



ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Φωτοβολταϊκά και μικροκλίμα



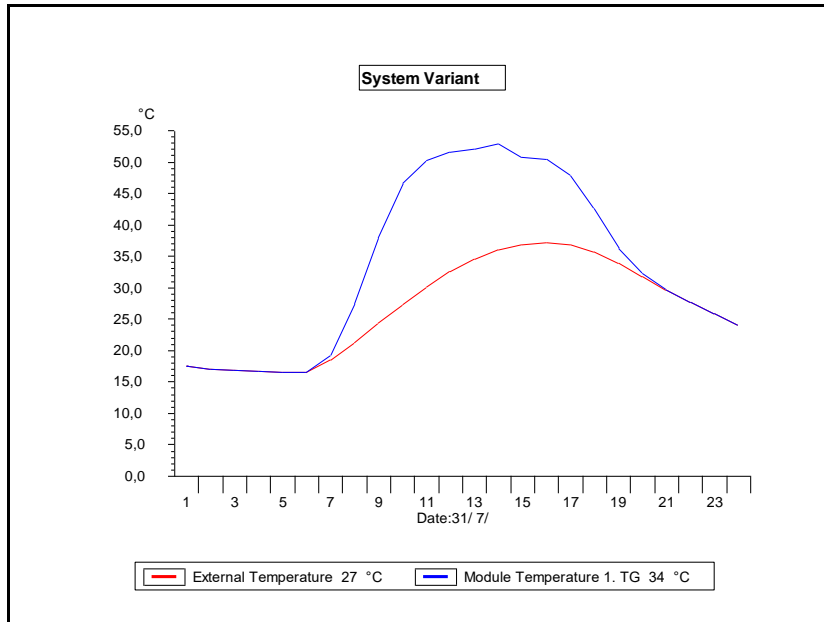
Ιούλιος 2024
www.helapco.gr

Φωτοβολταϊκά και μικροκλίμα

Μερικοί μύθοι είναι πολύ σκληροί για να πεθάνουν. Όσες αποδείξεις κι αν εισφέρει κανείς στο δημόσιο διάλογο, κάποιοι θα επιμένουν στο μύθο παρά στα πραγματικά δεδομένα. Ένας τέτοιος μύθος, που κυκλοφορεί στη χώρα μας ήδη από το 2008 -και ανακυκλώνεται εσχάτως- είναι ότι τα φωτοβολταϊκά αυξάνουν -και μάλιστα σημαντικά- τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στις περιοχές που εγκαθίστανται.

Μπορεί όντως ένα φωτοβολταϊκό πάρκο να αλλάξει το μικροκλίμα στην περιοχή που εγκαθίσταται; Το ερώτημα μπορεί να προκαλέσει αμηχανία ή και θυμηδία στους επαίοντες, αλλά υπάρχουν κάποιοι (μη ειδικοί είναι η αλήθεια) που θεωρούν ότι κάτι τέτοιο είναι πιθανό και κάνουν λόγο για *“μεγάλη αύξηση θερμοκρασίας που παρουσιάζεται στην περιοχή γύρω από τα φωτοβολταϊκά πάρκα”* ^[1]. *“Τα πάνελ θα συντελέσουν στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3-4 βαθμούς, με συνέπεια να λειώνουν τα χιόνια του βουνού, το νερό να εκφορτίζεται πολύ γρήγορα, να χάνεται και εν τέλει να ανατρέπεται ο πολύτιμος όγκος που χρειάζονται οι κάτοικοι στα χωριά και τις κοινότητες στους πρόποδες του βουνού”* ^[2].

