

ΣΥΛ-1

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΕΝΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΜΙΑΣ ΣΚΑΦΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΕΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ Γ. ΧΑΡΩΝΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΕΙ Πειραιά

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η μελέτη αυτή έχει σαν σκοπό

- α) Να διερευνήσει αν μπορούμε να πάρουμε μια υψηλότερη θερμοκρασία στο θερμιδοφόρο ρευστό από ένα συλλέκτη κατασκευασμένο με τη μορφή μιας σκάφης σε σύγκριση με ένα επίπεδο συλλέκτη.
- β) Αν μπορούμε να μαζέψουμε μια μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας σε μια περίοδο πλήρους ηλιοφάνειας.

Πράγματι η πρώτη σύγκριση έδωσε μια διαφορά υπέρ της ηλιακής σκάφης από 3,2% - 10% περίπου. Βελτιώνοντας τις γωνίες των πλευρών της σκάφης βασιζόμενος στις εργασίες των Mannan και Banerjee για ένα συμμετρικό συγκεντρωτικό συλλέκτη με κάτοπτρο και κατασκευάζοντας συλλέκτες επιφανείας 1 m^2 πειραματιζόμαστε αυτή τη στιγμή σε ηλιακές σκάφης διαφόρων μορφών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

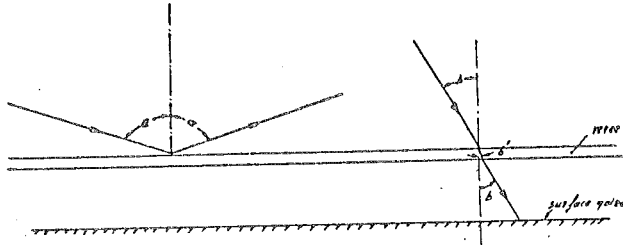
Ηλιακή σκάφη Θερμοζεύγος (thermocouple)
Επίπεδος συλλέκτης
Συμμετρικός συγκεντρωτικός συλλέκτης με μια κλίση
Συμμετρικός συγκεντρωτικός συλλέκτης με δύο κλίσεις
Μέγιστη σχέση συκέντρωσης
Άνοιγμα σκάφης A - Βάθος σκάφης D - Πυθμένας σκάφης B

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Ο περιγραφόμενος συλλέκτης πριν από όλα είναι μια εργαστηριακή πειραματική συσκευή. Δεν κατασκευάστηκε με σκοπό την βιομηχανοποίησή του. Αυτό όμως είναι δυνατόν να γίνει αν κάνουμε ορισμένες τροποποιήσεις και βελτιώσεις. Για να μη χάνουμε καιρό για να προσδιορίσουμε τους βαθμούς απόδοσης του συλλέκτη τον συγκρίνουμε με ένα επίπεδο συλλέκτη του ίδιου πλάτους και μήκους κατασκευασμένου από τα ίδια ακριβώς υλικά και τροφοδοτούμενου με την ίδια ακριβώς ποσότητα νερού. Η απόδοση ενός τέτοιου επίπεδου συλλέκτη είναι γνωστή χάρη στην μακρόχρονη εμπειρία που έχουν όλα τα εργαστήρια.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: Ο σκοπός της κατασκευής είναι να εξετάσουμε αν είναι δυνατόν να βελτιώσουμε τον επίπεδο συλλέκτη, δηλαδή να τον βελτιώσουμε σε ότι αφορά τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των πρωϊνών και απογευματινών ωρών όπου όπως γνωρίζουμε ο συλλέκτης δεν μπορεί να συλλέξει ενέργεια ή αν μπορεί αυτή είναι σε ανεπαρκή ποσότητα (80 W για 1 - 1,5 ώρες). Το χρονικό όμως αυτό διάστημα που είναι περίπου 3 ώρες το πρωί και το απόγευμα και αποτελεί το 25% περίπου σε μια ισημερία του ολικού ημερήσιου χρονικού διαστήματος που ο συλλέκτης εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία. Ο λόγος κυρίως για τον οποίο ο επίπεδος συλλέκτης δεν μπορεί να συλλέξει αρκετή ακτινοβολία είναι γνωστός και είναι όπως γνωρίζουμε η μεγάλη γωνία προσπίπτωσης των ακτίνων με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος των ακτίνων να ανακλάται (Σχήμα 1). Η κατασκευή και οι μετρήσεις έγιναν στο

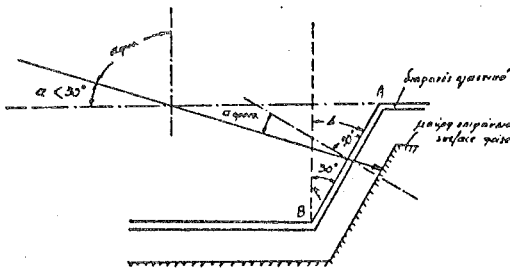
Εργαστήριο Θερμικών και Ηλιακών Μελετών του Πανεπιστημίου Claude Bernard της Λυών.

