



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 ΣΥΛΛΕΚΤΗ / COLLECTOR REFERENCE
1117

Το Εργαστήριο ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 και είναι διαπιστευμένο από το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης (Αριθ. Πιστοπ. Διαπίστευσης Νο. 02).

The Laboratory satisfies the requirements of standard ELOT EN ISO/IEC 17025 and it has accreditation from the National Accreditation Authority of Greece (Accreditation No. 02).



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 drop".

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

 **ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ** 
ΕΡΓ/ΡΙΟ ΗΛΙΑΚΩΝ - ΕΝΕΡΓ/ΚΩΝ ΣΥΣΤ/ΤΩΝ
ΠΡΟΪΣΤ/ΝΟΣ **Β. ΜΠΕΛΕΣΙΩΤΗΣ**
ΤΗΛ.: 6544592 - FAX: 6544592
B. Karapoglou / B. Karapoglou B. Μπελεσιώτης / V. Belessiotis
Υπεύθυνος Δοκιμών / Responsible for Testing Προϊστάμενος / Laboratory Head
Ημερομηνία / Date: 11/11/2004

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: ΣΟΛΕ Α.Ε.Β.Ε. Λευκτρών & Λαϊκών Αγώνων 13 671 Αχαρνές	Customer: SOLE S.A. Lefktron & L.Agonon 190 14 Acharnes
Τηλ.: 210 2389 500 Fax: 210 2389 502	Tel.: 210 2389 500 Fax: 210 2389 502
Ημερομηνία παραλαβής συλλέκτη (καλή κατάσταση) / Receipt date of collector (in good condition): 04/10/2004	

A.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / SOLAR COLLECTOR DESCRIPTION

A.1.1 Βασικά Στοιχεία / Basic data

- Όνομα Κατασκευαστή: ΣΟΛΕ Α.Ε.Β.Ε.
Name of Manufacturer: SOLE S.A.
- Χαρακτηριστικά Συλλέκτη: CLIMASOL 2.70 m²
Collector model :

A.1.2. Συλλέκτης / Collector

- Τύπος: / Type :
☒ Επίπεδος / Flat plate
☐ Σωλήνων κενού / Evacuated tube
☐ Άλλος / Other:
- Εμβαδόν ολικής επιφάνειας / Gross area : 2.67 m²
- Εμβαδόν επιφάνειας παραθύρου / Aperture area : 2.45 m²
- Αριθμός καλυμμάτων / Number of covers : 1
- Υλικά καλυμμάτων: ηλιακό γυαλί tempered low iron
Cover materials : low iron solar tempered 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*:7 mm
Tube diameter (inside) or channel dimensions:*

- Απόσταση σωλήνων ή καναλιών* / *Tube or channel pitch**:9.7 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 χαλκού - πτερύγια χαλκού 0.2 mm
Material: *copper tubes – copper fins 0.2 mm*

- Τρόπος επεξεργασίας της επιφάνειας: επιλεκτική sputtering
Surface treatment : *cathode sputtering selective surface*

- Τύπος κατασκευής: συγκόλληση laser / *laser welding*
Construction type:

- Βάρος υγρού / *Fluid content* :1.72 kg

- Εμβαδόν / *Area* : 2.44 m²

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

- Πάχος θερμικής μόνωσης*:40 mm (πλάτη), 20 mm (πλευρικά)
*Thermal insulation thickness**: *40 mm (back), 20 mm (sides)*

- Υλικό μόνωσης, πλάτη*: πετροβάμβακας / *rockwool*
*Insulation material, back** :

- Υλικό μόνωσης, πλευρικά*: υαλοβάμβακας / *glasswool*
*Insulation material, sides**

- Υλικό πλαισίου, πλευρικά*: αλουμίνιο / *aluminium*
*Casing material, sides** :

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

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

- Υλικό πλαισίου, πλάτη*: γαλβανισμένο χαλυβδόελασμα / *galvanism steel sheet*
*Casing material, back**:

- Ολικό βάρος συλλέκτη χωρίς υγρό / *Total mass of collector without fluid* : 56.68kg

- Ολικές διαστάσεις / *Gross dimensions* : (2145 x 1245 x 90) mm

- Διαστάσεις παραθύρου / *Aperture dimensions* : (1118 x 2080) mm

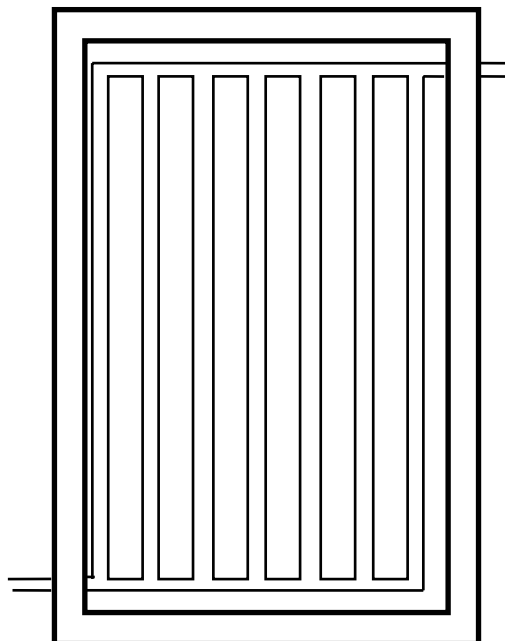
- Στεγανοποιητικά υλικά*: EPDM - σιλικόνη / *EPDM - silicon*
*Sealing material** :

A.1.6 Περιορισμοί* / *Liminations**

- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας / *Maximum temperature of operation* : 100 °C

- Μέγιστη πίεση λειτουργίας / *Maximum operating pressure* : 0.6 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*



