ΔΗΜΟΣ ΝΑΥΠΑΚΤΙΑΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΟ: «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ 1ου ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ-ΛΥΚΕΙΟΥ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΥΠΑΚΤΙΑΣ»

Τ12. Τεκμηρίωση ότι η προβλεπόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το Φ/Β καλύπτει μόνο τις ανάγκες του κτηρίου

Ναύπακτος, Ιούλιος 2020

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του εργαλείου υπολογισμού της απόδοσης των φωτοβολταϊκών «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που παρατίθενται στο παράρτημα, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά kWp εγκατεστημένης ισχύος για συστοιχίες φωτοβολταϊκών στην Ναύπακτο με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εν λόγω εφαρμογής είναι 1.401,2kWh κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας. Αντιστοίχως, η συνολική απόδοση της συστοιχίας των φωτοβολταϊκών ισχύος 20kWp είναι 28.024,0kWh. Επίσης, σύμφωνα με τον πίνακα 1 που ακολουθεί, η μέση ετήσια απόδοση των Φ/Β ανά 1kWp εγκαταστημένης ισχύος για τεχνολογική διάρκεια ζωής 12 ετών (σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ) είναι 1.310,1kWh, λαμβάνοντας υπόψη την απομείωση της απόδοσής τους (-1%) ανά έτος. Με αναγωγή σε ισχύ 20kWp, έχουμε:

$$1.310{,}1\frac{kWh}{kWp} \times 20kWp = 26.202{,}0kWh$$

Πίνακας 1 – Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά συστοιχία Φ/Β		
Ετήσια απόδοση (kWh/kWp) στο 1ο έτος	Έτος	Ενέργεια (kWh/yr) - απώλειες (-1%/yr)
1.401,2	0	0
Μέση ετήσια απόδοση (kWh/kWp) 12ετίας	1	1.387,2
	2	1.373,2
	3	1.359,2
	4	1.345,2
	5	1.331,1
1.310,1	6	1.317,1
Μέση ετήσια απόδοση (kWh/kWp) 20ετίας	7	1.303,1
	8	1.289,1
	9	1.275,1
	10	1.261,1
	11	1.247,1
1.254,1	12	1.233,1
	13	1.219,0
	14	1.205,0
	15	1.191,0
	16	1.177,0
	17	1.163,0
	18	1.149,0
	19	1.135,0
	20	1.121,0

Ομοίως, η μέση ετήσια απόδοση των Φ/Β ανά 1kWp εγκαταστημένης ισχύος για τεχνολογική διάρκεια ζωής 20 ετών (σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ) είναι 1.254,1kWh, λαμβάνοντας υπόψη την απομείωση της απόδοσής τους (-1%) ανά έτος. Με αναγωγή σε ισχύ 20kWp, έχουμε:

$$1.254{,}1\frac{kWh}{kWp} \times 20kWp = 25.082{,}0kWh$$

Συνεπώς, επιλέγοντας τεχνολογική διάρκεια ζωής 12 ετών (σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ) το μέσο ετήσιο όφελος-παραγωγή από μία συστοιχία Φ/Β ισχύος 20kWp σε ηλεκτρική ενέργεια είναι **26.202,0kWh**.

Ηλεκτρικές καταναλώσεις - κτήριο 1ου Γυμνασίου Ναυπάκτου

Σύμφωνα με την φωτοτεχνική μελέτη η εγκαταστημένη ισχύς των φωτιστικών εσωτερικά του κτηρίου του 1ου Γυμνασίου είναι 6,1kW. Επομένως, για τον εσωτερικό φωτισμό απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια:

$$6{,}1kW \times 8\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 0{,}25 = 1.952{,}0kWh$$

Όπου, 0,25 είναι ο συντελεστής που δηλώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου που είναι αναμμένα τα εσωτερικά φώτα του κτηρίου.

Εξωτερικά στις γωνίες του κτηρίου είναι εγκατεστημένα φωτιστικά τύπου Γ (οδοφωτισμού) με λαμπτήρες νατρίου ισχύος 400W, καθώς και τρεις προβολείς αλογόνου ισχύος 500W τα οποία χρησιμοποιούνται για το φωτισμό του αύλειου χώρου. Επομένως, για τον εξωτερικό φωτισμό απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια:

- Φωτιστικά τύπου Γ με λαμπτήρες νατρίου:

$$4\tau\varepsilon\mu \times 0{,}4kW \times 365\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 12\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} = 7.008{,}0kWh$$

- Προβολείς με λαμπτήρες αλογόνου:

$$3\tau\varepsilon\mu \times 0{,}5kW \times 365\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 12\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} = 6.570{,}0kWh$$

Το γυμνάσιο διαθέτει αίθουσα πληροφορικής δυναμικότητας 30 Η/Υ για τους μαθητές συν 1 για τον καθηγητή. Κάθε Η/Υ μαζί με τα περιφερειακά και την οθόνη έχει μέση κατανάλωση 400W. Επομένως,

$$30\tau\varepsilon\mu \times 0{,}4kW \times 160\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 4{,}8\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} = 9.216{,}0kWh$$

