



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
“ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ” / “DEMOKRITOS”
NATIONAL CENTER FOR SCIENTIFIC RESEARCH

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ & ΑΛΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
LABORATORY OF TESTING SOLAR & OTHER ENERGY SYSTEMS

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ
ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΛΥΜΜΑ
ΠΡΟΤΥΠΑ EN 12975-2 / ISO 9806-1

TEST REPORT
DETERMINATION OF THERMAL PERFORMANCE
OF GLAZED LIQUID HEATING SOLAR COLLECTORS
STANDARDS EN 12975-2 / ISO 9806-1

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ / REFERENCE
1174DE1

Το Εργαστήριο ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 και είναι διαπιστευμένο από το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης (Αριθ. Πιστοπ. Διαπίστευσης 311(00)002).

The Laboratory satisfies the requirements of standard ELOT EN ISO/IEC 17025 and it has accreditation from the National Accreditation Authority of Greece (Accreditation Cert. No. 311(00)002).



Δοκιμές
Αρ. Πιστ. 002

153-10 Αγ. Παρασκευή, Αττική
Τηλ.: (210) 6503815
Fax: (210) 6544592

GR- 153 10 Ag. Paraskevi, Greece
Tel.: +30-210-6503815
Fax: +30-210-6544592

E-mail: sollab@ipta.demokritos.gr

Web site: <http://www.solar.demokritos.gr>

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ
ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΦΑΝΕΣ ΚΑΛΥΜΜΑ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ EN 12975-2* / ISO 9806-1**

TEST REPORT
DETERMINATION OF THERMAL PERFORMANCE
OF GLAZED LIQUID HEATING SOLAR COLLECTORS
ACCORDING TO STANDARDS EN 12975-2* / ISO 9806-1**

* EN 12975-2: "Thermal solar systems and components - Solar Collectors - Part 2: Test methods".

** ISO 9806-1: "Test methods for solar collectors - Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ & ΑΛΛΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ" / NCSR "DEMOKRITOS"
LABORATORY OF TESTING SOLAR & OTHER ENERGY SYSTEMS

ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΩΝ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΡΟΪΣΤ/ΝΟΣ Β. ΜΠΕΛΕΣΙΩΤΗ
ΤΗΛ. 6544592 - FAX: 6544592
153 10 ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ - ΑΤΤΙΚΗ

Δρ. Σ. Μπαμπαλής / Dr. S. Babalis
Υπεύθυνος Δοκιμών / Responsible for Testing

Δρ. Β. Μπελεσιώτης / Dr. V. Belessiotis
Προϊστάμενος / Laboratory Head

Ημερομηνία / Date: 1/07/2008

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

- 1) Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τους συλλέκτες στους οποίους πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και οι οποίοι προσκομίστηκαν από τον πελάτη.
- 2) Η παρούσα έκθεση δεν πρέπει να αναπαραχθεί παρά μόνο στο σύνολό της χωρίς την γραπτή έγκριση του Εργαστηρίου.
- 3) Ο μετρητικός εξοπλισμός καλύπτει τις ανάγκες ακρίβειας των προτύπων. Δεν δίδονται αβεβαιότητες στα αποτελέσματα.

NOTES:

- 1) The results are related only with the collectors on which tests were performed and which were delivered by the customer.
- 2) This report can be reproduced without the written permission of the Laboratory only in full.
- 3) Measurement equipment conforms with the accuracy/precision requirements of the standards. Uncertainty of results is not provided.

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ / TEST REPORT

Πελάτης:	<i>Customer:</i>
Τηλ.:	<i>Tel.:</i>
Fax:	<i>Fax:</i>
Ημερομηνία παραλαβής συλλέκτη (καλή κατάσταση) / <i>Receipt date of collector (in good condition):</i> 04/06/2008	

A.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / *SOLAR COLLECTOR DESCRIPTION*

A.1.1 Βασικά Στοιχεία / *Basic data*

- Όνομα Κατασκευαστή:
Name of Manufacturer:
- Χαρακτηριστικά Συλλέκτη: B1639
Collector model :
- Κωδικός συλλέκτη(ων) δοκιμής: 1174
Collector (s) code :

A.1.2. Συλλέκτης / *Collector*

- Τύπος: / *Type :*
 - Επίπεδος / *Flat plate*
 - Σωλήνων κενού / *Evacuated tube*
 - Άλλος / *Other:.....*
- Εμβαδόν ολικής επιφάνειας / *Gross area:* 2.01 m²
- Εμβαδόν επιφάνειας παραθύρου / *Aperture area:* 1.88 m²
- Αριθμός καλυμμάτων* / *Number of covers*:* 1
- Υλικά καλυμμάτων*: Ηλιακό Πρισματικό γυαλί θερμικά επεξεργασμένο
Cover materials:* *Solar prismatic heat-treated glass*
- Πάχος καλυμμάτων*: 4 mm
Cover thickness:*
- Αριθμός σωλήνων ή καναλιών* / *Number of tubes or channels*:* 12

(*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη
Specifications supplied by customer

(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

- Διάμετρος σωλήνων (εσωτερική) ή διαστάσεις καναλιών*: 9,2 mm
*Tube diameter (inside) or channel dimensions**:
- Απόσταση σωλήνων ή καναλιών* / *Tube or channel pitch**: 8 cm

A.1.3 Μέσο Μεταφοράς Θερμότητας* / *Heat Transfer Medium**

- Τύπος: / *Type* : Νερό / Water Λάδι / Oil Άλλο / Other
- Ιδιότητες (πρόσθετα κ.τ.λ.): -**
Specifications (additives etc.) : -**

A.1.4 Απορροφητής / *Absorber*

- Υλικό*: Σωλήνες – πτερύγια χαλκού
*Material**: *Copper fins and tubes*
- Τρόπος επεξεργασίας της επιφάνειας*: Επιλεκτική βαφή
*Surface treatment**: *Selective coating*
- Τύπος κατασκευής*: Συγκόλληση με υπερήχους
*Construction type**: *Ultrasonic welded*
- Βάρος υγρού* / *Fluid content**: 2,15 kg
- Εμβαδόν* / *Area**: 1.78 m²

A.1.5 Θερμική Μόνωση και Πλαίσιο / *Thermal Insulation and Casing*

- Πάχος θερμικής μόνωσης*: 3 cm (πλάτη), 2cm (πλευρικά)
*Thermal insulation thickness**: *3 cm (back), 2cm (side)*
- Υλικό μόνωσης, πλάτη*: Πετροβάμβακας
*Insulation material, back** : *Rockwool*
- Υλικό μόνωσης, πλευρικά*: Πετροβάμβακας
*Insulation material, sides**: *Rockwool*
- Υλικό πλαισίου, πλευρικά*: Αλουμίνιο 1 mm
*Casing material, sides** : *Aluminium 1 mm*
- Υλικό πλαισίου, πλάτη*: Λαμαρίνα γαλβανισμένη εν θερμώ τύπου embossed 0.4mm
*Casing material, back**: *Embossed, hot galvanized steel sheet 0.4mm*

(*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη
Specifications supplied by customer

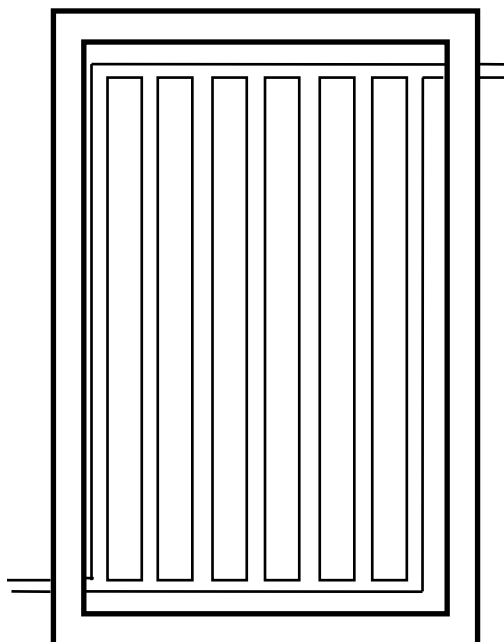
(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

