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

4065 DE1

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 drop”.*

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

N.C.S.R “DEMOKRITOS”
SOLAR ENERGY LABORATORY
Head: Dr Vassilis Belessiotis
Tel: +210 6503815 - Fax: +210 6544592
153 10 Ag. Paraskevi - Attiki - Greece

Χ. Κώνστας / Ch. Konstas
Υπεύθυνος Δοκιμών / Responsible for Testing

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

Ημερομηνία / Date: 26/06/2009

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 writen 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: Δ.ΞΥΛΙΝΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. ΝΕΡΑΤΖΟΥΛΑΣ 23 13671 ΑΧΑΡΝΑΙ Τηλ.: 210 2404051 Fax:	*Customer: D.XILINAKIS & SIA E.E.* *NERATZOULAS 23* *13671 ACHARNE* *Tel.:* 210 2404051 *Fax:*
Ημερομηνία παραλαβής συλλέκτη (καλή κατάσταση) / *Receipt date of collector (in good condition):* 05/03/2009	

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

A.1.1 Βασικά Στοιχεία / *Basic data*

- Όνομα Κατασκευαστή: .... Δ.ΞΥΛΙΝΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.
Name of Manufacturer: .... *D.XILINAKIS & SIA E.E*

- Χαρακτηριστικά Συλλέκτη: .... APOLLON AL S.I. 2600
Collector model :

- Κωδικός συλλέκτη(ων) δοκιμής: 4065
Collector (s) code :

A.1.2. Συλλέκτης / *Collector*

- Τύπος: / *Type* :
  - ☒ Επίπεδος / *Flat plate*
  - ☐ Σωλήνων κενού / *Evacuated tube*
  - ☐ Άλλος / *Other:*............

Εμβαδόν ολικής επιφάνειας / *Gross area*: .... 2.53 m^2

- Εμβαδόν επιφάνειας παραθύρου / *Aperture area*: .... 2.32 m^2

- Αριθμός καλυμμάτων* / *Number of covers**: 1

-- Υλικά καλυμμάτων*: .... Κρύσταλλο ασφαλείας extra clear low iron
*Cover materials**: .... *Extra clear low iron security glass*

- Πάχος καλυμμάτων*: .... 3.2 - 4 mm
*Cover thickness**:

- Αριθμός σωλήνων ή καναλιών* / *Number of tubes or channels**: 13

(*) 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*: .... 7.2 mm
  *Tube diameter (inside) or channel dimensions**:
- Απόσταση σωλήνων ή καναλιών* / *Tube or channel pitch**: ....9.3 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 – ενιαίο φύλλο αλουμινίου πάχους 0.4 mm
  Material:............................ copper tubes – one piece aluminium sheet 0.4 mm thickness*
- Τρόπος επεξεργασίας της επιφάνειας*: .... Επιλεκτική βαφή
  *Surface treatment**: ....*Sun-selective coating*

Τύπος κατασκευής*: ....Συγκόλληση με laser
Construction type:... Laser welded*

- Βάρος υγρού* / *Fluid content**: .... 1.8 kg
- Εμβαδόν* / *Area**:... 2.3 m^2

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

- Πάχος θερμικής μόνωσης*: ....60 mm (πλάτη) / 20 mm (πλευρικά)
  Thermal insulation thickness:...60mm (back) / 20 mm (side)*
- Υλικό μόνωσης, πλάτη*:.. Πετροβάμβακας - υαλοβάμβακας
  *Insulation material, back** : .... Rockwool-glasswool
- Υλικό μόνωσης, πλευρικά*: .... Υαλοβάμβακας
  Insulation material, sides:* ....Glasswool
- Υλικό πλαισίου, πλευρικά*:............................ 0.8 mm κράμα ναυπηγικού αλουμινίου 5754
  Casing material, sides* *: ....0.8 mm shipbuilding aluminium alloy 5754*

(*) 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*: .... 0.8 mm κράμα ναυπηγικού αλουμινίου 5754
  *Casing material, back**: ....0.8 mm shipbuilding aluminium alloy 5754

- Ολικό βάρος συλλέκτη χωρίς υγρό / *Total mass of collector without fluid*:* .... 50 kg

- Ολικές διαστάσεις / *Gross dimensions*: ....(2010 x 1260 x 110) mm

- Διαστάσεις παραθύρου / *Aperture dimensions*: .... (1920 x 1208) mm

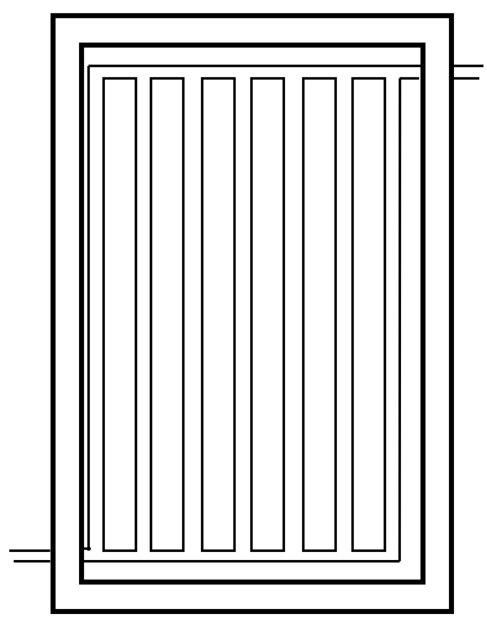
- Στεγανοποιητικά υλικά*: .... EPDM
  Sealing material:* .... *EPDM*

A.1.6 Περιορισμοί* / *Liminations**

- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας / *Maximum temperature of operation*: .... **-

