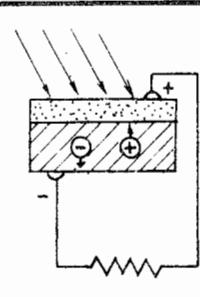
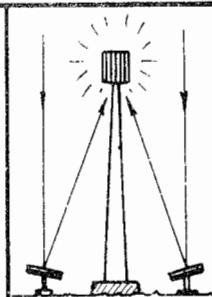
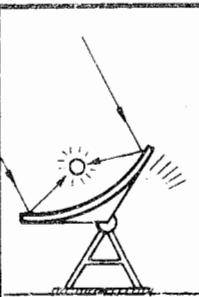
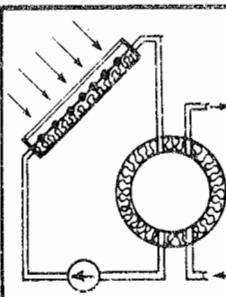
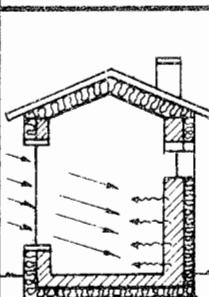
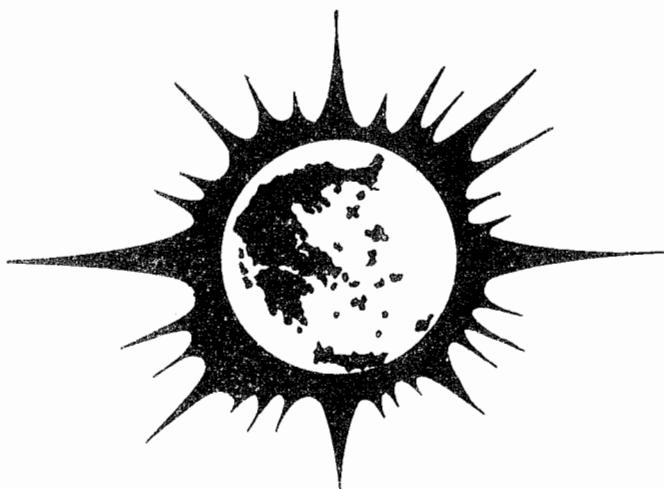


ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τόμος Α

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ -
2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - 3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ -
5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
6. ΗΛΙΑΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ - 7. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
8. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 6-8 ΝΟΕΜ. 1985

Φωτοστοιχειοθεσία - Εκτύπωση OFFSET ΓΙΑΧΟΥΔΗ - ΓΙΑΠΟΥΛΗ Ο.Ε.
Σερρών 39, Τριανδρία, Τηλ. 919-717 - Θεσσαλονίκη

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Είναι πολύ δύσκολο, αλλά και ευχάριστο, το να προλογίζει κανείς την προκαταρκτική έκδοση των Επιστημονικών Εργασιών που θα παρουσιαστούν στο Δεύτερο Εθνικό Συνέδριο για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας.

'Έχει προηγηθεί ένα εξαιρετικά πετυχημένο Πρώτο Εθνικό Συνέδριο που έγινε πριν τρία χρόνια και αποτέλεσε ορόσημο στην Ελληνική Επιστημονική δραστηριότητα. Η τέλεια οργάνωσή του, και η επιστημονική πληρότητα των εργασιών που παρουσιάστηκαν ήταν ένα κέντροσημα για πολλή δουλειά και προσπάθεια ώστε και το Δεύτερο Εθνικό Συνέδριο να φτάσει την στάθμη της επιτυχίας του Πρώτου Εθνικού Συνεδρίου για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας.

Η Επιστημονική Επιτροπή του Δεύτερου Εθνικού Συνεδρίου που αποτελέστηκε από τους καθηγητές κ.κ. Β. Σωτηρόπουλο (Πρόεδρο), Α. Καράμπελα, Ν. Κουμούτσο Π. Ντοκόπουλο, Ν. Οικονόμου, Κ. Πανέτσο, Μ. Παπαδόπουλο, Π. Παρασκευόπουλο, Κ. Πάττα, Δ. Ψωλένο και τους Διπλ. Μηχ-Ηλ. κ.κ. Θ. Παφύλια και Ε. Τσίγκα αφού μελέτησε με μεγάλη προσοχή τις περιλήψεις των Επιστημονικών Εργασιών που υποβλήθηκαν για παρουσίαση στο Δεύτερο Εθνικό Συνέδριο, διεπίστωσε με ιδιαιτερη ικανοποίηση ότι δλες αυτές οι εργασίες κάλυψαν με μεθοδικότητα τους στόχους που είχαν τεθεί τόσο σ' ότι απορά στην επιστημονική εμβάθυνση όσο και στα πλαίσια των επιστημονικών πεδίων που είχαν προκαθοριστεί ως στοχοί του Συνεδρίου. Ακόμη ευχάριστη έκπληξη προκάλεσε η επιστημονική συμμετοχή στο Συνέδριο με εργασίες Ελλήνων και Ξένων ερευνητών από το Εξωτερικό.

Η Οργανωτική Επιτροπή που την αποτέλεσαν οι κ.κ. Ε. Τσίγκας (Πρόεδρος), Θ. Παφύλιας, Γ. Ράλλης, Α. Σπυρίδωνος, και Σ. Καλαμβοκίδης είχε αμέριστη βοήθεια από πολλούς φίλους και αξιοποίησε κατάτο δυνατό την πλούσια εμπειρία από την οργάνωση του Πρώτου Συνεδρίου.

Η Γραμματεία προετοιμασίας του Δεύτερου Εθνικού Συνεδρίου που αποτελέστηκε από την Διπλ. Μηχανολόγο δίδα Μαριάνθη Γρηγοριάδου και τους κ.κ. Χαράλαμπο Πρινέα και Στυλιανό Καλαμβοκίδη είχε να αντιμετωπίσει πληθώρα θεμάτων που τα έλυσε με τον καλύτερο τρόπο.

Το Δεύτερο Εθνικό Συνέδριο για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας έγινε ειδικά αυτή την χρονιά μέσα στα πλαίσια των πολύπλευρων εκδηλώσεων που οργανώθηκαν για τον γιορτασμό των 2.300 χρόνων της πόλης της Θεσσαλονίκης.

Το Διοικητικό Συμβούλιο του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής αισθάνεται ιδιαιτερη χαρά εκφράζοντας τις ευχαριστίες του για την συμπαράσταση που εκδηλώθηκε για την οργάνωση του Συνεδρίου από πληθώρα Δημοσίων, Ιδιωτικών και Ξένων Φορέων. Θερμά ευχαριστούμε για την θητική και υλική συμπαράσταση τα Υπουργεία Πολιτισμού, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, Παιδείας και Θρησκευμάτων, Βόρειας Ελλάδας, τον Δήμο Θεσσαλονίκης, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Δημοκράτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, την Διεθνή 'Εκθεση Θεσσαλονίκης, την ΔΕΗ, τον ΟΤΕ, τις Προξενικές Αρχές των διασύρων φίλων κρατών, την ΕΛΕΤΗΛΕΝ, τις ιδιωτικές Επιχειρήσεις Stiebel-Eltron, Calpac και Dow, την Υπηρεσία Γιορτασμού των 2.300 χρόνων της Θεσσαλονίκης και γενικά όλους όσους στάθηκαν δίπλα μας.

Τέλος θα ήταν παράλειψη αν δεν εκφράζαμε τις ιδιαιτερες ευχαριστίες μας στον Γενικό Γραμματέα του Υπουργείου Βόρειας Ελλάδας κ. Αντώνη Κούρτη και τον Πρύτανη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Δημήτρη Φατούρο για την θερμή τους συμπαράσταση σ' όλο το διάστημα προετοιμασίας του 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας.

Β.Α. Σωτηρόπουλος
Καθηγητής Πολυτεχνικής Σχολής
Αριστοτελείου Πανεπιστημίου
Θεσσαλονίκης
Πρόεδρος Ι.Η.Τ.

ΤΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ευχαριστεί θερμά,

το Υπουργείο Πολιτισμού, το Υπουργείο Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας ~~το Υπουργείο Παιδείας~~, το Υπουργείο Βόρειας Ελλάδας, τη Διεθνή Έκθεση Θεσσαλονίκης, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, ~~την Υπηρεσία Γιορτασμού των 2400 χρόνων της πόλης της Θεσσαλονίκης, τις Προξενικές Αρχές των φίλων κρατών, την ΔΕΗ, τον ΟΤΕ, την ΕΑΕΤΗΑΕΝ, την ΕΒΗΕ, τις ιδιωτικές επιχειρήσεις STIEBEL ELTRON, BP CALPAK κατ DOW καθώς και όλους δύσους βοήθησαν υλικά και ηθικά στην διοργάνωσή του~~

Σου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΙΣ ΙΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Ονομαστική κατάσταση των Συνέδρων του Β' Εθνικού Συνεδρίου για τις "Ηπιες Μορφές Ενέργειας. ΕΙΣ- 1 - 20

'Εναρξη του Β' εθνικού Συνεδρίου. Χαιρετισμός του κ. Β. Α. Σωτηρόπουλου, Καθ. Πολ/κής Σχολής ΑΠΘ. ΕΙΣ- 21 - 22

Χαιρετισμός προς το Β' Εθνικό Συνέδριο του κ. Μ. Γλέζου, Προέδρου της ΕΔΑ. ΕΙΣ- 23 - 25

Χαιρετισμός του Καθηγητή Λ.Ν. Μαυρίδη, εκπροσώπου της Δημοκρατικής Ανανέωσης στην εναρκτήρια τελετή του Β' Εθνικού Συνεδρίου ΕΙΣ- 26 - 27

Χαιρετισμός του εκπροσώπου της Ν. Ε. Πόλης Θεσ/νίκης του ΠΑ.ΣΟ.Κ Θαν. Σιάτρα, στην τελετή έναρξης του Β' Εθνικού Συνεδρίου. ΕΙΣ- 28 - 30

Χαιρετισμός του κ. Δ. Φατούρου, Πρύτανη ΑΠΘ., για το Β' Εθνικό Συνέδριο. ΕΙΣ- 31

Τελετή ενάρξεως του Β' Εθνικού Συνεδρίου, από τον Γενικό Γραμματέα του Υ.Β.Ε. και Πρόεδρο της ΔΕΘ. κ. Α. Κούρτη. ΕΙΣ- 32 - 35

Εισαγωγικές ομιλίες των τριών ημερών του Β' Εθνικού
Συνεδρίου

ΕΙΣ- 36

" Ήπια Αρχιτεκτονική", του κ. Δ.Α. Φατούρου.

ΕΙΣ- 37 - 40

"Ενέργεια και Περιβάλλον", του κ. Κ. Ν. Πάττα.

ΕΙΣ- 41 - 73

" Ήπιες Μορφές Ενέργειας-Παρούσα κατάσταση- Προο-
πτικές", του κ. Ρ.Ρηγόπουλου.

ΕΙΣ- 74 - 76

Συμπεράσματα του Β' Εθνικού Συνεδρίου.

ΕΙΣ- 77 - 89

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΕΔΡΩΝ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΡΗΣ ΗΛΙΑΣ

Φωτιάτης Αλέξανδρος Παπαδόπουλος
μήδειας 10, 56436 Φλώρινα
(01)264203 60

ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗ-ΧΡΟΝΑΚΗ ΕΛΕΝΗ

Πλησίον Αγριοτόπης Λαζαρίδης
τηλέφωνο 100 22, 100 μεταλλικής, 100 παραγωγής
(01)264203 60

ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΚΙΜΩΝ

Πεκτώρας ΕΜΠ (πρόεδρος επικαλυπτόν)
Πατησίων 42, 10682 Αθήνα
(01)3691296, 3611850

ΑΞΑΟΠΟΥΛΟΣ ΠΕΤΡΟΣ

Π. Βασιλόπολης 28, Ν. Σμύρνη, 17126 Αθήνα

ΑΡΑΜΠΑΤΖΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Ηλιοτρόπιο, ηλιαγκός θερμοστάτων
Μεγαπλατανός Πάλλος
(0384)22178

ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Μαθηματικούς-Οικονομικούς
ΕΤΒΑ, Ελ. Βενιζέλου 16, 10672 Αθήνα
(01)3237281, 3237561

ΑΡΣΕΝΗ-ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

Πεκτώρας ΑΠΘ (πρόεδρος ματωρούχος)
ΑΠΘ, 54006 Θεσ/νίκη
(031)392755

ΑΡΣΕΝΗΣ. ΣΠΥΡΙΔΩΝ

Φυσικός
Τραπεζούντος 1, 50230 Πισκέτα, 50
(0463)23615, 26138

ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

Πεκτώρας ΕΜΠ
Πατησίων 42, 10682 Αθήνα
(01)3633358

ΑΣΤΡΙΝΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Φοιτητής Ηλεκτρολόγος Πολ. ΑΠΘ
Δωρη Μαργαρίτη 6, Βεσινίκη
(031)260450

ΒΑΖΑΙΟΣ ΕΥΒΥΜΙΟΣ

Μηχ-Ηλεκτρ., Μηχ.
CALPAK BP, Κηφισίας 268, Χαλανδρί, 15232 Αθήνα
(01)8092393

ΒΑΛΑΤΣΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Φοιτητής
Κορ.Βιτσεντζού 16,94650 Θεοφάνεια
(031)423700

ΒΑΣΙΛΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

Μηχανικός Καθηγητής, ΕΠΝΠ
15η Λεωφόρος Αθηνών, Παλαιό Φάληρο, 17571 Αθήνα
(01)2218314-15

ΒΕΚΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Φοιτητής Βασιλικού Πανεπιστημίου
Επιστημονικός Σύνταξης 18,10634 Αθήνα
(01)227081,228,229

ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Φοιτητής Βιοχαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Λεωφόρος Εθν. Ειρήνης 18,10272 Αθήνα

ΒΟΥΡΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Μηχανολόγος Μηχ.
Χατζοπούλου 18, Καλλιθέα, 17571 Αθήνα
(01)9232943

ΒΡΑΧΝΟΥ-ΑΣΤΡΑ ΕΡΗΝΗ

Χημικός Μηχ.
ΚΠΕ "Δημόκριτος", Αγ. Παρασκευή, 15310 Αθήνα
(01)6513111

ΓΕΙΤΟΝΑΣ ΑΒΑΝΑΣΙΟΣ

Δρ. Υγειονομοκούσης ΙΠΗΑ
Νιόρης 43,10446 Αθήνα
(01)8670867,8662304

ΓΕΩΡΓΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Φεντορος ΑΓΓΑ
1,08ος 75, Βιστωνικος, 11355 Αθήνα
(01)3460025

ΓΕΩΡΓΑΔΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Φυσικος, καθηγητής Λανεντόπαρχου
Τημήσ. Φυσικής Παν/ρίου Πατρών, 26110 Πατρές
(061)933046,93.320

ΓΕΩΡΓΑΝΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Αρχιτεκτόνης
ΑΤΑ, Δαρβίσα
255301-2-3/εσ.254

ΓΙΑΝΝΟΥΤΣΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

Μηχ.-Ηλ/γος ΙΠΗΑ
Χαλκοκονδύλη 60, Αθήνα
(01)5221723

ΓΚΙΑΤΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Μηχανολόγος Μηχ.
Δωδεκανήσου 102,94636 Θεοφάνεια
(031)532320

ΓΥΡΓΚΙΝΟΥΔΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Βοησος 406
ο. π. Θρακης, 67100 Ξανθιά
(0540)26476

ΓΡΑΦΙΑΔΕΛΗΣ ΜΑΥΡΙΑΝΟΣ

Γραμμονοσ
Κεντρο Γεωργιου,Ερευνας Θ,ελλαδος,54110/ Βεσ/νικη
(031)471438

ΔΑΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

Μηχανικός Μηχ.
Καποδιστρίου 18, Αθήνα
(011)666411

ΔΑΜΙΑΝΙΩΣ ΔΕΩΝΙΔΑΣ

Παχαναλίτσας Μηχ.
Τριανταφύλλου 7,11221 Αθηνα
(011)9622660-2

ΔΑΡΔΑΜΗΤΣΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Αρχιτέκτων
Ελ. Πλατανίδηνος 12,12220 Κερατσίνη
(0331)24738,22785

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΕΜΑΣ

Καταρκευστής Ηλ. Βερμούδη
Ζαφειράκη 61,139200 Λαρίζα
(0332)27544

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΤΑΥΡΟΣ

Μηχ/Υδρ-Ηλ/Υδρ Μηχ.
Αρματώλων Κλεφτών 10,11471 Αθηνα
(01)6438602,4312701

ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Φοιτητής Ηλεκτρ.Μηχ.
Σολωμός 31, Βεσ/νικη

