



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
1165

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


ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΩΝ - ΕΝΕΡΓ/ΚΩΝ ΣΥΣΤ/ΤΩΝ
ΠΡΟΪΣΤ/ΝΟΣ Β. ΜΠΕΛΕΣΙΩΤΗΣ
ΤΗΛ: 6544592 - FAX: 6544592
109 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: 31/10/2007

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: BAUER – Δ. ΠΑΤΕΡΔΗΣ Έκτορος 118 131 22, Ίλιον ΑΘΗΝΑ	<i>Customer: BAUER – D. PATERDIS 118 Ektoros 131 22, Ilion ATHENS</i>
Τηλ.: 210 2621742 Fax: 210 2621743	Tel.: 210 2621742 Fax: 210 2621743
Ημερομηνία παραλαβής συλλέκτη (καλή κατάσταση) / <i>Receipt date of collector (in good condition): 12/09/2007</i>	

A.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / SOLAR COLLECTOR DESCRIPTION

A.1.1 Βασικά Στοιχεία / Basic data

- Όνομα Κατασκευαστή: BAUER
Name of Manufacturer: BAUER
- Χαρακτηριστικά Συλλέκτη: 2m².ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΟΣ
Collector model :

A.1.2. Συλλέκτης / Collector

- Τύπος: / *Type :*
 Επίπεδος / *Flat plate*
 Σωλήνων κενού / *Evacuated tube*
 Άλλος / *Other:.....*
- Εμβαδόν ολικής επιφάνειας / *Gross area: 1.98 m²*
- Εμβαδόν επιφάνειας παραθύρου / *Aperture area:..... 1.82 m²*
- Αριθμός καλυμμάτων* / *Number of covers*: 1*
- Υλικά καλυμμάτων*: Γυαλί 'Mistlite Solar' / *Mistlite Solar Glass Cover materials*:*
- Πάχος καλυμμάτων*: 4 mm
Cover thickness :*
- Αριθμός σωλήνων ή καναλιών* / *Number of tubes or channels*: 10*

(*) 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* : 9.6 mm
*Tube diameter (inside) or channel dimensions** :

- Απόσταση σωλήνων ή καναλιών* / *Tube or channel pitch** : 9 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 Αλουμινίου πάχους 0.4 mm
*Material** : *Copper tubes - 0.4 mm thickness Aluminium fins*

- Τρόπος επεξεργασίας της επιφάνειας* : Επιλεκτική Βαφή
*Surface treatment** : *Selective Coating*

- Τύπος κατασκευής* : Τύπου Ωμέγα / 'Omega' type
Construction type :

- Βάρος υγρού / *Fluid content* : 1.22 kg

- Εμβαδόν / *Area** : 1.77 m²

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

- Πάχος θερμικής μόνωσης* : 40 mm (πλάτη), 30 mm (πλευρικά)
*Thermal insulation thickness** : *40 mm (back), 30 mm (sides)*

- Υλικό μόνωσης, πλάτη* : Υαλοβάμβακας / *Glass Wool*
*Insulation material, back** :

- Υλικό μόνωσης, πλευρικά* : Υαλοβάμβακας / *Glass Wool*
*Insulation material, sides** :

- Υλικό πλαισίου, πλευρικά* : Αλουμίνιο / *Aluminium*
*Casing material, sides** :

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

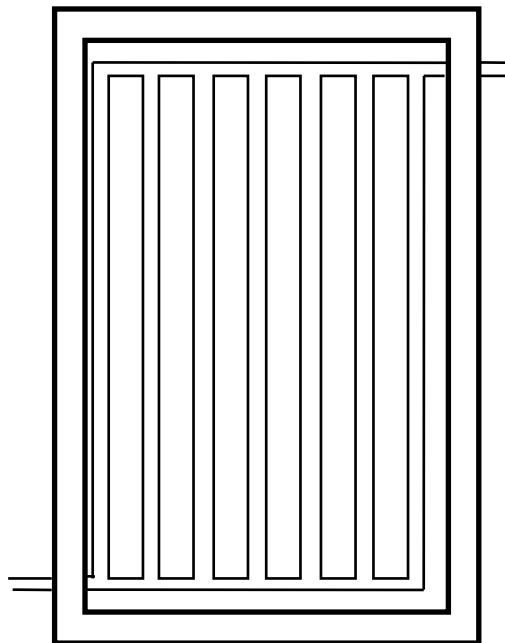
(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

- Υλικό πλαισίου, πλάτη*: Λαμαρίνα Γαλβανιζέ / *Galvanized Steel Sheet Casing material, back**:
- Ολικό βάρος συλλέκτη χωρίς υγρό / *Total mass of collector without fluid*:35.83 kg
- Ολικές διαστάσεις / *Gross dimensions*: (1995 x 993 x 85) mm
- Διαστάσεις παραθύρου / *Aperture dimensions*: (1937 x 938) mm
- Στεγανοποιητικά υλικά*: Λάστιχο EPDM - Σιλικόνη / *EPDM Rubber - Silicon Sealing material**:

A.1.6 Περιορισμοί* / *Liminations**

- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας / *Maximum temperature of operation* : -**
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας / *Maximum operating pressure* : 11 Bar