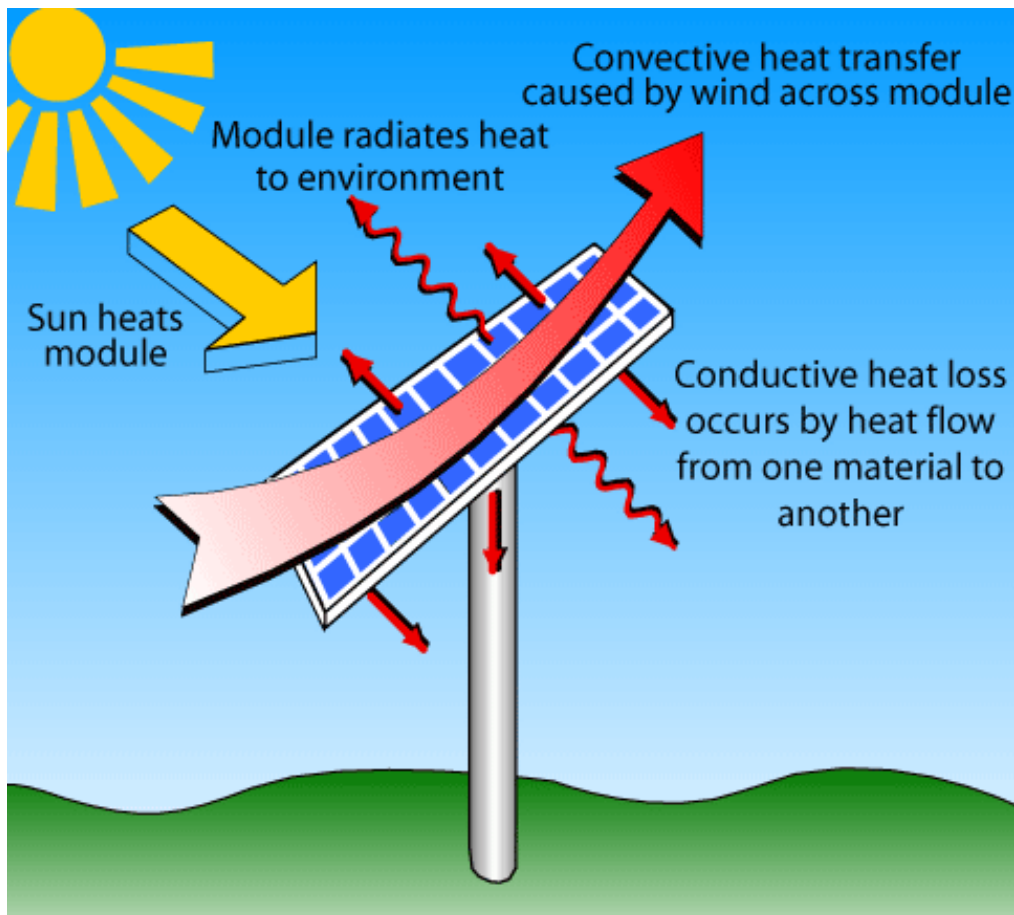
Συμβαίνει αλήθεια κάτι τέτοιο; Ας δούμε τι λένε οι βασικοί νόμοι της θερμοδυναμικής. Ως γνωστόν, τα φωτοβολταϊκά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία την οποία μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Προκειμένου να απορροφήσουν τη μέγιστη δυνατή ακτινοβολία, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν σκουρόχρωμη επιφάνεια η οποία μάλιστα καλύπτεται από μία αντανάκλαστική επιφάνεια για να παγιδεύεται η ηλιακή ακτινοβολία. Αποτέλεσμα είναι βέβαια ότι αυξάνεται η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα. Τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού που έχουμε έντονη ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του πλαισίου μπορεί να είναι περί τους 50-60 °C. Παρακάτω δίνουμε ένα παράδειγμα για την περιοχή της κεντρικής Πελοποννήσου όπως υπολογίστηκε με το ειδικό πρόγραμμα προσομοίωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων PV*SOL. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται από πολλές μετρήσεις πεδίου σε φωτοβολταϊκά πλαίσια.



Θερμοκρασία πλαισίων και θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή της Κεντρικής Πελοποννήσου (για τις 31/7 ενός μέσου έτους)

Ωρα	Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)	Θερμοκρασία πλαισίου (°C)
0:00	17,5	17,5
1:00	17,1	17,1
2:00	16,9	16,9
3:00	16,7	16,7
4:00	16,6	16,6
5:00	16,6	16,6
6:00	18,5	19,3
7:00	21,3	27,5
8:00	24,4	38,0
9:00	27,4	46,6
10:00	30,2	50,3
11:00	32,6	51,6
12:00	34,6	52,0
13:00	36,0	52,9
14:00	36,9	50,7
15:00	37,2	50,4
16:00	36,8	47,9
17:00	35,7	42,5
18:00	33,9	36,1
19:00	31,7	32,3
20:00	29,7	29,7
21:00	27,7	27,7
22:00	25,9	25,9
23:00	24,1	24,1
Μέσος όρος	26,9	33,6

Τι γίνεται λοιπόν αυτή η θερμότητα; Προφανώς διαχέεται στο περιβάλλον και μάλιστα με τρεις διαφορετικούς τρόπους: με ακτινοβολία, με συναγωγή λόγω ανέμων και με αγωγή από μέσο σε μέσο (π.χ. μέσω των βάσεων στήριξης) [3]. Έτσι, η μέση θερμοκρασία του πλαισίου στη διάρκεια του 24ώρου παραμένει ελάχιστα υψηλότερη απ' αυτή του περιβάλλοντα αέρα ακόμη και τις ζεστότερες ημέρες του χρόνου.