ΔΟΥΝΙΑΣ ΕΥΒΥΜΙΟΣ

Αρχιτέκτων Μηχ.
Παρ, Φοεθώνος 7,55132 Κολαρού, Βεσ/νικη
(031)430680

ΔΡΟΣΙΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχ.
Ιεροσολύμων 27,11252 Αθηνα
(01)8649063

ΔΡΥΜΑΛΙΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Μηχ/Υδρ-Ηλ/Υδρ Μηχ/Κοίς
Χαλκοκονδύλη 60, Αθηνα
(01)5221769

ΕΞΑΡΧΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Φοιτητής Ηλεκτρ.Μηχ.
Ελ.Βενιζελού 62, 38625 Συκιές, Βεσ/νικη
(031)618531

ΕΥΑΓΓΕΛΙΝΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Αρχιτέκτονας ΕΜΠ
Αμπατελού 7, Αθηνα
(01)8133856

ΖΑΧΑΡΗΣ ΣΤΡΑΤΗΣ

Μηχανολόγος Μηχ.
Δικαϊούνος 6,54351 Α. Τομπα, Βεσ/νικη

ΖΕΡΒΑ-ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΦΥΣΙΚΟΣ ΝΕΩΤΕΡΟΣ ΛΙΔΟΣ
ΙΔΟΥ, ΧΑΙΔΑΡΙΟΥ, ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ, 14531, ΕΛΛΑΣ
TEL: 010 522712

ΖΕΡΒΟΣ ΑΡΒΟΥΡΟΣ

ΦΥΣΙΚΟΣ ΝΕΩΤΕΡΟΣ ΛΙΔΟΣ
ΙΔΟΥ, ΧΑΙΔΑΡΙΟΥ, ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
TEL: 010 522712

ΖΗΣΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΦΥΣΙΚΟΣ ΝΕΩΤΕΡΟΣ ΛΙΔΟΣ
ΙΔΟΥ, ΧΑΙΔΑΡΙΟΥ, ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ
TEL: 010 522712

ΖΙΓΓΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ-ΠΛΑΤΑΝΗ

ΦΥΣΙΚΟΣ ΝΕΩΤΕΡΟΣ ΛΙΔΟΣ ΚΑΙ ΛΙΜΝΗΣ
ΦΟΙ, ΒΟΥΛΑΓΙΑΣ 192, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΣ

ΘΕΟΔΟΣΗΣ ΝΙΚΟΣ

Μηχανολόγος ΗΛΕΚΤΡΟ, ΜΠΟΧ,
ΦΟΒ ΓΕΡΟΥ 30, ΑΘΗΝΑ
(01)5249676

ΘΩΜΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΛΙΔΟΣ,
ΑΘ, ΣΤΑΥΡΟΥ ΙΤΟΥ 26, 154352 ΘΕΟ/ΛΙΚΟ
(031)927702

ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΝΙΚΟΣ

Μηχανολόγος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΛΙΔΟΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΧΕΙΟ ΣΤΡΑΤΟΥ, ΑΘΗΝΑ
(01)3230781 (21)

ΚΑΒΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΛΙΔΟΣ, ΟΦΕ
Γαληνή Λεωφόρου Αθηνών
(031)696054, 236096

ΚΑΓΙΑΦΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΔΕΚΤΟΡΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟ, ΜΠΟΧ ΛΙΔΟΣ ΒΑΙΑ
ΠΟΛΥΤ/ΠΟΛΙ Διαγράφου, ΤΟΠ, ΠΑΙΟΝ/ ΕΠΟ, 15773 ΑΘΗΝΑ
(01)757403

ΚΑΛΑΝΟΦΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΜΟΧ, ΗΛΕΚΤΡΟ, ΜΠΟΧ
ΟΙΚΙΑΔΑ
(0645)222899

ΚΑΛΑΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ 11, ΘΕΟ/ΛΙΚΟ

ΚΑΛΑΝΤΙΔΟΥ ΑΥΓΗ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ
ΔΙΚΑΙΟΡΧΟΥ ΕΣΙΠΑΥΛΕΡΩΤΗ, ΑΘΗΝΑ
(01)7014775

ΚΑΛΚΑΒΟΥΡΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

Χημικός ΜΠΟΧ,
Κηφισίας 195, 15124 ΑΘΗΝΑ
(01)8069301

ΚΑΛΟΓΙΕΡΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΟΣ
Μ. ΚΑΛΟΓΙΕΡΗΣ Δ. 22,78.00 ΧΟΥΛΙΑ
(082)22314,6446:

ΚΑΛΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΗΣ ΤΕΧΝΙΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ
ΔΡΟΣΟΥΛΑ 14, ΑΘΗΝΑ 112,12 ΕΛΛΑΣ
(01)7221250

ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΗΣ ΤΕΧΝΙΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΕΒΙΑΣ ΔΑΣ 11,22 ΗΡΑΚΛΕΙΟ
(01)7795121,261,231

ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΗΣ ΠΟΛΥΧΩΡΟΥΣ, ΛΑΖΑΡΟΥ ΛΑΙΟ
Τμ. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ, Αθ/να, 54013 ΘΕΣ/ΝΙΚΗ
(01)789.556,951562

ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧ.
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ 1,69100 ΚΟΡΙΤΣΙΟ
(0531)22960

ΚΑΜΠΟΥΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧ. ΤΕΧΝΙΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
Πρ. Ηλιάδα 13,17121 Αθηνα/Ν. Σμύρνη
(01)9349504

ΚΑΝΟΥΛΙΑΡΗΣ ΔΑΝΙΗΛ

Μηχανολόγος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΣΠΟΥ
ΑΥΓΥΛΕΑΚΩΝ 19, Βεδουίνη
(031)224170

ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΤΡΙΠΤΟΛΕΜΟΣ-ΠΕΤΡΟΣ

Μηχανολόγος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ, ΒΡ. ΣΑΛΡΑΚ
Κηφισίας 226,15232 Αθήνα
(01)8092391,8092221

ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Αεροναυπηγός ΜΗΧ. ΜΗΧ.
Καλλιέργεια 34,11476 Αθηνα
(01) 3606476

ΚΑΠΟΓΛΟΥ ΠΑΥΛΟΣ

Γεωπόνος
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 17,54626 Βεδ/νικη
(031)538984

ΚΑΠΟΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΗΣ, Νομαρχία Κοκκαλών(ΥΑΟΠ)
Ιθακής 41, Αθηνα
(01)8814466

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΠΛΑΤΩΝ

Μηχανικός Εγκτιμητές ΔΕΠ
Κηφισίας 199,15124 Αρραβών, Αθηνα
(01)8069801

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΣΤΕΛΛΑ

Δεκτόρας ΑΒΣΕ
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑΣ 84, Βεδ/νικη
(031)235985

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΙΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

Μηχανολογος-Ηλεκτρολογος ΕΜΠ

· Τ.Θ. 40, Σχηματόβιο Βοιωτίας

(0262)59191

ΚΑΡΑΜΠΑΤΕΑΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ

Μηχανολογος, Γραμματαρχος Εργανασης Γεωγραφιας

Εργοστ. Αθηνας

(01)73239062

ΚΑΡΑΜΠΕΛΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Αστρονομος ΔΩΣ Κ. Ε. Ε. Ε. Ε. Ε. Ε. Ε. Ε.

Εργοστ. Αθηνας, Εργανασης Γεωγραφιας

(01)7591548

ΚΑΡΚΟΤΛΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Μηχανολογος ΕΦΕ

Κηφισιας 193, Αργυρούπολη

(01)8063305

ΚΑΡΠΕΤΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

Φοιτητης

Κυθερων 18ου 6, Θεσ/νικη

ΚΑΡΤΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Αρχιτεκτων Μηχ.

Αγ. Νικολαου 7, 24100 Σύρος

(0281)26780, 25890

ΚΑΣΤΑΝΑΚΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

Ηλεκτρολογος Μηχ. ΕΤΒΑ ΑΕ

Β1, ΔΕΘ,

(031)798108

ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Αρχιτεκτων

Ερμου 2, 10550 Αθηνα

(01)3248915-19(209)

ΚΑΤΣΑΡΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

· Προεδρος ΔΣ Βιομηχανιστικων

Π. Ραλλη 9, 11778 Ταυρος, Αθηνα

(01)3458652, 3458669

ΚΑΤΣΙΦΑΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Πολιτικος Μηχανικος

· Τομεας Υδραλ., Τη, Πολιτικων Μηχ., ΑΠΘ, 54006 Θεσ/νικη

(031)992727

ΚΑΤΣΟΥΛΕΑ ΒΑΡΒΑΡΑ

Πολιτικος Μηχ.

Κατσηπουνια 1ατη 4-6, 55236 Πανοραμα, Θεσ/νικη

(031)948270

ΚΕΠΕΤΖΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Ηλεκτρολογος Υποργη, ΟΤΕ

Γαληνη Ηρα Ασφαλτοροδοση, 27013 Θεσ/νικη

(031)696384, 279439

ΚΟΖΑΡΗΣ ΝΙΚΟΣ

Φοιτητης Αρχιτεκτονικης ΕΜΠ

οδοντιου 26, 11745 Αθηνα

(01)3012461

ΚΟΛΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Γεωλόγος

Μεδουσιών 70,15628 Αθήνα

(01)7774125

ΚΟΜΜΑΤΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Φοιτητής

Πανεπιστήμιο Βέροιας

(031)266632

ΚΟΡΚΙΤΣΕΩΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

Φοιτητής στην Επαγγελματική

Σχολή Πατρών

(01)4517779

ΚΟΡΡΕΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Χημικός Ι.Μ.Χ.

ΚΠΕ Επαγγελματικού Καρπούζη, Ηγ. Παρασκευής

(01)6512111

ΚΟΡΩΝΑΚΗΣ ΠΕΡΙΚΛΗΣ

Καθηγητής Μηχανολόγος ΤΕΙ

Κρονου 7-9,15122 Μαρούσι, Αθήνα

(01)8026848

ΚΟΥΓΙΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Φοιτητής

1,Μιχαήλ 5,54622 Θεσ/νίκη

(0333)63916

ΚΟΥΚΙΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Επ, Καθηγητής ΔΡ, Ληγ, Ι.Μ.Χ, ΕΠΙΦ

Πατησιών 42,10622 Αθήνα

(01)3651418

ΚΟΥΜΟΥΤΣΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Καθηγητής Εμπ

Πατησιών 42,10622 Αθήνα

(01)3633358

ΚΟΥΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Γεωλόγος 1ΓΜΕ

Μεδουσιών 70,11527 Αθήνα

(01)7774125

ΚΟΥΦΟΠΑΝΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Χημικός Ι.Μ.Χ.

Via Dicitisalvi 2,I-56100 Pisa,ITALIA

(050)23225

ΚΡΙΚΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

Φοιτητής Ηλεκτρολόγος

Κρεσνάς 2,54639 Θεσ/νίκη

(031)817290

ΚΥΡΙΤΣΗΣ ΣΠΥΡΟΣ

Γεωργιτής Μηχανικός ΑΓ.Σ.Α.

Κιλή Καφ 16, Η, Πεντέλη, Αθήνα

(01)6048598

ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΤΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Ερευνητής Χημικός

ΚΠΕ Επαγγελματικού Καρπούζη, Ηγ. Παρασκευής

(01)6513111(545-569)

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
 Μηχανολόγος Μηχ.
 ΕΘΝ. ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΗΣ 22, Βεσσαριώνη
 (031)422981

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΒΑΝΑΣΗΣ
 Φοιτητής Μηχανικός
 Καρπάθιος, Σταύρος 4, Αθηναία
 (01)221271

ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ-ΒΡΑΣΙΣΑ ΙΩΑΝΝΗΣ
 Αρχιτεκτόνης Μηχανικός
 Παναγίων Λαζαρίδη, Αθηναία
 (01)221260

ΛΕΟΝΤΑΡΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
 Επαγγελματίας Μηχανικός
 Παναγίων Λαζαρίδη, Αθηναία
 (01)221260

ΔΙΑΝΗΣ ΕΛΕΟΝΩΡΑ
 Μηχανολόγος Μηχανικός
 Κυπρου 14, 56626 Συκήσε, Βερούβια
 (031)627813

ΔΟΥΚΑΣ ΗΛΙΑΣ
 Υπομ., Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος
 40 Χιλ., Πεδα, Α, 19100 Μεταρά
 (0296)26626,23468

ΔΥΚΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ
 ΗΑ/Υδρ-Μηχ/γος ΓΓΑ
 Ακαδημίας 6, Αθηναία
 (01)3646810(25)

ΔΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
 Μηχανολόγος Μηχ.
 Μιχαλακοπειου 125, 11524 Αθηναία
 (01)7709966,7710862

ΜΑΔΕΜΛΗΣ ΑΒΑΝΑΣΙΟΣ
 Φοιτητής
 Κασσανδρου 95, 34633 Βεσ/νικό
 (031)225191

ΜΑΚΑΤΣΩΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
 Μηχ/γος-ΗΑ/γος, ΕΠΙΣΤ. Συνεργατής ΕΜΠ
 Παπαστίων 42, 10632 Αθηναία
 (01)3633358

ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΤΙΜΟΛΕΩΝ
 Φυσικος-Μετεωρολόγος, Τομέας Μετεωρολογίας ΑΠΘ
 Τομέας Μετεωρολογίας ΑΠΘ

ΜΑΚΡΥΛΛΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ
 Μηχ.-Ηλεκτρ., Μηχ., ΣΑΙΡΑΚ. ΕΦ
 Κιφισίας 266, 15262 Κολωνέρι, Αθηναία
 (01)8092260

ΜΙΛΕΡΟΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
 Φοιτητής Μηχ., Μηχ., ΣΑΙΡΑΚ. ΕΦ
 Πελοπόννησος 8, Βεσ/νικό
 (031)266932

ΜΑΝΤΖΑΡΗ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Μαθηματικος-Στατιστικος Ανερ
Χηλός 45, Καλαμάρια, Θεσ/νίκη
(031)413024

ΜΑΝΤΖΑΡΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ

Αγροτικός Τύπος, Λαζαρίδη
Δραγούλης 45, Καλαμάρια, Θεσ/νίκη
(031)3601235

ΜΑΡΑΓΚΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ

Αρχιτεκτόνης, Συντάξεως, Καλαμάρια
Λαζαρίδης, Καλαμάρια, Θεσ/νίκη
(031)21112

ΜΑΡΑΝΤΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Μελάς Βέργη του Στράβωνα
Πολυτελής Λεωφόρος Ελευθερίας 111, Αθηνά
(054)1234567890

ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ ΑΙΜΙΛΙΟΣ

Οικονομοχόνος, Αμερικανική Πρεσβεία
Βασιλιάσσης Σοφίας 31, 10160 Αθηνά
(01)7212951

ΜΑΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΡΗΣ

Φοιτητής
Δημ, Γουμαρή, Θεσ/νίκη

ΜΑΡΙΝΟΣ-ΚΟΥΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Επικουρος Καθηγητής Αγρ, Αννα, ΕΜΠ
Πατησίων 42, 10682 Αθηνά
(01)3691235

ΜΑΡΟΥΣΗΣ ΜΑΤΒΑΙΟΣ

Φοιτητής Φυσικος Πανεπ, Αθηνών
Λερου 5, 11364 Αννηνα
(01)8649675

ΜΑΡΤΖΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

Επικουρος Καθηγητής Τεχνητού Συστοντος, ΑΠΘ
Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, 54006 Θεσ/νίκη

ΜΑΡΤΖΟΠΟΥΛΟΥ-ΝΙΚΗΤΑ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

Επικουρη καθηγητή τα Τμήματα Γεωπονίας ΑΠΘ
Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, 54006 Θεσ/νίκη

ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Γεωπονος, Δικτύορος ΑΓ.ΣΑ
Γερα Όδος 75, 11855 Βατούνια, Αθηνά
(01)3460025

ΜΑΥΡΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Υπουργού Εθνικής Αποκαλύψυσης
Ανδρούτσου 4, Νεαπολη, Θεσ/νίκη
(031)613854

ΜΕΓΔΕΝΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

Μηχανολόγος Ηλκ.
Φιλελληνικών 30-32, Θεσ/νίκη

ΜΕΛΙΣΣΑΡΟΠΟΥΛΟΥ-ΓΕΩΡΓΑΔΑ ΜΑΡΙΑ

Φυσικός
Εθν., Τραπεζής 5,15237 Φιλοθέη, Αθήνα
(01)6712502

ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ-ΑΝΝΑ

Χημαράκος, Επί τοπ. Σουερβούτης λόφος, Τραπέζη,
Αχαρνές Ταξίδια, Πανεπιστ. Αριστοτελείας, 164,10680 Αθήνα
(0173366211,0312528)

ΜΙΣΤΡΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος ΒΔΕ, ΒΕΛΟΣ
Δορυλασίου 14-12,1521 Αθήνα
(01)6444712,64442025