- Ολικό βάρος συλλέκτη χωρίς υγρό* / *Total mass of collector without fluid**: 34 Kg
- Ολικές διαστάσεις / *Gross dimensions*: (1982 x 1015 x 86) mm
- Διαστάσεις παραθύρου / *Aperture dimensions*: (1937 x 970) mm
- Στεγανοποιητικά υλικά*: Σιλικόνη - EPDM
*Sealing material**: *Silicon - EPDM*

A.1.6 Περιορισμοί* / *Liminations**

- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας / *Maximum temperature of operation*: 200 °C
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας / *Maximum operating pressure*: 1 MPa

A.1.7 Σχηματική Παράσταση του Συλλέκτη* / *Schematic Diagram of the Collector**



(*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη
Specifications supplied by customer

(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

A.1.8 Φωτογραφία Συλλέκτη / *Photo of the Collector*



(*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη
Specifications supplied by customer

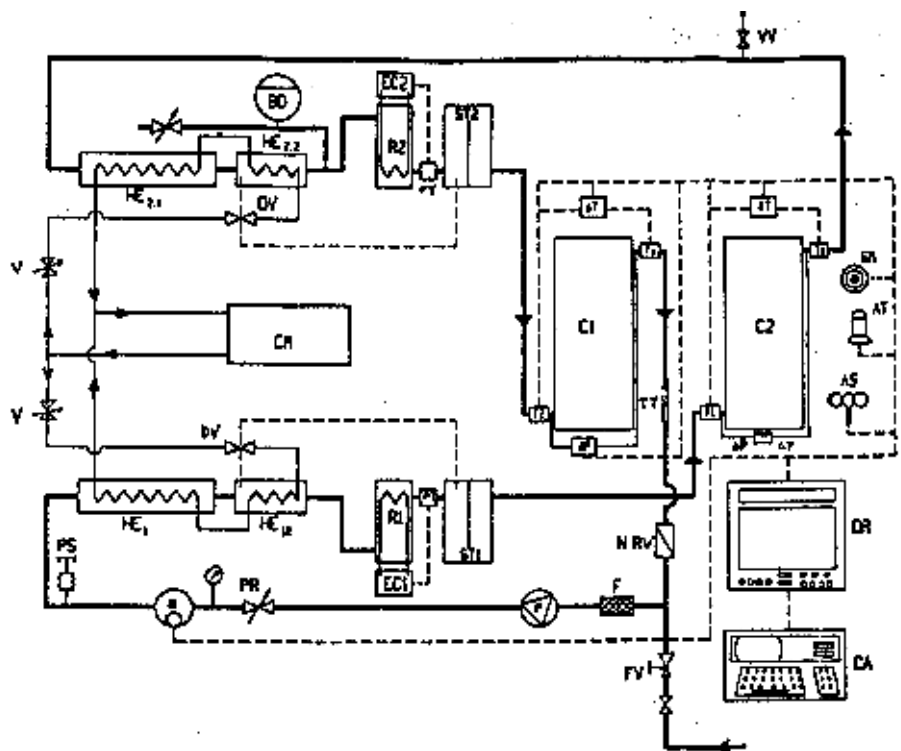
(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

A.2 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ / INSTANTANEOUS EFFICIENCY

A.2.1 Μέθοδος / Method

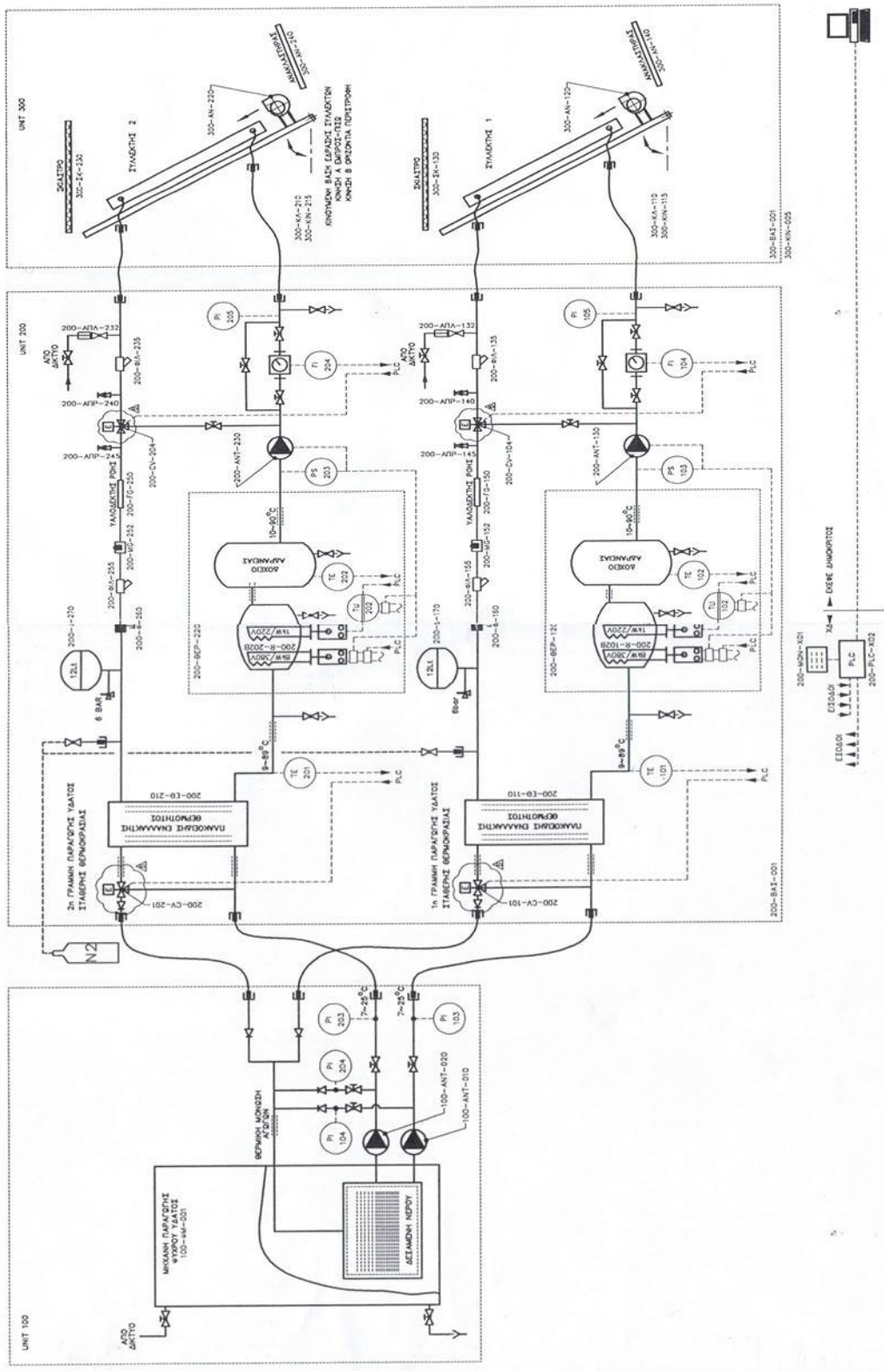
Συνθήκες μόνιμης κατάστασης στο ύπαιθρο / Outdoor steady-state conditions

A.2.2 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (1^η εγκατάσταση) Schematic Diagram of the Test Loop (1st Installation)