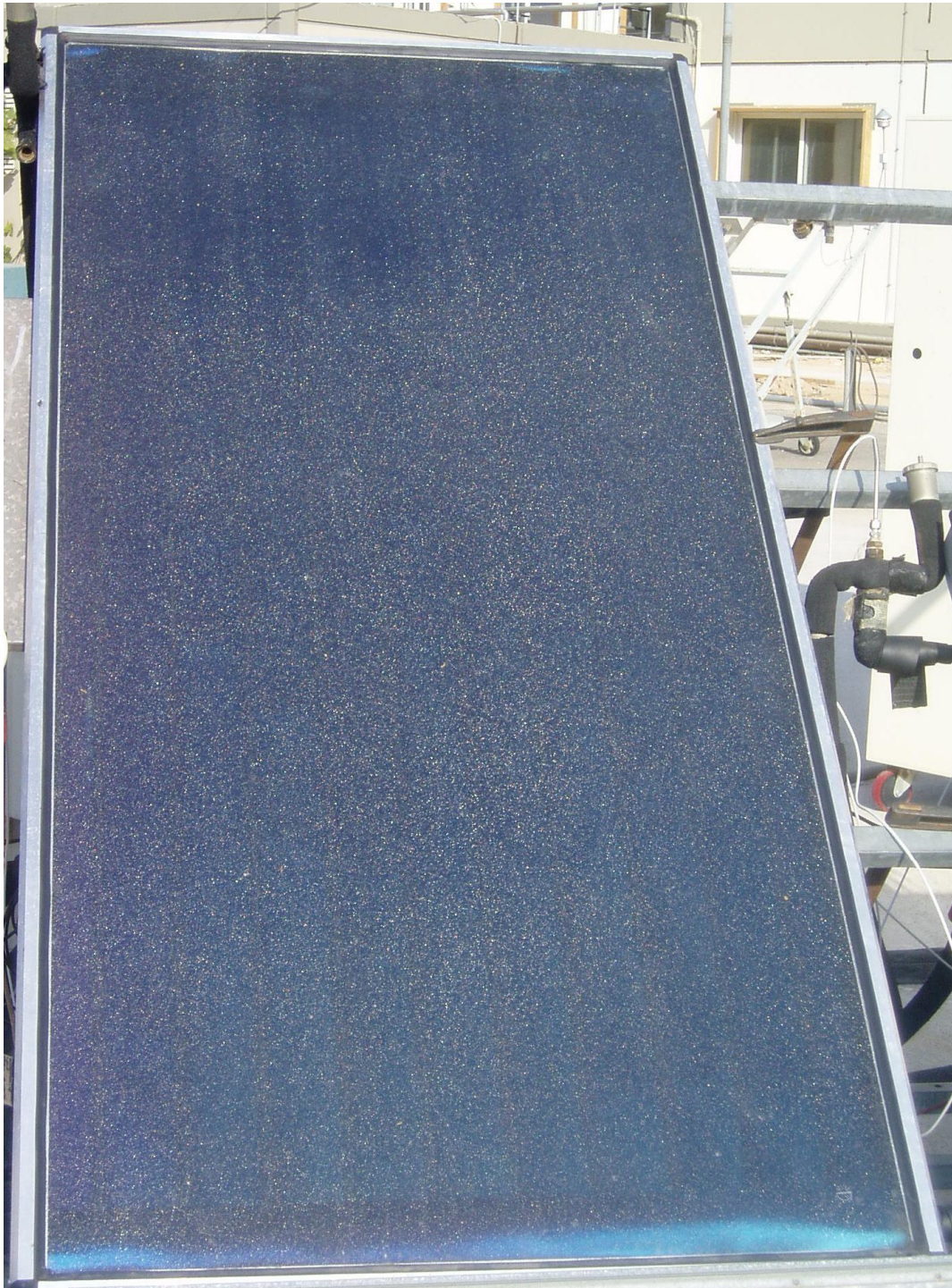
A.1.7 Σχηματική Παράσταση του Συλλέκτη* / *Schematic Diagram of the Collector**



(*) 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

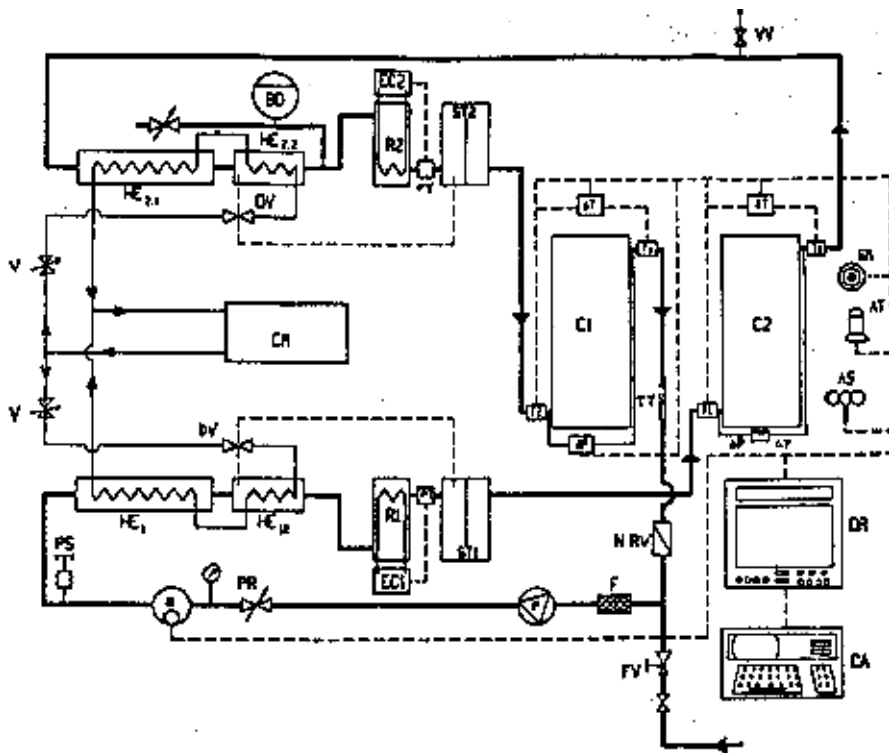
(**) Δεν δόθηκαν στοιχεία από πελάτη
No data were provided by the customer

A.2 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ / INSTANTANEOUS EFFICIENCY