ΜΙΧΑΗΛ ΔΩΜΝΑ

Φοιτητής Φιλοσοφίκων
Ιωαννίνου Χρυσοποτάου ου 17, Θεσ/νίκη

ΜΙΧΑΛΟΓΛΟΥ ΠΟΛΥΒΙΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος ΒΔΕ
Αγ. Γεωργίου 1,169100 Κομοτίνη
(029325)

ΜΟΣΧΑΤΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος ΒΔΕ
Τσετσέα 19,10683 Αθήνα
(01)8833988,8881456

ΜΠΑΖΑΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αρχιτεκτόνας ΜΗΧ.
Ιωαννίνου δελλα Ιου 7,54621 Θεσ/νίκη
(031)278144

ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής Κλιματολογίας ΑΠΘ
Ινστιτούτο Μετεωρολογίας ΑΠΘ,54006 Θεσ/νίκη
(02755)

ΜΠΑΛΟΥΚΤΣΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Ηλεκτρολόγος-Μηχανολόγος ΒΔΕ
Πολυτεχνική Σχολή Εδεσών,67100 Εδεσών
(0541)27954

ΜΠΑΤΖΙΑΣ ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ

Χημ.,Μηχ.,Οικονομολόγος
Φαρμακίου 24,16346 Ηλιούπολη,Αττική
(01)9912483

ΜΠΕΛΕΣΙΩΤΗΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

Φυσικός,ΚΠΕ "Δημοκρίτεο"
Αγ.Παρασκευή, Αθήνα
(01)6518911(124)

ΜΠΕΡΓΕΛΕΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αναπλ.,Καθηγητής ΕΠΙΦ
Πατησίων 42,10642 Αθήνα
(01)6519381

ΜΠΙΜΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μηχανολόγος ΜΗΧ. ΕΛΚΕΡΑ
Καποδιστρίου 28, Αθήνα
(01)3600411,5243604

ΜΠΟΖΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Μηχανολόγος Μηχ. ΑΠΘ
ΑΠΘ, 54006 Θεσ/νίκη
(031)991562

ΜΠΟΝΙΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Φοιτητής
Επαγγελματική Σχολή Θεοφάνειας
(031)9516663

ΜΠΟΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Φοιτητής Μηχανολόγος Μηχ.
Ιωάννινα, Λαζαρίδη 24, 14021 Αθηνα
(031)714692

ΜΠΟΦΙΔΙΟΥ ΑΡΕΤΗ

Ηλεκτρολόγος Μηχ.
ΒΔΟ, Εθν. Λεωφόρος 8, 17124 Βανδή^η
(0341)720921

ΝΑΙΔΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

Μηχανολόγος Μηχ. Εγγόνι Σωτηρίου Λαζαρίδη
Βολού 81, Καβάλα
(051)825510

ΝΕΡΑΝΤΖΗΣ ΚΩΣΤΑΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχ. από
Γιφιγένειας 9, 15133 θεσ/νίκη
()

ΝΙΚΟΛΑΚΕΑ ΗΡΩ

Φοιτητής Αρχιτεκτονικής
29 Belsize Crescent, London NW3, G.Britain
(0041)-1-4254326

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχ. (ΔΕΠΟΣ)
Δορυλαΐου 10-12, 11521 Αθηνα
(01)6444712, 6449025

ΠΑΝΕΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Καθηγητής Δασικής Γενετικής
ΑΠΘ, Τμήμα Δασολογίας, 54006 θεσ/νίκη
()

ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Μηχανολόγος Μηχ.
Εργ. Μηχανικής Ρευστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
(061)991027

ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ-ΒΑΝΑ

Αρχιτεκτόνας
56 Fellows Rd, London NW3, U.K.
01-722-6042

ΠΑΠΑΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

Φοιτητής Χημικός Μηχ.
Παπαφή 43, θεσ/νίκη

ΠΑΠΑΔΑΚΗ-ΡΕΜΠΕΛΟΥ ΜΑΝΙΑ

Αρχιτεκτόνας
Αγγ. Στρατιωτών 7, 17376 Αθηνα
(01)9518066

ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

Φωστικός

Κομβόλακη 4, Ηδωνάριο Κρήτης

(081)261363

ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΝΙΚΗΛΗΣ

Επίκουρη Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
 Τεχνολογίας Επικοινωνιών και Στοιχείων
 Δρ. Καραντζάνης, 12, 11528 Αθήνα
 (010)2212671, 2672

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Φωστικός Μηχανικός Φυσικού Λαζαρί

Ελασσόνα, Ελλάς

(061)727250

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Φωστικός Μηχανικός Φυσικού Λαζαρί

Λαζαρίδης 20, Θεσσαλονίκη

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

Χωμάκης Γεωργίου 14, Προτούτου Βαλαώ
 Τέρρα Αλκαντάρας, 11528 Αθήνα
 (01)

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

Φωστικός Μηχανικός

Μητροπόλεως 25, Θεσσαλονίκη

(031)278121

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

Φωστικός Μηχ.

Αθ. Σταϊρού 61, 100 Αθηναίη

(035)133217

ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Μηχανολογοφ-Ηλεκτρολογος Ινστιτούτο

Διοικητηρίου 12, Γαύρα 11, Αθήνα

(01)7016367

ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

• ΡΗΕΑΝΟΛΟΓΟΦ-ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
 ΑΥ, Κοδρός, Ελληνικό, Αττική
 (01)9911713

ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΗΛΙΑΣ

Χωμάκης, ΚΠΕ "Ασφόριτος"

• ΚΠΕ "Ασφόριτος" Αγ. Παρασκευής, 15310 Αθήνα

(01)6513111(414)

ΠΑΠΑΚΩΣΤΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Μηχανολογος Μηχ., Επιστημονικος Συνεργούτης ΑΠΘ

Βελασσούριος 62, 54640 Βερούνη

(031)816929

ΠΑΠΑΝΙΚΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Μηχανολογος Μηχ., Επιστημονικος Συνεργούτης ΑΠΘ

Πανεπιστημιούπολη Βοναράτη

(061)991037

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Μηχανολογοφ-Ηλεκτρολογος ΙΝΣΙ

Γενικό Νοσοκομείο Τανάγρα-Τεχνική Υπόφεστο

(065)83461(270)

ΠΑΠΑΝΤΩΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Μηχανολογοφ-Ηλεκτρολογοφ ΠΗΓΗ ΕΛΠ
Πατησίων 43,11651 Αθήνα
(01)8221866,8218763

ΠΑΠΑΠΡΟΚΟΠΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Φορητός ηλεκτρολογοφ Κάποιας Εγκατάστασης
Αγ. Ιωάννης
113741022,1235520

ΠΑΣΧΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

Μηχανολογοφ-Ηλεκτρολογοφ Βασίλης
Πατησίων 1, 11651 Αθήνα
(01)8221866,8218763

ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

Εργαζόμενος σε έργα ηλεκτρολογοφ Κατασκευών Φωτισμού Επιδιόρθωσης
Επιδιόρθωσης

ΠΑΥΛΟΥ ΧΑΡΑΔΑΜΠΟΣ

Μηχανολογοφ Ρηχ. (ΕΦΕ)
Σαλαμίνης, Βέροια 156
(031)515886,516219

ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Μηχανολογοφ-Ηλεκτρολογοφ ΠΗΓΗ
Ηλιόσε 9,11526 Αθήνα
(01)7778929,9811114

ΠΕΡΔΙΟΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ

Μηχανολογοφ Πηγ. Πολυτεχνείου Διεύθυνσης
Μαραθώνιος 113,15452 Π.Φωκίδη, Αθήνα
(01)6714697

ΠΕΤΑΛΩΤΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

Πολιτικός Μηχ.,Οικονομικούς (ΕΤΒΑ ΑΕ)
Δ, ΝΙΚΗΣ 43, Βερούνη
(031)275122

ΠΕΤΟΥΝΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Γεωπόνος ΕΤΒΑ
ΕΛ.ΒΕΝΙΟΥ 18,10672 Αθήνα
(01)9237881,5237981

ΠΕΤΡΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

Φυσικοφ-Μετερολογοφ, Αυτορρυθμιστικό Ηεδιμονι
Λόφος Νιφύδη-Βρεστο, Αθήνα
(01)9233466

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Φυσικοφ,Ηλ.Πορομάρτη ΕΠΑ
Τ.Θ, 3365,10210 Αθήνα
(01)9233466

ΠΙΝΑΤΣΗ ΙΩΑΝΝΗΣ

Μηχ/γοφ-Ηλεκ/γοφ (ΟΤΕ)
Κηφισίας 16, Αθήνα
(01)7754099

ΠΛΑΝΑΚΗΣ ΘΔΥΣΣΕΑΣ-ΝΙΚΟΣ

Πολιτικός Μηχ.,Μηχανολογοφ Υγειονολογοφ(ΥΧΟΠ)
Παπαφλέσσα 69,11146 Γαλατεία, Αθήνα
(01)2918956,6465098

ΠΟΛΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος Μηχ.
Γολάριος 14,13221 Ρόδας
(062)106190

ΠΟΛΙΤΟΥ ΜΑΡΙΑ

Αρχιτέκτονας Μηχ.
επίγειανταφού Κορυφών 120,13200 Ρόδες, Αργυριού
(062)14637

ΠΟΥΓΓΟΥΡΑΣ ΤΑΞΟΣ

Μηχανολόγος Ταξ.
Αστούρων Άσος 12,14710 Επιδ. Λαζαρίδη
(061)9472433,471813

ΠΡΑΤΣΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Μηχανολόγος Ταξ.
Γ.Παπαμέρερος 47,54346 Βεσσαλία
(031)425071

ΠΡΙΑΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχ.,Πανεπ., Πατρών
Εβραιού Ρωταν 37, Βεσσαλία
(031)821895

ΠΡΥΤΟΠΑΠΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Ηλεκτρονικός Μηχ.(Πράξιτη Αεροπορία)
Αεροπορική Βάση Ελληνικού(Ερυστ.,Τ-Η/202 ΚΕΑ),Αθήνα
(01)9834996

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΔΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

Φοιτητής Φυσικός
Παντοκρατορος 12,26225 Πάτρα
(061)223863

ΣΑΚΟΡΑΦΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

Αρχιτέκτονας
Σολωμού 20, Αθήνα
(01)3639945

ΣΑΜΟΥΗΛΙΔΗΣ ΙΗΣΟΥΣ-ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Ηλεκτρολόγος-Μηχανολόγος Μηχ. Σρυναωσεώς ΕΜΠ
ΕΜΠ,Πατησιών 42,10682 Αθήνα
(01)3637235,3691362

ΣΑΡΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Πολιτικός Μηχ.
Ιατρού Ζαννα 18, Βεσσαλία

ΣΕΡΓΗ-ΒΑΓΚΝΕΡ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

Αρχιτέκτονας-Πολεοδόμος-Γεωγράφος
ΕΛΙΜΑΠ, Φλάσιον 9,11722 Η.Σμύρνη, Αθήνα
(01)9335681

ΣΕΡΜΠΕΤΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος Μηχ.(ΣΤΕ)
Περιφ.Δ/νση Κ.Ελλασσ.,Τροιας 2,Κιψελή, Αθήνα
(01)8642998

ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Γεωλόγος (ΙΓΜΕ)
Μεσογείων 70,11527 Αθήνα
(01)7774125

ΣΟΣΩΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓ ΙΩΣ

Αρχ. Τεκνογνωσίας
Απόλλοντας, Αυτοκοινωνίες Ε.Ε.
(021)221722

ΣΟΥΒΑΤΖΙΔΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

Αρχ. Τεκνογνωσίας
Ευζωνίων 37, 11262 Αθήνα
(01)8324554

ΣΟΥΛΑΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Φυσικούς-Ηλεκτρολογίας ΗΠΧ(ΕΡΥ, ΗΠΧ) ανάληψη Ρευστών, Πάτρα
Κενέση (Τ. 6, 84), 26100 Βέροια
(0231)29715

ΣΟΥΜΑΔΕΥΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Μηχανολογίας ΗΠΧ(ΕΡΥ, ΗΠΧ) ανάληψη Ρευστών, Πάτρα
Πανεπιστημιούπολη Η.Θ.-Πάτρα
(061)991027

ΣΟΦΙΑΔΗΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

Μηχανολογίας-Ηλεκτρολογίας ΗΠΧ(ΓΗΘ Ιπποκράτειο)
Κωνσταντινουπόλεως 49, Θεσ/νίκη
(031)834777

ΣΠΥΡΙΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ ΜΟΝΙΚΑ

Φοιτητρία Αρχ. Τεκνογνωσίας
Ροδοπή 32, Αθήνα
(01)2431770

ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

Δρ. Πολιτικός ΗΠΧ(Βαλασσάδα ΗΠΧΔΜΙΚΗ)
Λεωφ.Γ, παπανδρέου 82, 71305 Ηράκλειο Κρήτης
(081)223045

ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Α.

Δρ. Φυσικός Βέρμοδουνικός
ΕΚΕΦΕ Δημοκρίτεος, ΑΥ, Παρασκευή, 15310, Αθήνα
()

ΣΤΑΒΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΟΣ

Αρχ. Τεκνογνωσίας-Πολεοδόμος, Κοινωνικούς οργανισμούς, Επικουρος ΑΠΘ
Παρνασσού 6, 54655 Θεσ/νίκη
(031)421872, 992658

ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΘΑΝΟΣ Ν.

Αρχ. Τεκνογνωσίας, Βοηθός ΕΜΠ
Λασκαρίου 30, 15669 Λαζαρίου
(01)6515403

ΣΤΑΥΡΙΑΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓ ΙΩΣ

Φοιτητής Μηχ. Ποραγώης ΕΜΠ
Δαφνία Αλεξανδρείας 64, Δαφνή
(01)9704867

ΣΤΕΡΓΙΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Docteur d'Etat, Docteur-Ingenieur, D.E.A de Mac, des Fluides
Περιφέρειας Ακρός 3, 59003 Μελιτέρη Ημαθίας
(0331)81390

ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μηχ/νικός-Ηλ/γικός ΕΜΠ/
Αλωνίων 8, Κηφισία, 14562 Αθήνα
(01)8011291

ΣΤΟΥΡΝΑ ΣΩΦΡΟΣΥΝΗ

Αρχιτεκτόνας (Πολ. Επωνυμία)
Χ. Παύλουρος 2, Αθηναίο
(0651)266658

ΕΦΗΚΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Ηλεκτρονικός Μηχανισμός Κάθησης
1 Βαστινάδης 11, Αθηναίο
(0161)034770

ΕΦΗΚΑΣ ΜΑΝΕΒΟΣ

Φοιτητής Ηλεκτρολόγων Τεχνών, ΑΠΘ
α. Αθηναίων, Σέρβια 14570 Αθηναίο
(031)511288

ΕΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Αρχιτεκτόνας (επίκληση Λευκού, Αθηναίο, Κανακάρειο)
1/1, Λαζαρίδης Γαργαλιάνη 44, 100 Αθηναίο
(0281)22410

ΤΑΚΑΣ ΑΒΑΝΑΣΙΟΣ

Μηχανολόγος Μηχανικού είτε πιλότου
Γ. Δασσανή 3, Βεδ/νική
(031)229961

ΤΑΣΗΣ ΚΡΣΤΑΣ

Φοιτητής Χημικούς Πολ. ΕΜΠ
Νησέων 55, Θησείο, Αθηναίο
(011)3461042

ΤΖΙΝΙΕΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος Πολ. Κ. Πελεκού
Υπουργείο Περ. Χωροτ. Κατ. Σ. Εργων, Αθηναίο

ΤΖΙΝΙΕΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Στατιστικός Υπάλληλος (εισικ. Κυβερνητική Οικονομία)
Μιρσιεφού 17, Πλ. Φιλοπατρίου, 11741 Αθηναίο
(01)9421222(233-337)

ΤΖΙΤΖΙΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ

Αρχιτεκτόνας Πολ.
Ιουστινιανού 5, 1162100 Σερρες
(0321)27173,24507

ΤΟΜΠΑΖΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Αρχιτεκτόνας (Αρχιτεκτονικές θελετές)
Αριστοθημού 1, 10676 Αθηναίο
(01)7241424,7224033

ΤΡΟΥΛΛΙΝΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

Αρχιτεκτόνας
Μιχαλακοπούλου 81, 11528 Αθηναίο
(01)7738747

ΤΡΟΥΛΛΟΣ ΚΡΣΤΑΣ

Φοιτητής
Δούροθετου 12, Βεδ/νική
(031)417325

ΤΡΥΠΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Φυσικος Παν/μιο Πατρων
Τμημα Φυσικης, Ριο Πατρω
(061)951713