C	Επίπεδος συλλέκτης	Flat-plate solar collector
HE	Εναλλάκτης θερμότητας	Heat exchanger
CM	Ψυκτική μονάδα	Cooling machine
DV	Διαφορική βάνα	Differential valve
EC	Ηλεκτρικός σταθεροποιητής θερμοκρασίας νερού	Electrical stabilizer of water temperature
PT	Θερμόμετρο Pt100	Pt100 temperature sensor
ΔΡ	Διαφορικό πιεσόμετρο	Differential pressure meter
ΔΤ	Μετρητής διαφοράς θερμοκρασίας	Temperature difference meter
Ti	Θερμόμετρο Pt100 (είσοδος συλλέκτη)	Pt100 temperature sensor (collector inlet)
Te	Θερμόμετρο Pt100 (έξοδος συλλέκτη)	Pt100 temperature sensor (collector outlet)
m	Ροόμετρο	Flow meter
F	Φίλτρο	Filter
P	Κυκλοφορητής	Circulating pump
PR	Ρυθμιστής πίεσης	Pressure controller
SV	Βαλβίδα ασφάλειας	Safety valve
BD	Δοχείο διαστολής	Expansion vessel
ST	Δοχείο σταθερής θερμοκρασίας	Steady temperature vessel
R	Θερμική αντίσταση	Thermal resistance
V	Βάνα ρύθμισης παροχής νερού ψύξης	Valve for the control of cooling water flow
SM	Πυρανόμετρο	Pyranometer
AT	Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος	Ambient air temperature sensor
AS	Μετρητής ταχύτητας ανέμου	Anemometer
DR	Σύστημα συλλογής δεδομένων	Data acquisition system - recorder
GA	Ηλ. Υπολογιστής	Computer

A.2.3 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (2^η εγκατάσταση) / Schematic Diagram of the Test Loop (2nd Installation)



A.2.4 Αποτελέσματα δοκιμών, μετρήσεις και προκύπτοντα αποτελέσματα / Test results, measurements and derived data

Γεωγραφικό πλάτος / Latitude : 37° 58' Γεωγραφικό μήκος / Longitude: 23° 43'

Κλίση συλλέκτη / Collector tilt: 43 μοίρες / deg. Προσανατολισμός συλλέκτη: παρακολουθεί τον ήλιο

Collector azimuth sun tracking

Τοπική ώρα στο Ηλιακό μεσημέρι: 12:20 1^η Εγκατάσταση / 1st installation ☒

Local time at the solar: 2^η Εγκατάσταση / 2nd installation ☐

Πίνακας A.1 / Table A.1
Αποτελέσματα Δοκιμών - Δεδομένα Μερήσεων / Test Results - Measured Data

Ημ/νία / Date	LT	G	G _d / G	t _a	u	t _{in}	(t _e -t _{in})	\dot{m}
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m ²	%	°C	m/s	°C	K	kg/s
12/Jun/2008	15:52-16:02	967	16	30.7	2	26.5	8.09	0.0400
17/Jun/2008	10:40-10:51	982	9	29.1	2	25.0	7.85	0.0403
12/Jun/2008	15:40-15:51	970	16	30.5	2	26.5	8.12	0.0401
12/Jun/2008	16:05-16:16	959	16	30.4	2	26.5	8.02	0.0400
17/Jun/2008	11:56-12:06	967	10	31.0	2	36.2	7.73	0.0399
12/Jun/2008	14:59-15:09	978	17	30.7	2	36.3	7.68	0.0397
17/Jun/2008	11:36-11:46	963	11	30.4	2	36.1	7.72	0.0397
12/Jun/2008	14:33-14:43	969	17	30.2	2	36.4	7.49	0.0401

Πίνακας Α.1 / Table A.1
Αποτελέσματα Δοκιμών - Δεδομένα Μερήσεων / Test Results - Measured Data (συνέχεια / continued)

Ημ/νία / Date	LT	G	G _d / G	t _a	u	t _{in}	(t _e -t _{in})	\dot{m}
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m ²	%	°C	m/s	°C	K	kg/s
17/Jun/2008	12:47-12:57	922	12	32.1	2	56.1	6.32	0.0397
17/Jun/2008	12:31-12:41	937	11	31.5	2	56.0	6.46	0.0399
12/Jun/2008	13:52-14:02	914	18	30.1	2	56.2	6.14	0.0395
12/Jun/2008	13:30-13:41	903	17	29.8	2	56.2	6.05	0.0396
17/Jun/2008	15:16-15:26	966	14	33.6	2	73.2	5.91	0.0391
17/Jun/2008	14:59-15:09	960	14	33.1	2	73.3	5.94	0.0391
17/Jun/2008	14:46-14:56	947	14	33.4	2	73.5	5.75	0.0392
17/Jun/2008	14:24-14:34	933	14	33.0	2	72.8	5.63	0.0390

Πίνακας A.2 / Table A.2
Αποτελέσματα Δοκιμών - Υπολογιζόμενα Μεγέθη / Test Results - Derived Data

Ημ/νία / Date	LT	t _m	c _f	\dot{Q}	(t _m - t _a) / G	(t _m - t _a) / G	$\dot{Q}/(A_G G)$	$\dot{Q}/(A_c G)$	$\dot{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m ² K/W	m ² K/W	-	-	-
12/Jun/2008	15:52-16:02	30.5	4179	1353	0.000	-0.004	0.70	0.74	0.79
17/Jun/2008	10:40-10:51	28.9	4179	1323	0.000	-0.004	0.67	0.72	0.76
12/Jun/2008	15:40-15:51	30.6	4179	1360	0.000	-0.004	0.70	0.75	0.79
12/Jun/2008	16:05-16:16	30.5	4179	1341	0.000	-0.004	0.70	0.74	0.79
17/Jun/2008	11:56-12:06	40.0	4179	1289	0.009	0.005	0.66	0.71	0.75
12/Jun/2008	14:59-15:09	40.2	4179	1273	0.010	0.006	0.65	0.69	0.73
17/Jun/2008	11:36-11:46	40.0	4179	1281	0.010	0.006	0.66	0.71	0.75
12/Jun/2008	14:33-14:43	40.2	4179	1256	0.010	0.006	0.65	0.69	0.73

Πίνακας Α.2 / Table A.2
Αποτελέσματα Δοκιμών - Υπολογιζόμενα Μεγέθη / Test Results - Derived Data (συνέχεια / continued)

Ημ/νία / Date	LT	t_m	c_f	\bar{Q}	$(t_m - t_a) / G$	$(t_m - t_a) / G$	$\bar{Q} / (A_G G)$	$\bar{Q} / (A_c G)$	$\bar{Q} / (A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m^2 K/W	m^2 K/W	-	-	-
17/Jun/2008	12:47-12:57	59.2	4185	1051	0.030	0.026	0.57	0.61	0.64
17/Jun/2008	12:31-12:41	59.2	4185	1078	0.030	0.026	0.57	0.61	0.65
12/Jun/2008	13:52-14:02	59.3	4185	1015	0.032	0.029	0.55	0.59	0.62
12/Jun/2008	13:30-13:41	59.3	4185	1004	0.033	0.029	0.55	0.59	0.63
17/Jun/2008	15:16-15:26	76.1	4194	970	0.044	0.041	0.50	0.53	0.56
17/Jun/2008	14:59-15:09	76.3	4194	974	0.045	0.042	0.50	0.54	0.57
17/Jun/2008	14:46-14:56	76.4	4194	945	0.045	0.042	0.50	0.53	0.56
17/Jun/2008	14:24-14:34	75.6	4193	921	0.046	0.043	0.49	0.53	0.55

A.2.5 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην ολική επιφάνεια και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on gross area and mean temperature of heat transfer fluid.