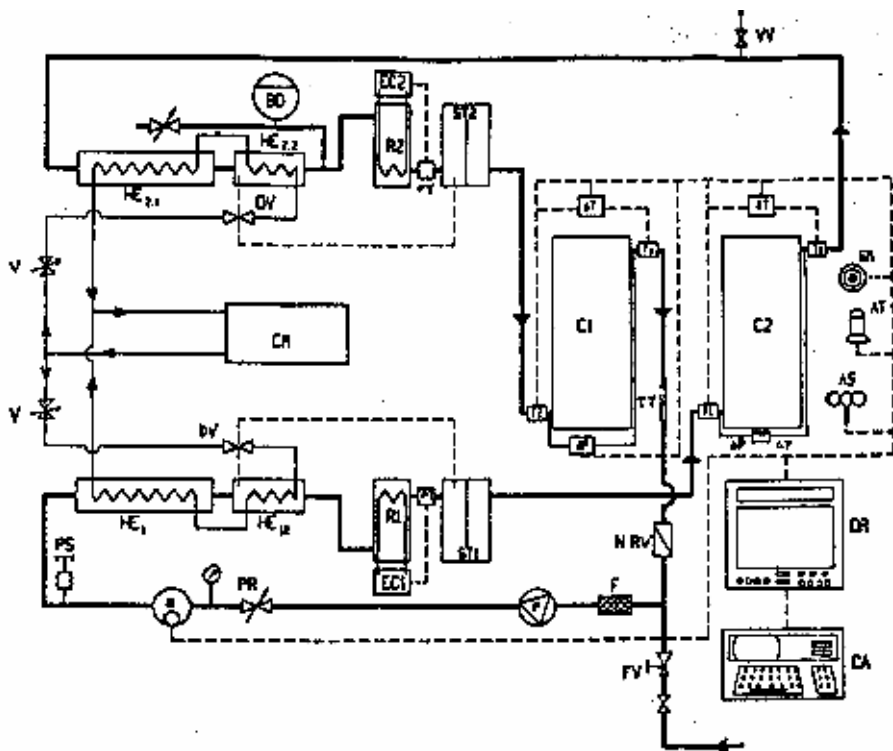
(*) Στοιχεία που δηλώνονται από τον πελάτη
Specifications supplied by customer

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 Schematic Diagram of the Test Loop



C	Επίπεδος συλλέκτης
HE	Εναλλάκτης θερμότητας
CM	Ψυκτική μονάδα
DV	Διαφορική βάνα
EC	Ηλεκτρικός σταθεροποιητής θερμοκρασίας νερού
PT	Θερμόμετρο Pt100
DP	Διαφορικό πιεσόμετρο
ΔT	Μετρητής διαφοράς θερμοκρασίας
Ti	Θερμόμετρο Pt100 (είσοδος συλλέκτη)
Te	Θερμόμετρο Pt100 (έξοδος συλλέκτη)
m	Ροόμετρο
F	Φίλτρο
P	Κυκλοφορητής
PR	Ρυθμιστής πίεσης
SV	Βαλβίδα ασφάλειας
BD	Δοχείο διαστολής
ST	Δοχείο σταθερής θερμοκρασίας
R	Θερμική αντίσταση
V	Βάνα ρύθμισης παροχής νερού ψύξης
SM	Πυρανόμετρο
AT	Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος
AS	Μετρητής ταχύτητας ανέμου
DR	Σύστημα συλλογής δεδομένων
GA	Ηλ. Υπολογιστής

Flat-plate solar collector
Heat exchanger
Cooling machine
Differential valve
Electrical stabilizer of water temperature
Pt100 temperature sensor
Differential pressure meter
Temperature difference meter
Pt100 temperature sensor (collector inlet)
Pt100 temperature sensor (collector outlet)
Flow meter
Filter
Circulating pump
Pressure controller
Safety valve
Expansion vessel
Steady temperature vessel
Thermal resistance
Valve for the control of cooling water flow
Pyranometer
Ambient air temperature sensor
Anemometer
Data acquisition system - recorder
Computer

A.2.3 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
 Local time at the solar noon

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
18/Oct/2004	12:44-12:59	1010	10	25.4	2	21.7	9.30	0.0473
22/Oct/2004	13:17-13:32	913	10	24.6	2	21.7	8.42	0.0466
22/Oct/2004	12:53-13:08	916	10	24.5	2	21.7	8.47	0.0467
22/Oct/2004	12:27-12:42	915	10	24.5	2	21.7	8.32	0.0468
19/Oct/2004	13:50-14:05	943	9	27.9	2	41.1	7.98	0.0461
19/Oct/2004	11:28-11:43	958	11	25.8	2	41.0	8.04	0.0461
21/Oct/2004	13:43-13:58	881	11	25.9	2	41.1	7.22	0.0465
25/Oct/2004	11:04-11:19	896	14	22.1	2	40.9	7.23	0.0460

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

Ημ/ρία / 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
20/Oct/2004	12:09-12:24	950	11	28.8	2	60.7	6.94	0.0463
20/Oct/2004	11:21-11:36	951	10	27.4	2	60.4	6.96	0.0463
21/Oct/2004	12:44-12:59	912	11	26.8	2	60.8	6.38	0.0463
22/Oct/2004	10:58-11:13	917	10	24.2	2	60.6	6.47	0.0458
20/Oct/2004	13:22-13:37	938	10	29.1	2	80.1	5.65	0.0462
20/Oct/2004	13:46-14:01	925	9	29.3	2	80.1	5.53	0.0462
22/Oct/2004	10:21-10:36	890	9	23.6	2	80.0	4.92	0.0459
22/Oct/2004	9:55-10:10	869	9	23.2	2	80.0	4.75	0.0459

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

Ημ/νία / Date	LT	t_m	c_f	$\dot{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\dot{Q}/(A_G G)$	$\dot{Q}/(A_C G)$	$\dot{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m ² K/W	m ² K/W	-	-	-
18/Oct/2004	12:44-12:59	26.4	4180	1839	0.001	-0.004	0.68	0.74	0.75
22/Oct/2004	13:17-13:32	25.9	4180	1642	0.001	-0.003	0.67	0.73	0.74
22/Oct/2004	12:53-13:08	26.0	4180	1652	0.002	-0.003	0.68	0.74	0.74
22/Oct/2004	12:27-12:42	25.9	4180	1627	0.002	-0.003	0.67	0.73	0.73
19/Oct/2004	13:50-14:05	45.1	4180	1539	0.018	0.014	0.61	0.67	0.67
19/Oct/2004	11:28-11:43	45.0	4180	1550	0.020	0.016	0.61	0.66	0.66
21/Oct/2004	13:43-13:58	44.7	4180	1402	0.021	0.017	0.60	0.65	0.65
25/Oct/2004	11:04-11:19	44.5	4180	1391	0.025	0.021	0.58	0.63	0.64

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

Ημ/μία / Date	LT	t_m	c_f	$\bar{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\bar{Q}/(A_G G)$	$\bar{Q}/(A_c G)$	$\bar{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m ² K/W	m ² K/W	-	-	-
20/Oct/2004	12:09-12:24	64.2	4188	1347	0.037	0.034	0.53	0.58	0.58
20/Oct/2004	11:21-11:36	63.9	4188	1351	0.038	0.035	0.53	0.58	0.58
21/Oct/2004	12:44-12:59	64.0	4188	1237	0.041	0.037	0.51	0.55	0.56
22/Oct/2004	10:58-11:13	63.8	4188	1241	0.043	0.040	0.51	0.55	0.55
20/Oct/2004	13:22-13:37	83.0	4200	1097	0.057	0.054	0.44	0.48	0.48
20/Oct/2004	13:46-14:01	82.8	4200	1073	0.058	0.055	0.43	0.47	0.48
22/Oct/2004	10:21-10:36	82.4	4200	949	0.066	0.063	0.40	0.43	0.44
22/Oct/2004	9:55-10:10	82.3	4200	917	0.068	0.065	0.40	0.43	0.43

A.2.4 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.