- Μέγιστη πίεση λειτουργίας / *Maximum operating pressure*: .... 1.0 MPa

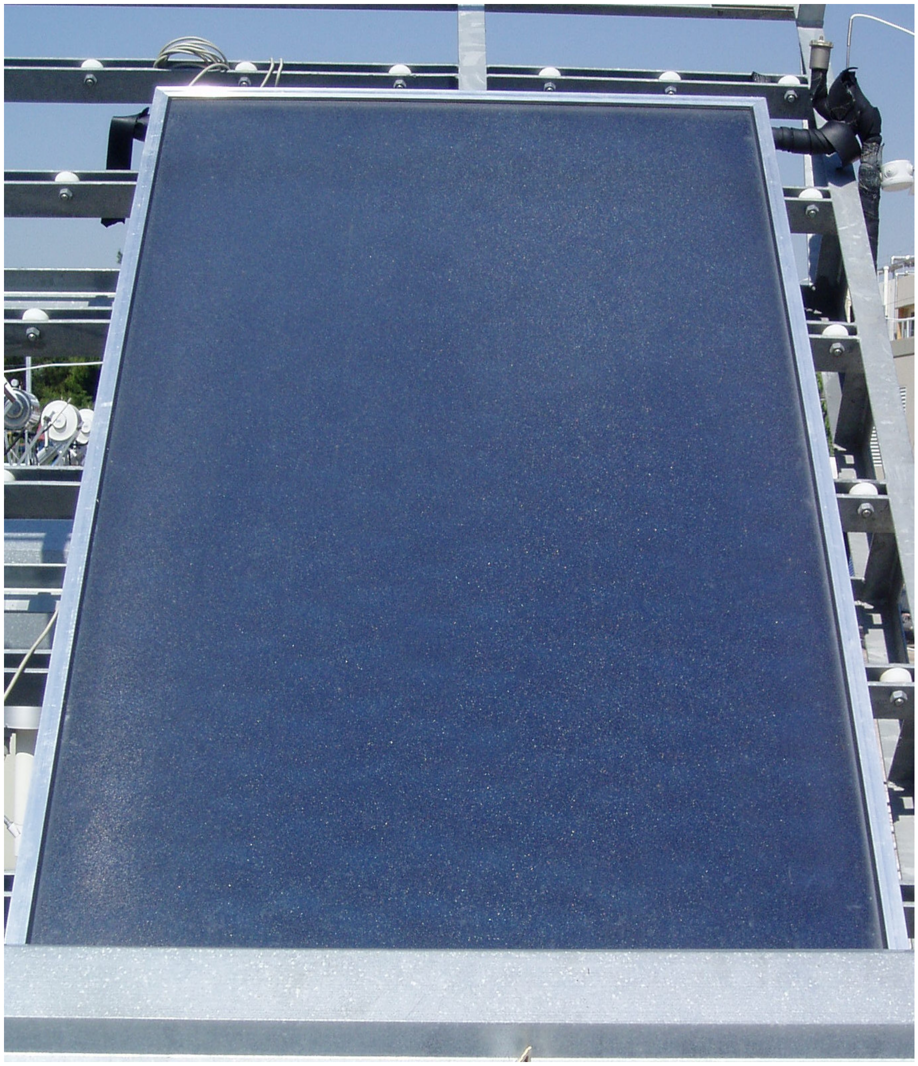
A.1.7 Σχηματική Παράσταση του Συλλέκτη* / *Schematic Diagram of the Collector**



(*) 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

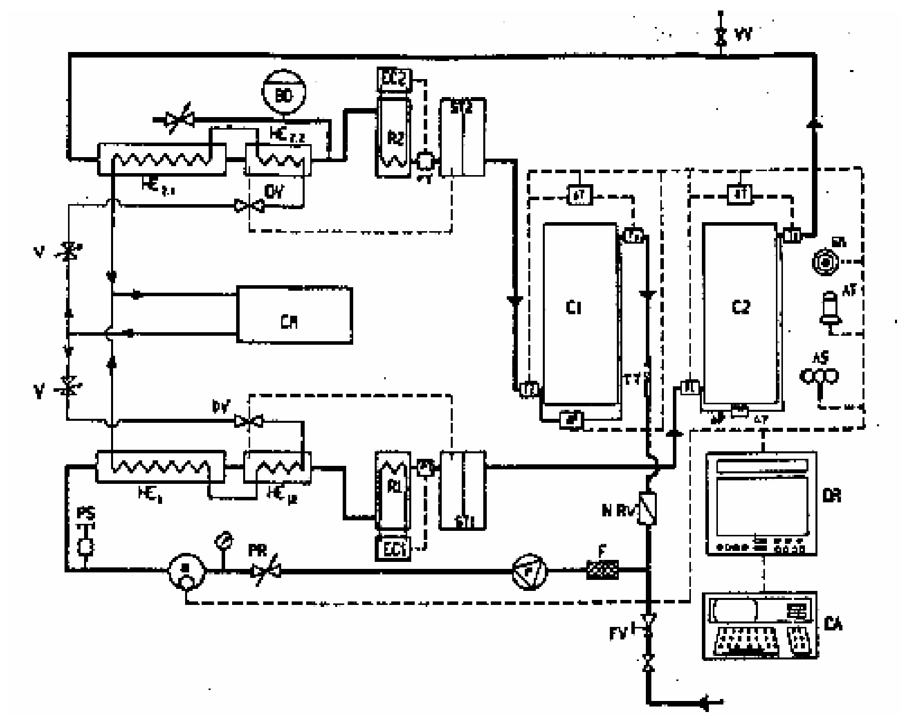
(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

Α.2 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ / *INSTANTANEOUS EFFICIENCY*

Α.2.1 Μέθοδος / *Method*

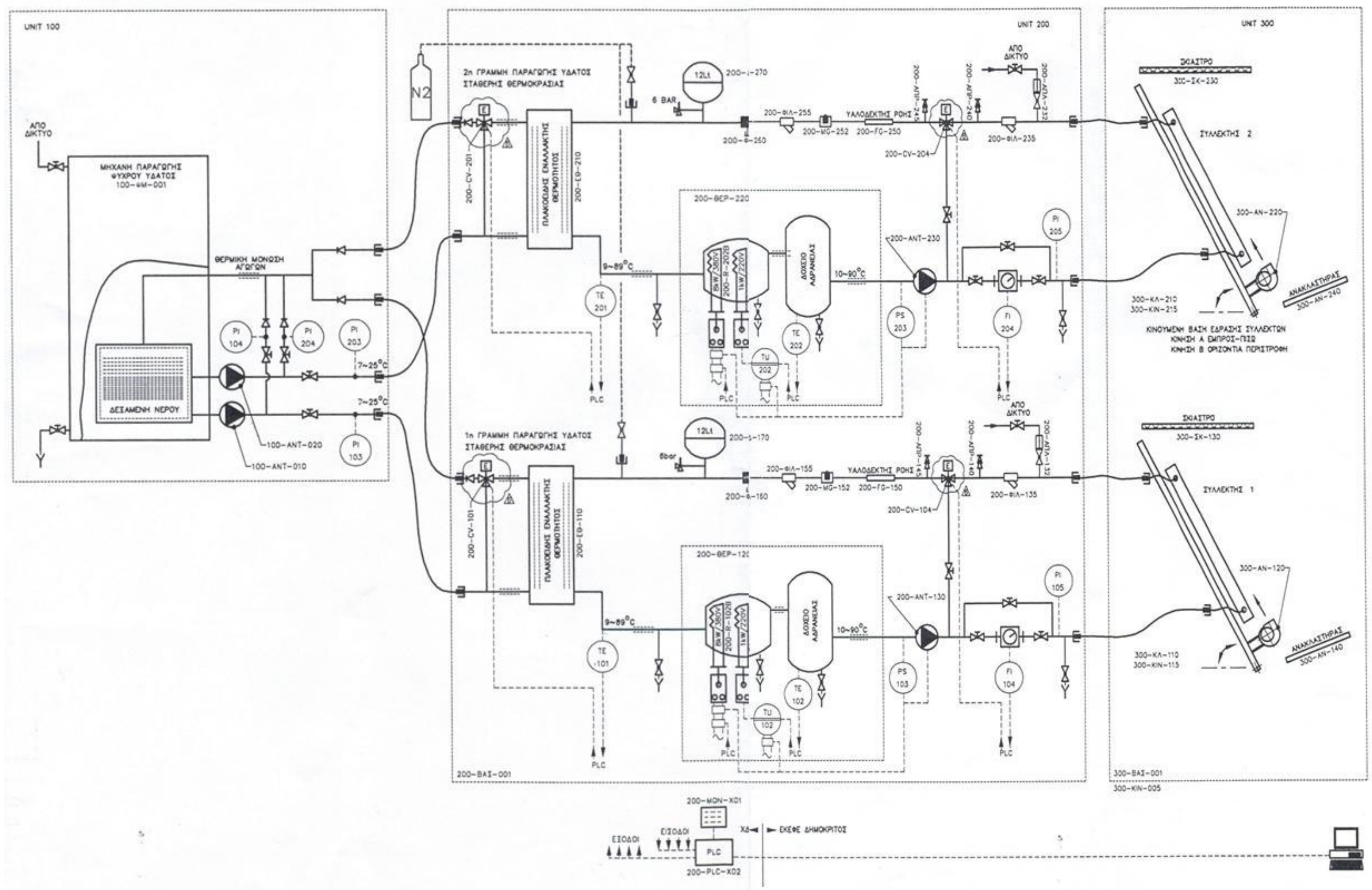
Συνθήκες μόνιμης κατάστασης στο ύπαιθρο / Outdoor steady-state conditions