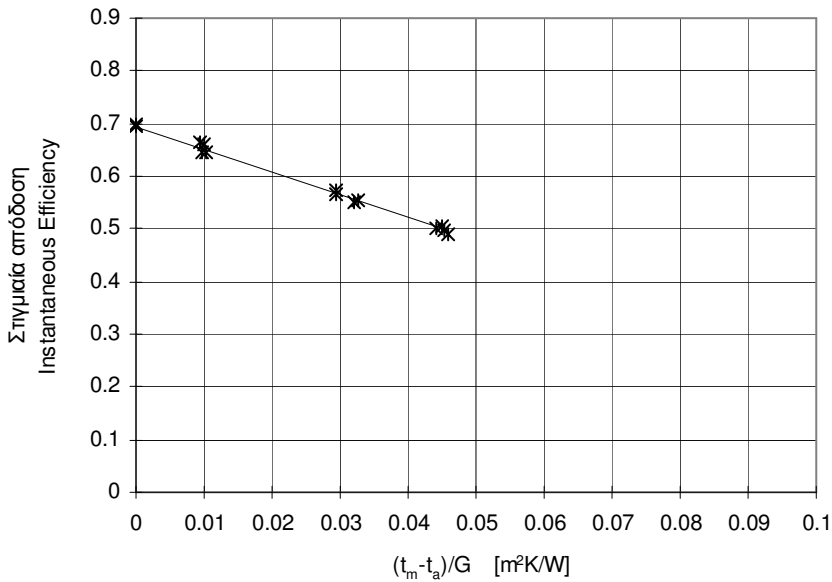
A.2.5.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\bar{\eta}_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.01 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική:
$$\bar{\eta}_G = \bar{\eta}_{0G} - \bar{U}_G \frac{t_m - t_a}{G}$$

Linear fit to data:

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.69$$

$$\bar{U}_G = \dots\dots\dots 4.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

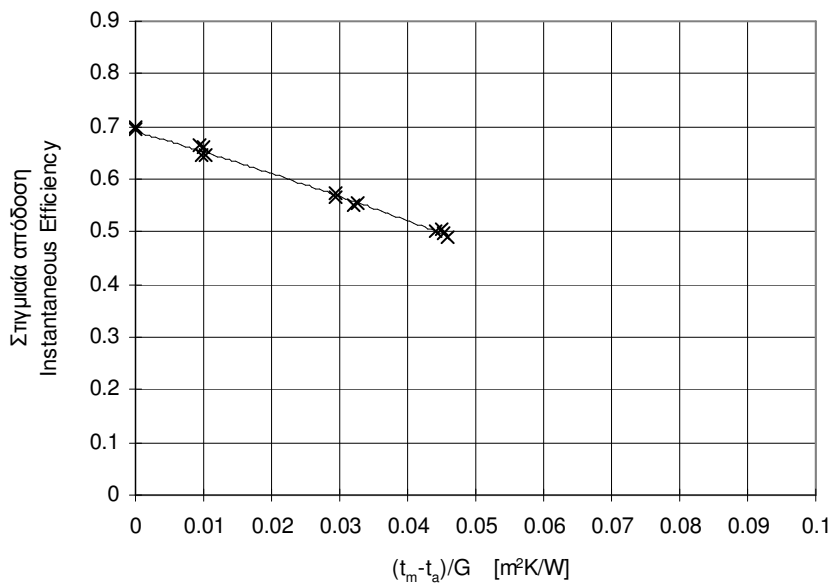
A.2.5.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\bar{\eta}_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.01 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού: $\bar{\eta}_G = \bar{\eta}_{0G} - \bar{\alpha}_{1G} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2G} G \left(\frac{t_m - t_a}{G}\right)^2$

Second order fit to data :

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.69$$

$$\bar{\alpha}_{1G} = \dots\dots\dots 3.81 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2G} = \dots\dots\dots 0.011 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

A.2.6 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια παραθύρου και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on aperture area and mean temperature of heat transfer fluid.

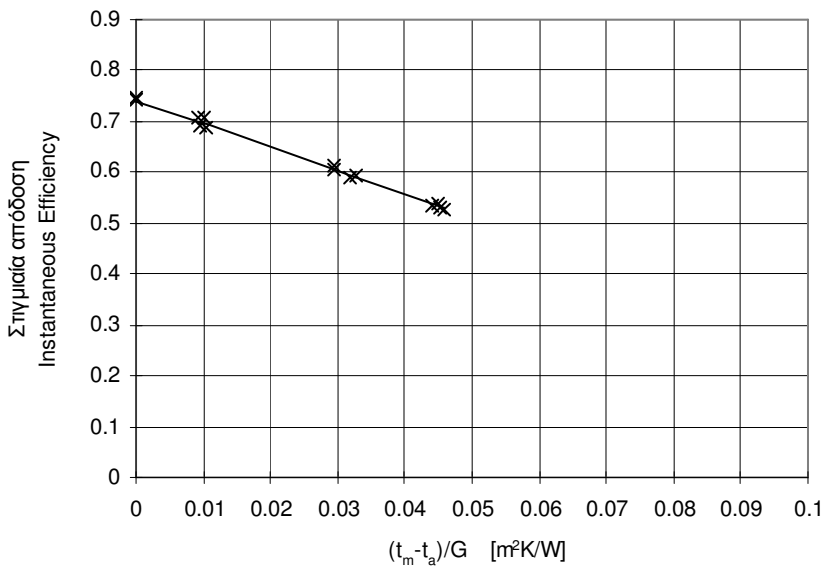
A.2.6.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\bar{\eta}_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.88 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική:
$$\bar{\eta}_c = \bar{\eta}_{0c} - \bar{U}_c \frac{t_m - t_a}{G}$$

Linear fit to data:

$$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.74$$

$$\bar{U}_c = \dots\dots\dots 4.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

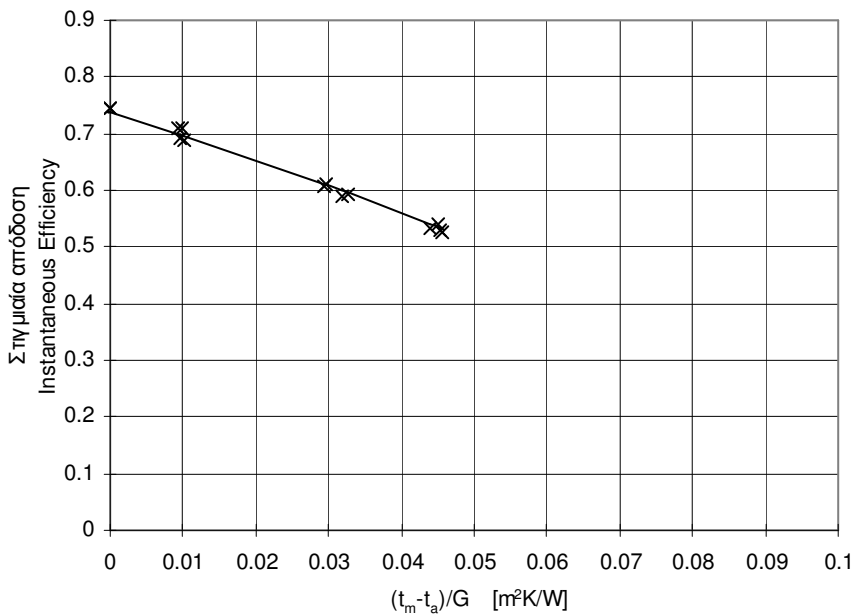
A.2.6.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency η is defined by :

$$\bar{\eta}_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.88 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.040 kg/s
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\bar{\eta}_c = \bar{\eta}_{0c} - \bar{\alpha}_{1c} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2c} G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.74$

$\bar{\alpha}_{1c} = \dots\dots\dots 4.08 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\bar{\alpha}_{2c} = \dots\dots\dots 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

$\sigma(\bar{\eta}_{0c}) = \dots\dots\dots 0.00$

$\sigma(\bar{\alpha}_{1c}) = \dots\dots\dots 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\sigma(\bar{\alpha}_{2c}) = \dots\dots\dots 0.011 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / Note:

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

**A.2.7 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια απορροφητή και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and mean temperature of heat transfer fluid.**

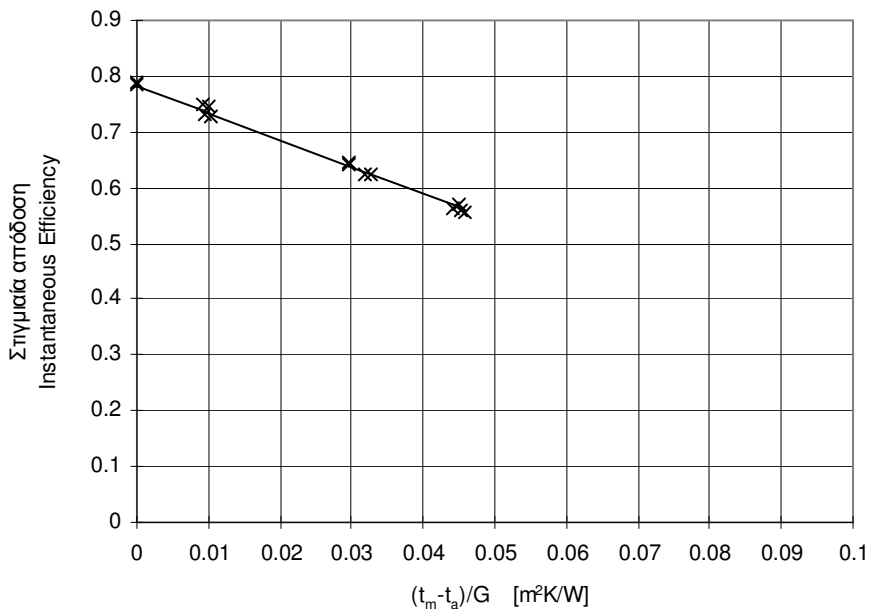
A.2.7.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\bar{\eta}_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.78 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική:
$$\bar{\eta}_A = \bar{\eta}_{0A} - \bar{U}_A \frac{t_m - t_a}{G}$$

Linear fit to data:

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.78$$

$$\bar{U}_A = \dots\dots\dots 4.85 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

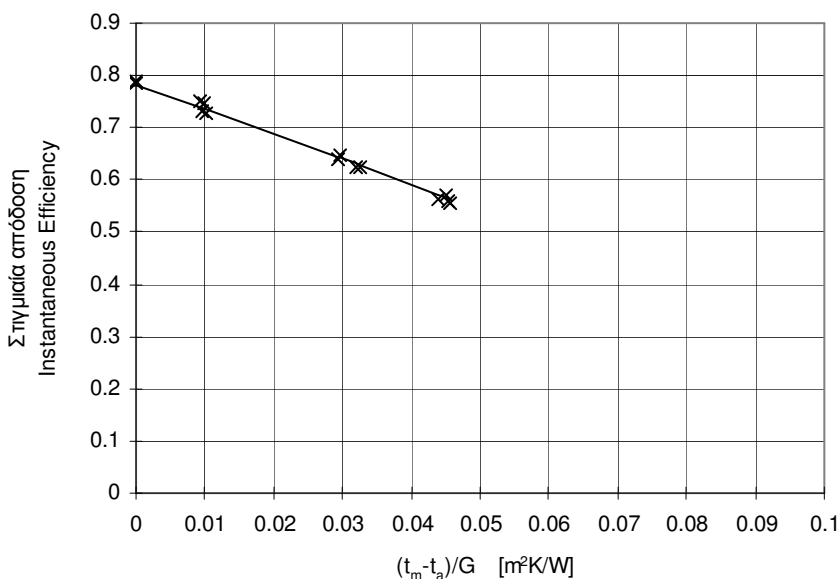
A.2.7.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / The instantaneous efficiency η is defined by :

$$\bar{\eta}_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.78m²
 Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.040 kg/s
 Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\bar{\eta}_A = \bar{\eta}_{0A} - \bar{\alpha}_{1A} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2A} G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.78$$

$$\bar{\alpha}_{1A} = \dots\dots\dots 4.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2A} = \dots\dots\dots 0.013 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

$$\sigma(\bar{\eta}_{0A}) = \dots\dots\dots 0.00$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{1A}) = \dots\dots\dots 0.53 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{2A}) = \dots\dots\dots 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Σημείωση / Note:

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
 The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

**A.2.8 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην ολική επιφάνεια και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on gross area and inlet temperature of heat transfer fluid.**

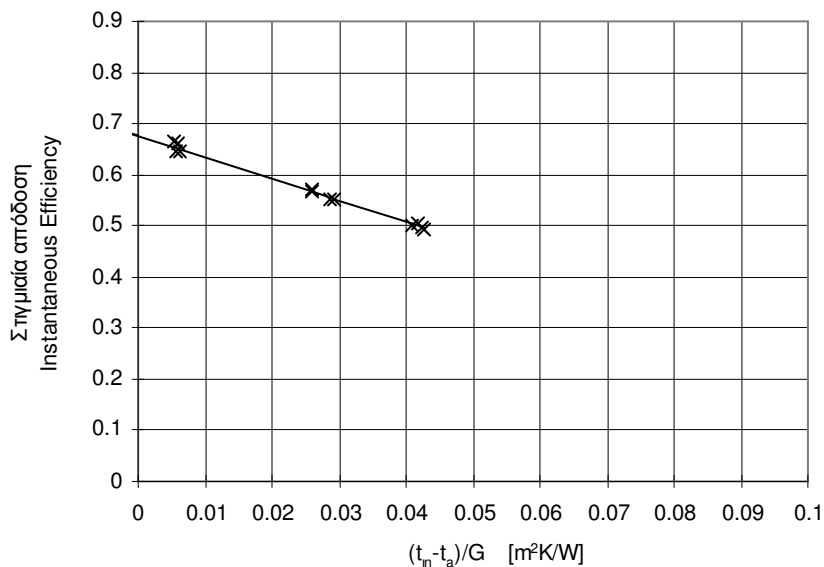
A.2.8.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.01 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική :
$$\eta_G = \eta_{0G} - U_G \frac{t_{in} - t_a}{G}$$

Linear fit to data:

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.68$

$U_G = \dots\dots\dots 4.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

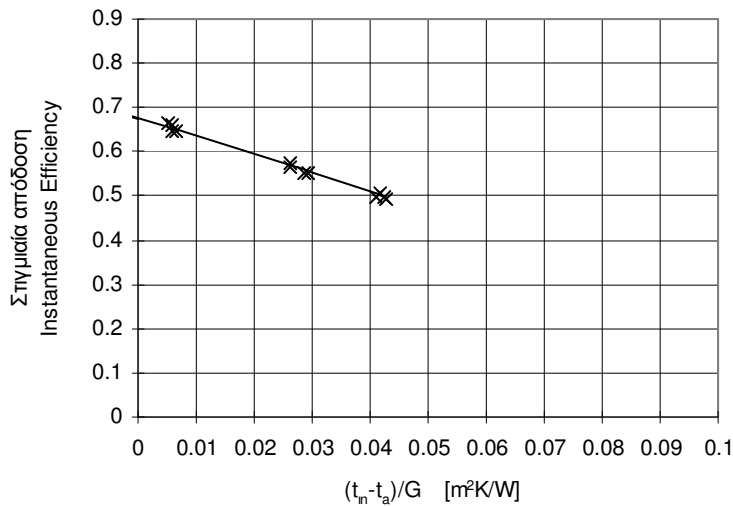
A.2.8.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_G = \hat{Q} / (A_G G)$$

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.01 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\eta_G = \eta_{0G} - \alpha_{1G} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2G} G \left(\frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.68$
 $\alpha_{1G} = \dots\dots\dots 3.81 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 $\alpha_{2G} = \dots\dots\dots 0.011 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

A.2.9 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια παραθύρου και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on aperture area and inlet temperature of heat transfer fluid.