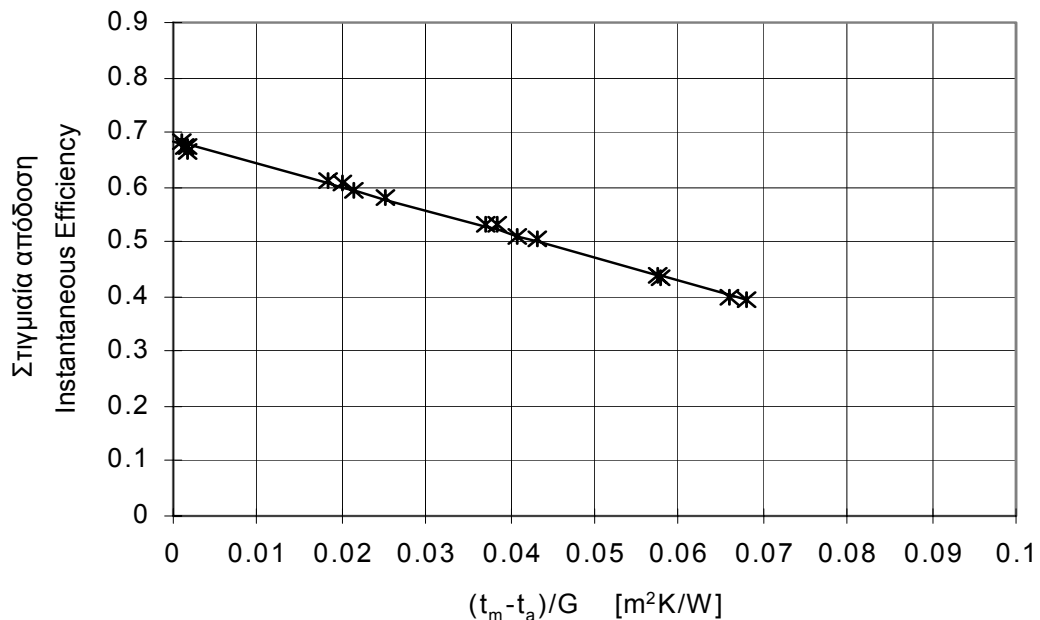
A.2.4.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη:..... 2.67 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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:

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.68$$

$$\bar{U}_G = \dots\dots\dots 4.22 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

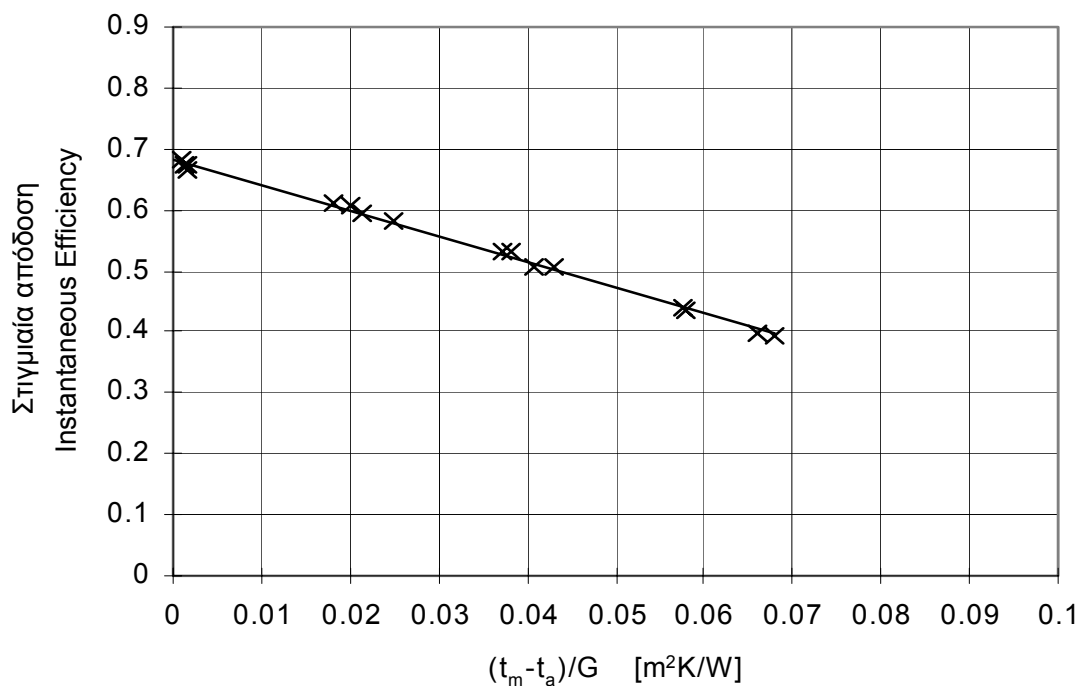
A.2.4.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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:..... 2.67 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.041 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 :

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.68$$

$$\bar{\alpha}_{1G} = \dots\dots\dots 3.64 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$\bar{\alpha}_{2G} = \dots\dots\dots 0.010 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^2)$$

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.2.5 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.

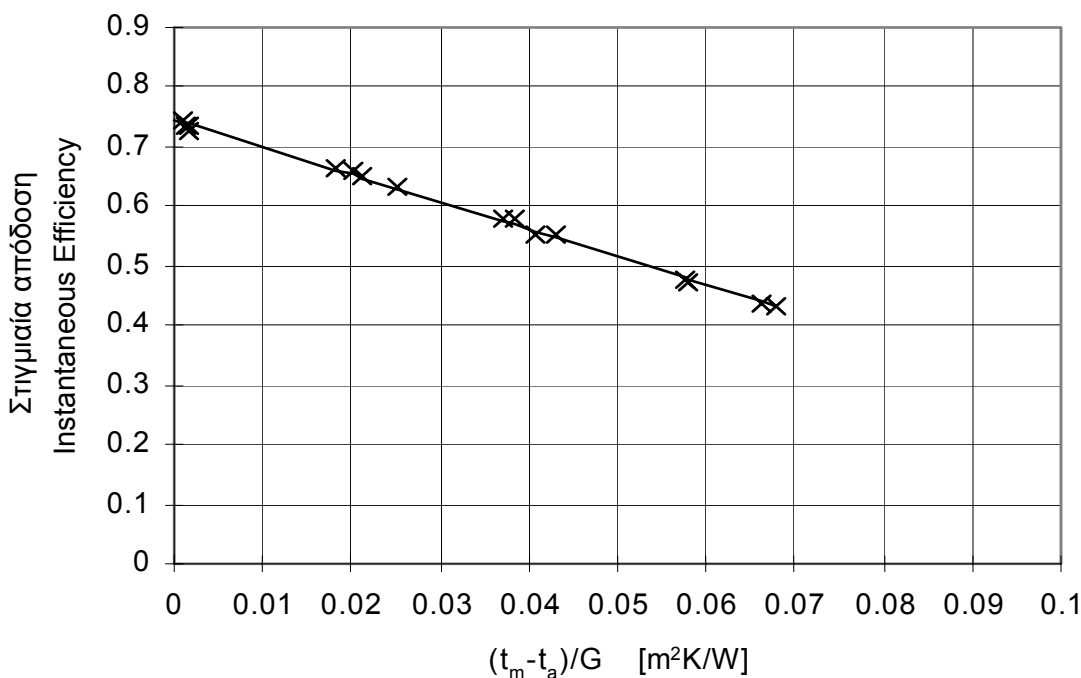
A.2.5.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.45 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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:

$$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.75$$

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

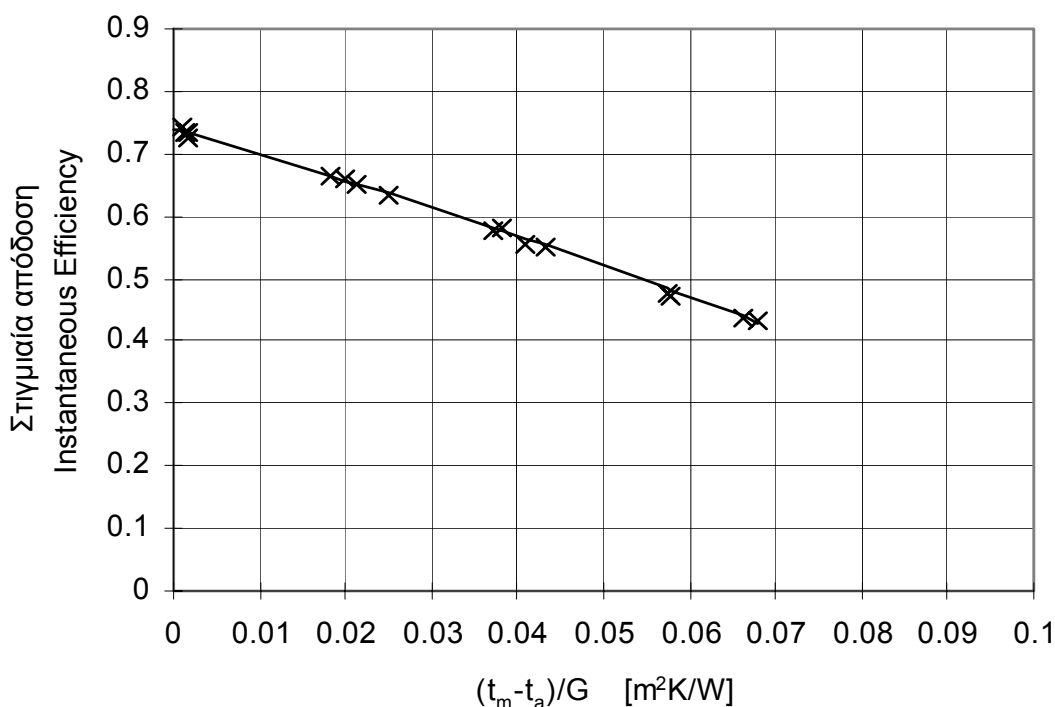
A.2.5.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.45 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

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

$$\bar{\alpha}_{1c} = \dots\dots\dots 3.96 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

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

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 απορροφητή και στην μέση θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.

INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and mean temperature of heat transfer fluid.

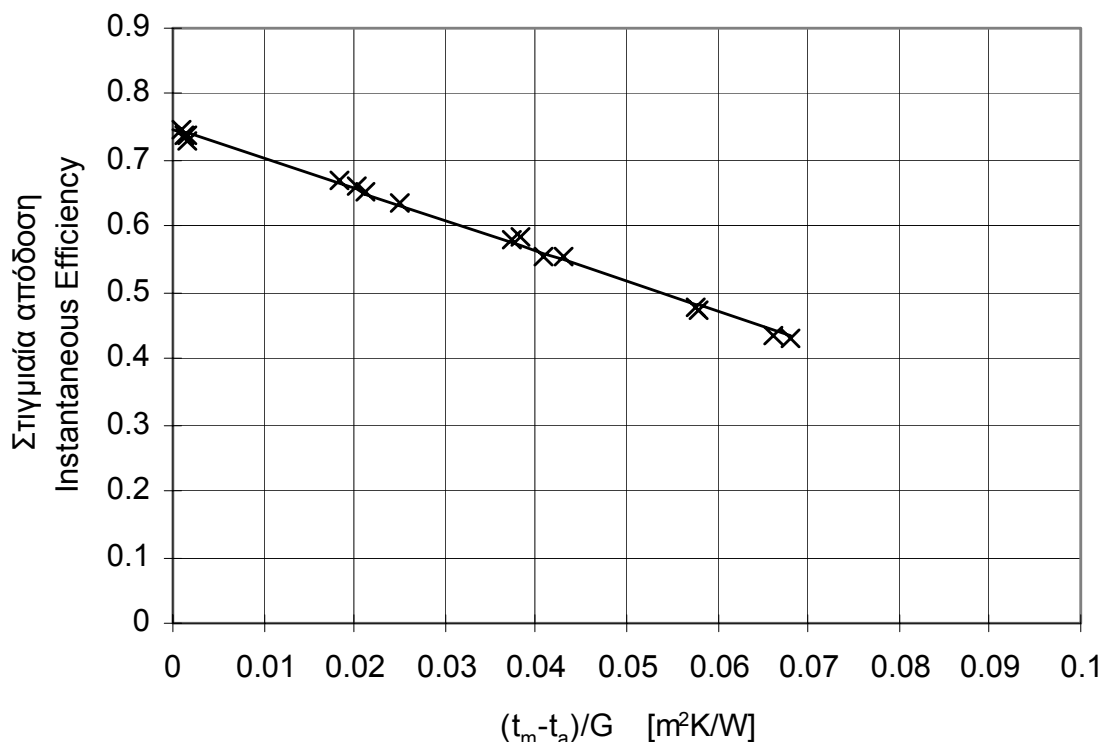
A.2.6.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.44 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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:

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.75$$

$$\bar{U}_A = \dots\dots\dots 4.62 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