A.2.1 Μέθοδος / Method

Συνθήκες μόνιμης κατάστασης στο ύπαιθρο / Outdoor steady-state conditions

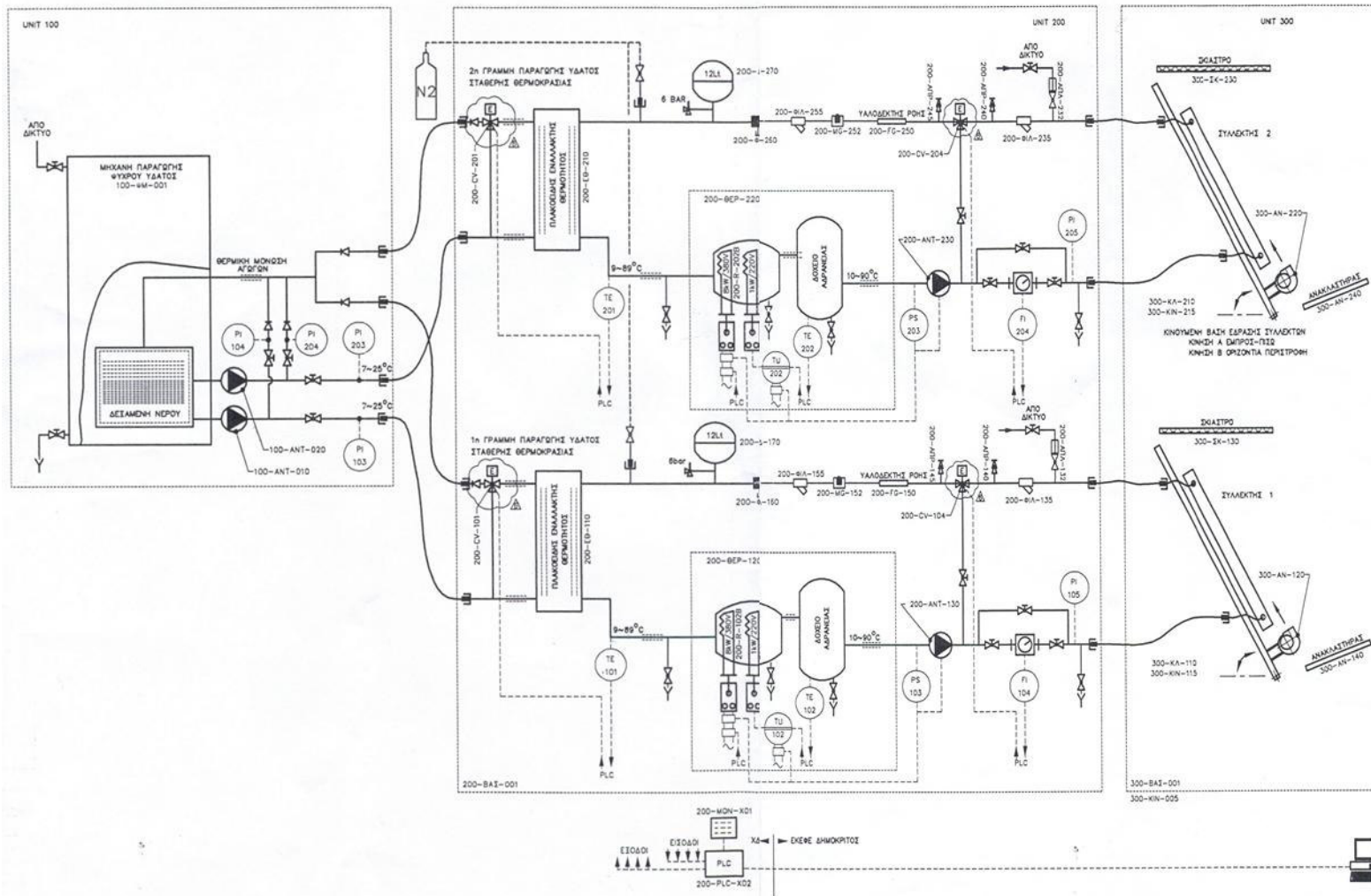
A.2.2 Σχηματική Παράσταση του Κυκλώματος Δοκιμής (1^η εγκατάσταση) Schematic Diagram of the Test Loop (1st Installation)



C	Επίπεδος συλλέκτης
HE	Εναλλάκτης θερμότητας
CM	Ψυκτική μονάδα
DV	Διαφορική βάνα
EC	Ηλεκτρικός σταθεροποιητής θερμοκρασίας νερού
PT	Θερμόμετρο Pt100
ΔP	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 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
24/Sep/2007	12:48-13:02	1062	7	23.2	2	18.8	8.31	0.0397
24/Sep/2007	12:16-12:31	1040	7	22.8	2	18.8	8.25	0.0395
24/Sep/2007	12:32-12:47	1052	7	22.8	2	18.8	8.27	0.0397
24/Sep/2007	12:00-12:15	1051	7	22.5	2	18.9	8.25	0.0389
20/Sep/2007	14:35-14:50	940	17	27.9	2	38.0	6.90	0.0391
20/Sep/2007	15:00-15:15	884	17	27.4	2	37.8	6.42	0.0393
24/Sep/2007	13:59-14:14	1035	8	23.6	2	37.6	7.38	0.0393
24/Sep/2007	14:15-14:30	1026	7	23.7	2	37.7	7.32	0.0393

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

Ημ/μία / 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
19/Sep/2007	14:30-14:45	927	13	32.0	2	56.9	6.01	0.0390
19/Sep/2007	14:46-15:01	888	14	31.9	2	57.0	5.65	0.0391
24/Sep/2007	15:06-15:21	968	7	23.9	2	56.6	5.94	0.0393
24/Sep/2007	15:32-15:47	915	7	23.4	2	56.6	5.56	0.0392
05/Oct/2007	12:34-12:49	997	8	27.3	2	71.9	5.39	0.0386
05/Oct/2007	13:07-13:22	975	9	27.2	2	72.8	5.21	0.0386
05/Oct/2007	13:26-13:41	940	9	27.1	2	72.9	4.99	0.0383
05/Oct/2007	14:15-14:30	937	9	27.1	2	74.8	4.96	0.0383

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

Ημ/νία / 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	-	-	-
24/Sep/2007	12:48-13:02	23.0	4180	1378	0.000	-0.004	0.66	0.71	0.73
24/Sep/2007	12:16-12:31	22.9	4180	1360	0.000	-0.004	0.66	0.72	0.74
24/Sep/2007	12:32-12:47	22.9	4180	1373	0.000	-0.004	0.66	0.72	0.74
24/Sep/2007	12:00-12:15	23.0	4180	1343	0.000	-0.003	0.65	0.70	0.72
20/Sep/2007	14:35-14:50	41.5	4178	1129	0.014	0.011	0.61	0.66	0.68
20/Sep/2007	15:00-15:15	41.0	4178	1054	0.015	0.012	0.60	0.65	0.67
24/Sep/2007	13:59-14:14	41.3	4178	1213	0.017	0.014	0.59	0.64	0.66
24/Sep/2007	14:15-14:30	41.3	4178	1201	0.017	0.014	0.59	0.64	0.66

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

Ημ/νία / Date	LT	t_m	c_f	\bar{Q}	$(t_m - t_a) / G$	$(t_{in} - t_a) / G$	$\bar{Q}/(A_G G)$	$\bar{Q}/(A_C G)$	$\bar{Q}/(A_A G)$
H-M-E D-M-Y	Ωρες-Λεπτά h-min	°C	J/kg K	W	m ² K/W	m ² K/W	-	-	-
19/Sep/2007	14:30-14:45	59.9	4183	979	0.030	0.027	0.53	0.58	0.60
19/Sep/2007	14:46-15:01	59.8	4183	924	0.031	0.028	0.53	0.57	0.59
24/Sep/2007	15:06-15:21	59.5	4183	977	0.037	0.034	0.51	0.55	0.57
24/Sep/2007	15:32-15:47	59.4	4183	911	0.039	0.036	0.50	0.55	0.56
05/Oct/2007	12:34-12:49	74.6	4192	872	0.047	0.045	0.44	0.48	0.49
05/Oct/2007	13:07-13:22	75.4	4192	843	0.049	0.047	0.44	0.47	0.49
05/Oct/2007	13:26-13:41	75.4	4192	801	0.051	0.049	0.43	0.47	0.48
05/Oct/2007	14:15-14:30	77.3	4193	796	0.054	0.051	0.43	0.47	0.48

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

	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ / RADIATION		
T _m -T _a	400	700	1000
{K}	{W/m ² }	{W/m ² }	{W/m ² }
10	449	839	1228
30	284	673	1063
50	85	474	864