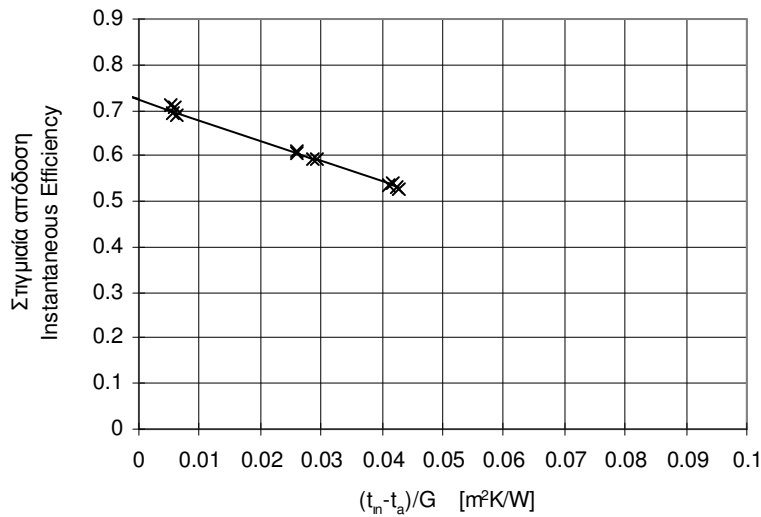
A.2.9.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by*

$$\eta_c = \hat{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.88 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική:
$$\eta_c = \eta_{0c} - U_c \frac{t_{in} - t_a}{G}$$

Linear fit to data :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.72$

$U_c = \dots\dots\dots 4.49 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

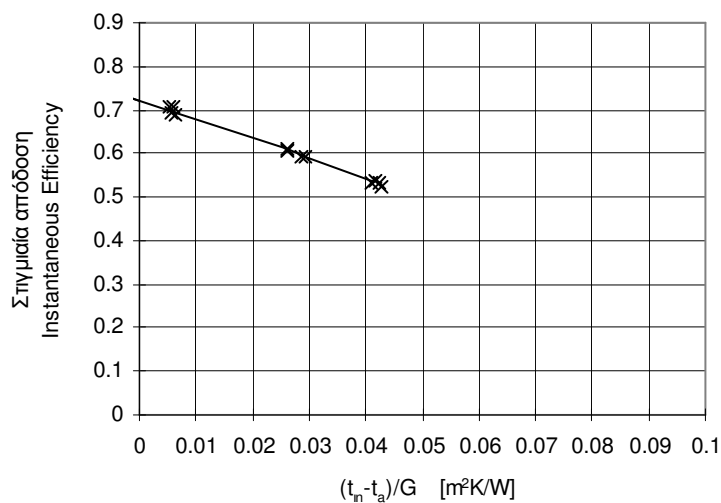
A.2.9.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_c = \dot{Q} / (A_c G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.88 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\eta_c = \eta_{0c} - \alpha_{1c} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2c} G \left(\frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.72$
 $\alpha_{1c} = \dots\dots\dots 4.08 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 $\alpha_{2c} = \dots\dots\dots 0.011 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

**A.2.10 ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, βασιζόμενη στην επιφάνεια απορροφητή και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.
 INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and inlet temperature of heat transfer fluid.**

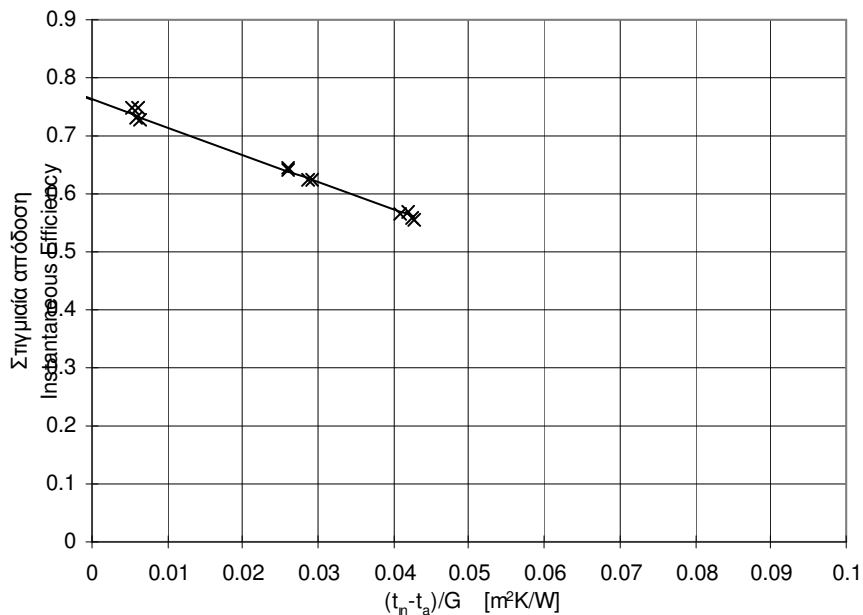
A.2.10.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.78 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική : $\eta_A = \eta_{0A} - U_A \frac{t_{in} - t_a}{G}$

Linear fit to data :

$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.76$

$U_A = \dots\dots\dots 4.74 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

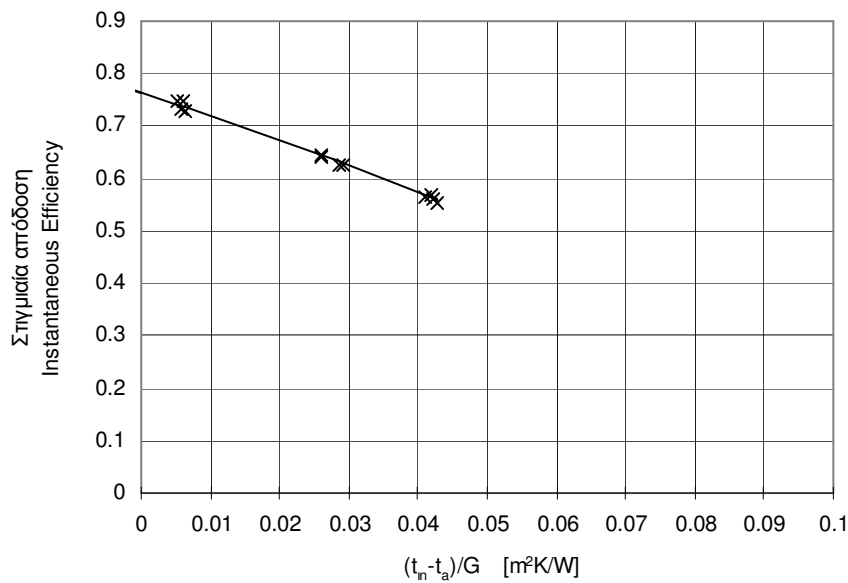
A.2.10.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

Η στιγμιαία απόδοση ορίζεται από τη σχέση / *The instantaneous efficiency η is defined by :*

$$\eta_A = \hat{Q} / (A_A G)$$

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.78 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.040 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\eta_A = \eta_{0A} - \alpha_{1A} \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2A} G \left(\frac{t_{in} - t_a}{G} \right)^2$

Second order fit to data :

$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.76$

$\alpha_{1A} = \dots\dots\dots 4.31 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2A} = \dots\dots\dots 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

Σημείωση / *Note:*

Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m²
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m².