Στο κτήριο του γυμνασίου θεωρούνται λοιπές καταναλώσεις οι οποίες περιλαμβάνουν έναν ηλεκτρικό θερμαντήρα στο χώρο του κυλικείου για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. με αντίσταση 4kW, κλιματιστικά στους χώρους των γραφείων των καθηγητών 3kW και ένα ψυγείο, κυκλοφορητές στο λεβητοστάσιο, συναγεργός, πυρασφάλεια και φωτισμός ασφάλειας, εξαερισμοί WC κ.λπ. Για τις λοιπές καταναλώσεις επιλέγεται συντελεστής ετεροχρονισμού και λειτουργίας ίσος με 0,3. Επομένως,

$$10kW \times 8\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 0{,}3 = 3.840{,}0kWh$$

Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για το κτήριο του γυμνασίου είναι:

$$1.952{,}0 + 7.008{,}0 + 6.570{,}0 + 9.216{,}0 = \mathbf{28.586{,}0kWh} > \mathbf{26.202{,}0kWh}$$

Ηλεκτρικές καταναλώσεις - 1ο Λύκείο Ναυπάκτου

Το 1ο Λύκειο αποτελείται από δύο κτήρια. Το μικρότερο όπου στεγάζονται τρεις αίθουσες διδασκαλίας δεν είναι διασυνδεδεμένο με την κεντρική θέρμανση λέβητα πετρελαίου και θερμαίνεται με επιτοίχια διαιρούμενα κλιματιστικά (split). Κάθε αίθουσα διαθέτει δύο κλιματιστικά. Επομένως, για τη θέρμανση έχουμε:

$$1{,}80kW \times 0{,}6 \times 6\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 6\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 2\frac{\kappa\lambda\iota\mu\alpha\tau\iota\sigma\tau\iota\kappa\acute{\alpha}}{\alpha\acute{\iota}\theta o\upsilon\sigma\alpha} \times 3\alpha\acute{\iota}\theta o\upsilon\sigma\varepsilon\varsigma = 4.665{,}0kWh$$

Όπου 0,6 είναι το ποσοστό λειτουργίας σε σχέση με τη μέγιστη ισχύ.

Επομένως, για το δροσισμό έχουμε:

$$1{,}40kW \times 0{,}4 \times 2\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 6\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 2\frac{\kappa\lambda\iota\mu\alpha\tau\iota\sigma\tau\iota\kappa\acute{\alpha}}{\alpha\acute{\iota}\theta o\upsilon\sigma\alpha} \times 3\alpha\acute{\iota}\theta o\upsilon\sigma\varepsilon\varsigma = 806{,}4kWh$$

Όπου 0,4 είναι το ποσοστό λειτουργίας σε σχέση με τη μέγιστη ισχύ.

Επομένως, για τον εσωτερικό φωτισμό απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια:

$$6\tau\varepsilon\mu \times 3 \times 2 \times 36\frac{W}{\sigma\omega\lambda\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 0{,}25 \times 1{,}40 = 580{,}0kWh$$

Όπου, 0,25 είναι ο συντελεστής που δηλώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου που είναι αναμμένα τα εσωτερικά φώτα του κτηρίου και 1,40 ο συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού και κουφωμάτων μικρών διαστάσεων.

Σύμφωνα με την φωτοτεχνική μελέτη η εγκαταστημένη ισχύς των φωτιστικών εσωτερικά του κύριου κτηρίου του 1ου Λυκείου είναι 5,0kW. Επομένως, για τον εσωτερικό φωτισμό απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια:

$$5{,}0kW \times 8\frac{\mu\acute{\eta}\nu\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \times 0{,}25 \times 1{,}20 = 1.952{,}0kWh$$

Όπου, 0,25 είναι ο συντελεστής που δηλώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου που είναι αναμμένα τα εσωτερικά φώτα του κτηρίου και 1,20 ο συντελεστής προσαύξησης λόγω προσανατολισμού και σκιάσεων.

Εξωτερικά στις γωνίες του κτηρίου είναι εγκατεστημένα φωτιστικά τύπου Γ (οδοφωτισμού) με λαμπτήρες νατρίου ισχύος 400W, καθώς και ένας προβολέας αλογόνου ισχύος 1.500W ο οποίος χρησιμοποιείται για το φωτισμό του αύλειου χώρου. Επομένως, για τον εξωτερικό φωτισμό απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια:

- Φωτιστικά τύπου Γ με λαμπτήρες νατρίου:

$$4\tau\varepsilon\mu \times 0{,}4kW \times 365\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 12\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} = 7.008{,}0kWh$$

- Προβολέας με λαμπτήρα ιωδίνης:

$$1\tau\varepsilon\mu \times 1{,}5kW \times 365\frac{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\varepsilon\varsigma}{\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma} \times 12\frac{\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\varepsilon}\rho\alpha} = 6.570{,}0kWh$$