**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.**

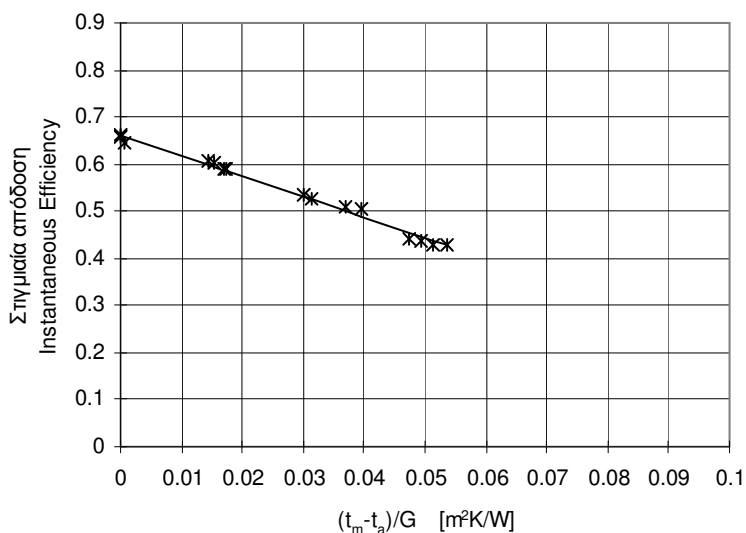
A.2.5.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Συνολική επιφάνεια που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.98 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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:

$$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.66$$

$$\bar{U}_G = \dots\dots\dots 4.36 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

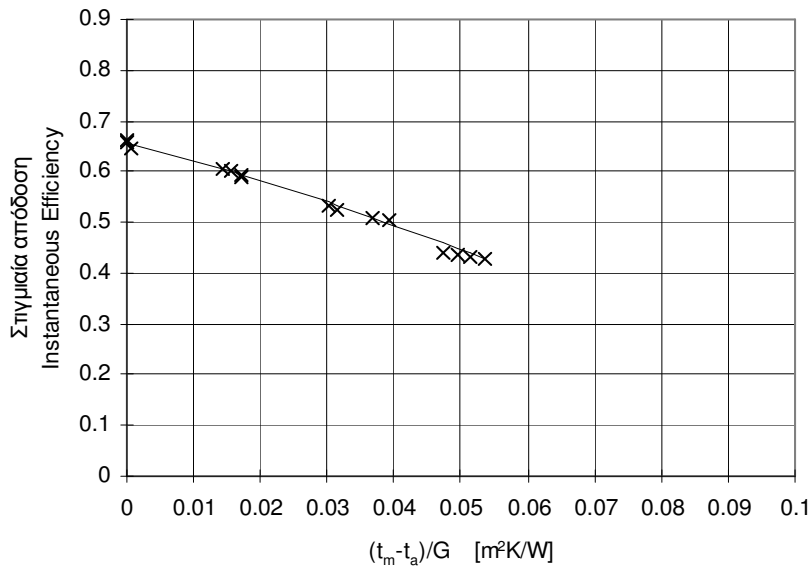
A.2.5.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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: 1.98 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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 :

$\bar{\eta}_{0G} = \dots\dots\dots 0.66$

$\bar{\alpha}_{1G} = \dots\dots\dots 3.32 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\bar{\alpha}_{2G} = \dots\dots\dots 0.021 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

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.**

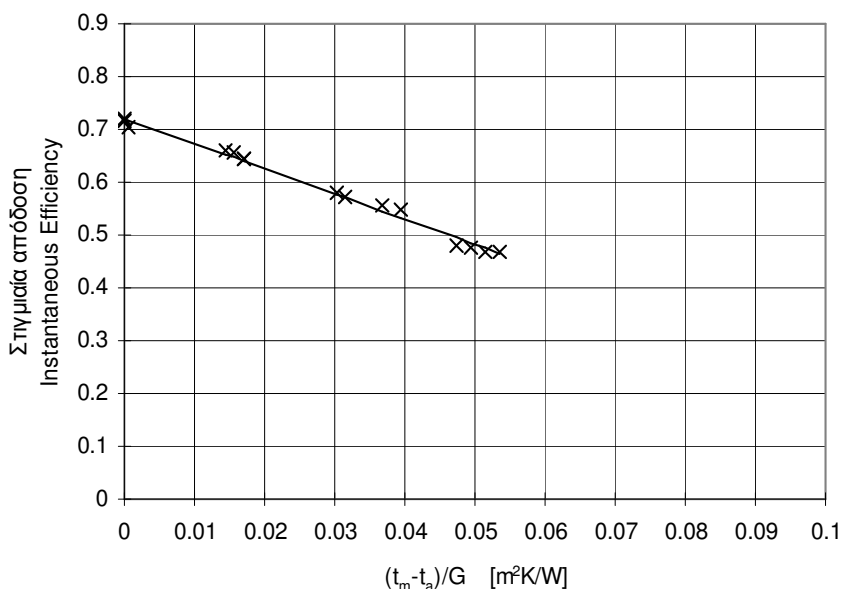
A.2.6.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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

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

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.82 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.039 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:

$$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.72$$

$$\bar{U}_c = \dots\dots\dots 4.75 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

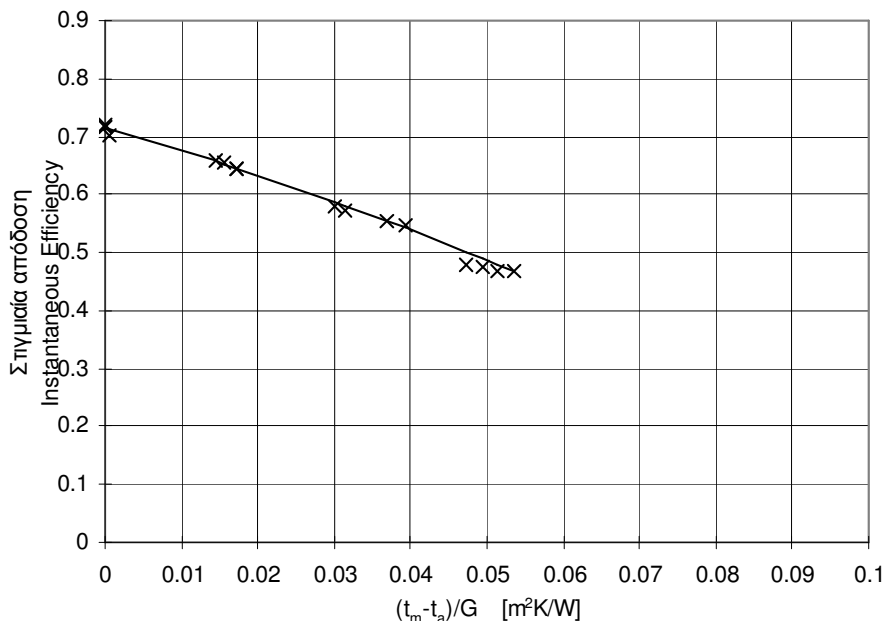
A.2.6.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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: 1.82 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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 :

$$\bar{\eta}_{0c} = \dots\dots\dots 0.71$$

$$\bar{\alpha}_{1c} = \dots\dots\dots 3.61 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2c} = \dots\dots\dots 0.023 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

