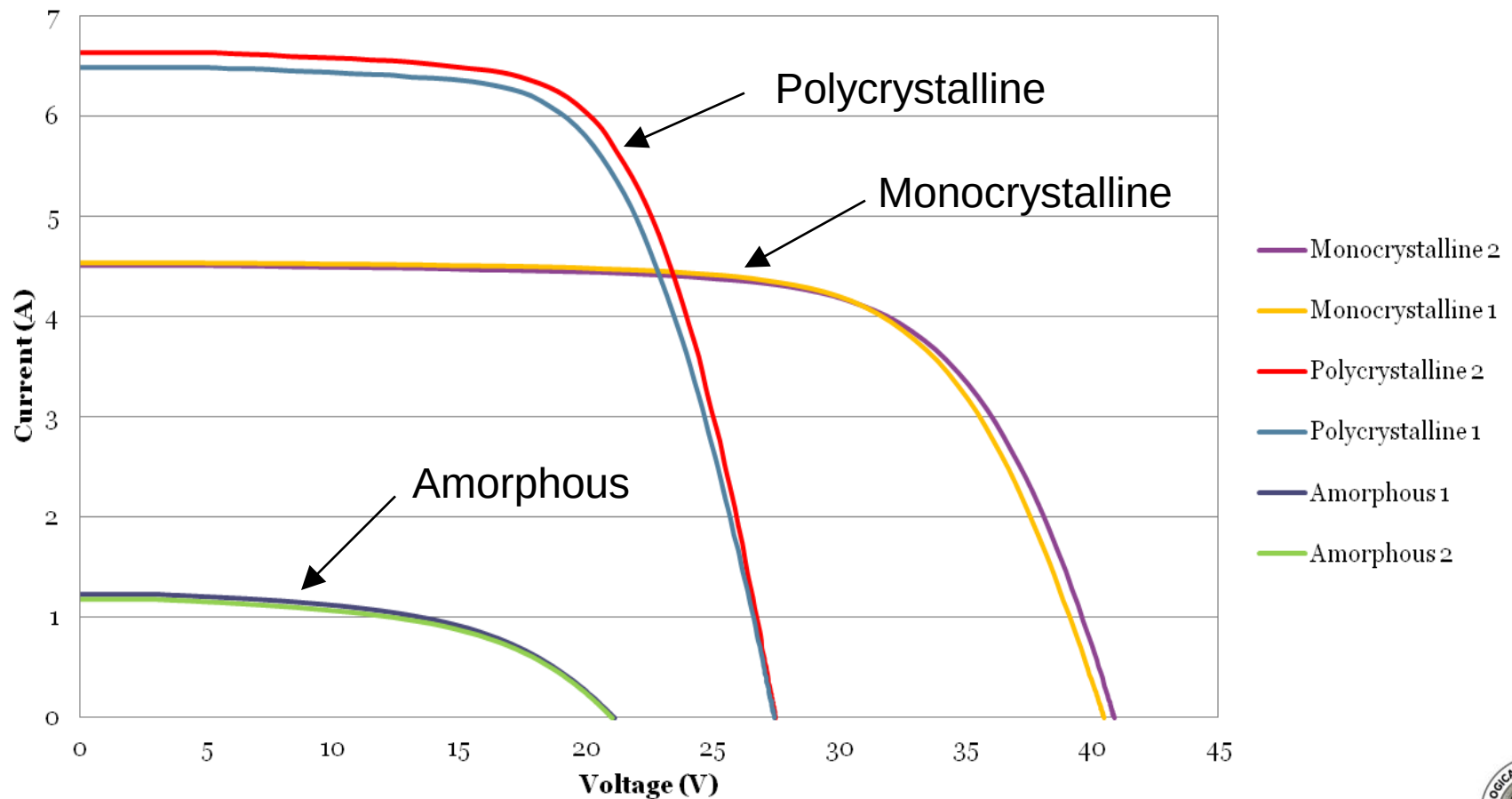


Χαρακτηρισμός - Δοκιμές ομοιότητας

- Χρήση συσκευής PVPM
- Εύκολη και γρήγορη διαδικασία
- Χαρακτηριστικές καμπύλες:
 - I-V
 - P-V
- Όλα τα ζεύγη παρατηρήθηκε ότι είναι σχεδόν πανομοιότυπα.