ΤΡΙΑΝΝΟΣ ΣΠΥΡΟΣ

Φωτικός Πανύπειρος Πατρών
Κοκκιδέας 13, 71522 Κάλαμα
(010)6454655

ΤΣΑΚΑΓΙΑΝΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αρχιτέκτονος
Δ. Λαζαρίδη, Βεζούινη,
(061)225007

ΤΣΕΛΑΠΑΤΑΣ ΑΡΗΣ

Παναγίας Λαζαρίδη, Καλαμάτα
Δρ. Εργασίας 27, 75122 Κάλαμα
(061)225007

ΤΣΑΛΙΔΗΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

Ηλεκτρικός Συνεργάτης Δημόπολης
αρ. Βρακής 67100 Ελαφίνη
(0541)25475, 26547

ΤΣΑΛΛΑΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ

Αρχιτέκτονος
Νεσούειων 73, 75126 Καρδαμύλη, Αργοναύτης
(010)6642604, 6662847

ΤΣΑΜΠΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Γεωπόνος
Σταθμός Γεύρη, Ερευνας, 72200 Τεραποτρό^α
(022)786

ΤΣΑΝΑΚΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Καθηγητής Δικαιούρων, Πανύπειρος Θρακίας
Πολυτεχνείου Θεραπούλη, Βαρύνη
(0541)27354

ΤΣΑΡΑΣ ΑΓΓΙΣ

Αρχιτέκτονος (ωπαλά, έργο υπεξιλεύει)
Πολυβίου 73, Α. Τσαρπίτη, Βεζούινη
(010)926328

ΤΣΕΒΕΛΕΚΟΥ ΑΘΗΝΑ

Φοιτητής Αρχιτέκτονος της
Ιονικής 76, 10444 Αθήνα
(010)8022433

ΤΣΙΚΑΝΤΕΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Μηχανολόγος ΤΕΙ
Μηλου 21, Αργιτσά^α
(041)253866

ΤΣΙΔΙΓΙΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μηχανολόγος ΤΕΙ
1 Tazewell court,Beth Roed,Reading RG1 5EA, England
(0044)-734-562363

ΤΣΙΔΙΓΙΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανολόγος ΤΕΙ
Χρ, Παπαδόπουλος 2, 54629 Βεζούινη
(051)534965

ΤΣΙΓΟΥΜΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής, Τεχνολογίας και Μηχανικών ΑΠΘ,
Τηγανιά Αγρονομικού Τοπογραφικού Νέου, Βεζούινη
(031)992657

ΤΣΙΤΟΜΕΝΕΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΦΟΣΤΗΣ-ΗΛΕΚΤΡΟΥ ΙΚΑΣ-ΡΑΦΙΩΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΥΟΣ
ΤΟΡΕΔΑΣ ΦΟΣΤΗΣ Αθηνών, 15771 Πανεπιστήμιο, Αθήνα
(01)7247060

ΤΣΙΤΣΗΣ ΔΙΟΜΗΔΗΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτροδόυος Μηχ. ΕΠΙΦ
Δευτέρας 3/11622 Αθήνα
(01)8219424, 6241572

ΤΣΟΤΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανολόγος Τεχνίτης Καθηγητής Συστημάτων Συγχρόνων Συστημάτων
Joint Research Centre, PO Box 2, I-00120 Petten/Netherlands

ΦΙΣΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Φοιτητής
ΑΙΤΟΧΩΡΟΥ 61, 54636 Θεσ/νίκη
(031)216205

ΦΛΩΡΕΝΤΙΝ ΙΩΣΗΦ

Μηχανολόγος Ραραγγιστής-Οικονομικός
Αριστοφάνους 12, 15122 Αθήνα
(01)8224857, 8061174

ΦΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΕΠΙΧΟΡΟΣ Καθηγητής, Τμήμα Αρχιτεκτονικής ΑΠΘ
Βασ. Ολύμπος 54, 154542 Θεσ/νίκη
(031)843885

ΦΥΤΙΚΑΣ ΜΙΧΑΗΛ

Γεωλόγος (ΙΓΜΕ)
Μεδουζιών 70, 11526 Αθήνα
(01)7774125

ΦΩΤΙΟΥΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μηχανολόγος Μηχ.
Διατίπου 4, 11635 Αθήνα

ΧΑΛΕΠΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Ηλεκτρομηχ.
Πλ. Β, Γεωργίου 10, 14100 Καλαμάτα
(026521)

ΧΑΡΑΝΤΩΝΗΣ ΒΕΑΓΕΝΗΣ

Μαθηματικός-Άρ., Μετεωρολόγος (ΕΜΠ)
1, Μακρύγιαννη 39, Αγ. Δημητρίου, 17342 Αθήνα

ΧΑΡΗΣ ΣΟΦΟΚΛΗΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχ.(ΤΕΙ Κοσμού)
Πανεπιστ. 2, 50100 Κοζάνη
(0461)31617-3

ΧΑΡΩΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Μηχανολόγος Μηχ. ΕΜΠ, καθηγητής ΤΕΙ Πειραιώς
Κερκίρας 9, 14671 Καστριτσή, Ερυθραία
(01)8070462

ΧΑΤΖΗΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΒΕΟΔΑΡΟΣ

Μηχανολόγος-Ηλεκτροδόυος ΕΜΠ
Μαρασλή 7, 54248 Θεσ/νίκη
(031)819877

ΧΑΤΖΗΙΩΣΗΦ-ΔΙΑΚΟΥΛΑΚΗ ΔΑΝΑΗ

Χημικός Νοχ., Επιστήμη, Συνεργασία, ΕΜΠ

ΧΑΤΖΗΤΟΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Μηχανολόγος-Επενδυτής σε πλαστικά
Αρκαδίας, και Λαζαρίου, Βεζούια
(01)6474425,6227460

ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΑ

Άρχιτεκτονικός έργων, οικοδομών, ζωής
Αθηνών 10-12, 17521, Αθήνα
(01)75444714

ΧΟΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

δρ. Χημικός-Ερευνητής σε ψευτικά
Αγ, Παρασκευή, 15510 Αθήνα
(01)6515111,589,549

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΜΑΣΧΑΛΗΣ

δρ. Χημικός Μηχανικός σε ασφάλεια, ζωοδόσις, ΑΕ)
Μητροπολεως 34,54110 Θεσ/νίκη
(031)229111,263130

ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Μηχανολόγος Νοχ. ΑΠΘ
ΑΠΘ,54006 Θεσ/νίκη
(031)991562

ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΗΣ ΒΕΟΔΟΣΗΣ

Χημικός Νοχ.-Οινολογος Καρυά, Ξρενι, Περιβάλλ.,
Οδος 1878,αρ. 4
(081)288769Ηράκλειο

ΨΩΜΑΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Φοιτητής Φυσικού
Αρκαδίου 49,56121 Αρπελοκάπη, Θεσ/νίκη
(031)737638

BOUILLET HENRY
Απόφοιτος Βιολογίας Επιστήμη
Κερκύρας,14671 Καστρι Αθηνα

CHABROLLE ALAIN

Directeur Technique Ingénieur
86 bis Avenue Laussan,69410 FRANCE
(7)8352776

GILLIAERT DANIEL

E.O.K.,21020(VA) Israe
ITALY

IKKALA OLI

PhD,NESTE OY
06850 Kulloo,FINLAND

JACOB FRANCOIS

Maitre de Conferences UFRM700,
Universite Lyon 1, 69622 Villeurbanne Cedex
France

JONES P.

106, rue de la République
69360 Villeurbanne
France

LUCCHESI ALDO

Dipartimento Chimico, Università di Trieste
Via Giuseppe Belotti 24 - 34100 TRIESTE
000/23225

MASCHIO GIUSEPPE

Città Studi MI, Dicatt. Scienze, ICFIBA
Via Dottissimo 21, 20133 FIRENZE, ITALY
(055) 50/23225

PERRIER JOSEPH

Maitre de Conferences UFRM700
Universite Lyon 1,Bat 405-Microbiologie,43 boulevard 11/11/1919
69622 V.Cedex

**ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ κ. Β.Α.ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘ.ΠΟΛ/ΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ Α.Π.Θ.**

Κύριες Γενικές, κ. Πρύτανη, κ.κ. Αντιπρόσωποι των κομμάτων, κυρίες και κύριοι.

Τρίτο

Σαν Πρόεδρος του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής, σας καλοσαρίζω στο Αεύτερο Εθνικό Συνέδριο των Ήπιων Μορφών Ενέργειας. Σας αναγέλλω ότι στις τρεις ημέρες που θα διαρκέσει το Συνέδριο θα μπορέστε να επιλέξετε για να ακούσετε τις εισηγήσεις που επιθυμείτε, ανάμεσα σε ¹⁰⁰ ανακοινώσεις που έχουν κανεί πάνω από 150 ερευνητές από τον Ελληνικό χώρο. Ως ανακοινώσεις αυτές δεν μπορούν να παρουσιαστούν η μια μετά την άλλη συνεχώς, αλλά γίνονται σε παράλληλα τμήματα. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να κάνετε μια επιλογή με βάση το πρόγραμμα του Συνεδρίου που σας έχουμε δώσει και τα πρακτικά τα οποία τυπώσαιμε πριν αρχίσει το Αεύτερο Εθνικό Συνέδριο.

Τρίτο

Το πρόγραμμά μας είναι πολύ συμπυκνωμένο και ήθελα να σας παρουσιάσω αμέσως το πρόγραμμα αυτής της ώρας που αποτελείται από τους χαροτεισμούς του κ. Υπουργού, των διαδόρων κομμάτων, του κ. Πρύτανη και του κ. Λημάρχου καθώς και την έναρξη που θα κάνει ο κ. Γενικός.

Σας διεβάζω πρώτα τον χαιρετισμό του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας, και Τεχνολογίας κ. Λευτέρη Βερυβάκη:

"Αγαπητοί Σύνεδροι,
με τις παραπάνω χαρά χαιρετίζω τις εργασίες του Συνεδρίου σας που είμαστε θέλαντοι ότι θα βοηθήσει στην προσπάθεια για την εντατικοποίηση στην αξιοποίηση των Ήπιων Μορφών Ενέργειας. Η Κυβέρνηση αποδίδει μεγάλη σημασία στην προώθηση των Ήπιων Μορφών Ενέργειας αναγνωρίζοντας τα πολλαπλά οιωέλη που θα προκύψουν για την Εθνική Οικονομία από την υποκατάσταση των εισαγόμενων καυσίμων όπως, μείωση της εξάρτησης της χώρας μας από εισαγόμενη ενέργεια μείωση των συναλλαγματικών δαπανών, μείωση των απαιτουμένων επενδύσεων και στο Ηλεκτρικό σύστημα, μείωση των απωλειών και αύξηση της απόδοσης του Εθνικού Ενεργειακού συστήματος, δυνατότητα ανάπτυξης νέων Βιομηχανικών κλάδων για την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών, περιορισμό των δυσμενών επιειδράσεων στο περιβάλλον από την μειωμένη λειτουργία των συμβατικών σταθμών Ηλεκτροπαραγωγής.

Είναι χαρακτηριστικό του ενδιαμέροντός μας, ότι το πρώτο νομοσχέδιο που ψηφίστηκε από την νέα Βούλη που προέκυψε από τις εκλογές στις δύο του Ιούνη, αφορούσε το θεσμικό πλαίσιο για την αξιοποίηση των Ήπιων Μορφών Ε-

νέργειας για την παραγωγή Ηλεκτρισμού.

Λυπούμε γιατί λόγω ωρτου εργασίας δεν μπορώ να παραβρεθώ στο Συνέδριό σας.

Σας εύχομαι κάθε επιτυχία στις εργασίες σας και θα περιμένω με ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα αποτελέσματα του Συνεδρίου

Ο Υπουργός Λευτέρης Βερυβάκης

Μετά τον χαιρετισμό του κ. Υπουργού θα ήθελα να διαθεί η ευκαιρία και στα πολιτικά κόμματα που έχουν προσκληθεί να απευθύνουν τους χαιρετισμούς τους. Ο πρώτος χαιρετισμός θα γίνεται από το κόμμα της ΕΔΑ αντιπρόσωπος του οποίου είναι ο κ. Ράλλης Γιώργος, ακολουθεί ο κ. Μαυρίδης σαν Πρόεδρος της Νομαρχιακής Επιτροπής της Δημοκρατικής Ανανέωσης και τέλος ο κ. Σιάτρας σαν αντιπρόσωπος του ΠΑΣΟΚ.

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣ ΤΟ Β' ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ , 6-8 ΝΟΕ.1985

Μανώλης ΓΛΕΖΟΣ
Πρόεδρος της ΕΔΑ

Φίλοι Σύνεδροι,

Με χαρά διαπιστώνω πως γι' άλλη μια φορά οι απανταχού 'Ελληνες επιστήμονες ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμα του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής.

Αν και μη ειδικός ας μου επιτραπει να επισημάνω μερικές αδυναμίες της σημερινής ενεργειακής μας πολιτικής και να εκφράσω μερικές σκέψεις για την ουσιαστικότερη ανάπτυξη των Ήπιων Μορφών Ενέργειας στη χώρα μας.

Τα προβλήματα που απορρέουν από την σχεδόν αποκλειστική χρήση ορυκτών καυσίμων στη χώρα μας είναι νομίζω πλέον γνωστά στον καθένα μας:

- 'Εντονη μόλυνση έως καταστροφή σε πολλές περιοχές.
- Τεράστιες συναλλαγματικές διαρροές λόγω εισαγωγής ενεργειακών πόρων και εξόπλισμού.
- Σπατάλη οικονομικών και φυσικών πόρων λόγω χαμηλής απόδοσης κατά την παραγωγή και χρήση ενέργειας.
- Αυξημένη στρατηγική ευπροσβλητότητα της χώρας λόγω συγκεντρωτισμού της ηλεκτροπαραγωγής όσο και της διύλισης του πετρελαίου.
- Αθεβαιότητα ενεργειακής τροφοδοσίας σε περιόδους διεθνών κρίσεων.
- Μειωμένη συμμετοχή της εγχώριας παραγωγής στον ενεργειακό τομέα.
- και, Αυξημένη ανεργία λόγω του χαμηλού συντελεστή απασχόλησης των επενδύσεων σε ορυκτά καύσιμα, συγκριτικά με τις ανανεώσιμες.

Ας δούμε την σημερινή ενεργειακή πολιτική και πρακτική.

'Έχοντας επανορθώσει σε κάποιο βαθμό την ενεργειακή πολιτική του μεσσιανισμού και της υποτέλειας της δεξιάς, η κυβέρνηση της αλλαγής έβαλε φρένο στα τεχνοφρενικά σχέδιά της για γενικευμένη χρήση του εισαγόμενου Λιθάνθρακα και για την εγκατάσταση δεκάδων πυρηνικών αντιδραστήρων - ο θεός ξέρει πουστην χώρα μας.

Ακόμα, σωστά διάλεξε τα γνωστά μέτρα για έλεγχο του πετρελαϊκού κυκλώματος, αύξηση της συμμετοχής Λιγνυτών στο ισοζύγιο της ΔΕΗ και για την αυτοπαραγωγή ηλεκτρισμού με ανανεώσιμες από ιδιώτες και κοινότητες.

Πόσο όμως επαρκή και αποτελεσματικά υπήρξαν τα μέτρα αυτά; Ας δούμε σχετικά τι λένε οι αριθμοί:

- Στην ηλεκτροπαραγωγή, το % εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα μειώθηκε μεν το 82 (από 41,2 που ήταν το 80 στο 31,6%), για να ξανανέβει όμως το 1984 (στο 38,4%) πάνω από το επίπεδο του 1979, κυρίως λόγω της αμφισβιτούμενα επιβεβλημένης μικτής καύσης Λιγνίτη-Λιθάνθρακα και σημαντικών εισαγωγών ηλεκτρισμού.
- Στο συνολικό ενεργειακό τοοζύγιο, η εξάρτηση στην περίοδο 1981-84 μειώθηκε κατά 3% περίπου (από 76% το 1980 στο 72-73% το 84), μείωση όμως που οφειλόταν όχι μόνο στην προγραμματισμένη υποκατάσταση πετρελαίου με Λιγνίτη αλλά και στην μειωμένη κατανάλωση πετρελαίου στην Βιομηχανία, όχι λόγω μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αλλά λόγω μειωμένης παραγωγής.

Οι μακροπρόθεσμες προοπτικές της εξέλιξης του ενεργειακού μας τοοζυγίου και της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας εμφανίζονται μάλλον δυσοίωνες λόγω της ανεπιτυχούς διάρθρωσης - και όχι λόγω ανεπάρκειας - των προβλεπομένων από το 5ετές ενεργειακών επενδύσεων.