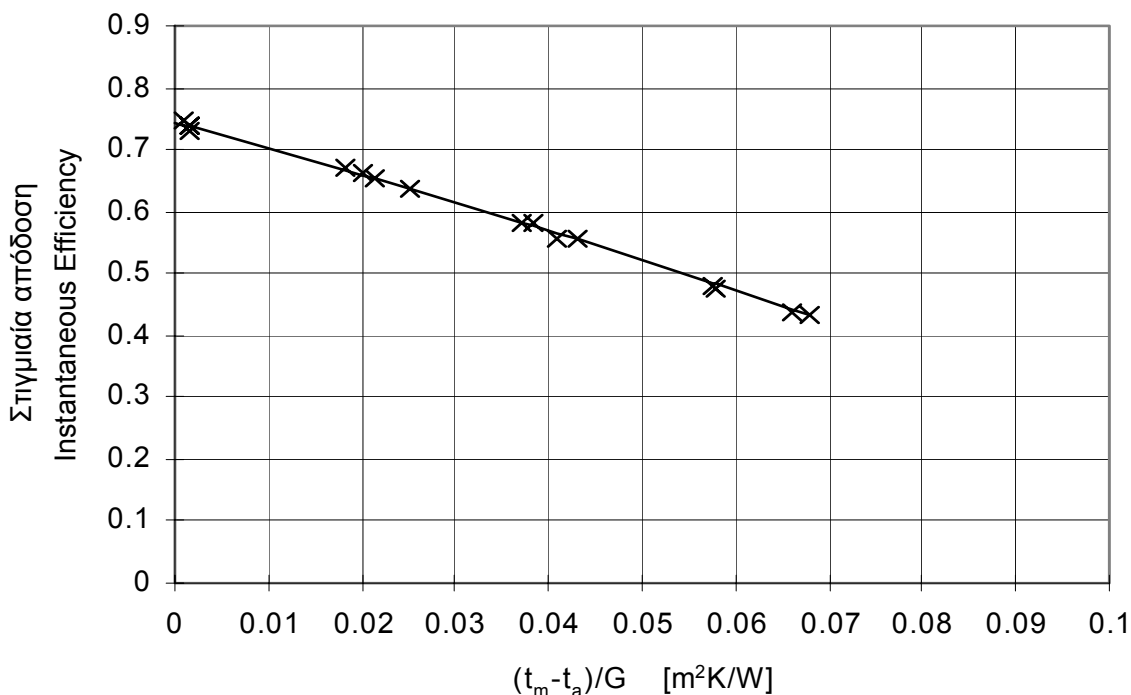
A.2.6.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.44 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

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

$$\bar{\alpha}_{1A} = \dots\dots\dots 3.98 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

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

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 ολική επιφάνεια και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.

INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on gross area and inlet temperature of heat transfer fluid.

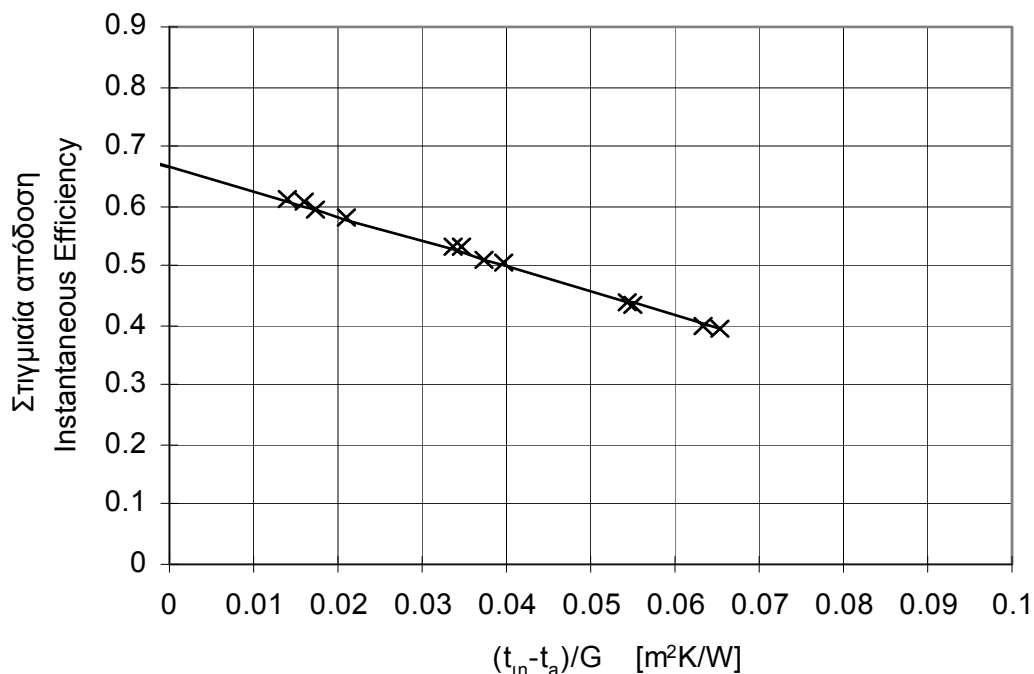
A.2.7.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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:..... 2.67 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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:

$$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.66$$

$$U_G = \dots\dots\dots 4.11 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

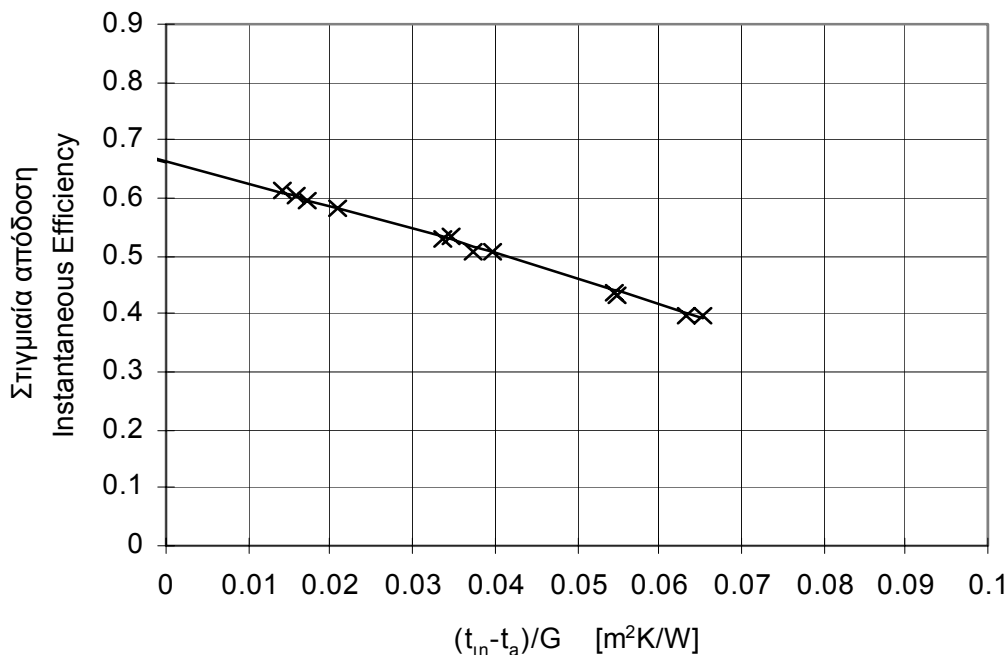
A.2.7.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη:..... 2.67 m²
 Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.041 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 :

$$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.66$$

$$\alpha_{1G} = \dots\dots\dots 3.64 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$\alpha_{2G} = \dots\dots\dots 0.009 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^2)$$