Χαρακτηρισμός - Δοκιμές ομοιότητας



→ Η ακάθαρτη επιφάνεια των Φ/Β επηρεάζει σημαντικά την απόδοση τους

- Πιθανές πηγές ακαθαρσίας:
 - Απόθεση σκόνης
 - Σωματίδια αλάτων
 - Γύρη από φυτά
 - Ακαθαρσίες πουλιών
 - Εκπομπές αυτοκινήτων
- Μεταφορά σκόνης από την έρημο της Σαχάρας (επεισόδιο σκόνης):
 - Το φαινόμενο αυτό επιδεινώθηκε κατά τα τελευταία χρόνια
 - Πιθανώς να ωφείλεται στην αλλαγή του κλίματος

Δορυφορική εικόνα επεισοδίου σκόνης

- Η μεταφορά ωφείλεται στην διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης
- Διάρκεια επεισοδίων 2-3 μέρες
- Συνήθως τα επεισόδια τελειώνουν με ελαφρά βροχή.
- Εναπόθεση σκόνης στην επιφάνεια των Φ/β.



Απόδοση των Φ/Β πλαισίων με ακραία απόθεση σκόνης στην επιφάνειά τους

- Πραγματοποιήθηκαν δύο είδη δοκιμών:
 - Δοκιμή I: Απόθεση σκόνης σε στεγνή επιφάνεια Φ/β
(προσομοίωση απόθεσης σκόνης από μεταφορά με τον άνεμο)
 - Δοκιμή II: Απόθεση σκόνης σε υγρή επιφάνεια Φ/β
(προσομοίωση απόθεσης σκόνης από επεισόδιο σκόνης)

Πειραματική διαδικασία

- Η σκόνη τοποθετήθηκε τεχνητά σε ένα πλαίσιο από κάθε ζεύγος.
- Το δεύτερο πλαίσιο διατηρήθηκε καθαρό.
- Τα πλαίσια του κάθε ζεύγους συγκρίθηκαν κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και την ίδια χρονική στιγμή.
- Στην δεύτερη δοκιμή η επιφάνεια στην οποία θα γινόταν η απόθεση της σκόνης βρεχόταν με νερό ούτως ώστε να κολλήσει η σκόνη επάνω.

Ακραίες περιπτώσεις



Αποτελέσματα_Δοκιμής I

Απόθεση σκόνης σε στεγνή επιφάνεια

Τύπος Φ/β	Καθαρό	Ακάθαρο	Διαφορά
Μονοκρυσταλλικά	143 W	122 W	14%
Πολυκρυσταλλικά	133 W	113 W	15%
Άμορφα	13.9 W	13.8 W	1%

- Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κάτω από ακριβώς τις ίδιες συνθήκες.
- Η επιφάνεια του άμορφου Φ/β είναι από γυαλί ενώ των άλλων από tedlar.

Αποτελέσματα_Δοκιμής II

Απόθεση σκόνης σε υγρή επιφάνεια

Τύπος Φ/β	Καθαρό	Ακάθαρο	Διαφορά
Μονοκρυσταλλικά	172 W	96 W	44%
Πολυκρυσταλλικά	150 W	77 W	49%
Άμορφα	17 W	14 W	18%

- Λόγω της υγρής επιφάνειας η σκόνη επικολλάται πολύ περισσότερο πάνω της με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση της απόδοσης.