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι επενδύσεις για ηλεκτροπαραγωγή αποτελούν το 82% του συνόλου, παρ' όλο που ο ηλεκτρισμός αποτελεί μόνο το 17% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, % που εξ'άλλου πρέπει να μειωθεί λόγω των γνωστών αντιοικονομικών χρήσεων του ηλεκτρισμού.
- Από το σύνολο των 380 δισ. δρχ. του ενεργειακού προϋπολογισμού μόνο 1 δισ. δρχ. αναφέρεται για ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά.
- Για θερμικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, παραγωγή Βιοκαυσίμων και εξοικονόμηση ενέργειας στην κατανάλωση δεν προβλέπεται τίποτα, ούτε καν ενημέρωση του κοινού.....
- και ο κατάλογος θα μπορούσε να συνεχιστεί με πρόσθετες παραλείψεις.....

Το πρόσφατο 10ετές πρόγραμμα της ΔΕΗ είναι εξ'ίσου απογοητευτικό και περιέχει ανησυχητικές αναλογίες με τα 10ετή της δεξιάς.

Για παράδειγμα:

- Οι εκτιμήσεις ενεργειακής ζήτησης δεν λαμβάνουν υπ'όψη τους τις δυνατότητες υποκατάστασης ηλεκτρισμού από ηλιακούς θερμοσίφωνες και από εξοικονόμηση ενέργειας γενικώτερα.
- Οι δυνατότητες των ανανεώσιμων υποτιμούνται συστηματικά και ατεκμηρίωτα.

- Π.χ. δεν αναφέρονται καν τα πορίσματα της έκθεσης Musgrove και άλλων προσφάτων συνεδρίων που θεωρούν ως ρεαλιστικό πλέον στόχο για το 2000 : 10% της ηλεκτροπαραγωγής από ανεμογεννήτριες.
- και από την άλλη μεριά γίνεται λόγος για ανθρακικούς και πυρηνικούς σταθμούς μετά το 1994.....

Τέλος, ας δούμε τι έγινε στον ερευνητικό τομέα :

- Από το 1981 παρατηρούμε συνεχή πτώση του κονδυλίου για ενέργειακές έρευνες, ως % του ΑΕΠ.
- Το % ερευνητικών κονδυλίων για ανανεώσιμες πηγές είναι μεν φαινομενικά υψηλό (25% το 1982) αν όμως συμπεριληφθούν και οι ερευνητικές δαπάνες ΔΕΠ και ΙΓΜΕ τότε το εν λόγω % πέφτει στο 5% .
- Το % ερευνητικών κονδυλίων για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ακόμη μικρότερο και μάλιστα 100 φορές μικρότερο από το αντίστοιχο % στη Σουηδία.
- Και άκρο άωτο της αντίφασης, ως επικεφαλής για την διεργάνωση του ερευνητικού κέντρου ανανεώσιμων πηγών (στην Κρήτη) τοποθετείται για μιά περίοδο καθηγητής Πυρηνικής ενέργειας, πρόσφατα αφιχθείς από Αμερική!

Συνοψίζοντας με δύο λόγια μπορούμε να πούμε πως στην Ελλάδα, σήμερα ακόμα , Ο ΗΛΙΟΣ ΚΡΑΤΙΕΤΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ.

Για την ουσιαστική ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας: Υπάρχουν προτάσεις, υπάρχουν και πόροι, υπάρχουν αξιόλογοι τεχνίτες και επιστήμονες.

Αυτό που λείπει είναι η ειλικρινής πολιτική βούληση και η αποφασιστικότητα για ξεκάθαρες κυβερνητικές ενέργειακές επιλογές.

Φίλοι Σύνεδροι:

Η δυναμική παρουσία σας σ'αυτό το συνέδριο αποτελεί μια ατράνταχτη απόδειξη πως, έναντι πολλών δαιμόνων, ο αγώνας υπέρ των ήπιων μορφών ενέργειας συνεχίζεται.

Μανώλης ΓΛΕΖΟΣ
Πρόεδρος της ΕΔΑ

ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΚΗ ΑΝΑΝΕΩΣΗ

Νομαρχιακή Επιτροπή Α' Περιφέρειας Θεσσαλονίκης

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ Λ.Ν. ΜΑΥΡΙΔΗ, ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΥ ΤΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΝΑΡΚΤΗΡΙΑ ΤΕΛΕΤΗ ΤΟΥ Β' ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
(ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 6 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1985.)

Εκ μέρους του Κόμματος της Δημοκρατικής Ανανέωσης θα ήθελα να συγχαρώ το Προεδρείο και τα μέλη του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής για την πολύτιμη πρωτοβουλία τους να οργανώσουν στην πόλη της Θεσσαλονίκης το Δεύτερο αυτό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας.

Το ενεργειακό πρόβλημα αποτελεί αναμφίβολα ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Από την λύση που θα δοθεί στο προβλήμα αυτό θα εξαρτηθεί σε σημαντικό βαθμό η ευημερία, η μελλοντική πορεία, ίσως μάλιστα και αυτή η επιβίωση των κατοίκων του πλανήτη μας.

Η οριστική λύση του ενεργειακού προβλήματος θα επιτευχθεί, φυσικά με την κατασκευή και λειτουργία των θερμοπυρηνικών εργοστασίων. Για την πραγματοποίηση όμως του άθλου αυτού θα απαιτηθούν ασφαλώς αρκετές δεκαετίες.

Για τον λόγο αυτό η κύρια ελπίδα της ανθρωπότητας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της κατά τις προσεχείς δεκαετίες, χωρίς τους γνωστούς κινδύνους που συνοδεύουν τη λειτουργία των πυρηνικών εργοστασίων που στηρίζονται στο φαινόμενο της σχάσεως, είναι και θα παραμείνει η συστηματική εκμετάλευση των ήπιων μορφών ενέργειας. Αυτό, μάλιστα, ισχύει ιδιαίτερα για μια χώρα ηλιόλουστη, όπως είναι η πατρίδα μας.

Να λοιπόν γιατί χαρακτήρισα τη σύγκληση του συνεδρίου σας σαν μια πολύτιμη πρωτοβουλία για τον τόπο μας.

Η πρωτοβουλία σας όμως αυτή είναι ταυτόχρονα και εξαιρετικά επίκαιρη. Ζούμε μια κρίσιμη καμπή της εθνικής μας ζωής. Οι εξωτερικοί κίνδυνοι που μας απειλούν γίνονται καθημερινά όλο και πιο σοβαροί, ενώ η εθνική οικονομία μαςέφθασε ήδη στα πρόθυρα της καταρρεύσεως. Και ενώ όλοι μας αντιλαμβανόμαστε και αναγνωρίζουμε την κρισιμότητα των περιστάσεων, το μεγαλύτερο μέρος της εθνικής πολιτικής μας ζωής καταναλίσκεται σε μια άγονη, αλλά και επικίνδυνη αλλαγή βαρύτατων μορφών για εθνική μειοδοσία και προδοσία ανάμεσα στους δύο μεγαλύτερους πρωταγωνιστές της πολιτικής μας ζωής. Δεν θα απείχε ίσως πολύ από την πραγματικότητα, αν λέγαμε ότι η χώρα μας παρουσιάζει τους τελευταίους μήνες την εικόνα ρωμαϊκού υποδρόμου, όπου οι δύο μονομάχοι μάχονται μέχρι τελικής πτώσεως.

Το κόμμα της Δημοκρατικής Ανανέωσης, που έχω την τιμή να εκπροσωπώ, πιστεύει ακράδαντα ότι τα κρίσιμα προβλήματα του έθνους μας δεν μπορούν να επιλυθούν με μονομαχίες του είδους αυτού. Τα προβλήματα αυτά για να λυθούν χρειάζονται δουλειά συστηματική, διάλογο ειλικρινή, συγαίνεση παλλαϊκή. Και την μεγάλη αυτή αλήθεια μας την υπογραμμίζει με έμφαση το σημερινό σας συνέδριο. Ένα συνέδριο που οργανώνεται μακριά από τον υδροκέφαλο των Αθηνών, από ένα επιστημονικό σωματείο που ιδρύθηκε χάρις στην ιδιωτική πρωτοβουλία των μελών του και στο οποίο πολλές δεκάδες ελλήνων επιστημόνων θα αναπτύξουν και θα συζητήσουν ήρεμα και πολιτισμένα τα συμπεράσματα των επιστημονικών προσπαθειών τους, για το καλό της επιστήμης, για το καλό του λαού μας.

Πόσο καλύτερη θα ήταν αλήθεια η κατάσταση στον τόπο αυτό, αν οι θεμελιώδεις αυτές αρχές της ιδιωτικής πρωτοβουλίας, της συστηματικής δουλειάς και του ήρεμου διαλόγου, που αποτελούν τα βασικά στοιχεία του πολιτικού πιστεύω του Κόμματος της Δημοκρατικής Ανανέωσης, και που με τόση επιτυχία υπογραμμίζονται από το συνέδριό σας, γίνονταν ο κανόνας της εθνικής μας ζωής.

Υπάρχει όμως και ένα άλλο σημαντικό στοιχείο στην προσπάθειά σας που δεν μου επιτρέπεται, νομίζω, να παραλείψω να το υπογραμμίσω. Αναφέρομαι στην έμπρακτη απόδειξη που προσφέρεται με το συνέδριό σας της ανάγκης να ενώσουμε όλοι τις προσπάθειές μας για να βγει επί τέλους η Ανώτατη Παιδεία και η Επιστημονική Έρευνα στον τόπο που από το πρωτοφανές τέλμα στο οποίο έχει βιθιστεί τα τελευταία χρόνια και να μπορέσει έτσι να κατακτήσει η χώρα μας την πρωτοποριακή θέση στη διεθνή επιστημονική και τεχνολογική κοινότητα, που το ενδοξό παρελθόν της, αλλά και ο υπέροχος λαός της επιβάλλουν και εγγυώνται. Και ο ευγενής αυτός στόχος αποτελεί επίσης ένα άλλο από τα βασικά πολιτικά πιστεύω του Κόμματος της Δημοκρατικής ανανέωσης.

Με τις σκέψεις και τις διαπιστώσεις αυτές σας συγχαίρω και πάλι για την πολύτιμη και επίκαιρη πρωτοβουλία σας και εύχομαι κάθε επιτυχία στο συνέδριο σας, για το καλό της επιστήμης και προ παντός για το καλό της πατρίδας μας και του λαού μας.

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΟΣΙΑΛΙΣΤΙΚΟ ΚΙΝΗΜΑ
(ΠΑ.ΣΩ.Κ)

Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΥ ΤΗΣ Ν.Ε. ΠΟΛΗΣ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΠΑΣΟΚ ΘΑΝΑΣΗ ΣΙΑΤΡΑ
ΣΤΗΝ ΤΕΛΕΤΗ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΤΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ
ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΙΑ "ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ"

Κύριε Γενικέ Γραμματέα του Υπουργείου Βόρειας Ελλάδας,
Κύριε Πρύτανη,
Κύριε Πρόεδρε,
Κυρίες και κύριοι σύνεδροι,

Εκ μέρους της Νομαρχιακής Επιτροπής πόλης Θεσ/νίκης του ΠΑ.ΣΩ.Κ χαιρετίζω την έναρξη των εργασιών του 2ου Εθνικού Συνεδρίου του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής με θέμα τις "Ηπιες Μορφές Ενέργειας".

Το ΠΑ.ΣΩ.Κ, έχει εκτιμήσει με απόλυτη σαφήνεια τις πολιτικές, οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις από την κατ'εξακολούθηση "επέμβαση" των ήδη χρησιμοποιουμένων μορφών ενέργειας, στην εν γένει "ζωή" του τόπου μας, γιατί έχει "μελετήσει" εξονυχιστικά με επιστημονική γνώση και πολιτική συνέπεια:

α) Το ολοένα αυξανόμενο κόστος αγοράζαλλά και χρήσης των παραδοσιακών μορφών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας κλπ.

β) Την ολοένα αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος που οφείλεται, τόσο στην συνεχή χρήση των παραδοσιακών μορφών ενέργειας, που αποδεδειγμένα έχουν υψηλές τιμές ρυπάνσεως, δύσο και στην αναγκαστική (;) χρησιμοποίηση μηχανημάτων παλιάς τεχνολογίας "φορτωμένων" με πολλές ώρες λειτουργίας, που - αντικειμενικά - έχουν πια μειωμένη ικανότητα "σωστής" λειτουργίας, άρα έχουν τελικά υψηλό βαθμό ρυπάνσεως.

γ) Την αρνητική σχέση, ανάμεσα στην δυνατότητα για άσκηση εθνικής πολιτικής από τη χώρα μας (που να κατοχυρώνει την εθνική ανεξαρτησία και την αυτοδύναμη οικονομική ανάπτυξη) και στην πραγματικότητα, που είναι οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες μας σε ενέργεια. Που την αγοράζαμε - υποχρεωτικά - απ'τη Διεθνή αγορά. Και που σε κάποια δεδομένη στιγμή, είναι δυνατόν, σε συνδυασμό με τις "διακυμάνσεις" της Διεθνούς πολιτικο-οικονομικής συγκυρίας, να αποτελέσει σημαντικό αναστατωτικό παράγοντα για την άσκηση εθνικής πολιτικής...

'Εχοντας λοιπόν εκτιμήσει και μελετήσει όλα τα παραπάνω, το ΠΑ.ΣΩ.Κ. έχει ήδη εκφράσει την πολιτική του βούληση για την χάραξη και υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου προγράμματος για την ενεργειακή πολιτική και τον ορυκτό πλούτο, με τη διακήρυξή του στο "Συμβόλαιο με το Λαό" το 1981.

Η πολιτική αυτή περιγράφεται στο Πενταετές Πρόγραμμα Κοινωνικής και Οικονομικής ανάπτυξης 1983-87. Για την υλοποίηση των στόχων της ολοκληρώθηκαν μια σειρά από νομοθετήματα που άλλα ήδη ψηφίστηκαν απ' την Βουλή και άλλα πρόκειται να κατατεθούν για ψήφιση σύντομα. Διαμορφώνεται έτσι ένα νέο θεσμικό πλαίσιο - που πάντα είναι "ανοιχτό" για μια δυναμική βελτίωσή του (και εδώ πρέπει να τονιστεί ότι θα περιμένουμε με μεγάλο ενδιαφέρον τα πορίσματα του Συνεδρίου σας) με το οποίο:

1. Συνεχίζεται με εντατικό ρυθμό η προσπάθεια για την πλήρη αξιοποίηση των εγχώριων ενέργειακών πηγών, του λιγνίτη και των υδατοπτώσεων.

Στόχος μας είναι ο περιορισμός της συμμετοχής του πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή. Παράλληλος αλλά εξίσου βασικός στόχος είναι η ελληνοποίηση των κατασκευών, σε συνεργασία με την ΠΥΡΚΑΛ και την ΕΑΒ, για τη δραστηριοποίηση της κατασκευαστικής μας βιομηχανίας και απόκτηση και αναπαραγωγή τεχνογνωσίας.

Μέχρι το 1989 προβλέπεται να επενδυθούν από τη ΔΕΗ 600 δισ. δρχ. για νέες μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Την 3ετία 1985-87 ολοκληρώνονται και εντάσονται στο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας 15 νέες μονάδες, που θα αυξήσουν την παραγωγική ικανότητά του κατά 45%. Από αυτές οι 6 είναι λιγνιτικές και οι άλλες 9 υδροηλεκτρικές. Ακόμη, μέχρι το 1990, προβλέπεται να ενταχθούν άλλες 6 νέες μονάδες, απ' τις οποίες η μία είναι λιγνιτική και οι 5 υδροηλεκτρικές. Προγραμματίζονται επίσης 15 μικρά και μεσαία υδροηλεκτρικά έργα.

Η ανάπτυξη των νέων υδροηλεκτρικών έργων συνδυάζεται με αρδευτικά έργα (εκτροπή Αχελώου, αξιοποίηση Αλιάκμονα). Μέσα σε μια 10ετία προβλέπεται να διπλασιαστεί η ενέργεια που παράγεται από υδατοπτώσεις.

2. Στον τομέα του πετρελαίου προωθείται η δημιουργία ενός ενιαίου φορέα, στον οποίο θα ενταχθούν όλες οι Δημόσιες Επιχειρήσεις του Τομέα (ΔΕΠ, ΕΚΟ, ΕΛΔΑ). Παράλληλα διαμορφώνεται νέο πλαίσιο κανόνων λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς πετρελαίου.

Τόσο ο ενιαίος φορέας όσο και το νέο πλαίσιο θα βοηθήσουν καθοριστικά στη διαμόρφωση μιας πιο ευέλικτης και ολοκληρωμένης πολιτικής στο τόσο ευαίσθητο για την εθνική μας οικονομία και ασφάλεια τομέα.