Και οι δύο συλλέκτες κατασκευάστηκαν από τα ίδια ακριβώς υλικά και χρωματίστηκαν με το ίδιο χρώμα (flat black paint).



Σχήμα 1

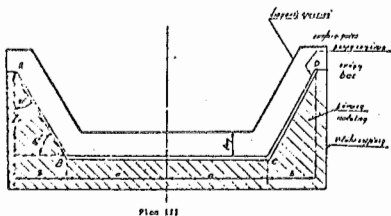
Έτσι με γνώμονα να κατασκευάσουμε ένα συλλέκτη με όσο το δυνατό πιο χαμηλή τεχνολογία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε τη δυνατότητα στο συλλέκτη αυτό να συγκεντρώσει όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 2

Μ' αυτή την έννοια αν δώσουμε στην επιφάνεια του συλλέκτη τη μορφή μιας σκάφης όπως φαίνεται στο σχήμα 2 είναι τότε δυνατόν κατά τη διάρκεια του χρόνου όπου οι ακτίνες σχηματίζουν μια μεγάλη γωνία με την κατακόρυφο (ανατολή και δύση του ηλίου) οι ακτίνες αυτές να διαπεράσουν για ένα μεγάλο μέρος την διάφανη επιφάνεια του καλύματος του συλλέκτη και να πέσουν στην απορροφητική επιφάνεια η οποία βρίσκεται πίσω από το διαφανές κάλυμα. Η γωνία β την οποία σχηματίζουν τα τοιχώματα με την κατακόρυφο διαλέχθηκε στην αρχή να μην είναι μεγαλύτερη από 30° περίπου γιατί από εμπειρία γνωρίζουμε ότι οι ακτίνες διαπερνούν σίγουρα τη διάφανη επιφάνεια όταν προσπίπτουν με κλίση μικρότερη από 60° ως προς την κατακόρυφο. Το βάθος h_k σε σχέση με το πλάτος b διαλέχθηκε $h_k/b = 2/1$ (Σχήμα 3) και $b = a/2$. Αυτό όμως όπως θα δούμε παρακάτω είναι θέμα έρευνας και μελέτης για να προσδιορίσουμε αυτό το λόγο καθώς επίσης και το πλάτος του συλλέκτη ως προς το μήκος του. Οι διαστάσεις της σκάφης που κατασκευάστηκε φαίνονται στο σχήμα 3 και η προβολή του τραapeζιού ABCD έγινε κατά τρόπο ώστε να είναι ίσο με το πλάτος του επιπέδου συλλέκτη με τον οποίο τον συγκρίνουμε και ο οποίος είχε ήδη κατασκευασθεί για άλλη δουλειά και ο οποίος είχε πλάτος $l = 155 \text{ mm}$. Στην κατασκευή της ηλιακής σκάφης δώσαμε τις διαστάσεις $2a = 100 \text{ mm}$ και $b = 25 \text{ mm}$. Έτσι σε ότι αφορά την οριζόντιο προβο-

λή αυτός ο συλλέκτης έχει τις ίδιες διαστάσεις με τον επίπεδο συλλέκτη. Με άλλα λόγια το κιβώτιο που είναι τοποθετημένη η σκάφη είναι σχεδόν το ίδιο με το κιβώτιο που είναι τοποθετημένος ο επίπεδος συλλέκτης.



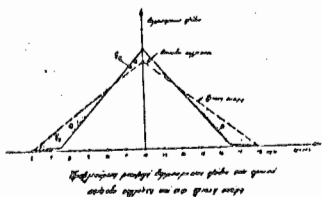
Σχήμα 3

εξόδου πάρουμε από τον συλλέκτη για την αυτή παροχή και στους δύο, τόσο πλεονεκτικότερος θα είναι ο συλλέκτης αυτός ως προς τον συγκρινόμενο. Έτσι σε πρώτη φάση επειδή η συμπεριφορά του επιπέδου συλλέκτη είναι γνωστή από την μέχρι σήμερα εμπειρία μιας εικοσαετίας που έχει περάσει στην πράξη, αν ο κατασκευασθείς συλλέκτης μας δείξει καλύτερη συμπεριφορά (δηλαδή για την ίδια ποσότητα παροχής αν μας δώσει υψηλότερη θερμοκρασία εξαγωγής) τότε ο συλλέκτης αυτός θα είναι πλεονεκτικότερος.