Απόδοση των Φ/Β πλαισίων με ακραία απόθεση σκόνης στην επιφάνειά τους

- Όλα τα πλαίσια επηρεάστηκαν σημαντικά από την απόθεση σκόνης
- Το πλαίσιο που επηρεάστηκε λιγότερο ήταν το άμορφο ίσως λόγω του ότι η επιφάνεια του είναι από γυαλί και όχι από tedlar

Απόδοση των Φ/Β μετά από επεισόδιο σκόνης

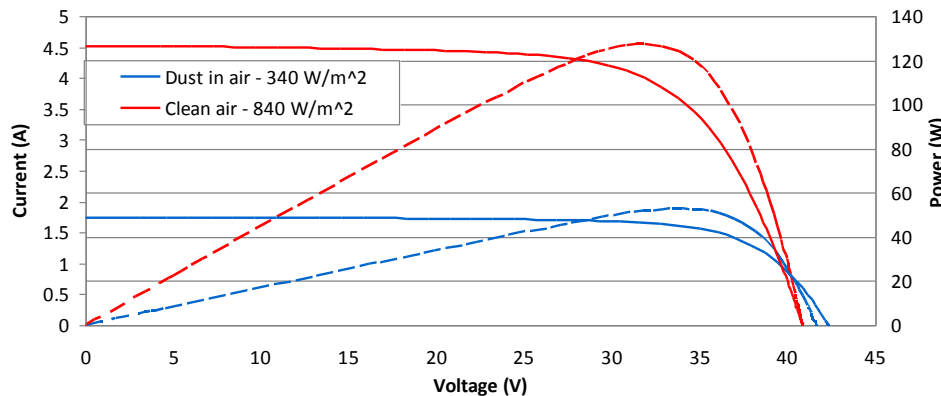
Τα επεισόδια σκόνης καταγράφηκαν κατά
τον χειμώνα και την άνοιξη του 2012.

Συμπεριφορά κατά τη διάρκεια του επεισοδίου

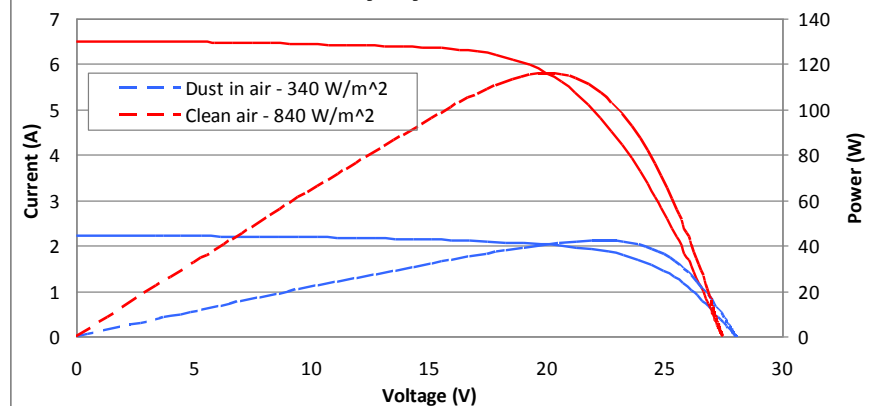
Χειμερινοί μήνες

Τα επεισόδια σκόνης ακολουθήθηκαν από ασυνήθηστα βαρία βροχόπτωση

Monocrystalline PV

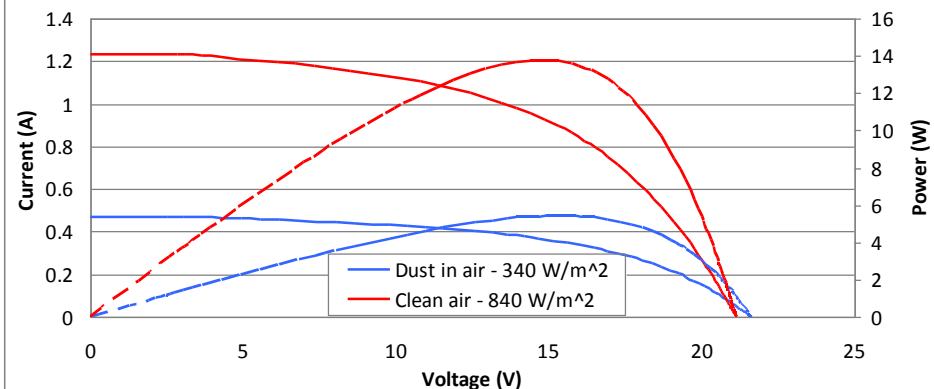


Polycrystalline PV



→ Σοβαρή μείωση της απόδοσης παρόμοια με συννεφιασμένο ουρανό.