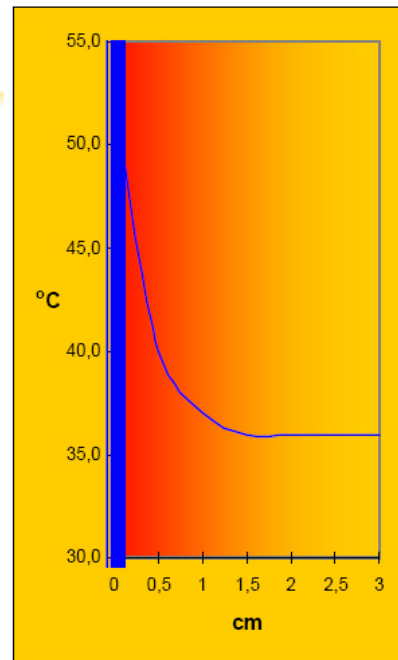


Ο ήλιος θερμαίνει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Αυτό ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον, ενώ έχουμε συναγωγή θερμότητας λόγω ανέμου και αγωγή θερμότητας από το ένα μέσο στο άλλο (π.χ. μέσω των βάσεων στήριξης).

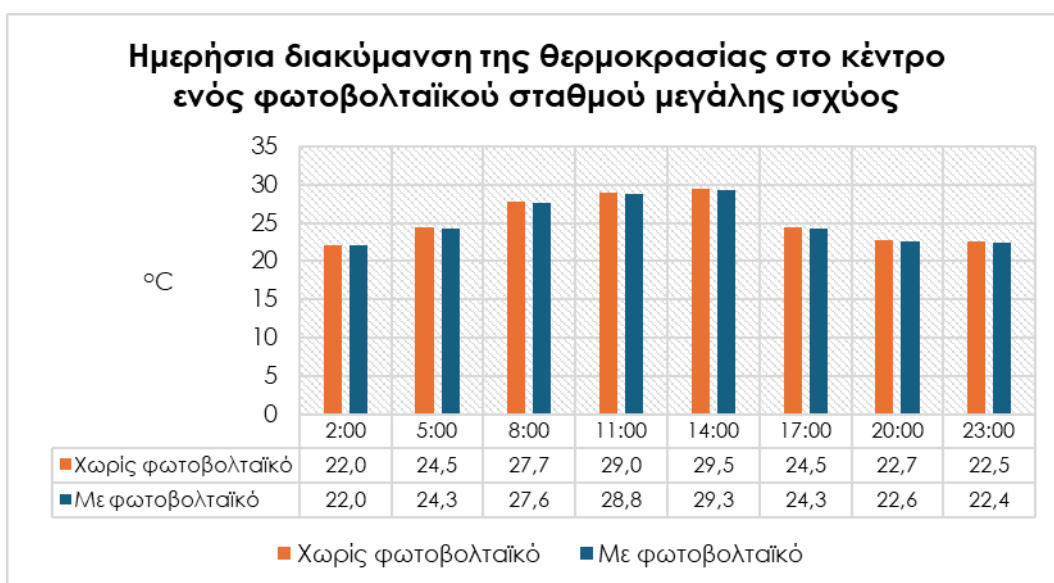
Το αμέσως επόμενο ερώτημα είναι αν αυτή η θερμότητα που φεύγει από τα πλαίσια μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, για τον απλό λόγο ότι η μάζα του αέρα είναι πρακτικά άπειρη σε σχέση με τη μάζα των φωτοβολταϊκών και είναι αδύνατο να αυξηθεί η θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από τα πλαίσια. Για την ακρίβεια, μόλις 1-2 εκατοστά από την επιφάνεια των πλαισίων, η θερμοκρασία είναι αυτή του περιβάλλοντος, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί [4].