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

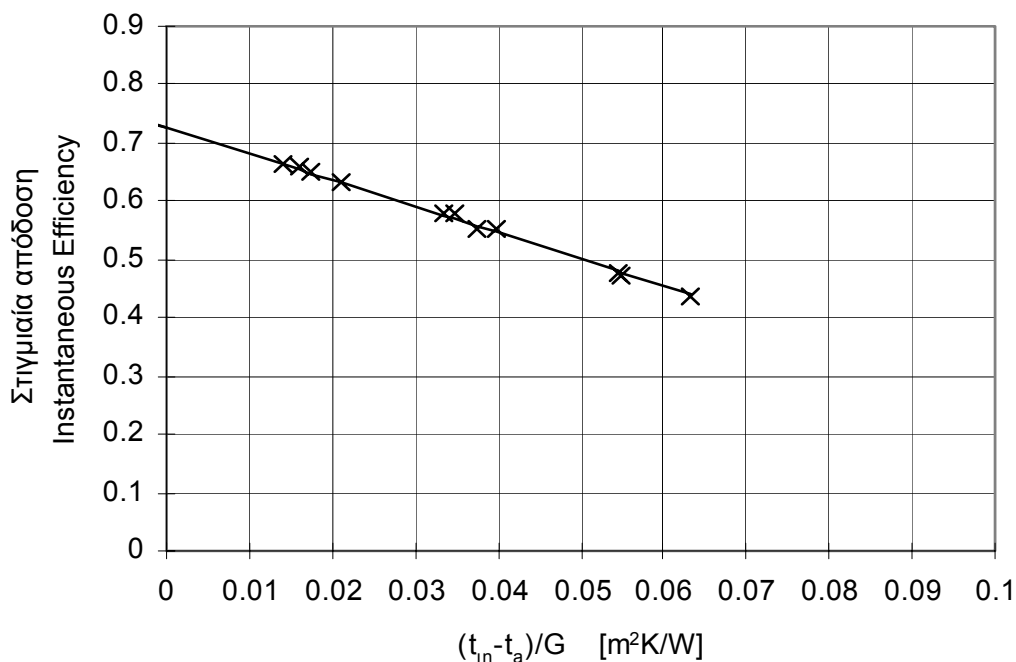
A.2.8.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 2.45 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

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

$$U_c = \dots\dots\dots 4.48 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

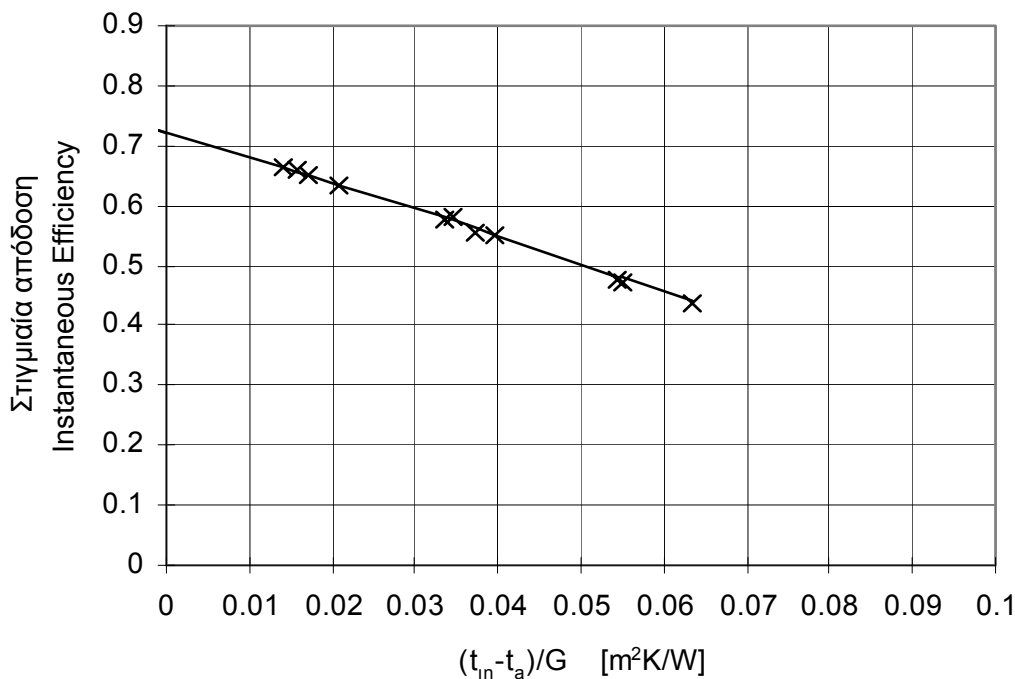
A.2.8.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.45 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

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

$$\alpha_{1C} = \dots\dots\dots 3.97 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$\alpha_{2C} = \dots\dots\dots 0.010 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^2)$$

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 απορροφητή και στην θερμοκρασία εισόδου του ρευστού μεταφοράς θερμότητας.

INSTANTANEOUS EFFICIENCY CURVE, based on absorber area and inlet temperature of heat transfer fluid.