Για το σκοπό αυτό μεταχειρισθήκαμε την εξής απλή μέθοδο:

Τοποθετούμε τους δύο συλλέκτες τον ένα δίπλα στον άλλο όπως φαίνεται στα *slits* που θα δούμε και μετρούμε τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου στους συλλέκτες με την ίδια ακριβώς παροχή τροφοδότησης.

Η μέτρηση των θερμοκρασιών έγινε με 3 θερμοζεύγη (*thermocouple*) που τοποθετήθηκαν ανά ένα στην έξοδο του επιπέδου συλλέκτη και της σκάφης και ένα στην κοινή είσοδο για τη θερμοκρασία του νερού εισαγωγής και η οποία ήταν περίπου σταθερή στους 10° που ήταν και η θερμοκρασία του δικτύου της πόλης.



Σχήμα 4

λέκτη. Έτσι για κάθε συλλέκτη περιμένουμε να πάρουμε ένα γραφικό όπως φαίνεται στο σχήμα 4.

Είναι προφανές αν η επιφάνεια $F_1 > F_2$ τότε ο συλλέκτης στον οποίο ανήκει η διακεκομμένη γραμμή είναι πλεονεκτικότερος. Αν τώρα εμβαδομετρήσουμε τις επιφάνειες που περικλείονται από τη γραμμή μεταβολής της θερμοκρασίας και τον οριζόντιο άξονα και συγκρίνουμε τα δύο αυτά εμβαδά τότε έχουμε μια ένδειξη πόσο είναι πλεονεκτικότερος ο ένας ως

Σκοπός της έρευνάς μας δεν ήταν να προσδιορίσουμε την απόδοση του κατασκευασθέντος συλλέκτη αλλά απλώς να τον συγκρίνουμε με τον ήδη υπάρχοντα κοινό επίπεδο συλλέκτη με μια διαφανή επικάλυψη και βαμμένο με κοινό μαύρο χρώμα. Είναι επίσης προφανές ότι όσο υψηλότερη θερμοκρασία

στη συνέχεια σε δύο άξονες σημειώνουμε: Στον οριζόντιο άξονα το χρονικό διάστημα που εκτίθεται ο συλλέκτης στον ήλιο πέρνοντας την απλούστερη περίπτωση μιας ισημερίας που η διάρκεια της ημέρας είναι 12 ώρες και βαθμονομούμε τον άξονα αυτόν. Στον κατακόρυφο άξονα σημειώνουμε τις θερμοκρασίες εξόδου την ίδια χρονική στιγμή για κάθε συλ-

προς τον άλλο χωρίς να μας ενδιαφέρει το ποσόν της θερμότητας που ανέλαβε ο καθένας ούτε σε τι μονάδες μπορεί να μετρηθεί αυτό. Η παροχή στους συλλέκτες κυμαινόταν μεταξύ 25-50 lt/hm^2 (ανά ώρα και m^2 συλλέκτη) όπως συμβαίνει και με όλους τους συνηθισμένους συλλέκτες.

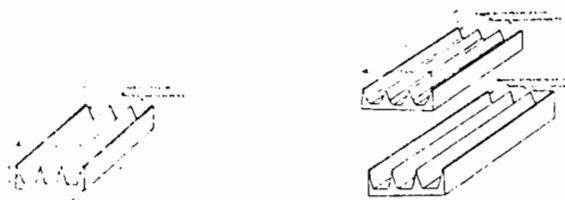
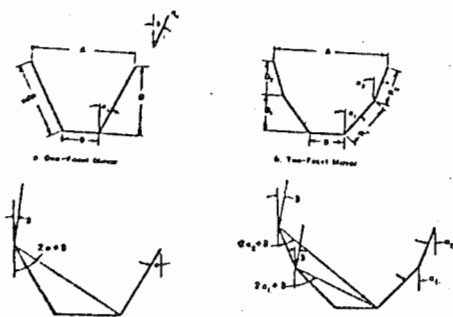
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στην Ελλάδα συνεχίσαμε την κατασκευή τέτοιων σκαφών στηριζόμενοι στις εργασίες των Mannan και Bannerot (ίδη "Solar Energy" Vol 21 pp. 385-391 με τον τίτλο : "Optimal Geometries for one and two faced symmetric side wall booster Mirror") οι οποίοι εργάσθηκαν σε συγκεντρωτικούς επίπεδους συλλέκτες που έχουν τη μορφή μιας σκάφης με μια ή δύο κλίσεις