A.3 ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / COLLECTOR OUTPUT

Η ισχύς εξόδου ανα συλλέκτη ορίζεται από την σχέση/ *The collector output Q is defined by:*

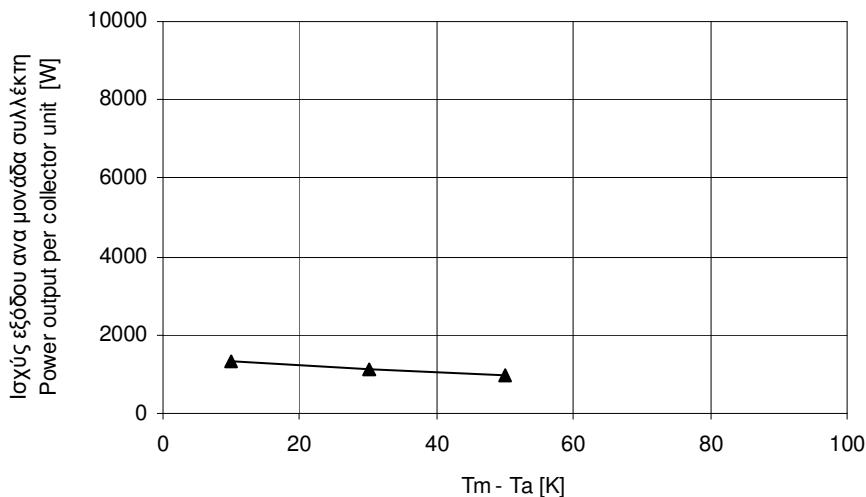
$$\dot{Q} = A_c G \bar{\eta}_c = A_c G (\bar{\eta}_{0c} - \bar{\alpha}_{1c} \frac{t_m - t_a}{G} - \bar{\alpha}_{2c} G (\frac{t_m - t_a}{G})^2)$$

Μέγιστη ισχύς εξόδου / *The peak collector output Q :*

$$W_{peak} = A_c G \bar{\eta}_{0c} = 1389 \text{ W}$$

Πίνακας A.3 / Table A.3
Ισχύς εξόδου ανά μονάδα συλλέκτη / Power Output per collector unit

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ / RADIATION			
Tm-Ta	400	700	1000
[K]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]
10	477	893	1310
30	305	721	1138
50	115	531	948

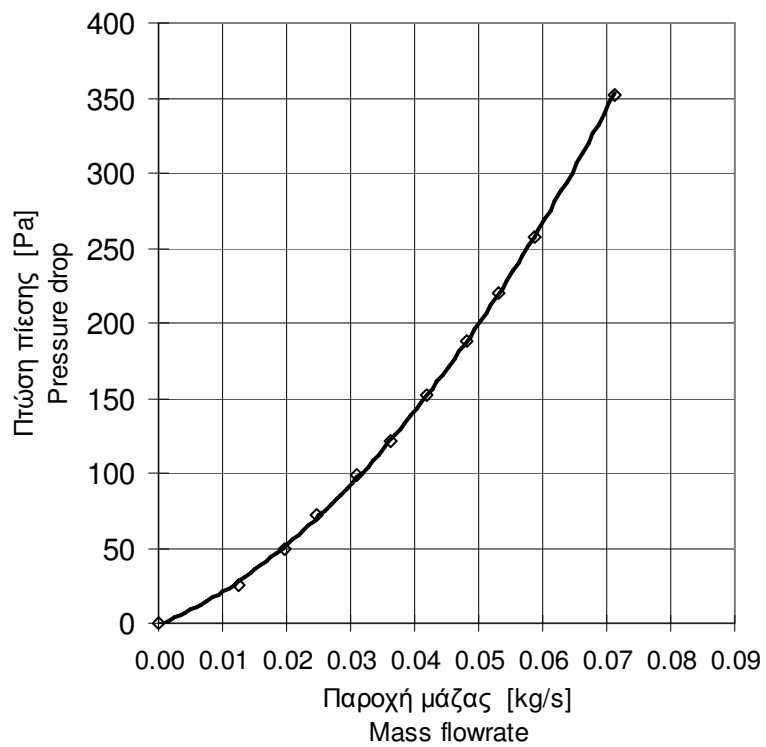


Ισχύς εξόδου ανα συλλέκτη (για G=1000 W/m²) /
 Power output per collector unit (for G=1000W/m²)

A.4 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ / *PRESSURE DROP*

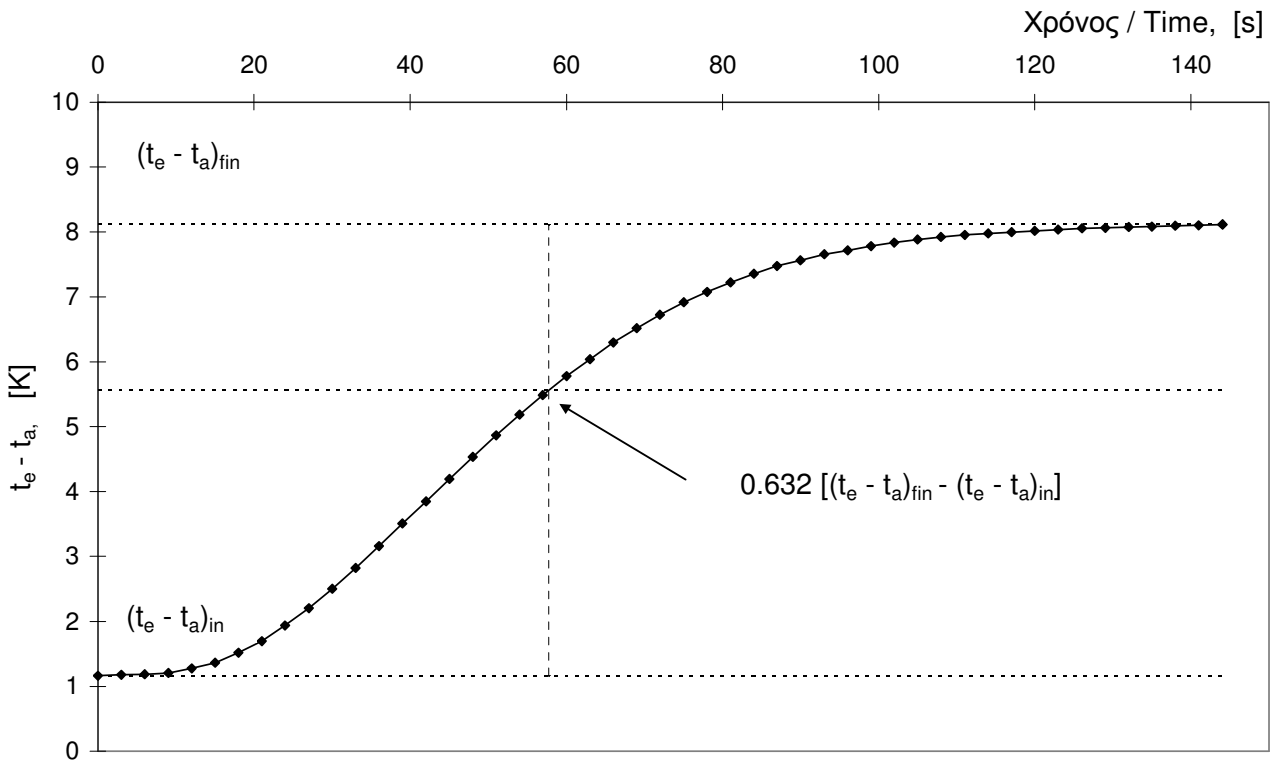
Υγρό / *Fluid* : Νερό / *Water*

Θερμοκρασία υγρού / *Fluid Temperature* : 20 °C



A.5 ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ / TIME CONSTANT

$\tau_c = \dots\dots\dots 57.75 \text{ s}$



A.6 ΕΝΕΡΓΟΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ / *EFFECTIVE THERMAL CAPACITY*

C = 18.2 KJ/K

Καθορισμός με / *Determination*: Δοκιμή εξωτερικά / *Outdoors*

Σημείωση:

Η ενεργός θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τις μετρούμενες τιμές των μεγεθών t_{in} , ΔT , t_a , G με την ακόλουθη εξίσωση για δοκιμή σε εξωτερικό χώρο :