Α.2.2 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (1η 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
ΔP	Διαφορικό πιεσόμετρο	Differential pressure meter
ΔT	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 (2η 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
Local time at the solar:……………………………..

1η Εγκατάσταση / *1st installation* .... ………………….☒
2η Εγκατάσταση / *2nd installation*……………………… ..☐

Πίνακας Α.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})	$\hat{m}$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m^2	%	°C	m/s	°C	K	kg/s
23/Jun/2009	15:40-15:50	1012	12	28.3	2	22.9	8.75	0.0507
23/Jun/2009	14:56-15:06	1021	13	28.5	2	23.0	8.85	0.0506
23/Jun/2009	14:44-14:54	1015	13	28.4	2	23.0	8.82	0.0505
23/Jun/2009	15:16-15:26	1019	13	28.2	2	22.9	8.82	0.0506
23/Jun/2009	13:51-14:01	970	11	28.1	2	36.4	7.85	0.0501
23/Jun/2009	13:30-13:40	919	11	27.8	2	36.4	7.41	0.0500
24/Jun/2009	12:06-12:17	981	13	25.9	2	35.5	7.90	0.0505
24/Jun/2009	10:21-10:31	1030	13	25.0	2	35.3	8.17	0.0505

Πίνακας A.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}	$(t_e$-$t_{in})$	$\hat{m}$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	W/m^2	%	^{o}C	m/s	^{o}C	K	kg/s
23/Jun/2009	12:23-12:33	963	9	26.8	2	55.6	6.97	0.0498
23/Jun/2009	12:11-12:21	968	10	26.6	2	55.6	7.02	0.0498
24/Jun/2009	13:15-13:25	933	14	27.0	2	56.2	6.46	0.0503
24/Jun/2009	13:01-13:12	945	16	26.4	2	56.2	6.56	0.0502
25/Jun/2009	10:58-11:08	1025	11	23.4	2	69.2	6.50	0.0494
25/Jun/2009	10:46-10:57	1018	10	23.2	2	69.2	6.47	0.0493
26/Jun/2009	9:57-10:07	980	9	24.8	2	69.3	6.37	0.0498
26/Jun/2009	9:42-9:52	958	9	24.2	2	69.3	6.13	0.0498

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

Ημ/νία / Date	LT	t_m	c_f	$\hat{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\hat{Q}/(A_G G)$	$\hat{Q}/(A_C G)$	$\hat{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m^2 K/W	m^2 K/W	-	-	-
23/Jun/2009	15:40-15:50	27.2	4178	1851	-0.001	-0.005	0.72	0.79	0.79
23/Jun/2009	14:56-15:06	27.4	4178	1873	-0.001	-0.005	0.72	0.79	0.80
23/Jun/2009	14:44-14:54	27.5	4178	1862	-0.001	-0.005	0.72	0.79	0.80
23/Jun/2009	15:16-15:26	27.3	4178	1864	-0.001	-0.005	0.72	0.79	0.79
23/Jun/2009	13:51-14:01	40.3	4178	1642	0.013	0.009	0.67	0.73	0.73
23/Jun/2009	13:30-13:40	40.1	4178	1547	0.013	0.009	0.66	0.73	0.73
24/Jun/2009	12:06-12:17	39.4	4178	1668	0.014	0.010	0.67	0.73	0.74
24/Jun/2009	10:21-10:31	39.4	4178	1724	0.014	0.010	0.66	0.72	0.73

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

Ημ/νία / Date	LT	t_m	c_f	$\hat{Q}$	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\hat{Q}/(A_G G)$	$\hat{Q}/(A_C G)$	$\hat{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m^2 K/W	m^2 K/W	-	-	-
23/Jun/2009	12:23-12:33	59.1	4183	1453	0.033	0.030	0.60	0.65	0.65
23/Jun/2009	12:11-12:21	59.1	4183	1462	0.034	0.030	0.60	0.65	0.66
24/Jun/2009	13:15-13:25	59.5	4183	1361	0.035	0.031	0.58	0.63	0.63
24/Jun/2009	13:01-13:12	59.5	4183	1377	0.035	0.032	0.58	0.63	0.63
25/Jun/2009	10:58-11:08	72.4	4190	1346	0.048	0.045	0.52	0.57	0.57
25/Jun/2009	10:46-10:57	72.4	4190	1337	0.048	0.045	0.52	0.57	0.57
26/Jun/2009	9:57-10:07	72.4	4190	1328	0.049	0.045	0.53	0.58	0.59
26/Jun/2009	9:42-9:52	72.3	4190	1278	0.050	0.047	0.53	0.58	0.58