Amorphous PV



Απόθεση μετά από επεισόδιο σκόνης

Χειμερινοί μήνες

Τα επεισόδια σκόνης ακολουθήθηκαν από ασυνήθιστα βαριά βροχόπτωση

- Μία εβδομάδα μετά το επεισόδιο ένα Φ/β από κάθε ζεύγος καθαρίστηκε έτσι ώστε να συγκριθεί με το λερωμένο.
- Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η μείωση ήταν ανάλογη αυτής που παρατηρήθηκε στην περίπτωση της τεχνητής απόθεσης σκόνης σε στεγνή επιφάνεια.

Απόθεση μετά από επεισόδιο σκόνης

Αποτελέσματα

Τύπος Φ/β	Καθαρό	Ακάθαρο	Διαφορά
Μονοκρυσταλλικά	150 W	133 W	12%
Πολυκρυσταλλικά	160 W	144 W	10%
Άμορφα	12 W	10 W	17%

Απόθεση μετά από επεισόδιο σκόνης

- Πρέπει να τονιστεί ότι η φυσική απόθεση σκόνης ήταν πολύ πιο ομοιόμορφη από την τεχνητή.
- Μετά το επεισόδιο ακολούθησαν κάποιες μέρες βαριάς βροχόπτωσης οι οποίες ακολουθήθηκαν από 2 μέρες με αίθριο καιρό όπου σε συνδυασμό με τον δυνατό αέρα η περισσότερη σκόνη αφαιρέθηκε από την επιφάνεια πριν τις μετρήσεις.

Απόθεση μετά από επεισόδιο σκόνης

Ανοιξιάτικοι μήνες

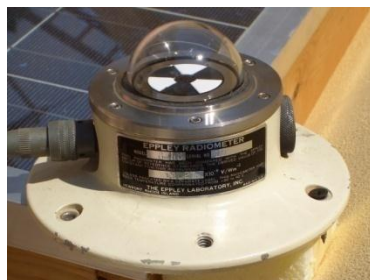
Τα επεισόδια σκόνης ακολουθήθηκαν από ασυνήθιστα βαριά βροχόπτωση

- Ο ασυνήθιστα βροχερός καιρός συνεχίστηκε και κατά τους ανοιξιάτικους μήνες.
- Όπως και κατά την διάρκεια του χειμώνα έτσι η μείωση της απόδοσης ήταν γύρω στο 13%.
- Δεν κατέσται δυνατό να καταγραφεί ένα επεισόδιο σκόνης το οποίο να συνοδευτεί από φυσιολογική ελαφρά βροχόπτωση.

Συμπεράσματα

- Όλοι οι τύποι των Φ/β που εξετάστηκαν επηρεάζονται σημαντικά από την ακραία απόθεση σκόνης.
- Στην περίπτωση των επεισοδίων σκόνης από την έρημο της Σαχάρας παρατηρήθηκε μία σημαντική μείωση της απόδοσης των Φ/β και κατά τον χειμώνα γεγονός που σημαίνει ότι ακόμα και κατά την χειμερινή περίοδο θα πρέπει να καθαρίζονται αμέσως μετά από ένα επεισόδιο σκόνης.
- Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι χρήσιμα για διαχειριστές μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων λόγω του ότι ακόμη και μια μικρή μείωση της απόδοσης θα επηρεάσει σημαντικά μια τέτοια εγκατάσταση.

Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας Αρχιμήδης



Ευχαριστώ για την προσοχή σας.

Ερωτήσεις;

Dr. Soteris Kalogirou
soteris.kalogirou@cut.ac.cy



Archimedes Solar Energy Laboratory:

<http://www.cut.ac.cy/mem/research/Research+Units+and+Laboratories/archimedes/>