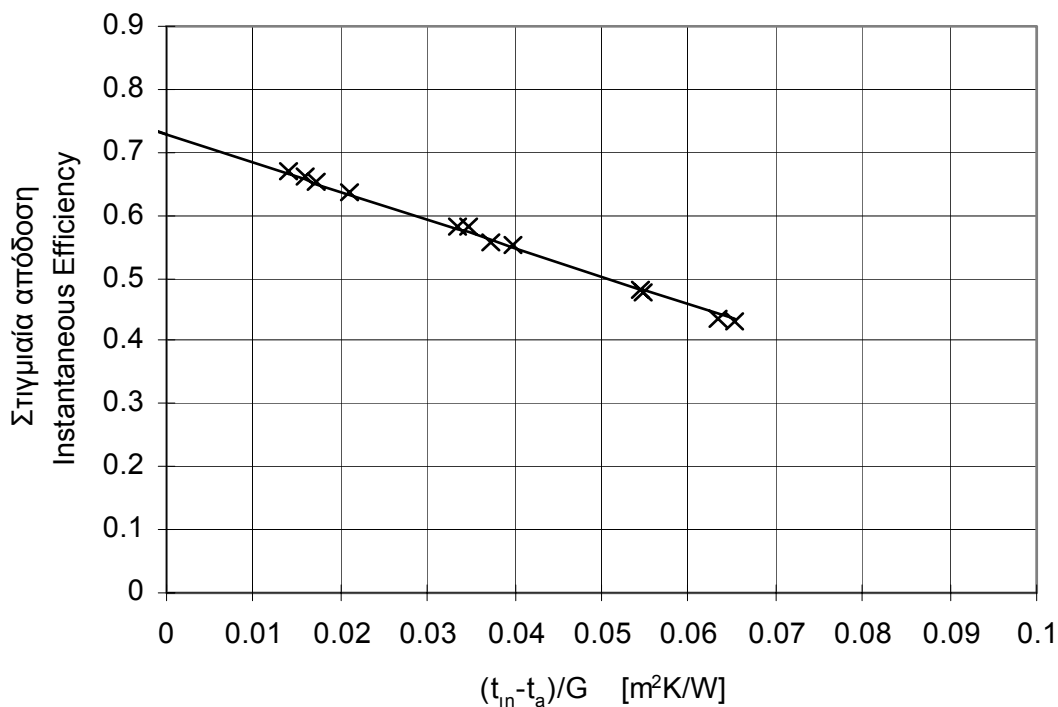
A.2.9.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 2.44 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

$$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.73$$

$$U_A = \dots\dots\dots 4.50 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

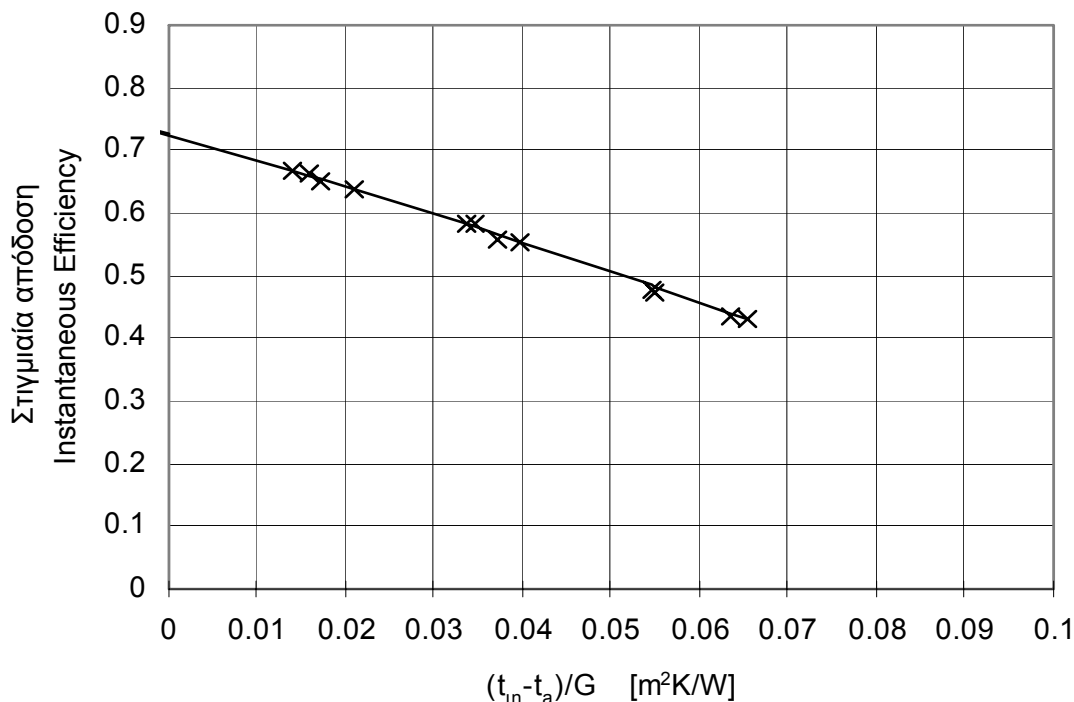
A.2.9.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 2.44 m²
 Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.041 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 :

$$\eta_{0A} = \dots\dots\dots 0.73$$

$$\alpha_{1A} = \dots\dots\dots 3.99 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$\alpha_{2A} = \dots\dots\dots 0.010 \text{ W/(m}^2 \text{ K}^2)$$

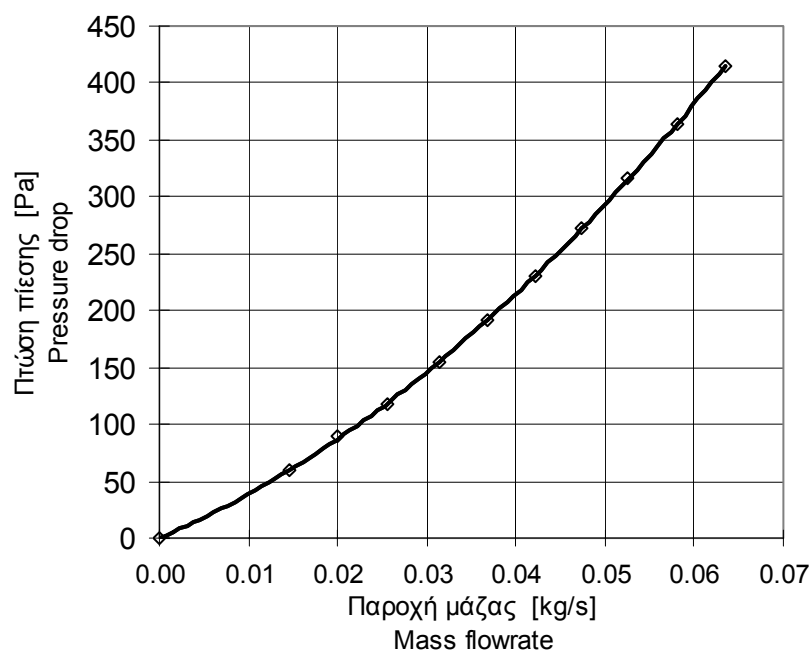
Σημείωση / Note:

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 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ / *PRESSURE DROP*