3. Συνεχίζονται και εντελενονται οι προσπάθειες για την ανάπτυξη και διάδοση της χρήσης των εναλλακτικών - ήπιων μορφών ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, η Γεωθερμία, η Αιολική τα μικρά Υδροηλεκτρικά και η Βιομάζα. Έχει ήδη κατατεθεί νόμος στη Βουλή που διαμορφώνει το σχετικό θεσμικό πλαίσιο, ενώ για τη Γεωθερμία το πλαίσιο είναι ήδη Νόμος. Η πολιτική μας αυτή θεμελιώνεται στην αντίληψή μας ότι οι νέες τεχνολογίες κι οι ήπιες μορφές ενέργειας συμβάλλουν αποφασιστικά στην αλλαγή των σχέσεων παραγωγής, στη διατήρηση του παραδοσιακού

περιβάλλοντος, στην ανθρωπινότερη σχέση μας με την εργασία.

4. Συνεχίζονται οι προσπάθειες για εισαγωγή και χρησιμοποίηση Φυσικού Αερίου και στη χώρα μας, στα πλαίσια της πολιτικής για τη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας. Παράλληλα προωθείται και το σχέδιο για παραγωγή Λιγνιταερίου στην ΑΕΒΑΛ.

5. Εντείνονται οι προσπάθειες για την ορθολογική χρήση της ενέργειας, την εξοικονόμηση ενέργειας, που σωστά υπολογίζεται ως μία άλλη ενεργειακή πηγή.

6. Συνεχίζεται η εντατική προσπάθεια για έρευνα και ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων ενεργειακών πρώτων υλών από το ΙΓΜΕ και την ΔΕΠ. Τα θετικά μέχρι τώρα αποτελέσματα ως προς τους λιγνίτες (αύξηση 20% των βεβαιωμένων αποθεμάτων), το πετρέλαιο (Κατάκωλο) και θυράντιο (Παραβέτι), επιτρέπουν την αισιοδοξία μας για το άμεσο μέλλον.

7. Τέλος, με την προώθηση μιας άλλης σειράς νομοθετημάτων, κατοχυρώνεται ο κοινωνικός έλεγχος στον εν γένει ορυκτό μας πλούτο καθιστώντας τον Εθνική Περιουσία με αποτελεσματικό έλεγχο του Δημοσίου, προωθούνται οι νέες επιχειρησιακές μορφές των Δημοτικών και Δημοσιοσυνεταιρεστικών επιχειρήσεων και καθορίζονται τα πλαίσια συνεργασίας με τον ιδιωτικό τομέα.

Ακόμα διασφαλίζεται η ορθολογική εκμετάλλευση των κοιτασμάτων και οι συνθήκες εργασίας των εργαζομένων στις εκμεταλλεύσεις, και βέβαια διασφαλίζεται απόλυτα η προστασία του περιβάλλοντος.

Η καδικοποίηση δόλων αυτών των Νόμων και η διαμόρφωση ενός Νόμου-Πλαίσιο για τους Φυσικούς πόρους στο σύνολό του, είναι το αμέσως επόμενο βήμα μας...

Κυρίες και κύριοι Σύνεδροι,

Με δόλα τα παραπάνω - που ίσως κούρασαν - ήθελα απλά να σας δώσω δόσο το δυνατόν πιο πειστικά την εθνική προτεραιότητα - που έχει ήδη αποφασίσει να δώσει το ΠΑΣΟΚ - στον Τομέα της Ενέργειας γενικά αλλά και ειδικά στις 'Ηπιες Μορφές ενέργειας.

Το ενδιαφέρον με το οποίο θα περιμένουμε τα πορίσματα του Συνεδρίου σας - μετά τα παραπάνω - είναι, πιστεύω κατανοητό.

Αυτή τη στιγμή, τελειώνοντας, θα ήθελα να σας ευχηθώ κάθε επιτυχία στις εργασίες του Συνεδρίου που έχει εύλογο επιστημονικό αλλά και πολιτικό-οικονομικό ενδιαφέρον και να σας παρακαλέσω άλλη μια φορά να μας κοινοποιήσετε το γρηγορώτερο τα πορίσματά σας.

Σας ευχαριστώ πολύ.

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ κ. Δ. ΦΑΤΟΥΡΟΥ, ΠΡΥΤΑΝΗ Α.Π.Θ.,
ΓΙΑ ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Άγαπητοί φίλοι και φίλες,

Χαιρετίζω και χαίρομαι το Συνέδριο αυτό, γιατί γίνεται στη θεσ/νίκη και
γιατί το Πανεπιστήμιο μας έχει σοβαρό δημιουργικό μέρος στην οργάνωσή του
και στην επιστημονική του δουλειά.

Ελπίζω ότι θα είναι ένα 'Ηπιο Συνέδριο για 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας, και
δεν θέλω να πω τίποτε περισσότερο προς το παρόν. Ελπίζω να πω περισσότερα
πράγματα μετά

Σας ευχαριστώ.

ΤΕΛΕΤΗ ΕΝΑΡΞΕΩΣ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΜΕΡΓΕΙΑΣ

Την έναρξη του Β' Εθνικού Συνέδριου θα κάνει ο Γενικός Γραμματέας του Υπουργείου Βόρειας Ελλάδας και πρόεδρος της Διεθνούς Εκθέσεως Θεσ/νίκης, κ. Αντώνης Κούρτης.

ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΚΑΙ ΠΡΟΕΔΡΟΥ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΚΘΕΣΕΩΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ κ. ΑΝΤΩΝΗ ΚΟΥΡΤΗ

Κυρίες και Κύριοι,

Είματα ιδιαίτερα ευτυχής που μου δόθηκε η ευκαιρία να κηρήσω την έναρξη των εργασιών του Δεύτερου Συνέδριου για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας που οργανώθηκε από το Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής και είναι ενταγμένο στις εκδηλώσεις που γίνονται στην Θεσσαλονίκη αυτή την χρονιά για τα 2300 χρόνια της.

Σαν ειδικοί επιστήμονες καλύπτετε ένα εξαιρετικά σημαντικό τομέα της ενεργειακής επιστήμης: τον τομέα που ασχολείται με τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας. Πιστεύω και ελπίζω ότι το Συνέδριό σας θα βοηθήσει στην επιστημονική ενημέρωση και στην ανταλλαγή απόψεων.

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια ο κόσμος άρχισε να αντιλαμβάνεται πόσο σημαντική είναι για την ανάπτυξή του η ενέργεια. Η ενεργειακή κρίση είχε σαν επακόλουθο μια οικονομική κρίση που συνεχίζεται παγκόσμια. Η προσπάθεια για χρησιμοποίηση των ήπιων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί θέμα εντατικής διεθνούς προσπάθειας.

Στη χώρα μας η προσπάθεια αυτή έχει ήδη βρεί πρακτικούς στόχους. Η χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας για την θέρμανση νερού για κάλυψη των οικιακών αναγκών, για τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία εφαρμόζεται όλο και περισσότερο. Αυτή τη στιγμή η χώρα μας με τα 500 χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα εγκατεστημένων ηλιακών συλλεκτών παράγει ζεστό νερό κερδίζοντας 25 εκατομμύρια Κιλοβατώρες ηλεκτρικού ρεύματος ή το αντίστοιχο πετρέλαιο. Έτσι η Ελληνική Βιομηχανία με ελληνικά χέρια και με ελληνικές κατά κύριο λόγο πρώτες ύλες εξασφαλίζει ενέργεια από τον ήλιο που θα πρέπει να είναι κάθε μέρα όλο και περισσότερη. Είμαστε η πρώτη χώρα στην Ευρώπη σε εγκατεστημένους ηλιακούς συλλέκτες αλλά αυτό δεν σημαίνει παρά μόνο ότι θα πρέπει ακόμη περισσότερο να αξιοποιήσουμε την ηλιακή ενέργεια.

Ο τομέας δύναται να ηλιακή ενέργεια μπορεί να έχει ιδιαίτερα μεγάλη και οικονομική επωφελή αξιοποίηση είμαται η θέρμανση χώρων με παθητικά ηλιακά συστήματα. Οι συμβουλές του Σωκράτη για την εκμετάλευση του ήλιου στη θέρμανση και στον δροσισμό των σπιτιών με την σωστή κατασκευή τους, το παράδειγμα της ηλιακής πολεοδομικής διάταξης της Ολύνθου, η παραδοσιακή μας αρχιτεκτονική, δίνουν

όλο και περισσότερα δείγματα για το πόσο απλή και άνετη μπορεί να γίνει η ζωή μας στα σπίτια μας αν εκμεταλευτούμε ορισμένους απλούς πρακτικούς κανόνες.

Έτσι το πρόγραμμα του Ηλιακού Χωριού με τα 435 διαμερίσματα που κτίζονται στη Λυκόβρυση Αττικής από τον Οργανισμό Εργατικής Κατοικίας με την Επιστημονική συνεργασία του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας της Ομόσπονδης Γερμανικής Δημοκρατίας πιστεύεται ότι θα βοηθήσει στην ανάπτυξη μιας τεχνολογίας από την οποία πολλά θα κερδίσει η επιστήμη και ο λαός μας για την κατασκευή και άλλων παρόμοιων ηλιακών χωριών.

Υπάρχουν όμως ακόμη πολύ μεγάλα περιθώρια και σε άλλους τομείς. Σεις, σαν ειδικοί επιστήμονες, είσθε ο μοχλός για την ανάπτυξή τους.

Όπως ξέρετε η Κυβέρνηση καταβάλλει συστηματικές προσπάθειες για την ανάπτυξη της έρευνας στη χώρα μας.

Ανάμεσα στα ερευνητικά πεδία δραστηριότητας είναι και οι διάφοροι κλάδοι των 'Ηπιων Μορφών Ενέργειας.

Σας είναι βέβαια γνωστό γιατί πολλοί από σας συμμετέχετε στα επιστημονικά προγράμματα ότι αυτή τη στιγμή γίνονται εντατικές έρευνες του υπεδάφους μας για γεωθερμικά πεδία.

Τα γεωθερμικά πεδία που έχουν μελετηθεί προχωρούν στις πρώτες πρακτικές ή πειραματικές εφαρμογές. Η ΔΕΗ κατασκευάζει ήδη τον πρώτο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μήλο, προχωρεί σε αξιοποίηση η Νίσυρος, με τα προγράμματα συνεργασίας με την ΕΟΚ θ' αρχίσει η κατασκευή θέρμανσης στην πόλη των Σερρών ενώ μελετούνται και κατασκευάζονται όλο και περισσότερα μικρά εργα αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων.

Η ΔΕΗ έχει αναπτύξει ακόμη πειραματικές εγκαταστάσεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας και ερευνητικούς σταθμούς φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η Κυβέρνηση με τον νόμο 1559 του '85 για την ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας παρέχει πολλάς δυνατότητες για την ανάπτυξη σταθμών τοπικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είτε από ήπιες μορφές είτε με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού με αποδοτικό οικονομικό αποτέλεσμα.

Μικροί υδροηλεκτρόκοι σταθμοί, σε συνδυασμό με αρδυτυπικά έργα θα πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης Δήμων, Κοινοτήτων, Συνεταιρισμών καθώς και κάθε άλλου ειδικού φορέα.

Άλλα και στη Γεωργία, η ανάπτυξη μεθόδων αξιοποίησης της βιομάζας, η ξήρανση

αγροτικών προϊόντων, η θέρμανση των σταυλικών εγκαταστάσεων από τον ήλιο, τα θερμοκήπια και πολλές άλλες επιστημονικές εφαρμογές για την αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας ανοίγουν νέους ορίζοντες που κάθε μέρα δίνουν ελπίδες στους επιστήμονες και στο λαό μιας.

Θα ήταν όμως σημαντική παράλειψη αν δεν μιλούσαμε για την εξοικονόμηση ενέργειας ή αλλιώς την σωστή διαχείριση της ενέργειας. Γνωρίζετε καλύτερα από τον καθένα, σεις οι ειδικοί, ότι σε κάθε δραστηριότητα που απαιτεί ενέργεια υπάρχουν περιθώρια για αποδοτικότερη αξιοποίησή της.

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι στα σπίτια μας για θέρμανση και άλλες ανάγκες μπορούμε να εξοικονομήσουμε το 40% της ενέργειας που ξοδεύουμε σήμερα αν εφαρμόσουμε σωστές μονώσεις, αν συντηρούμε τα λεβητοστάσια και γενικά αν τηρούμε ορισμένους απ'τους πρακτικούς κανόνες εξοικονόμησης ενέργειας τόσο στη εξυπηρέτηση των καθημερινών μας αναγκών όσο και γενικά όπου χρησιμοποιούνται συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ή άλλη ενέργεια.

Το τελικό αποτέλεσμα μπορεί πάντα να είναι μεγαλύτερη άνεση με λιγότερη ενέργεια. Πιο απλά μπορούμε να πούμε: αξιοποιήστε την ενέργεια παραγωγικά.

Τελειώνοντας εκφράζω την πίστη μου σ'εσάς: είστε οι ειδικοί και μπορείτε να βοηθήσετε ώστε η χώρα μας να εξασφαλίσει ενεργειακή αυτάρκεια. Οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας θα βοηθήσουν πολύ σ'αυτό.

Σας εύχομαι καλή επιτυχία στο Συνέδριό σας και ευχάριστη διαμονή στη Θεσσαλονίκη των 2300 χρόνων.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΤΟΥ Β' ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΤΕΤΑΡΤΗ: 6 Νοέμβρη 1985

ΟΜΙΛΗΤΗΣ: κ. Φατόύρος, Πρύτανης Α.Π.Θ.
ΘΕΜΑ: "Ηπια Αρχιτεκτονική".

ΠΕΜΠΤΗ: 7 Νοέμβρη 1985

ΟΜΙΛΗΤΗΣ: κ. Κ. Πάττας, Καθηγητής Πολ/κής Σχολής Α.Π.Θ.
ΘΕΜΑ: "Ενέργεια και Περιβάλλον".

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ: 8 Νοέμβρη 1985

ΟΜΙΛΗΤΗΣ: κ. Ρ. Ρηγόπουλος, Καθηγητής Παν/μίου Πατρών
ΘΕΜΑ: "Ηπιες Μορφές Ενέργειας - Παρόύσα κατάσταση - Προοπτικές".

ΗΠΙΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ
ΤΟΥ Δ. Α. Φατούρου*

Ευχαριστώ πρώτα απ'όλα για την πρόσκληση να πάρω μέρος σ'αυτό το συνέδριο. Θα προσπαθήσω να καταγράψω και να περιγράψω κάποιες εμπειρίες μου από την αρχιτεκτονική δουλειά που κάνω 33 τώρα χρόνια. Θα μιλήσω λοιπόν με ήπιο τρόπο, για να ακολουθήσω το συνειρμό ήπιες μορφές ενέργειας, ήπιο συνέδριο. Αν και σ'αυτό το συνέδριο των ήπιων θα υπάρχουνε βέβαια και βαθύτατες αντιδικίες και αντιπαλότητες.

Η προσπάθεια να δουλέψει κανείς με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και να τις ρυθμίσει, να ρυθμίσει τα κλιματικά μεγέθη, είναι πάρα πολύ παλιά και καθημερινή, και πετυχαίνει ή αποτυχαίνει, άλλοτε λιγότερο και άλλοτε περισσότερο. Το ότι τώρα παίρνει αυτή τη μορφή, με αυτό τον επιστημονικό τίτλο, είναι και αυτό μέσα στην ιστορική συνοχή.

Αυτή η τεχνολογική ανησυχία που προτείνει τις ήπιες μορφές ενέργειας, την ηλιακή τεχνολογία και όλα τα σχετικά, με όλα λόγια τη "διάσωση" φύσης είναι παράγωγο της οικολογικής εγρήγορσης, της πετρελαϊκής κρίσης και της κριτικής του τεχνολογικού περιβάλλοντος, της μονοσήμαντης ανάπτυξης και της σημασίας που έχει η πολλαπλή, πολυεπίπεδη και διαφορική χρησιμοποίηση της τεχνολογίας και της επιστήμης.

Η φύση παίρνει μία προτεραιότητα στην κοινωνική πραγματικότητα, στις ανθρώπινες σχέσεις αλλά και στην μελέτη και εξέλιξη της τεχνολογίας. Γι' αυτό και προτείνεται μία άλλη τεχνολογία, μια εναλλακτική τεχνολογία. Γνωστά πράγματα αλλά όχι ειλικρινή πάντα ούτε και αρκετά. Η φύση δεν είναι μόνο ένα εξωτερικό τοπίο, ένας παράγοντας στη γεωμετρική συσχέτιση του έργου της αρχιτεκτονικής με το περιβάλλον του. Είναι η συνείδηση, ο λόγος ύπαρξης, μία πλευρά της σύνθετης κοινωνικής, οικονομικής, πολιτισμικής, ιστορικής διαδικασίας.