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.*

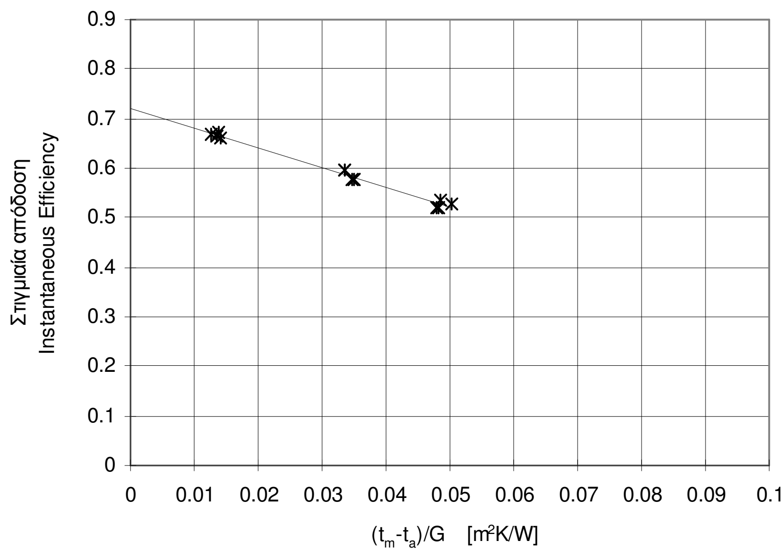
A.2.5.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: .... 2.53 m^2
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Linear fit to data:

$\overline{\eta}_{0G}$ = ...0.72

$\overline{U}_G$ =.................. 3.97 W/(m^2 K)

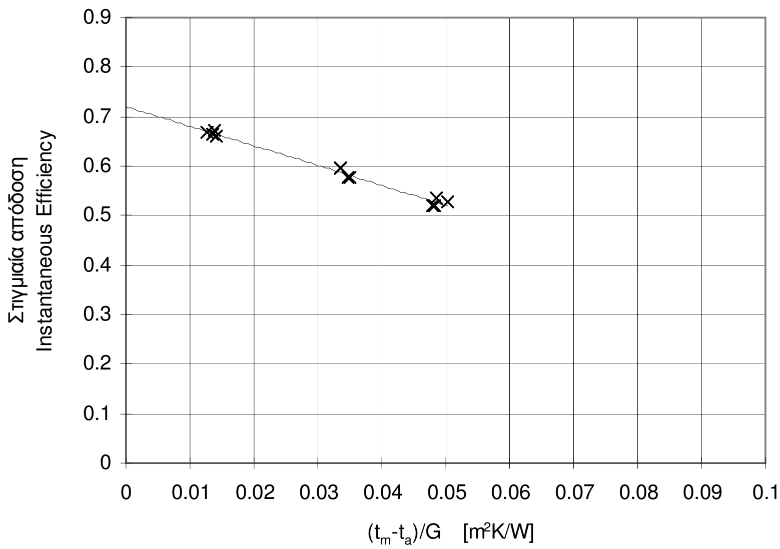
A.2.5.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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: .... 2.53 m^2
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Second order fit to data :

$\bar{\eta}_{0G}$ = ...0.72

$\bar{\alpha}_{1G}$ =................. 3.77 W/(m^2 K)

$\bar{\alpha}_{2G}$ = ... 0.004 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
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.*

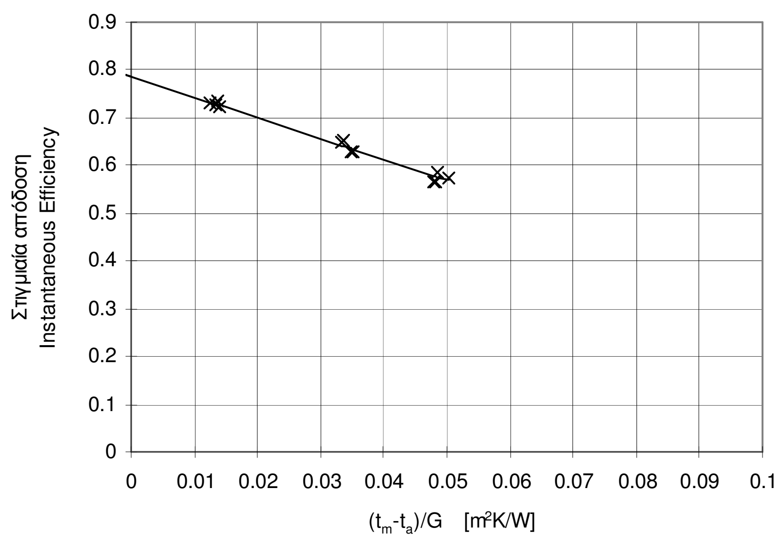
A.2.6.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

$$\overline{\eta}_C = \hat{Q} / (A_C\, G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: .... 2.32 m^2
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση γραμμική: $\overline{\eta}_C = \overline{\eta}_{0C} - \overline{U}_C \dfrac{t_m - t_a}{G}$

Linear fit to data:

$\overline{\eta}_{0C}$ = ...0.79

$\overline{U}_C$ = ... 4.34 W/(m^2 K)

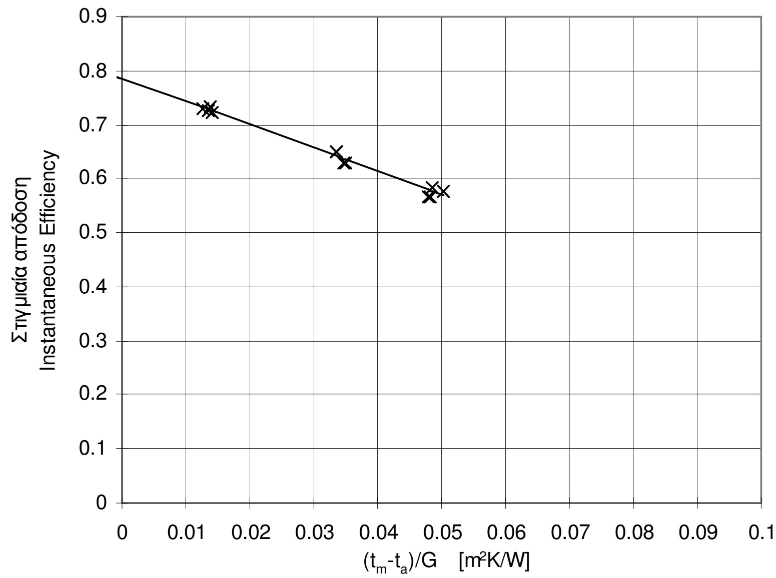
A.2.6.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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: .... 2.32 m^2
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Second order fit to data :

$\bar{\eta}_{0C}$ = ...0.79

$\bar{\alpha}_{1C}$ =................ 4.11 W/(m^2 K)

$\bar{\alpha}_{2C}$ =........... 0.005 W/(m^2 K^2)

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

σ($\bar{\eta}_{0c}$) = …………0.003

σ($\bar{\alpha}_{1c}$) = …………0.34 W/(m^2 K)

σ($\bar{\alpha}_{2c}$) =…………0.007 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m^2.