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

$$\sigma(\bar{\alpha}_{1c}) = \dots\dots\dots 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{2c}) = \dots\dots\dots 0.006 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

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.**

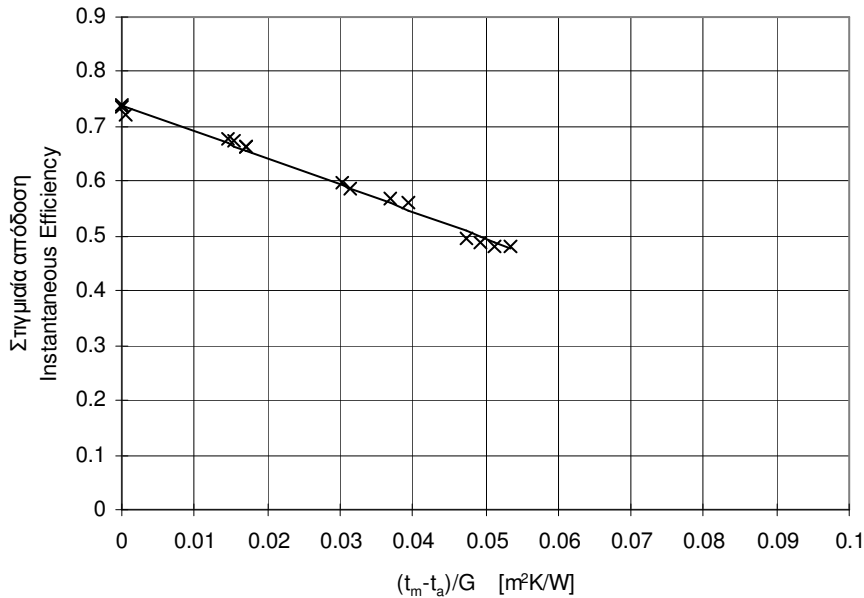
A.2.7.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 1.77 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.039 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:

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

$$\bar{U}_A = \dots\dots\dots 4.88 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

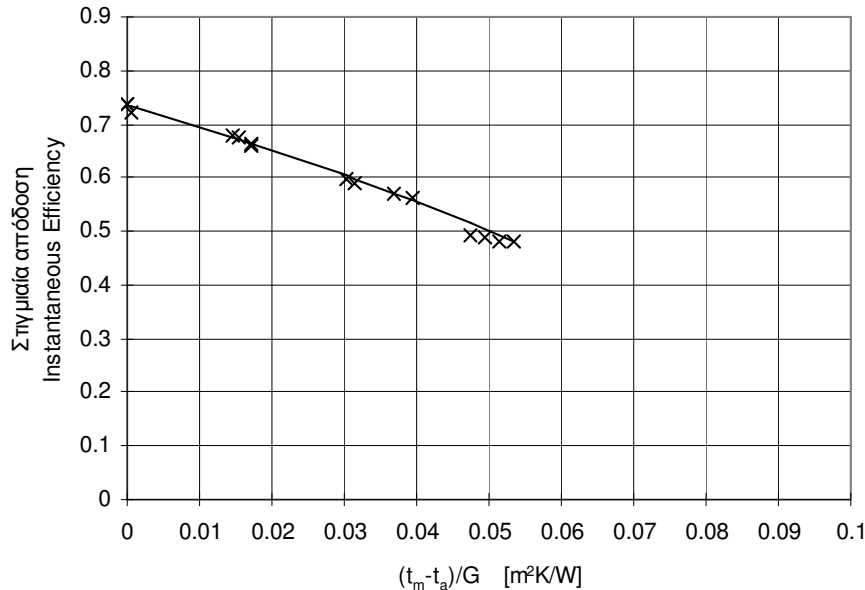
A.2.7.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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: 1.77 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.039 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 :

$$\bar{\eta}_{0A} = \dots\dots\dots 0.73$$

$$\bar{\alpha}_{1A} = \dots\dots\dots 3.72 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\bar{\alpha}_{2A} = \dots\dots\dots 0.024 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

Τυπική απόκλιση / Standard deviation:

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

$$\sigma(\bar{\alpha}_{1A}) = \dots\dots\dots 0.31 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\sigma(\bar{\alpha}_{2A}) = \dots\dots\dots 0.006 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$$

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.**

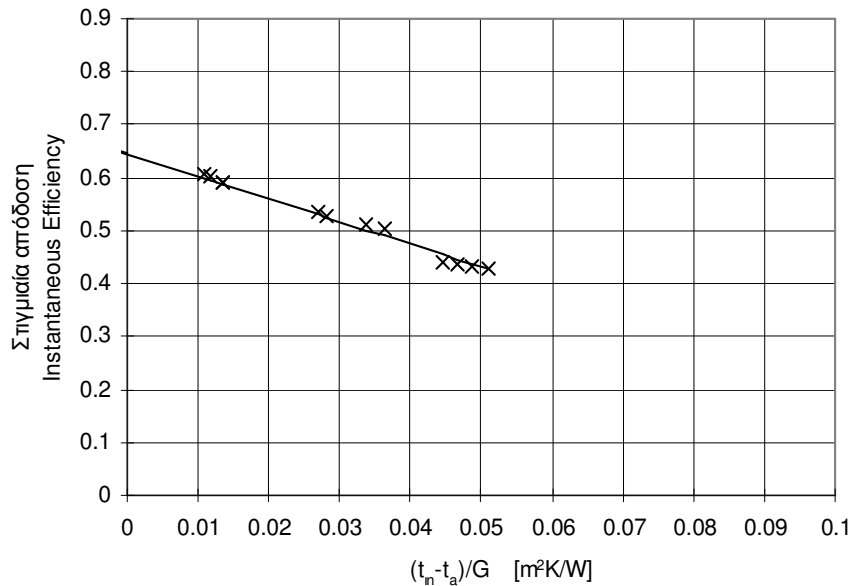
A.2.8.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 1.98 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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:

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.64$

$U_G = \dots\dots\dots 4.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

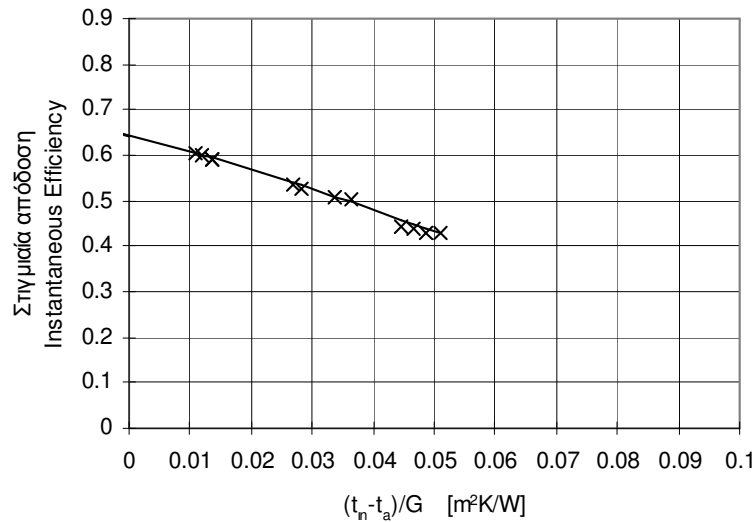
A.2.8.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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: 1.98 m²
Gross area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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 :