Η ιστορική παραδοσιακή αρχιτεκτονική έχει δώσει λύσεις που ρυθμίζουν ζητήματα κλίματος, διάσωσης ενέργειας κτλ, στη μικρή και στη μεγάλη κλίμακα, στην οργάνωση του χώρου και στην κατασκευή. Έχει λιγότερο ή περισσότερο συστηματικά επισημάνει σχετικά ζητήματα, όχι βέβαια με τους ίδιους όρους ή τους ίδιους στόχους όπως σήμερα. Τα παραδείγματα είναι πολλά:

*Αρχιτέκτων, Καθηγητής του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Α.Π.Θ. ,Πρύτανης Α.Π.Θ.

Η δροσιά και η υγρασία στα υπόγεια, στους υπόσκαφους χώρους. Σε πολύ μεγάλη έκταση, σε δόλη την ιστορική διαδρομή της αρχιτεκτονικής και ιδιαίτερα στη Μεσόγειο, στα κλίματα που έχουν ανάγκη χώρους με υγρό και δροσερό κλίμα για την συντήρηση προϊόντων κτλ. αλλά και για καταλληλότερες συνθήκες διαβίωσης. Αυτό π.χ. γίνεται με επιμονή στην Σαντορίνη. Η Ελένη Ανδρεαδάκη έχει κάνει μία σοβαρή σχετική έρευν που σχετίζει αυτή τη τεχνική με τα γενικότερα ζητήματα της σχέσης του έργου με το περιβάλλον (1). Ο Αλέκος Τομπάζης έχει, πριν από αρκετά χρόνια, χρησιμοποιήσει αυτή τη δυνατότητα σε ένα από τα πιό πετυχημένα έργα αρχιτεκτονικής που συντονίζουν την ηλιακή τεχνολογία στην αρχιτεκτονική.

Ηθέση των ανοιγμάτων και το μέγεθος τους και η εσωτερική, κεντρική αυλή, το αίθριο (2) είναι μερικά από τα πιό γνωστά μέσα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής για την ήπια ρύθμιση του κλίματος στο αρχιτεκτονικό έργο. Ακόμη οι φυτεύσεις, οι κατάλληλες θέσεις, με κατάλληλα δέντρα και φυτά που έμεσα προσφέρουν τις δυνατότητες του θερμοκήπου.

Στη μεγαλύτερη κλίμακα, στον οικισμό, η οργάνωση των δρόμων επιτρέπει κάποιες ρυθμίσεις κλίματος, π.χ. έλεγχος των ανέμων, ρεύματα αέρα, ηλιασμός. Ο Ν. Καλογήρου (3) σ' αυτό το Συνέδριο παρουσιάζει μιά σχετική μελέτη. Η σημασία για την οικονομία της ήπιας τεχνολογίας είναι ένα σημαντικό, γενικότερο, τεκμήριο όπως δείχνει και η ανακοίνωση των Σ. Καραγιάννη και Αντώνη Φραγκουδάκη (4) σ' αυτό το Συνέδριο.

Εδώ και 10-15 χρόνια ξανάρχεται με μεγάλη συχνότητα μια ξεχασμένη για αρκετές δεκαδεκάδες χρόνια, κατηγορία φυσικού φωτισμού: Από ένα υαλοστάσιο στην οροφή, μιά διάφανη μεταλλική στέγη, από ένα υαλοστάσιο στον τοίχο.

Επανέρχεται συχνά, όχι για τη διαφορετική ποιότητα φωτισμού και θερμοκρασίας-κλίματος που δίνει ώστε και για τη διαφορετική συμπεριφορά μέσα στο χώρο, αλλά από γεωμετρικές, στυλιστικές, προθέσεις. Ως στοές είναι ένα άλλο στοιχείο που παρουσιάζεται σήμερα με σχετικά μεγαλύτερη συχνότητα. Συχνά για να χαρακτηρίσει άξονες, μνημειακότητα κ.ά. ή με τόξα για ν' απομιμηθούν άλλες εποχές, μεσαιωνικά κτίρια ή άλλα. Όλες αυτές οι περιπτώσεις μπορούν να συνδυαστούν με τις προσπάθειες της ήπιας τεχνολογίας για ρύθμιση των κλιματικών συνθηκών. Μπορούν να συνδυαστούν είτε μόνες τους για κάποιες διαφορετιές κλιματικές συνθήκες, είτε σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία όπως

θερμοκήπια, τοίχους Trombe, ανακλαστικές επιφάνειες με υποδιαιρέσεις, χωρίς διαφάνεια και με διαφάνεια.

Βρισκόμαστε λοιπόν σε μια σύμπτωση της τεχνολογίας με μιά τάση- και συχνά συρμό- της αρχιτεκτονικής, που δεν έχει καμμία σχέση με τις ήπιες μορφές ενέργειας. Μπορεί όμων να βρεθούν τρόποι νά συνδυασθούν και να καταλήξουν σε μιά γνήσια, συνεπή αρχιτεκτονική πρόταση.

Υπάρχει άλο ένα θέμα που θέλω να επισημάνω σ' αυτή τη σύντομη και μερική καταγραφή: Οι μικρές "ταυτότητες" της ηλιακής τεχνολογίας, ο τοίχος Trombe, οι θυρίδες, το υπόσκαφο, οι περσίδες, μπορεί να χρησιμοποιηθούν με ένα τρόπο ασυστηνατοποίητο. Έτσι συνήθως τις προτείνει και η τεχνολογία αλλά και ένα μέρος από τους αρχιτεκτονες. Έτσι το αρχιτεκτονικό έργο, δεν είναι παρά ένα συνοθύλευμα διαφορετικών στοιχείων. Αυξάνεται βέβαια κατά ένα τρόπο ο βαθμός πολυπλοκότητας της συνθετικής διαδικασίας. Μέχρι πριν λίγο καιρό έπρεπε να συνδυαστούν ένας τοίχος, μιά πόρτα και ένα παράθυρο, τώρα προστίθενται οι Trombe, τα θερμοκήπια, τα ηλιοστάσια; οι θυρίδες, τα ανακλαστικά και άλλα και όσα ακόμη θ' ανακαλυφθούν. Στοιχεία και πολλά και διάφορα μεταξύ τους, χρειάζονται συντονισμό, συσχέτιση. Και αυτό δεν γίνεται. Έτσι το έργο γίνεται ένα δειγματολόγιο κάποιων επί μέρους τεχνικών. Αυτό είναι ένας σαφής κίνδυνος αλλά και ένα καθημερινό παράδειγμα στις εφαρμογές της ήπιας τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική. Μπορεί το καθένα από αυτά τα νέα στοιχεία του έργου και όλα μαζύ, να έχουν κάποια θετική προσφορά, στο κλίμα, στην ενέργεια κτλ. αλλά δεν προκύπτει αρχιτεκτονική.

Και δεν συζητώ την κριτική που μπορεί να γίνει και στην αποτελεσματικότητα αυτών των ίδιων των νέων στοιχείων. Μπορεί οι μορφές τεχνολογίας η κάθε μιά στον εαυτό της να είναι ήπια αλλά συνολικά όλα μαζύ δεν είναι ήπια. Αυτό είναι λογικό αφού είναι ένα συνοθύλευμα ασυστηματοποίητο, ένα δειγματολόγιο τεχνικών δυνατοτήτων που δεν καταλήγει σε ένα αρχιτεκτονικό έργο, είναι μιά πράθεση χωρίς οργάνωση, χωρίς μελέτη για το πως θα πρέπει να συντονιστούν, να να "συνυπάρξουν", τι συμβολικούς ρόλους έχουνε και όλα τα άλλα που είναι έργο της αρχιτεκτονικής. Συχνά στην "συγκρουση" της καινούργιας τεχνολογίας με τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος δίνονται "έτοιμες", ατελής λύσεις. Αυτό π.χ. συμβαίνει όταν κλείνεται ένας δυτικός τοίχος για να αποφευχτούν οι σχετικές αρνητικές επιδράσεις, αλλά σ' αυτή τη πλευρά υπάρχει μιά πολύ ενδιαφέρουσα θέα, ένα τοπίο, ένα φυσικό ή ένα τεχνητό σημείο αναφοράς. Η λύση είναι ο συνδυασμός όχι η κατάργηση.

Η καθημερινή ζωή στερείται όντας μέρος από τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά ή-και έχει δίπλα της ένα δειγματολόγο που επηρεάζει την ποιότητα, την κατάσταση του έργου. 'Ετσι το έργο όχι μόνο είναι ένα δειγματολόγιο επί μέρους ήπιων τεχνικών και άλλων στοιχείων αλλά το σύνολο, το "ηύστημα" που προκύπτει, ήπιο + ήπιο + ήπιο κάνει ένα ολοκλήρωμα μη ήπιο, που μπορεί να είναι και επιθετικό. Μερικές τυπικές περιπτώσεις: Μεγάλες κλίσεις ακόμη κι δταν δεν χειάζονται.

Χρειάζεται ήπια αρχιτεκτονική. 'Αλλωστε αυτή είναι και η αρχιτεκτονική που όλοι ζητάνε χωρίς να την ονομάζουν έτσι. Αυτή την ηπιότητα αναζητούν στα μεσογειακά κλίματα, στα μεσογειακά χωριά, στις μεσογειακές παραλίες ή στά ορεινά χωριά. Αυτά ήταν όσα ήθελα να θυμίσω στην ήπια αυτή συνάντηση με τον ηπιότερο τρόπο. Αν και σε μερικά σημεία δεν ήμουν διόλου ήπιος. Και πραγματικά δεν πρέπει να είμαι γιατί αν πρόδειται μέσα από ήπιες μικροτεχνικές να καταλήγουμε σε επιθετικά περιβάλλοντα, χρειάζεται μιά προσεκτική αντιμετώπιση και καμμιά φορά και επιθετική. Σας ευχαριστώ.

Βιβλιογραφικές σημειώσεις

- (1) "Ενεργειακός πολεοδομικός σχεδιασμός. Θεσμικά και προγραμματικά προβλήματ". Στα Πρακτικά αυτού του Συνεδρίου ΗΜΟ-150
- (2) βλ. για παράδειγμα Mohsen, M.A., "Solar radiation and courtyard house forms, I, A mathematical model", Building and Environment, 1974, 14: 2 και του ίδιου η συνέχεια της μελέτης, "Solar radiation and courtyard house forms II: Application of the model", Building and Environment, 1979, 14, 3.
- (3) "Ενέργεια και περιβάλλον. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, μιά προοπτική για την ισοβροπία χτισμένου /φυσικού περιβάλλοντος". Στα Πρακτικά αυτού του Συνεδρίου, ΠΕΡ - 21.
- (4) 2 'Ηπιες μορφές ενέργειας και οικονομική ανάπτυξη". Στα Πρακτικά αυτού του Συνεδρίου, ΗΜΟ - 7- Η μελέτη αυτή είναι χρήσιμη και για την κατανόηση των παραδοσιακών λύσεων και της "απλοϊκής" τεχνολογίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΔΙΑ
ΣΤΟ Β' ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
6-8/11/85 στην Θεσ/νίκη

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
υπό Κ.Ν.Πάττα

Κυρίες και Κύριοι,

Σήμερα δεν θα μας απασχολήσει η φιλοσοφική κατεύθυνση της έννοιας "περιβάλλον". Άλλωστε η σύνδεσή της με την έννοια "Ενέργεια" αναγκάζει στην καθαρή τεχνοκρατική κατεύθυνση.

'Ηδη από την αυγή της ανθρώπινης κοινωνίας η καύση ξύλων στις σπηλιές όπου ζούσε η οικογένεια είχε σκληρές επιπτώσεις στο περιβάλλον του χώρου διαβίωσης. Το ίδιο συμβαίνει και σήμερα. Μόνο η κλίμακα άλλαξε.

Η χρήση ενέργειας ρυπαίνει, όχι -ευτυχώς βέβαια- με τα κύρια προϊόντα της καύσης που είναι νερό και CO_2 , αλλά είτε με υπόλοιπα που οφείλονται σε ατελή καύση είτε με την παράλληλη ανεπιθύμητη καύση και άλλων ουσιών που δεν είμαστε σε θέση να εμποδίσουμε αποτελεσματικά.

Ουσιαστικά η χρήση ενέργειας ρυπαίνει μόνο την ατμόσφαιρα. Οι κυριότεροι ρύποι είναι:

- Το CO. Είναι προϊόν ατελούς καύσης
- Οι άκαυστοι HC. Πρόκειται για καύσιμο που δεν έχει οξειδωθεί
- Τα NO_x. Προέρχεται από την καύση του αζώτου της ατμόσφαιρας
- Τα Σωματίδια, TPM. Περιλαμβάνεται και η ιπτάμενη τέφρα
- Το SO₂. Οφείλεται στην καύση του S που περιέχεται στο καύσιμο
- Το SO₃. Το ίδιο όπως το SO₂
- ΑΑΔ. Αλδεύδες. Περιλαμβάνονται όλοι οι μερικά οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες

Από τους ρύπους αυτούς οι πέντε πρώτοι κρίνονται ουσιώδεις από πλευράς συγκέντρωσης και όχλησης, τόσο ώστε η πα-

ραγωγή τους άρχισε πλέον να περιορίζει σημαντικά την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια:

- Θα γνωρίσουμε τις ιδιαιτερότητες αυτών των ρύπων και το είδος της όχλησης που προκαλούν
- Θα εκτιμήσουμε την κατανάλωση ενέργειας κατά καταναλωτή ώστε να υπολογίσουμε το σύνολο των ρύπων για τη χώρα αλλά και για ιδιαίτερα φορτισμένες περιοχές
- Θα αναγνωρίσουμε τους κύριους ενόχους της ρύπανσης της ατμόσφαιρας
- Θα εξετάσουμε τις προτεινόμενες νομοθετικές ρυθμίσεις βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος

CO: Μονοξείδιο του άγθρακα

Αποτελεί προϊόν ατελούς καύσης ανθράκων ή υδρογονανθράκων. Είναι αέριο ασφυκτικό. Ενώνεται με την αιμογλοβίνη του αίματος σε καρβοξυαιμογλοβίνη, η οποία δεν διασπάται πλέον με συνέπεια το αίμα να μη μπορεί να οξυγονωθεί.

Όπως φαίνεται στην ΕΙΚ. 3 η δραστικότητά του είναι συνάρτηση αφ' ενός μεν των συγκεντρώσεων CO στον αέρα και καρβοξυαιμογλοβίνης, αφ' ετέρου της διάρκειας έκθεσης στη συγκέντρωση αυτή του CO.

Τα συμπτώματα ξεκινούν με μειωμένη πνευματική διαύγεια και κλιμακώνονται σε πονοκέφαλο, δυνατό πονοκέφαλο, εμετό, λιποθυμία, κώμα και τέλος σε θάνατο.

Το CO δεν συμμετέχει στη δημιουργία νέφους και δεν παρουσιάζει σημαντική διάρκεια ζωής. Οξειδώνεται σε CO₂ και απορροφάται σχετικά γρήγορα από τα φυτά και το έδαφος.

HC: Άκαυστοι ύδρογονάνθρακες

Άκαυστοι υδρόγονάνθρακες παράγονται κατά την καύση υδρογονανθράκων στις συγκεντρώσεις που εμφανίζονται στα καυσαέρια γεγικά, δεν αποτελούν πρόβλημα για την Υγεία. Όμως επειδή οι μισοί από αυτούς περίπου (οι NMHC) συνενεργούν με το NO₂ στη δημιουργία του νέφους με επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας, αποτελούν σημαντική πηγή όχλησης.

Μερικοί από τους υδρογονάνθρακες (αρωματικοί) έχουν κατηγορηθεί ως ύποπτοι καρκινογέννεσης. Εν τούτοις μέχρι σή-

μερα αυτή η εκδοχή δεν έχει αποδειχθεί.

ΝΟ₂: Διοξείδιο του Αζώτου

Σε συνηθισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες το ΝΟ₂ είναι αέριο με κόκκινο-κίτρινο-καστανό χρώμα και πολύ χαρακτηριστική οσμή. Είναι έντονα οξειδωτικό, προκαλεί διάβρωση των υλικών και δάκρυα και τοξινώσεις στον άνθρωπο. Απορροφά στην ορατή και κοντά στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Μαζί με αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα μειώνει τη φωτεινότητα και δημιουργεί οχλύ με χρώματα προς το κίτρινο και το καστανό.

Η ΕΙΚ. 5 δείχνει τα αποδεκτά όρια για μια σειρά από χώρες. Το προτεινόμενο από τις ΗΠΑ όριο έκθεσης μιας ώρας είναι 470 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Η ενόχληση από το ΝΟ₂ εντοπίζεται κύρια στην απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή Ο₃ που πάλι αποκοδομείται όταν δεν υπάρχουν υδρογονάνθρακες. Στην περίπτωση όμως συνύπαρξης υδρογονανθράκων δεν αποκοδομείται πλέον το Ο₃ διότι το ΝΟ₂ αποκοδομείται από αυτούς, ενώ παράγεται συνεχώς Ο₃ σε βάρος του ΝΟ₂. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ως δείκτης της φωτοχημικής ρύπανσης η στάθμη Ο₃.