όπως φαίνονται στο διπλανό σχήμα, και των οποίων οι πλευρικές επιφάνειες είναι επίπεδα κάτοπτρα ενώ η βάση της σκάφης είναι η μαύρη συλλεκτική επιφάνεια. Μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι δύο αυτοί ερευνητές γιατί οι ακτίνες που δεν διαπερνούν την διαφανή πλευρική επιφάνεια θα συμπεριφέρονται σαν να προσπίπτουν επάνω σε κάτοπτρο όπως εμελετήθηκε από τους δύο αυτούς ερευνητές. Από τις μετρήσεις και τις πειραματικές κατασκευές που κάναμε καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Η ηλιακή σκάφη δίδει καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με ένα επίπεδο συλλέκτη αν οι διαστάσεις

του μήκους της ως προς το πλάτος της είναι $l_1/l_2 > 5$

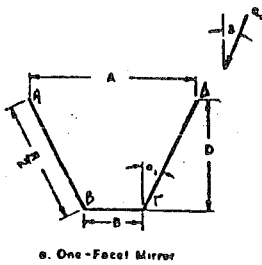


Σκάφες οι οποίες κατασκευάσθηκαν με λόγο $l_1/l_2 \approx 1,6$ δεν έδειξαν εννοικώτερη συμπεριφορά σε σχέση με τον επίπεδο συλλέκτη. Καλύτερη συμπεριφορά έδωσαν σκάφες με δύο κλίσεις σε σχέση με τη σκάφη μιας κλίσης. Η ηλιακή σκάφη με λόγο $l_1/l_2 > 5$ έδωσε πράγματι τις πολύ πρωινές ώρες καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τον επίπεδο συλλέκτη. Οι ηλιακές σκάφες παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες σε σχέση με τον επίπεδο συλλέκτη στην πλευρά της διαφανούς επιφάνειας γιατί η επιφάνεια τους είναι μεγαλύτερη. Αυτό διαπιστώθηκε και πειραματικά διαβιβάζοντας τις πολύ πρωινές

ώρες πριν από την ανατολή του Ηλίου ζεστό νερό στην ίδια ακριβώς ποσότητα και στους δύο συλλέκτες. Έτσι παρατηρήθηκε μια διαφορά περίπου 5% σε βάρος της ηλιακής σκάφης.

Η ηλιακή σκάφη λοιπόν τις πρωινές ώρες έχει να αντιμετωπίσει δυσμενέστερες συνθήκες από ότι έχει ο επίπεδος συλλέκτης. Έτσι για το λόγο αυτό τις πρωινές ώρες περίπου 1 ώρα μετά την ανατολή του Ηλίου η ηλιακή σκάφη ισοβαθμύσει με τον επίπεδο συλλέκτη. Τις επόμενες ώρες 9-10³⁰ υπερτερούσε ο επίπεδος συλλέκτης σε σχέση με την ηλιακή σκάφη με μια κλίση και ο λόγος είναι ο εξής:

Την χρονική αυτή περίοδο προσβάλλεται σχεδόν κάθετα το τμήμα ΓΔ της ηλιακής σκάφης ενώ λοξά με τις ίδιες συνθήκες όπως ο επίπεδος το τμήμα ΒΓ. Δυστυχώς όμως το τμήμα ΑΒ δεν προσβάλλεται καθόλου από τις ηλιακές ακτίνες όπως φαίνεται και από το διπλανό σχήμα και μάλλον σκιάζεται, συνεπώς η επιφάνεια προσβολής μειώνεται σημαντικά. Κάποια άλλη λοιπόν μορφή επιφάνειας πρέπει να ευρεθεί. Προσεχώς θα δοκιμάσουμε ηλιακές σκάφες με δύο κλίσεις ίσες να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα.



Σε μια ηλιακή σκάφη που κάναμε μετρήσεις με την παραπάνω αναλογία διαστάσεων $l_1/l_2 > 6,6$ επήραμε τα αποτελέσματα που φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα.

Έτσι έχουμε μια υπεροχή υπέρ της ηλιακής σκάφης της τάξης του

4,5 %.

Μελλοντικά θα επαναλάβουμε τα πειράματα με ηλιακή σκάφη με δύο κλίσεις καθώς επίσης και με σκάφη της οποίας οι πλευρικές επιφάνειες έχουν παραβολική μορφή. Η γωνίες κλίσης της σκάφης ως προς την βάση τους θα εκλεγεί σύμφωνα με τα συμπεράσματα των Mannan και Bannerot.