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.*

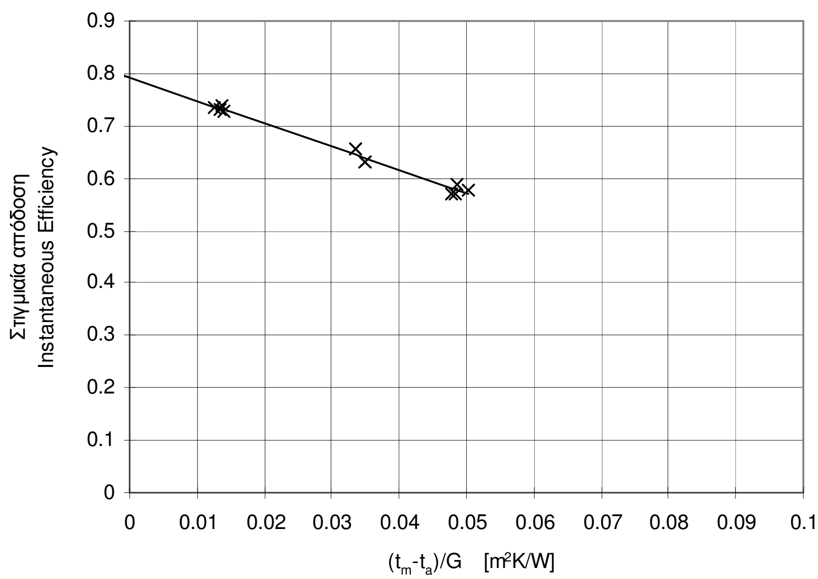
A.2.7.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: .... 2.3 m^2
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 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:

$\bar{\eta}_{0A}$ = ...0.79

$\bar{U}_A$ =.................. 4.37 W/(m^2 K)

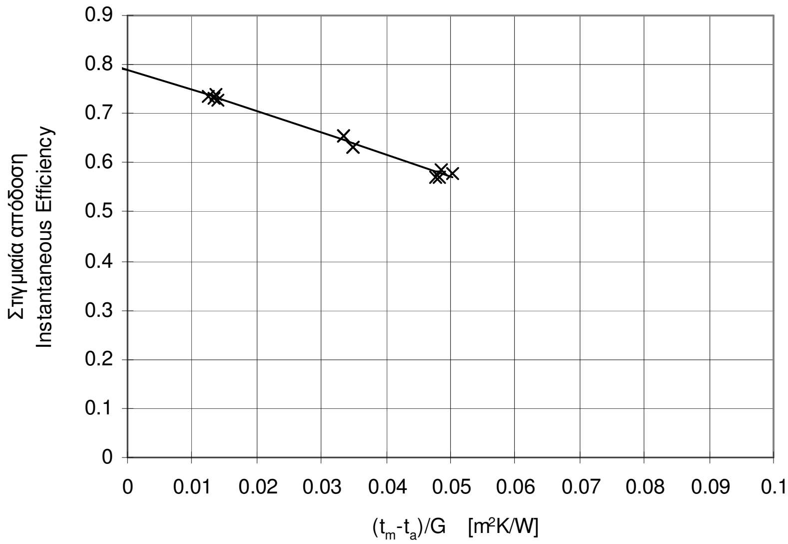
A.2.7.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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

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

Επιφάνεια απορροφητή που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: .... 2.3 m^2
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Second order fit to data :

$\overline{\eta}_{0A}$ = ...0.79

$\overline{\alpha}_{1A}$ =.............. 4.14 W/(m^2 K)

$\overline{\alpha}_{2A}$ = ... 0.005 W/(m^2 K^2)

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

σ($\overline{\eta}_{0A}$) = …………0.003

σ($\overline{\alpha}_{1A}$) = …………0.34 W/(m^2 K)

σ($\overline{\alpha}_{2A}$) =…………0.007 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m^2.

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.*

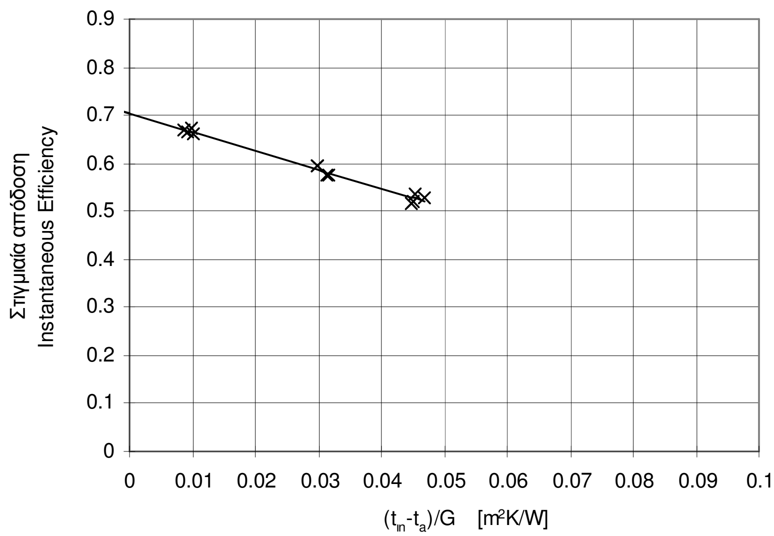
A.2.8.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: .... 2.53 m^2
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Linear fit to data:

η_{0G} = ...0.70

U_G = ... 3.89 W/(m^2 K)

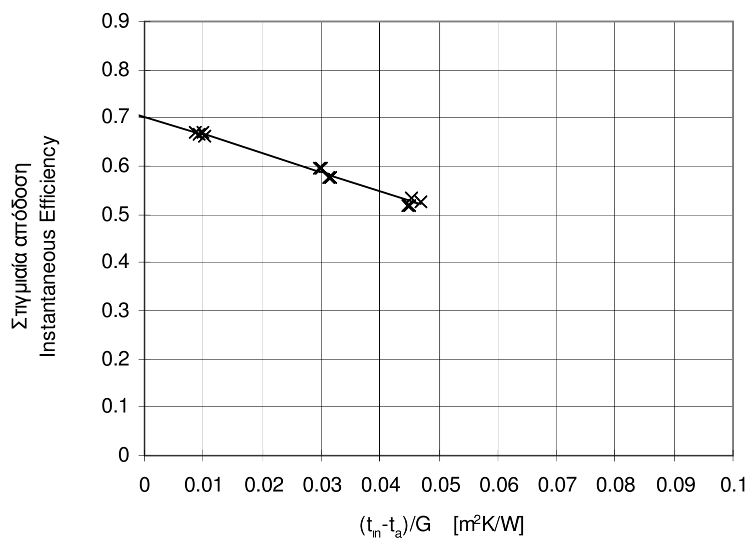
A.2.8.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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: .... 2.53 m^2
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Second order fit to data :

η_{0G} = ...0.70
α_{1G} =................ 3.73 W/(m^2 K)
α_{2G} =........... 0.004 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
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.*