Θερμοκρασία περιβάλλοντος 36 βαθμοί
Θερμοκρασία πλαισίου 53 βαθμοί

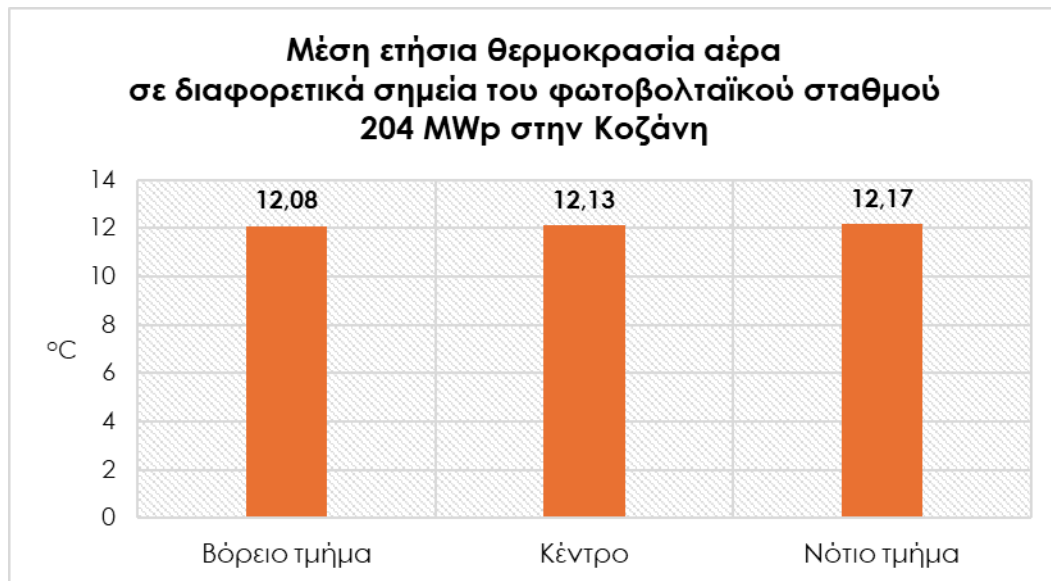


Σύμφωνα με μελέτη που εκπονήθηκε για λογαριασμό της “ΔΕΗ Ανανεώσιμες” και παρουσιάστηκε σε δημόσια εκδήλωση στη Μεγαλόπολη στις 13-4-2008, οι διαφορές της θερμοκρασίας του αέρα στο κέντρο του σχεδιαζόμενου εκεί φωτοβολταϊκού σταθμού (ισχύος 50 MWp) για όλη την διάρκεια του 24ώρου αναμενόταν να είναι μηδαμινές και να μη ξεπερνούν τους 0,25 °C, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία του εδάφους στο κέντρο του σχεδιαζόμενου φωτοβολταϊκού πάρκου, η ίδια μελέτη έδειξε ότι αυτή δεν θα μεταβαλλόταν καθόλου [5].



Αποτελέσματα μελέτης για φωτοβολταϊκό σταθμό ισχύος 50 MWp στην περιοχή της Μεγαλόπολης

Για να μη μείνουμε όμως σε μελέτες και εκτιμήσεις του παρελθόντος, ας δούμε ποια είναι σήμερα η **πραγματικότητα στον μεγαλύτερο μέχρι σήμερα φωτοβολταϊκό σταθμό της χώρας ισχύος 204 MWp στην περιοχή της Κοζάνης**. Στον εν λόγω σταθμό μετρώνται συστηματικά ανά πεντάλεπτο οι θερμοκρασίες του αέρα σε διάφορα σημεία του πάρκου. Έτσι λοιπόν **από 335.232 μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1/1/2023 έως 23/1/2024, προκύπτουν οι εξής μέσες θερμοκρασίες στο βόρειο τμήμα, στο κέντρο και στο νότιο τμήμα του σταθμού.**



Αν τα φωτοβολταϊκά προκαλούσαν αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, λογικά θα περίμενε κανείς υψηλότερες θερμοκρασίες στην κεντρική περιοχή του σταθμού που περιβάλλεται από φωτοβολταϊκά. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει και, όπως δείχνουν τα στοιχεία (επαναλαμβάνουμε μιλάμε για 335.232 μετρήσεις), οι απειροελάχιστες διαφορές είναι απολύτως φυσιολογικές (λόγω και του μεγέθους του σταθμού) και στα όρια του στατιστικού λάθους.