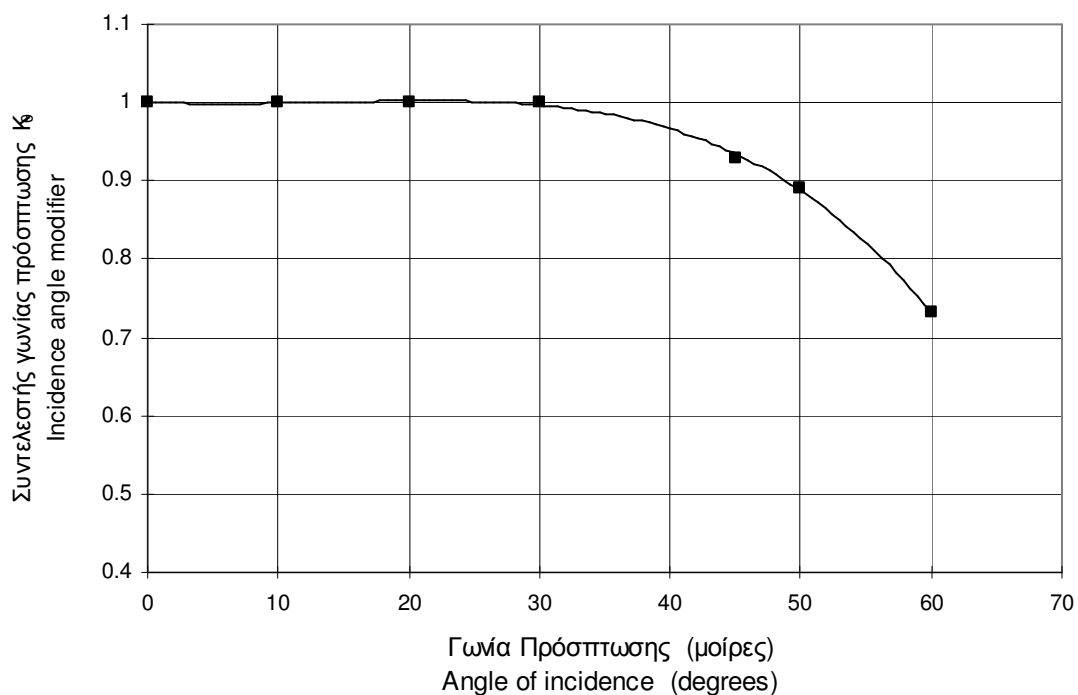
Note:

The effective thermal capacity is calculated from or from the measurement records of t_{in} , ΔT , t_a , G and by the following relation for outdoor testing :

$$C = \frac{A_G \bar{\eta}_{0G} \int_{t_1}^{t_2} G dt - \dot{m} c_f \int_{t_1}^{t_2} \Delta T dt - A_G \bar{U}_G \left[\int_{t_1}^{t_2} (t_{in} - t_a) dt + \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} \Delta T dt \right]}{t_{m2} - t_{m1}}$$

A.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ / *INCIDENCE ANGLE MODIFIER*

Γωνία <i>Angle</i>	0 ⁰	30 ⁰	45 ⁰	50 ⁰	60 ⁰
K _θ	1.00	1.00	0.93	0.89	0.73



A.8 ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ / SYMBOLS AND UNITS

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
α_1	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T_i^* <i>Algebraic constant, reference to T_i^*</i>	W/(m ² K)
$\bar{\alpha}_1$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T_m^* <i>Algebraic constant, reference to T_m^*</i>	W/(m ² K)
α_2	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T_i^* <i>Algebraic constant, reference to T_i^*</i>	W/(m ² K ²)
$\bar{\alpha}_2$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T_m^* <i>Algebraic constant, reference to T_m^*</i>	W/(m ² K ²)
A_A	Εμβαδόν απορροφητή του συλλέκτη <i>Absorber area of collector</i>	m ²
A_C	Εμβαδόν παραθύρου του συλλέκτη <i>Aperture area of collector</i>	m ²
A_G	Ολικό εμβαδόν του συλλέκτη <i>Gross area of collector</i>	m ²
c_f	Ειδική θερμότητα του υγρού μέσου μεταφ. θερμότητας <i>Specific heat capacity of heat transfer fluid</i>	J/(kg K)
C	Ενεργός θερμοχωρητικότητα του συλλέκτη <i>Effective thermal capacity of collector</i>	J/K
G	Ένταση ολικής ηλιακής ακτινοβολίας <i>Global solar irradiance</i>	W/ m ²
G_d	Ένταση διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας <i>Diffuse solar irradiance</i>	W/ m ²
K_θ	Συντελεστής γωνίας πρόσπτωσης <i>Incidence angle modifier</i>	---
LT	Τοπική ώρα <i>Local time</i>	---
\dot{m}	Παροχή μάζας του υγρού μεταφοράς θερμότητας <i>Mass flow rate of heat transfer fluid</i>	kg/s
\hat{Q}	Ωφέλιμη ισχύς αποδιδόμενη από το συλλέκτη <i>Useful power extracted from collector</i>	W

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
t	Χρόνος <i>Time</i>	s
t _a	Θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα <i>Ambient or surrounding air temperature</i>	°C
t _e	Θερμοκρασία εξόδου από συλλέκτη <i>Collector outlet (exit) temperature</i>	°C
t _{in}	Θερμοκρασία εισόδου στο συλλέκτη <i>Collector inlet temperature</i>	°C
t _m	Μέση θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς θερμότητας <i>Mean temperature of heat transfer fluid</i>	°C
T	Απόλυτη θερμοκρασία <i>Absolute temperature</i>	°C
T* _i	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, T* _i =(t _{in} -t _a)/G <i>Reduced temperature difference</i>	m ² K/W
T* _m	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, T* _m =(t _m -t _a)/G <i>Reduced temperature difference</i>	m ² K/W
U	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T* _i <i>Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T*_i</i>	W/(m ² K)
\bar{U}	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T* _m <i>Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T*_m</i>	W/(m ² K)
u	Ταχύτητα περιβάλλοντος αέρα <i>Surrounding air speed</i>	m/s
V _f	Χωρητικότητα του συλλέκτη <i>Fluid capacity of collector</i>	m ³
Δp	Πτώση πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του ρευστού <i>Pressure difference between fluid inlet and outlet</i>	Pa
Δt	Χρονικό διάστημα <i>Time interval</i>	s

Σύμβολο Symbol	Σημασία Meaning	Μονάδες Units
ΔT	Θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξόδου και εισόδου, $\Delta T = t_e - t_{in}$ <i>Temperature difference between fluid outlet and inlet</i>	K
η	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την T^*_i <i>Collector thermal efficiency, with reference to T^*_i</i>	---
$\bar{\eta}$	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την T^*_m <i>Collector thermal efficiency, with reference to T^*_m</i>	---
η_0	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_i = 0$) <i>Eta zero (η at $T^*_i = 0$), reference to T^*_i</i>	---
$\bar{\eta}_0$	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_m = 0$) <i>Eta zero ($\bar{\eta}$ at $T^*_m = 0$), reference to T^*_m</i>	---
ρ	Πυκνότητα του ρευστού μεταφοράς θερμότητας <i>Density of heat transfer fluid</i>	kg/m ³
τ_c	Σταθερά χρόνου του συλλέκτη <i>Collector time constant</i>	s
Q_{peak}	Μέγιστη ισχύς εξόδου <i>Collector peak output</i>	W

Δείκτες / Subscripts

A	Αναφορά στην επιφάνεια του απορροφητή <i>Reference to absorber area</i>
C	Αναφορά στην επιφάνεια του παραθύρου <i>Reference to aperture area</i>
G	Αναφορά στην ολική επιφάνεια του συλλέκτη <i>Reference to gross collector area</i>