$\eta_{0G} = \dots\dots\dots 0.64$

$\alpha_{1G} = \dots\dots\dots 3.41 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2G} = \dots\dots\dots 0.020 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

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.**

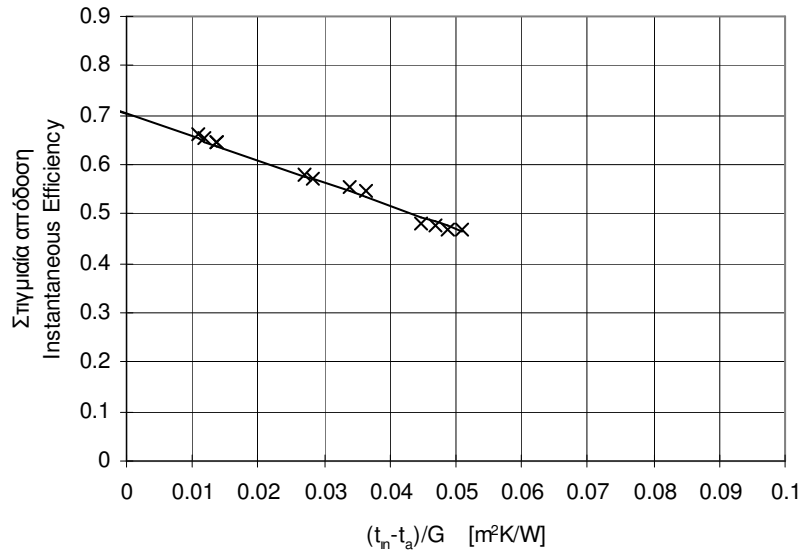
A.2.9.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 1.82 m²
 Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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 :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.70$

$U_c = \dots\dots\dots 4.63 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

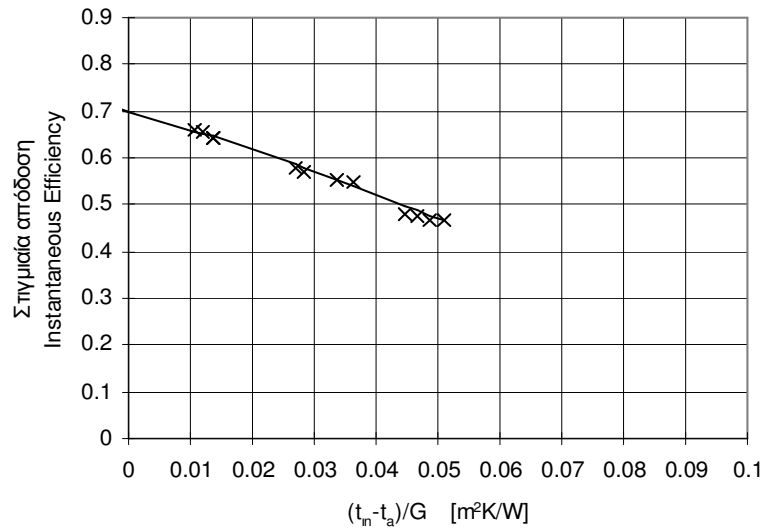
A.2.9.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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

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

Επιφάνεια παραθύρου που χρησιμοποιείται για την καμπύλη: 1.82 m²
Aperture area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.039 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 :

$\eta_{0c} = \dots\dots\dots 0.70$

$\alpha_{1c} = \dots\dots\dots 3.71 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2c} = \dots\dots\dots 0.022 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

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.**

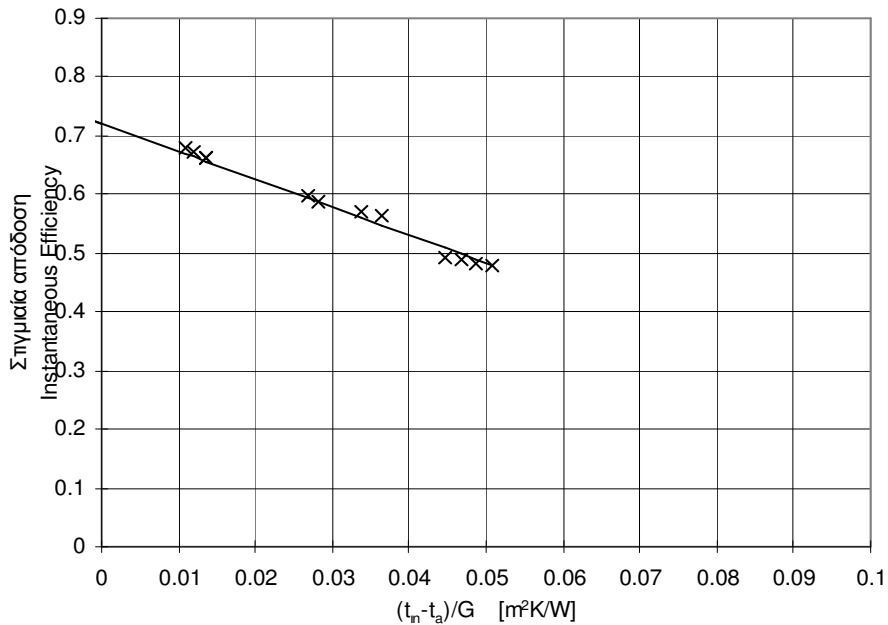
A.2.10.1 Εξίσωση γραμμική / Lineal fit to data

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: 1.77 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές: 0.039 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 :