Το λύκειο διαθέτει αίθουσα πληροφορικής δυναμικότητας 30 Η/Υ για τους μαθητές συν 1 για τον καθηγητή. Κάθε Η/Υ μαζί με τα περιφερειακά και την οθόνη έχει μέση κατανάλωση 400W. Επομένως,

$$30\tau\epsilon\mu \times 0{,}4kW \times 160\frac{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma}{\acute{\epsilon}\tau o\varsigma} \times 2{,}4\frac{\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha} = 4.608{,}0kWh$$

Στο κτήριο του λυκείου θεωρούνται λοιπές καταναλώσεις οι οποίες περιλαμβάνουν, κλιματιστικά στους χώρους των γραφείων των καθηγητών, κυκλοφορητές στο λεβητοστάσιο, συναγεργός, πυρασφάλεια και φωτισμός ασφάλειας, εξαερισμοί WC κ.λπ. Για τις λοιπές καταναλώσεις επιλέγεται συντελεστής ετεροχρονισμού και λειτουργίας ίσος με 0,3. Επομένως,

$$6kW \times 8\frac{\mu\acute{\eta}\nu\epsilon\varsigma}{\acute{\epsilon}\tau o\varsigma} \times 20\frac{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma}{\mu\acute{\eta}\nu\alpha} \times 8\frac{\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma}{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha} \times 0{,}3 = 2.304{,}0kWh$$

Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για το λύκειο είναι:

$$4.665{,}0 + 806{,}4 + 580{,}0 + 1.952{,}0 + 7.008{,}0 + 6.570{,}0 + 4.608{,}0 + 2.304{,}0$$

$$= \mathbf{28.493{,}4kWh} > \mathbf{26.202{,}0kWh}$$

Ο ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ	ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ:
	Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ
	α.α.
ΙΩΑΝΝΑ ΡΑΠΤΗ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΑΧΑΚΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ Τ.Ε.	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ Τ.Ε.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

(υπολογισμοί παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά)

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

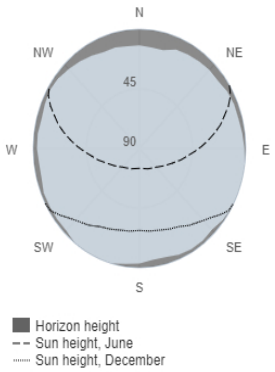
Provided inputs:

Latitude/Longitude:	38.391, 21.824
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed:	20 kWp
System loss:	16 %

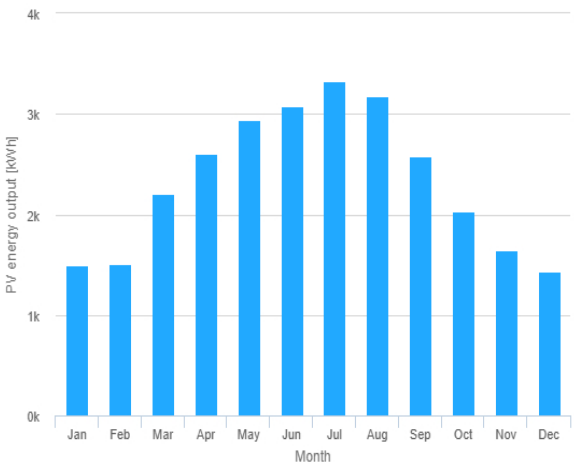
Simulation outputs

Slope angle:	24 °
Azimuth angle:	-30 °
Yearly PV energy production:	28023.96 kWh
Yearly in-plane irradiation:	1947.85 kWh/m²
Year-to-year variability:	822.20 kWh
Changes in output due to:	
Angle of incidence:	-2.7 %
Spectral effects:	0.6 %
Temperature and low irradiance:	-12.52 %
Total loss:	-28.06 %

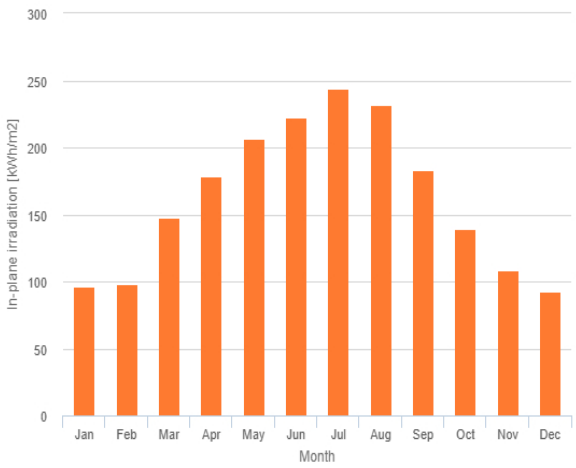
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1493.4	96.2	191.4
February	1509.3	98.1	237.1
March	2207.6	147.2	210.3
April	2601.6	178.5	182.9
May	2942.4	206.9	169.6
June	3078.8	222.1	117.2
July	3323.0	243.9	59.4
August	3173.5	232.1	72.7
September	2578.3	182.8	178.6
October	2035.3	139.0	179.4
November	1647.9	108.6	235.5
December	1433.0	92.6	272.0

E_m: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.

However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity,

ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date,

iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility,

iv) not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

PVGIS ©European Union, 2001-2021.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Joint Research Centre

Report generated on 2021/03/02