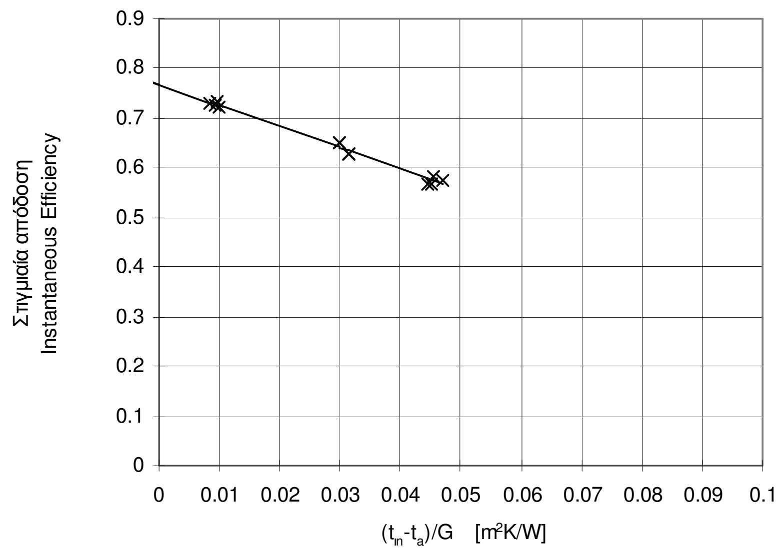
A.2.9.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: .... 2.32 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 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 :

η_{0C} = ...0.77

U_C = ... 4.25 W/(m² K)

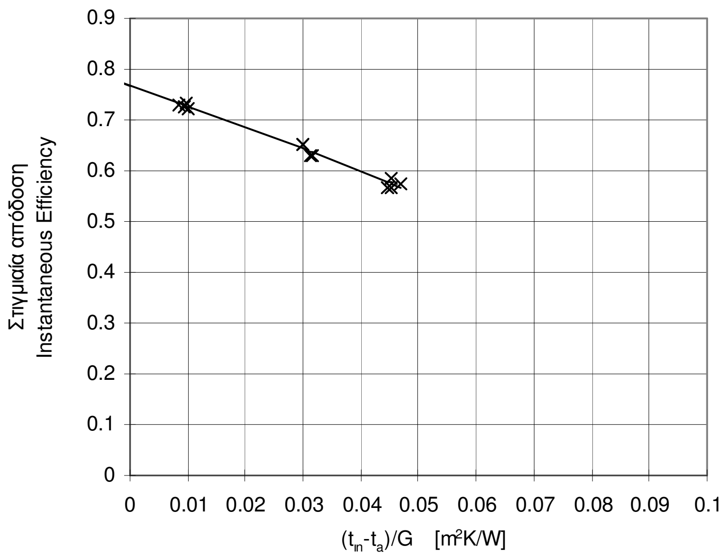
A.2.9.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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

$$\eta_C = \hat{Q} / (A_C\, G)$$

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: .... 2.32 m^2
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



Εξίσωση δευτέρου βαθμού : $\eta_C = \eta_{0C} - \alpha_{1C}\, \frac{t_{in} - t_a}{G} - \alpha_{2C}\, G\, (\frac{t_{in} - t_a}{G})^2$

Second order fit to data :

η_{0C} = ...0.77

α_{1C} = ... 4.07 W/(m^2 K)

α_{2C} = ... 0.004 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m^2.

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.*

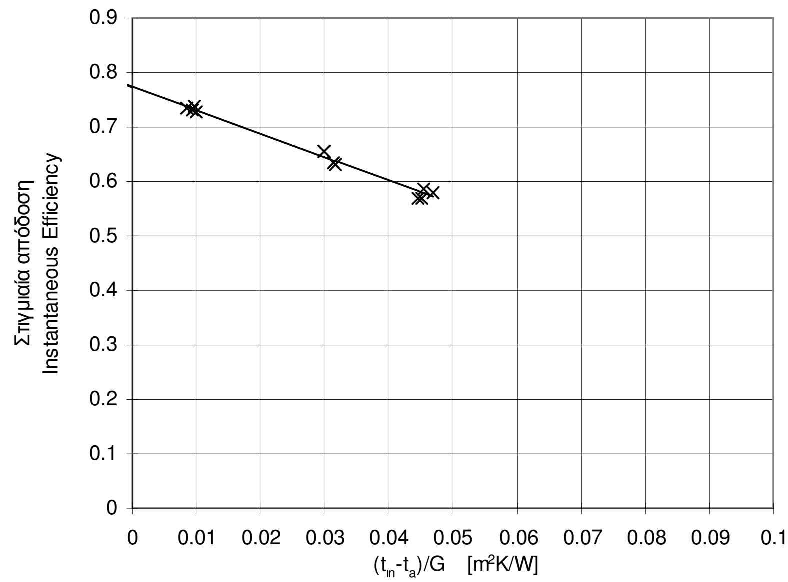
A.2.10.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: .... 2.3 m^2
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Linear fit to data :

$\eta_{0\,A}$ = ...0.77

U_A = ... 4.27 W/(m^2 K)

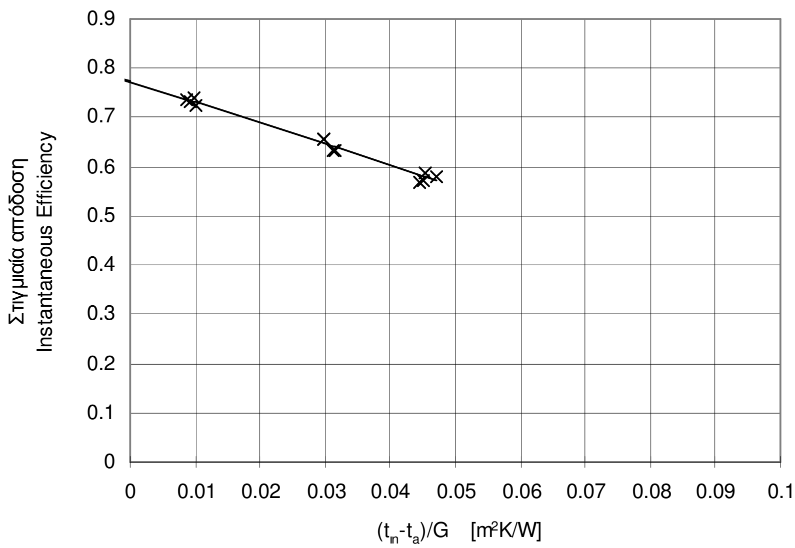
A.2.10.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / *Second order fit to data*

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: .... 2.3 m^2
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: ....0.050 kg/s
Fluid flowrate used for the tests



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

Second order fit to data :

η_{0A} = ...0.77

α_{1A} =.............. 4.10 W/(m^2 K)

α_{2A} =.......... 0.004 W/(m^2 K^2)

Σημείωση / *Note*:
Η τιμή του G που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εξίσωση δευτέρου βαθμού είναι 800 W/m^2
The value of G to be used for a second order fit is 800 W/m^2.