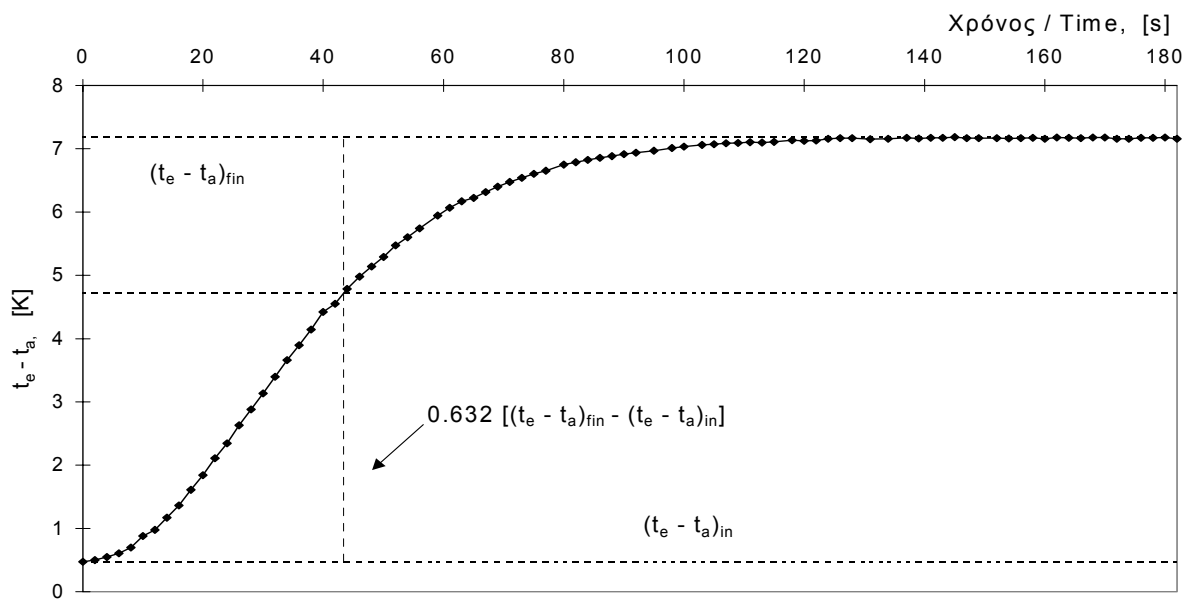
Υγρό / *Fluid* : Νερό / *Water*

Θερμοκρασία υγρού / *Fluid Temperature* : 20 °C



A.4 ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ / TIME CONSTANT

$T_c = \dots\dots\dots 43 \text{ s}$



A.5 ΕΝΕΡΓΟΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ / *EFFECTIVE THERMAL CAPACITY*

C =14 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 :

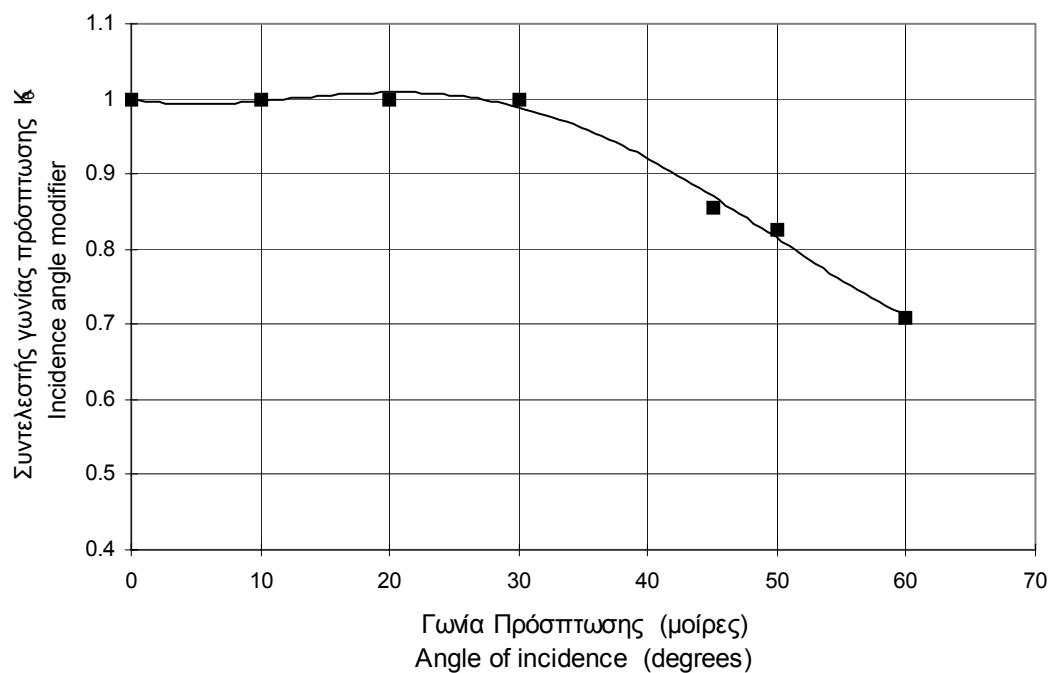
Note :

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.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ / *INCIDENCE ANGLE MODIFIER*

Γωνία <i>Angle</i>	0°	30°	45°	60°
K_{θ}	1	1	0,86	0,71



Συντελεστής γωνίας πρόσπτωσης (σε γωνία 50°)0,83
Incidence angle modifier k_{θ} (at incidence angle of 50°)

A.7 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)
$\overline{\alpha}_1$	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)
$\overline{\alpha}_2$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T_m^* <i>Algebraic constant, reference to T_m^*</i>	W/(m ² K)
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 Time	s
t _a	Θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα Ambient or surrounding air temperature	°C
t _e	Θερμοκρασία εξόδου από συλλέκτη Collector outlet (exit) temperature	°C
t _{in}	Θερμοκρασία εισόδου στο συλλέκτη Collector inlet temperature	°C
t _m	Μέση θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς θερμότητας Mean temperature of heat transfer fluid	°C
T	Απόλυτη θερμοκρασία Absolute temperature	°C
T [*] _i	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, $T^*_i = (t_{in} - t_a)/G$ Reduced temperature difference	m ² K/W
T [*] _m	Αναγώμενη θερμοκρασιακή διαφορά, $T^*_m = (t_m - t_a)/G$ Reduced temperature difference	m ² K/W
U	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T [*] _i Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T [*] _i	W/(m ² K)
$\bar{U}$	Πειραματικά προσδιοριζόμενος ολικός συντελεστής απωλειών συλλέκτη, ως προς την T [*] _m Measured overall heat loss coefficient of collector, with reference to T [*] _m	W/(m ² K)
u	Ταχύτητα περιβάλλοντος αέρα Surrounding air speed	m/s
V _f	Χωρητικότητα του συλλέκτη Fluid capacity of collector	m ³
Δp	Πτώση πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του ρευστού Pressure difference between fluid inlet and outlet	Pa
Δt	Χρονικό διάστημα Time interval	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

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>