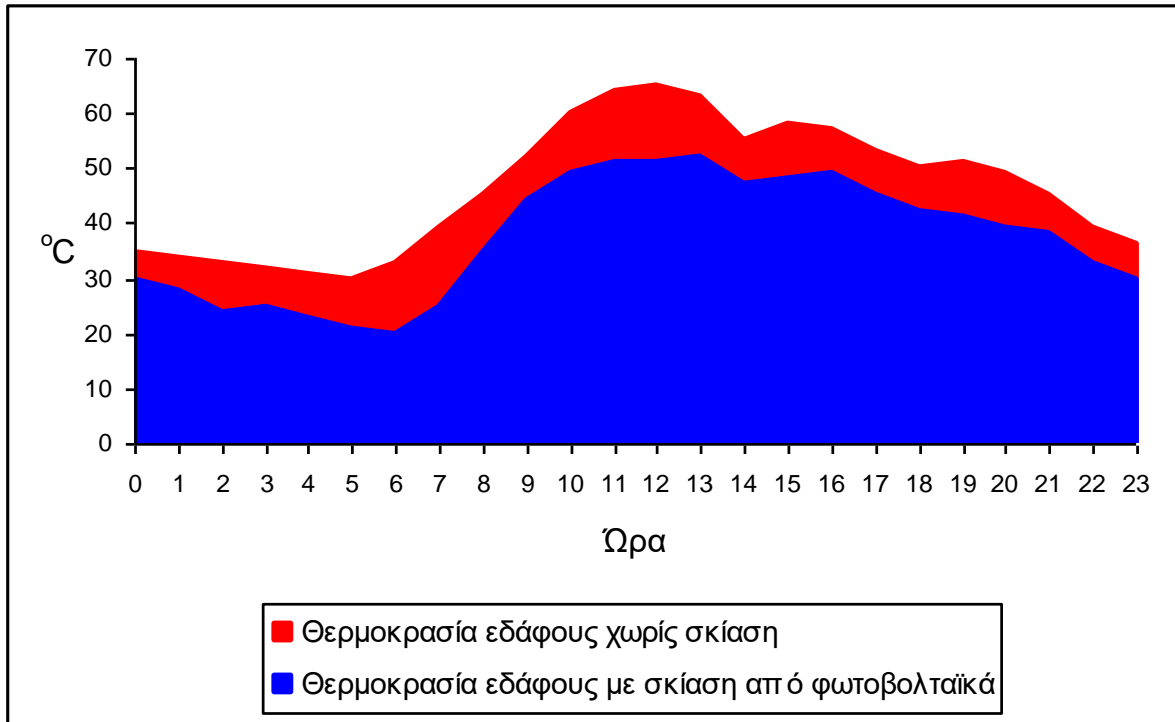
Ας δούμε όμως και τη σύνοψη μιας ενδιαφέρουσας **πρόσφατης μελέτης (2024) που αφορά σε 116 μεγάλους φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο**. Με τη μέθοδο της τηλεπισκόπησης με δορυφόρους εξετάστηκαν διάφορες σχετικές παράμετροι, μεταξύ των οποίων και η μέση θερμοκρασία του εδάφους τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας. Από την έρευνα προέκυψε μια **μείωση της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους** κατά $0,49 \pm 0,43$ βαθμούς κατά τη διάρκεια της ημέρας και μια μικρότερη μείωση κατά $0,21 \pm 0,25$ βαθμούς κατά τη διάρκεια της νύχτας σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο. Από τους 116 φωτοβολταϊκούς σταθμούς, μόνο σε 22 (19%) παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας εδάφους κατά τη διάρκεια της ημέρας κατά 0,5 βαθμό περίπου, και μόνο σε 34 (29%) παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας εδάφους κατά τη διάρκεια

της νύχτας κατά 0,11 βαθμούς περίπου. Η έρευνα κάλυψε τόσο άγονες όσο και περιοχές με φυτοκάλυψη ή/και καλλιέργειες ^[6].

Συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην έρημο της Αριζόνα το 2016 και έδειξε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 2,5 μέτρα από το έδαφος μέχρι και 4 βαθμούς (2,4 βαθμούς κατά μέσο όρο) εντός του φωτοβολταϊκού σε σχέση με την περιβάλλουσα έρημο κατά τη διάρκεια της νύχτας ^[7]. Νεότερη μελέτη και πάλι για την έρημο της Αριζόνα (2019), έδειξε μια μέση αύξηση της ημερήσιας θερμοκρασίας σε ύψος 1,5 μέτρο από το έδαφος ίση με 1,5 βαθμό αλλά καμία διαφοροποίηση των θερμοκρασιών (σε σχέση με την περιβάλλουσα έρημο) κατά τις νυχτερινές ώρες, σε αντίθεση με την παλαιότερη μελέτη ^[8].

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η θερμοκρασία του εδάφους ακριβώς κάτω από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι χαμηλότερη απ' ό τι η θερμοκρασία του ακάλυπτου εδάφους. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη θερμοκρασία εδάφους με ή χωρίς σκίαση από φωτοβολταϊκά, για μια καλοκαιρινή ημέρα με θερμοκρασία αέρα 41 °C και χαμηλή ταχύτητα ανέμου (0,86 m/s). Ενώ η μέγιστη θερμοκρασία του ακάλυπτου εδάφους φτάνει το μεσημέρι τους 65,5 °C, το έδαφος κάτω από τα φωτοβολταϊκά είναι κατά 13,2 °C ψυχρότερο. Η σκίαση που επιτυγχάνουν μάλιστα τα φωτοβολταϊκά είναι καλύτερη απ' αυτήν που θα επιτυγχάνονταν με σκίαση από δέντρα (τα φωτοβολταϊκά μειώνουν τη θερμοκρασία 7 °C περισσότερο από τα δέντρα) ^[9].





Περίεργως, σε όλες τις χιονισμένες χώρες του Βορρά, τα πάνελ δεν συνετέλεσαν “στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3-4 βαθμούς, με συνέπεια να λιώνουν τα χιόνια του βουνού”

Η καλύτερη απόδειξη για τα παραπάνω είναι να επισκεφτεί κανείς ένα φωτοβολταϊκό πάρκο για να διαπιστώσει εν τέλει ότι, αν κάποτε έρθει το τέλος του κόσμου, αυτό δεν θα οφείλεται στην υποτιθέμενη αλλαγή του μικροκλίματος λόγω των φωτοβολταϊκών.

Παραπομπές

1. Επιστολή κατοίκων της Μεγαλόπολης κατά της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου στην περιοχή της Μεγαλόπολης, 25-3-2008.
2. Και η αντίστοιχη επιχειρηματολογία του 2023: <https://bit.ly/46d7zdo>
3. Heat loss in PV modules. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/modules-and-arrays/heat-loss-in-pv-modules>
4. Liao L, Athienitis A, Park K.W, Poissant A. (2003) *Experimental and numerical investigation of a BIPV system*. <https://bit.ly/3xWwsgV>
5. FACE³TS (2008), *Εκτίμηση επιπτώσεων στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος από την κατασκευή φωτοβολταϊκού πάρκου στην Μεγαλόπολη*. Μελέτη για λογαριασμό της ΔΕΗ Ανανεώσιμες.
6. Zhengjie Xu, Yan Li, Yingzuo Qin, Eviatar Bach. (2024). A global assessment of the effects of solar farms on albedo, vegetation, and land surface temperature using remote sensing, *Solar Energy*, Volume 268. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112198>
7. Barron-Gafford, G., Minor, R., Allen, N. *et al.* (2016). The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. *Sci Rep* 6, 35070. <https://doi.org/10.1038/srep35070>
8. Ashley M. Broadbent, E. Scott Krayenhoff, Matei Georgescu, and David J. Sailor (2019). The Observed Effects of Utility-Scale Photovoltaics on Near-Surface Air Temperature and Energy Balance. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* Vol. 58, Issue 5, pp. 989-1006, <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/58/5/jamc-d-18-0271.1.xml>
9. Golden J.S. (2006) Photovoltaic Canopies: Thermodynamics to Achieve a Sustainable Systems Approach to Mitigate the Urban Heat Island Hysteresis Lag Effect. *International Journal of Sustainable Energy*, Volume 25, Issue 1 March 2006 , pp 1-21. <http://caplter.asu.edu/docs/smartWebArticles/SustainableEnergyArticleOne.pdf>