A.3 ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / *COLLECTOR OUTPUT*

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

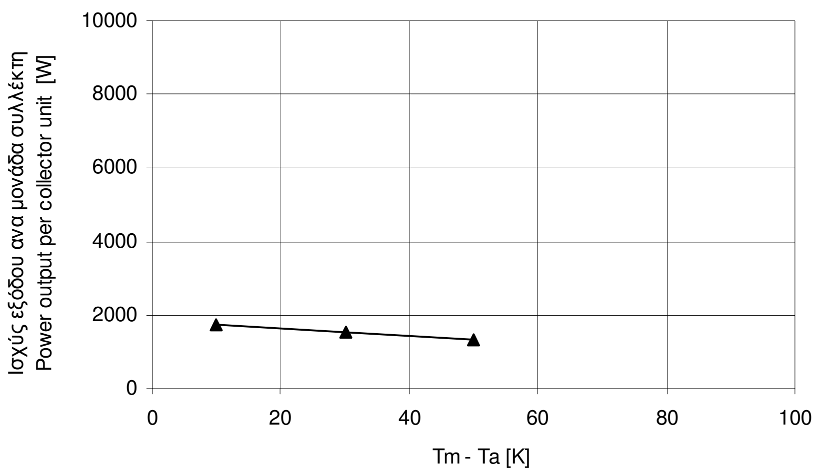
$$\dot{Q} = A_C G \overline{\eta}_C = A_C G(\overline{\eta}_{0C} - \overline{\alpha}_{1C}\frac{t_m - t_a}{G} - \overline{\alpha}_{2C}\, G\, (\frac{t_m - t_a}{G})^2))$$

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

$$W_{peak} = A_C G \overline{\eta}_{0C} = \text{ 1821 W}$$

Πίνακας Α.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	632	1178	1724
30	432	978	1524
50	223	769	1316

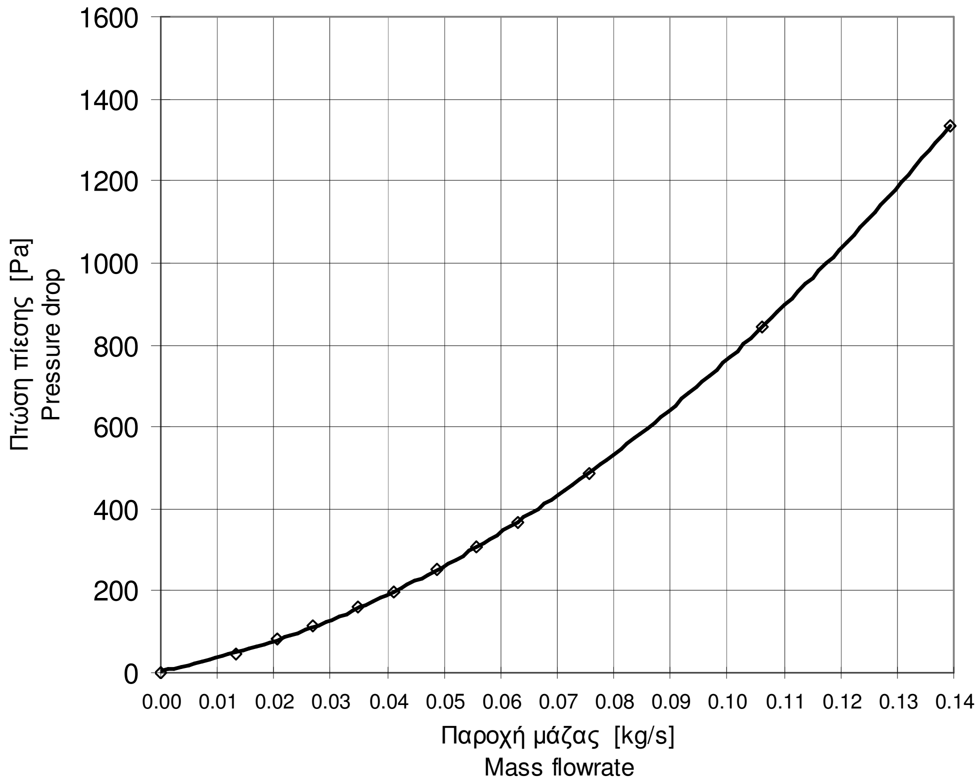


Ισχύς εξόδου ανα συλλέκτη (για G=1000 W/m^2) /
Power output per collector unit (for G=1000W/m^2)

A.4 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ / *PRESSURE DROP*

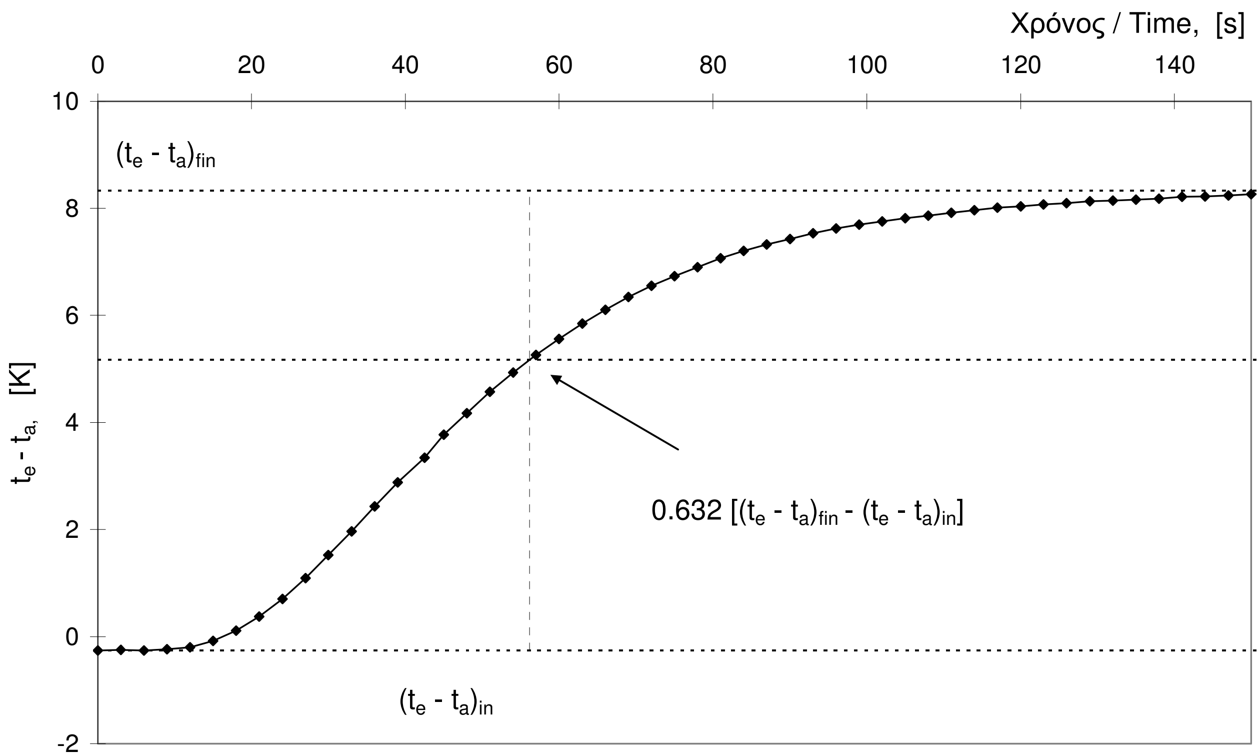
Υγρό / *Fluid* : .... Νερό / Water

Θερμοκρασία υγρού / *Fluid Temperature* : .... 20 ^{0}C



A.5 ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ / *TIME CONSTANT*

τ_c = ...52.2 s



A.6 ΕΝΕΡΓΟΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ / *EFFECTIVE THERMAL CAPACITY*