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

$U_A = \dots\dots\dots 4.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

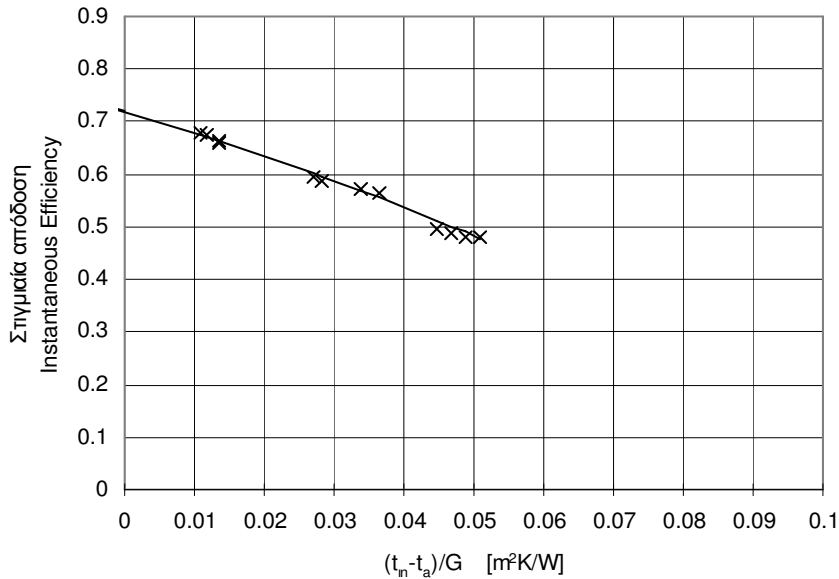
A.2.10.2 Εξίσωση δευτεροβάθμια / Second order fit to data

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: 1.77 m²
Absorber area used for curve

Παροχή ρευστού που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές:0.039 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 :

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

$\alpha_{1A} = \dots\dots\dots 3.82 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

$\alpha_{2A} = \dots\dots\dots 0.022 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^2)$

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.

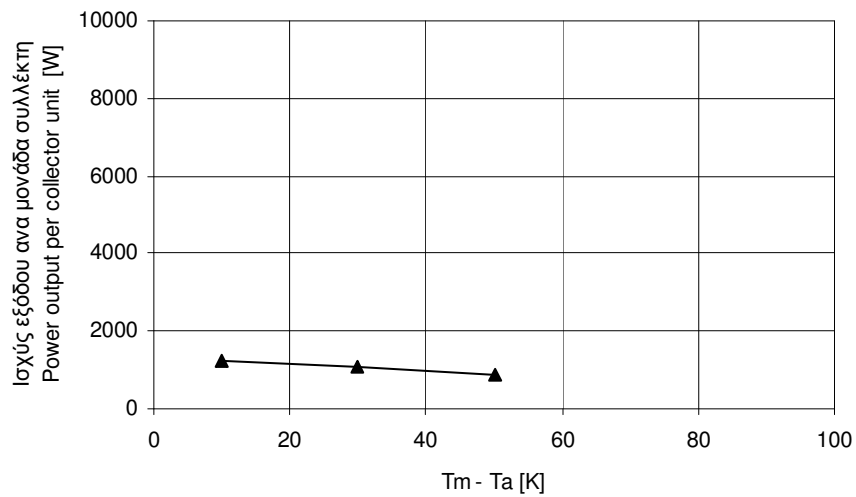
A.3 ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ / COLLECTOR OUTPUT

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

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

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

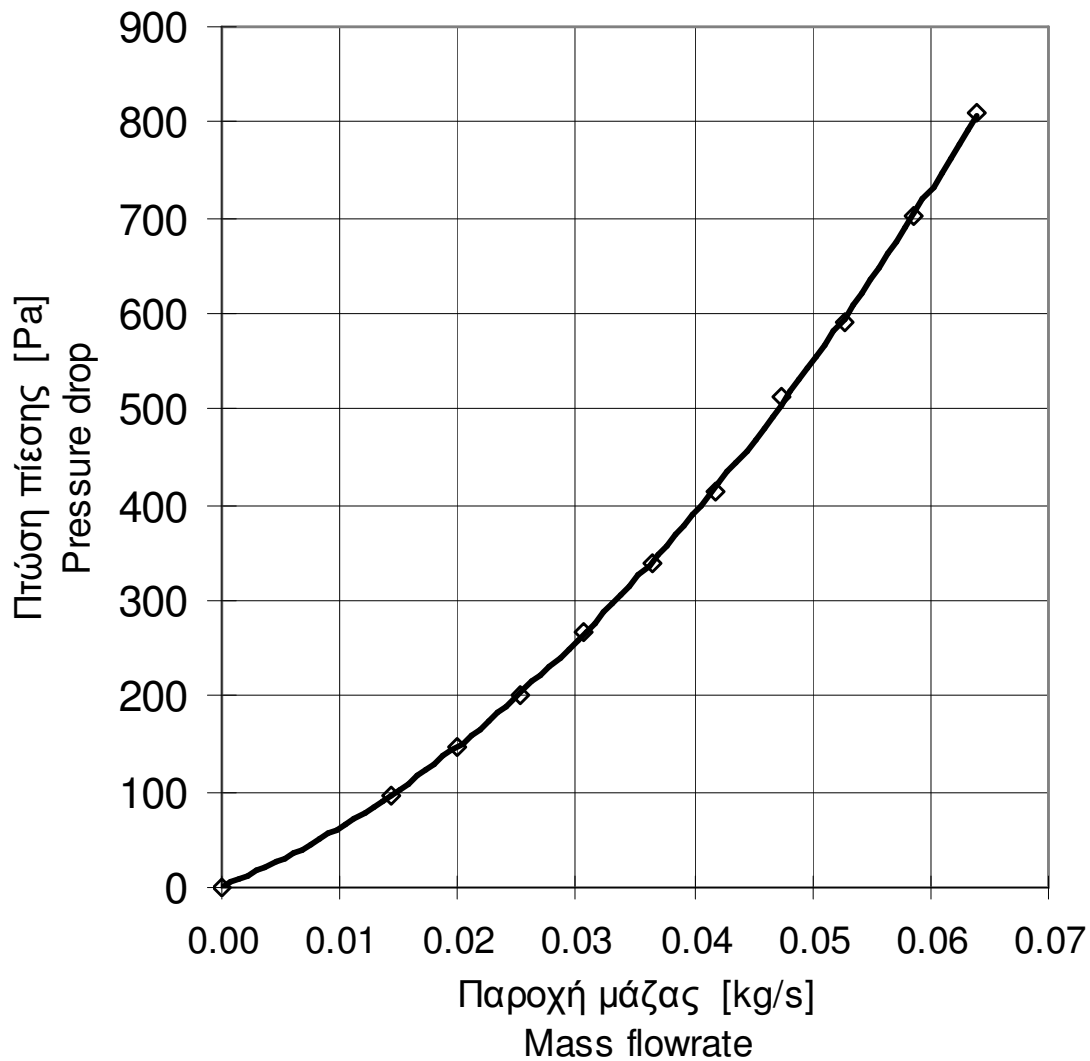
$$W_{peak} = A_c G \bar{\eta}_{0c} = 1298 \text{ W}$$