C = ...22.63 KJ/K

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

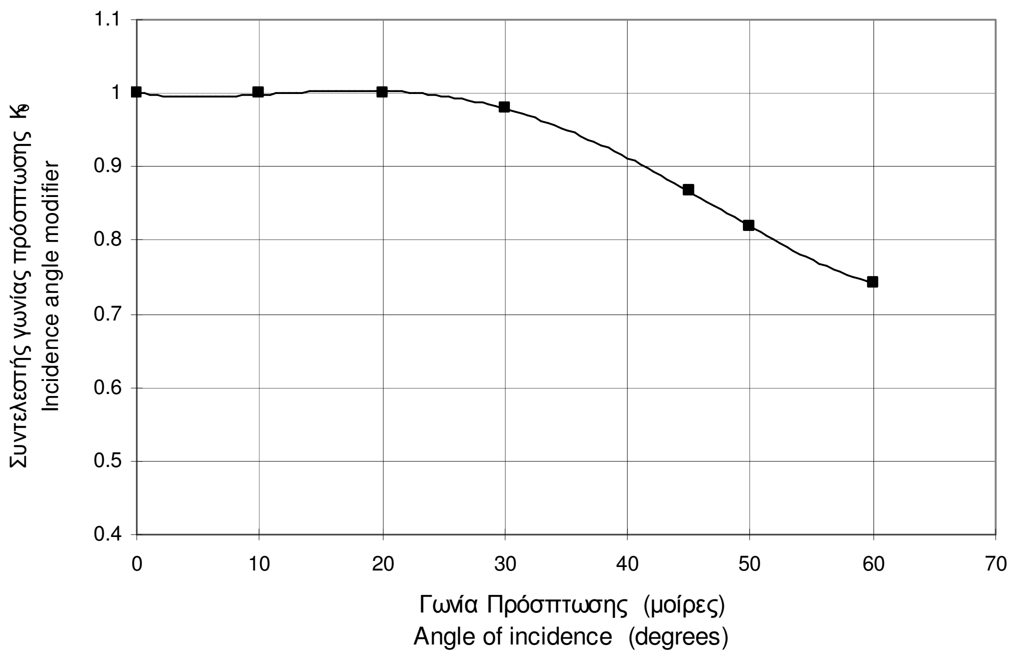
Σημείωση:
Η ενεργός θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τις μετρούμενες τιμές των μεγεθών t_{in}, ΔΤ, t_a, G με την ακόλουθη εξίσωση για δοκιμή σε εξωτερικό χώρο :

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 :*

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

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

Γωνία *Angle*	0^0	30^0	45^0	50^0	60^0
K_θ	1.00	0.98	0.87	0.82	0.74



A.8 ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ / SYMBOLS AND UNITS

Σύμβολο **Symbol**	**Σημασία** ***Meaning***	**Μονάδες** ***Units***
α_1	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T^*_i *Algebraic constant, reference to* T^*_i	$W/(m^2\ K)$
$\overline{\alpha}_1$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T^*_m *Algebraic constant, reference to* T^*_m	$W/(m^2\ K)$
α_2	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T^*_i *Algebraic constant, reference to* T^*_i	$W/(m^2\ K^2)$
$\overline{\alpha}_2$	Αλγεβρική σταθερά, ως προς την T^*_m *Algebraic constant, reference to* T^*_m	$W/(m^2\ K^2)$
A_A	Εμβαδόν απορροφητή του συλλέκτη *Absorber area of collector*	m^2
A_C	Εμβαδόν παραθύρου του συλλέκτη *Aperture area of collector*	m^2
A_G	Ολικό εμβαδόν του συλλέκτη *Gross area of collector*	m^2
c_f	Ειδική θερμότητα του υγρού μέσου μεταφ. θερμότητας *Specific heat capacity of heat transfer fluid*	J/(kg K)
C	Ενεργός θερμοχωρητικότητα του συλλέκτη *Effective thermal capacity of collector*	J/K
G	'Ενταση ολικής ηλιακής ακτινοβολίας *Global solar irradiance*	$W/\ m^2$
G_d	'Ενταση διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας *Diffuse solar irradiance*	$W/\ m^2$
K_θ	Συντελεστής γωνίας πρόσπτωσης *Incidence angle modifier*	---
LT	Τοπική ώρα *Local time*	---
$\hat{m}$	Παροχή μάζας του υγρού μεταφοράς θερμότητας *Mass flow rate of heat transfer fluid*	kg/s
$\hat{Q}$	Ωφέλιμη ισχύς αποδιδόμενη από το συλλέκτη *Useful power extracted from collector*	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)
$\overline{U}$	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, $\Delta T = t_e - t_{in}$ *Temperature difference between fluid outlet and inlet*	K
η	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την T^*_i *Collector thermal efficiency, with reference to* T^*_i	---
$\bar{\eta}$	Θερμική απόδοση του συλλέκτη, ως προς την T^*_m *Collector thermal efficiency, with reference to* T^*_m	---
η_0	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_i = 0$) *Eta zero (* η *at* $T^*_i = 0$*), reference to* T^*_i	---
$\bar{\eta}_0$	Μέγιστη απόδοση του συλλέκτη (σε $T^*_m = 0$) *Eta zero (* $\bar{\eta}$ *at* $T^*_m = 0$*), reference to* T^*_m	---
ρ	Πυκνότητα του ρευστού μεταφοράς θερμότητας *Density of heat transfer fluid*	kg/m^3
τ_c	Σταθερά χρόνου του συλλέκτη *Collector time constant*	s
Q_{peak}	Μέγιστη ισχύς εξόδου Collector peak output	W

Δείκτες / ***Subscripts***

A	Αναφορά στην επιφάνεια του απορροφητή *Reference to absorber area*
C	Αναφορά στην επιφάνεια του παραθύρου *Reference to aperture area*
G	Αναφορά στην ολική επιφάνεια του συλλέκτη *Reference to gross collector area*