A.4 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ / PRESSURE DROP

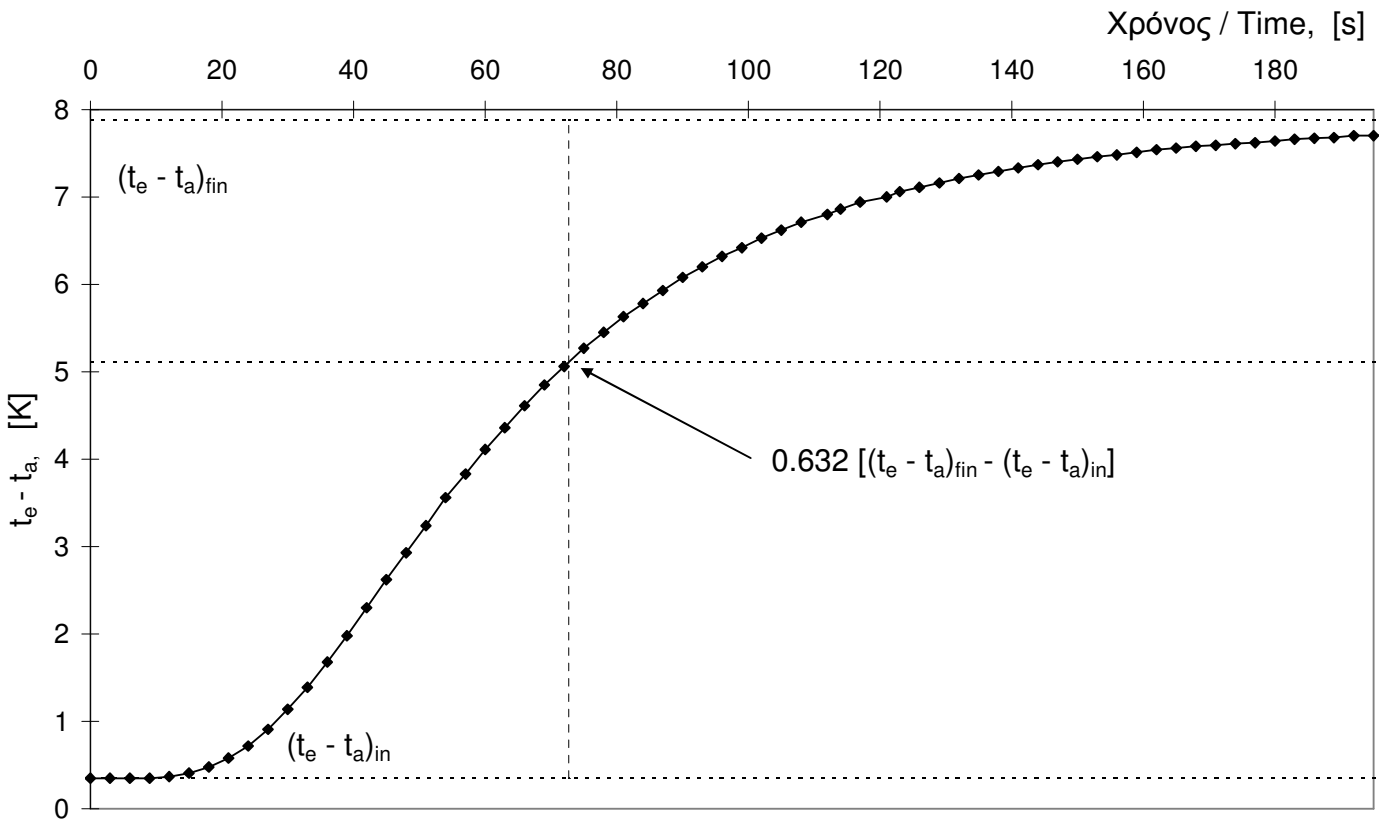
Υγρό / Fluid : Νερό / Water

Θερμοκρασία υγρού / Fluid Temperature : 20 °C



A.5 ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ / TIME CONSTANT

$\tau_c = \dots\dots\dots 72.7 \text{ s}$



A.6 ΕΝΕΡΓΟΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ / *EFFECTIVE THERMAL CAPACITY*

$$C = \dots\dots\dots 28.1 \text{ KJ/K}$$

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 :

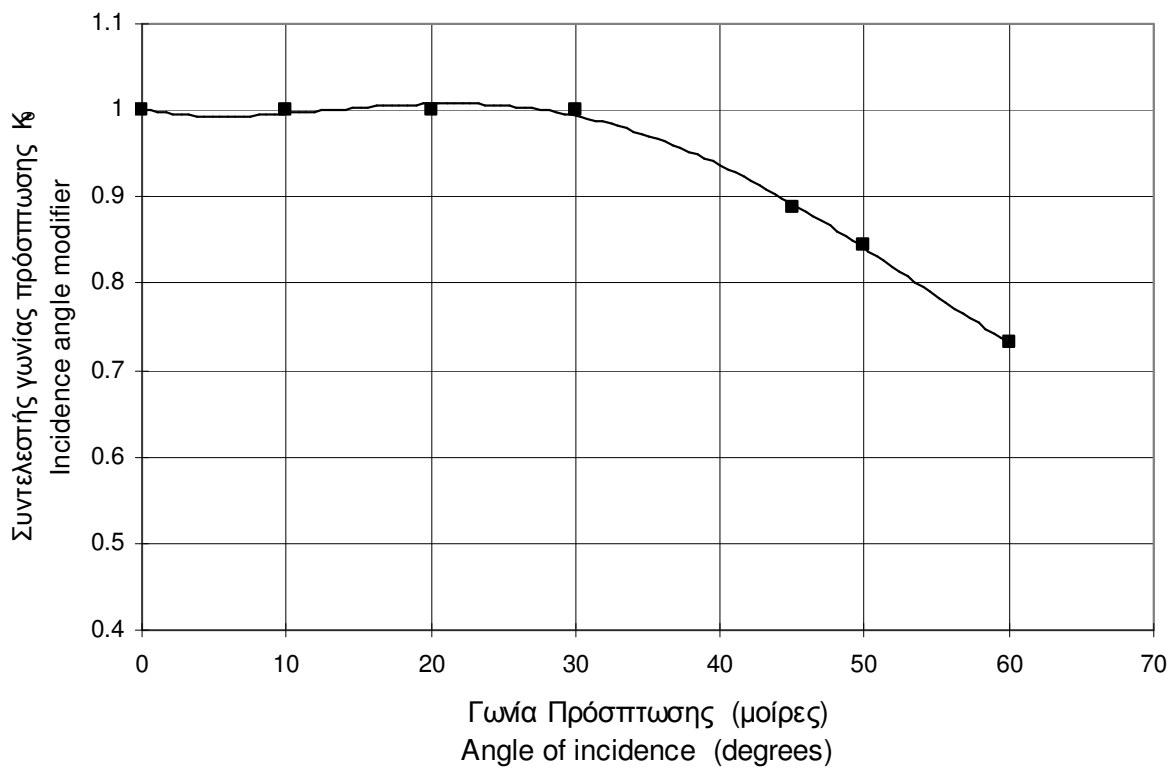
Note:

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 Angle	0°	30°	45°	50°	60°
K _θ	1.00	1.00	0.89	0.84	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>