Η ΕΙΚ. 6 παρουσιάζει την ημερησία διακύμανση του ΝΟ₂ στη διάρκεια μιας καλοκαιριάτικης ημέρας σημαντική ηλιοφάνεια.

Διακρίνεται η αιχμή του ΝΟ₂ γύρω στις 11 πριν από το μεσημέρι ενώ γύρω στις 3 νωρίς το απόγευμα εμφανίζεται αιχμή Ο₃ με παράλληλη αποκοδόμηση του ΝΟ₂.

Η διακύμανση αυτή είναι κλασική σε περιοχές φορτισμένες με κυκλοφοριακή κίνηση όπου το σύνολο ΝΟ₂ υφείλεται στην καύση των κινητήρων αυτοκινήτων.

Σε θερμοκρασίες καύσης μεγαλύτερες από 1600°C το Ν₂ της ατμόσφαιρας καίγεται σε ΝΟ και αργότερα σε ΝΟ₂. Με την αύξηση της θερμοκρασίας η παραγωγή αυξάνει εκθετικά.

Όμως διεργασία καύσης σε υψηλή θερμοκρασία σημαίνει καλό βαθμό απόδοσης (ενεργειακό) της εγκατάστασης.

Προσπάθεια λοιπόν μείωσης των θερμοκρασιών καύσης οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή ΝΟ₂ όμως χειροτερεύει το βαθμό απόδοσης και αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση. Εδώ υπάρχει σοβαρός προβληματισμός.

TPM: Σωματίδια

Γενικά ως σωματίδια χαρακτηρίζονται όλες οι υγρές και στερεές ουσίες, εκτός από το νερό, που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα και έχουν μέση διάμετρο μικρότερη από 7μ. Στερεές ουσίες μεγαλύτερης διαμέτρου δεν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία, διότι δεν εισχωρούν από το αναπνευστικό σύστημα στον οργανισμό. Ουσίες μικρότερης μέσης διαμέτρου από 2μ φθάνουν μέσω του αναπνευστικού συστήματος στους πνεύμονες, παγιδεύονται και προκαλούν καταστροφές όταν δεν αποβάλλονται.

Γενικά παρατηρείται ότι το 50% των σωματιδίων που αιωρούνται έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 3 και οφείλονται στη συμμετοχή του εδάφους. Το υπόλοιπο 50% οφείλεται στις καύσεις.

Η βασική σύσταση των σωματιδίων που οφείλονται στις καύσεις είναι:

- Άνθρακας περίπου 80%

- Υπόλοιπο κυρίως υδρογονάνθρακες και θειϊκά άλατα 20%

Έτσι υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς αρωματικών, ιδιαίτερα βενζοπυραΐου, για το οποίο -χωρίς να έχει αποδειχθεί- υπάρχουν υποψίες καρκινογέννεσης.

Η ΕΙΚ. 7 αναφέρει προτάσεις (ΠΟΥ) και (ΕΟΚ) καθώς επίσης ρυθμίσεις διαφόρων χωρών ως προς την καθαρότητα του αέρα σχετικά με την επιτρεπόμενη φόρτιση σε σωματίδια.

Η μέτρηση των σωματιδίων είναι δυσχερής υπόθεση, διότι γίνεται με συλλογή σε φίλτρα και ζύγιση.

Σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατή η συσχέτιση σωματιδίων προς τον καπνό που είναι δυνατό να μετρηθεί με απλή φωτομετρική μέθοδο. Συνήθως είναι η γραμμική συσχέτιση.

SO₂: Διοξείδιο_του_Θείου

Η επίδραση του SO₂ στη υγεία είναι σημαντική σε περίπτωση υπέρβασης των αποδεκτών οριακών τιμών. Εκδηλώνεται με γενική αύξηση της νοσηρότητας σε ευαίσθητα άτομα και κλιμακώνεται από απλές ενοχλήσεις, όπως δάκρυσμα ματιών, μέχρι τη δημιουργία στηθικών και καρδιακών νοσημάτων και σε ιδιαίτερα μεγάλες συγκεντρώσεις μέχρι σε ομαδικούς ακόμη θανάτους (Βέλγιο 1930, Λονδίνο 1952). Ιδιαίτερη επιβάρυνση στην υγεία προκαλεί όταν συνδυάζεται με άλλους ρύπους, κυρίως σωματίδια.

Σχεδόν εξ ολοκλήρου η συγκέντρωση του SO_2 στην ατμόσφαιρα οφείλεται στις καύσεις σε

- Θερμοκραηλεκτρικούς σταθμούς
- Στη βιομηχανία
- Στις κεντρικές θερμάνσεις
- Στα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα

Στις ΕΙΚ. 8 και ΕΙΚ. 9 αναφέρονται οι μέσες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις σε διάφορες χώρες. Ας σημειωθεί ότι οι ΕΟΚ και ΗΠΑ είναι περισσότερο ελαστικές στις απαιτήσεις καθαρότητας του αέρα από τις προτάσεις της παγκόσμιας οργάνωσης υγείας (ΠΟΥ) σε αντίθεση προς την ΕΣΣΔ και άλλες σοσιαλιστικές χώρες που εφαπανίζονται σημαντικά αυστηρότερες.

Η ΕΙΚ. 10 δείχνει μια τυπική ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης SO_2 στην Αθήνα πριν και μετά την κατάργηση της χρήσης πετρελαίου μαζούτ στις κεντρικές θερμάνσεις.

Μαζούτ 3500 περιεκτικότητα σε θείο: 4%κ.β.

Μαζούτ 1500 περιεκτικότητα σε θείο: 3,5%κ.β.

Diesel 0,3 - 0,5%κ.β.

Οι αιχμές οφείλονται στη συνήθεια να θερμαίνονται τα σπίτια το πρωί και το βράδυ. Οι μικρότερες αιχμές οφείλονται στην κυκλοφορία. Παρατηρείται ότι η 24-ωρη μέση τιμή συγκέντρωσης είναι πολύ κοντά ή και υπερβαίνει τις προτεινόμενες οριακές τιμές σε πολλές χώρες.

Κατανάλωση_καυσίμων

Στην ΕΙΚ. 11 παρουσιάζεται σε έναν ευρύτερο χρονικό ορίζοντα η κατανάλωση στερεών καυσίμων. Αυτά τα καύσιμα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά από τους Μεγάλους Λέβητες των ΑΗΣ και της Βιομηχανίας.

Στην ΕΙΚ. 12 σημειώνεται η πορεία στην κατανάλωση υγρών καυσίμων στην δια χρονική περίοδο.

Κατανάλωση_Εγέργειας_κατά_καταναλωτή_για_το_1983

Από τα ισοζύγια κατανάλωσης στερεών και υγρών καυσίμων (ΕΙΚ. 11, ΕΙΚ. 12) και τη σχετική ανάλυση, κατά έτος, τόσο στα έντυπα της Εθνικής Συντονιστικής Υπηρεσίας, όσο και του ΟΟΣΑ, προκύπτει η ΕΙΚ. 13, όπου αναφέρεται ως παράδειγμα από τον υπολογισμό 1983 για κάθε ενεργειακό φορέα (καύσιμο) η συνολική ποσότητα που διατίθεται.

- Στους Μεγάλους Λέβητες. Περιλαμβάνεται η κατανάλωση στη Βιομηχανία και για την ηλεκτροπαραγωγή στους ΑΗΣ.
- Στους Μικρούς Λέβητες. Περιλαμβάνεται η κατανάλωση στις κεντρικές θερμάνσεις, δηλαδή η γνωστή ως οικιακή και εμπορική χρήση.
- Στις Μεταφορές. Περιλαμβάνεται και η κατανάλωση στη γεωργία όπου εκτιμάται ότι αναφέρεται σε κατανάλωση Diesel.

Ειδικώτερα σχετικά με τις Μεταφορές έχει γίνει η διατήρηση σε κατανάλωση σε βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων, σε πετρελαιοκινητήρα, σε Σιδηροδρομικές Μηχανές και Πλοία καθώς επίσης στην Αεροπορία. Η διάκριση αυτή είναι αναγκαία όταν πρόκειται να αξιολογηθεί η ρύπανση που προκαλείται στο περιβάλλον διότι κάθε μία από τις χρήσεις αυτές ρυπαίνει κατά διάφορο τρόπο.

Οι τιμές του πίνακα αφορούν, για το έτος 1983, τις καταναλώσεις σε δλη τη χώρα. Πρόθεση είναι να συσχετισθούν με συντελεστές για κάθε περίπτωση ώστε να εξαχθεί το αντίστοιχο συνολικό ποσό ρύπων.

Ανάλογη προσπάθεια δεν μας είναι γνωστή -που να αναφέρεται βέβαια στην Ελλάδα- λίσας διότι ο χώρος παρουσιάζει έντοντες διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση των σχετικών δραστηριοτήτων καύσης, σε σύγκριση π.χ. με την περιοχή της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης, όπου η δόμηση είναι πολύ πυκνή.

Η εμπειρία δείχνει ότι οι Μεγάλοι Λέβητες διοχετεύουν τους ρύπους λόγω υψηλών καπνοδόχων σε μεγάλες αποστάσεις και προσβάλλουν ακόμη Κοινότητες σε σημαντική απόσταση από τον τόπο παραγωγής. Κάτω από την οπτική αυτή γνωία είναι κατανοητή η αναφορά στη ρύπανση στο σύνολο της χώρας.

Σε ότι αφορά στις εκπομπές ρύπων από την κατανάλωση ενέργειας σε μικρούς λέβητες, δηλαδή στις κεντρικές θερμάνσεις κυρίως, είναι αυτονόητο ότι η συνολική αντιμετώπιση έχει λογική βάση, διότι η διάχυση των ρύπων αυτών πραγματοποιείται στο χώρο όπου παράγονται και ενοχλούν άμεσα.

Το ίδιο λιχνέι για την αστική κυκλοφορία που πραγματοποιείται με βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα. Ακόμη και οι αεροπορικές μεταφορές ρυπαίνουν κυρίως κατά την απογείωση πάλι αστικές περιοχές.

Η προσέγγιση που γίνεται σε σχέση με την υπηρεσιακή

κυκλοφορία και με την κατανάλωση σε πλοία θα μπορούσε βέβαια στα πλαίσια αυτής της παρουσίασης να παραληφθεί. Όμως το πολύ μικρό ποσοστό αυτής της ενεργειακής χρήσης σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση επιτρέπει κατά τη γνώμη μας την ίδια αντιμετώπιση.

Εδώ είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι κύρια από τις εκπομπές ρύπων των αυτοκινήτων έχουν καταστραφεί ολοσχερώς σημαντικές δασικές εκτάσεις στη Γερμανία. Οι αυτοκινητόδρομοι που και στη χώρα μας έχουν αύξουσα πυκνότητα έχουν πλέον αναγνωρισθεί ως γραμμικές πηγές ρύπων. Εντάσσονται για το λόγο αυτό στην ίδια λογική

Συντελεστές_Εκπομπής_Ρύπων_κατά_κατηγορία_καταναλωτή_Ενέργειας

Στην ΕΙΚ. 14 σημειώνονται οι συντελεστές εκπομπής ρύπων που οφέλονται στην καύση στερεών και υγρών καυσίμων. Προκειμένου περί των Μεγάλων Λεβήτων έχει ληφθεί υπόψη ότι σ' αυτούς καταναλώνεται το σύνολο των στερεών καυσίμων. Στους Μικρούς Λέβητες αντίθετα δεν υπολογίζεται η δυνατότητα χρήσης μαζούτ εκτός των οικιστικών περιοχών Αθηνών και Θεσσαλονίκης λόγω μη διάθεσης των σχετικών στοιχείων.

Επίσης λόγω μη διαθέσεως των σχετικών στοιχείων υπολογίζεται η εκπομπή ρύπων από Σιδηροδρόμους και πλοία ταστιμη σε Kg ρύπου/tν καυσίμου με αυτήν των υπόλοιπων πετρελαιοκινήτων οχημάτων.

Όλες οι εκπομπές ήτι έχουν συναχθεί σε τιμές μετρημένες με FID δύπας σήμερα πλέον γίνεται.

Συνολική_Επιβάρυνση_της_Αιμόσφαιρας_της_Χώρας_από_ρύπους_που οφείλονται_στη_χρήση_Ενέργειας

Η ΕΙΚ. 15 παρουσιάζει την υπολογιζόμενη ποσότητα για κάθε ρύπο από τους σημαντικότερους σε συσχετισμό με την πηγή που τον παρήγαγε.

Σημειώνονται οι παρακάτω παρατηρήσεις:

1. Οι μεγάλοι Λέβητες δεν ευθύνονται για τα φορτία CO και Η₂
2. Οι μεγάλοι Λέβητες ευθύνονται για το 47% των NO_x, για το 37% των TPM, για το 78% του SO₂

3. Οι μικροί Λέβητες (οικιακή κατανάλωση) ουσιαστικά δεν ευθύνονται σε σχέση με τις άλλες πηγές, εκτός από την περίπτωση εκπομπής SO_2 στο μέτρο που ακόμη χρησιμοποιούν καύσιμο με αυξημένη περιεκτικότητα σε θείο.
4. Τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα ευθύνονται κυρίως για τους τρεις ρύπους:
 - CO κατά 85%
 - HC κατά 46%
 - NO_x κατά 20%
5. Τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα ουσιαστικά, σε σύγκριση προς τα βενζινοκίνητα, δεν ρυπαίνουν με CO και HC, έχουν όμως σημαντική συμμετοχή σε
 - NO_x κατά 20%
 - TPM κατά 47%
 - SO_2 κατά 10%
6. Η αεροπορία έχει και αυτή ένα μερίδιο σε
 - HC κατά 31%
 - NO_x κατά 12%

Το γενικό συμπέρασμα από τις τιμές του πίνακα είναι ότι οι κύριοι ένοιχοι ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τη χρήση ενέργειας είναι οι Μεγάλοι Λέβητες (Βιομηχανία-Ηλεκτροπαραγωγή) και τα αυτοκίνητα (Μεταφορές).

Για σύγκριση έχουν δοθεί και οι συνολικές τιμές των ιδιων ρύπων που επιβαρύνουν την περιοχή των Αθηνών.

Αν ληφθεί υπόψη ότι η επιφανειακή σχέση στις συγκρινόμενες περιοχές είναι $132.000 \text{ km}^2 / 625 \text{ km}^2 \approx 211$. Προκύπτει για την Αθήνα σε σχέση με το σύνολο της χώρας μεγαλύτερη ειδική φόρτιση

- από το CO κατά 76 φορές
- από τους HC κατά 60 φορές
- από τα NO_x κατά 22 φορές
- από TPM κατά 17 φορές
- από SO_2 κατά 10 φορές

Η διαπιστωμένη αυτή σημαντική συγκέντρωση στην περιοχή Αθηνών κατά μία ως δύο τάξεις μεγέθους σε σχέση προς το σύνολο της χώρας όπως είναι ήδη γνωστό έχει δημιουργήσει ιδιαίτερα προβλήματα ποιότητας περιβάλλοντος.

Μια παραπέρα ανάλυση αποδεικνύει (ΕΙΚ. 16) ότι:

1. Την κύρια ευθύνη εκπομπής CO, HC και NO_x έχουν τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα.
 2. Την κύρια ευθύνη εκπομπής TPM έχουν τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα (TAXI και Λεωφορεία). Δευτερευόντως οι Μεγάλοι Λέβητες.
 3. Την κύρια ευθύνη εκπομπής SO₂ έχουν οι Μεγάλοι Λέβητες και δευτερευόντως οι μικροί.
 4. Από τις παρατιθέμενες τιμές ρύπων που προκύπτουν από τη λειτουργία του ΑΗΣ Κερατσινίου επιβεβαιώνεται η ευθύνη της Βιομηχανίας στη ρύπανση από καπνομίχλη.
- Τα ποσοστά ευθύνης για την Αθήνα:

	<u>Αυτοκίνητα</u>	<u>Βιομηχανία</u>
CO	100%	-
HC	98%	-
NO _x	67%	33%
TPM	66%	28%
SO ₂	-	75%

Νομοθετικές Ρυθμίσεις Εκπομπών Ρύπων από τη Βιομηχανία

Το καλοκαίρι 1985 ανακοινώθηκε στο Συνέδριο της AHEMA (Frant Kroppenstedt) ότι βρίσκεται σε επεξεργασία η κοινοτική οδηγία που αφορά στις επιτρεπόμενες εκπομπές ρύπων από εγκαταστάσεις μεγάλων λεβήτων και ότι αυτή ουσιαστικά υιοθετεί την πρόσφατη γερμανική σχετική νομοθεσία (1 Ιουλίου 1983).

Οι ΕΙΚ. 17 και ΕΙΚ. 18 παρουσιάζουν τις τιμές ρύπων που προβλέπει η αναφερθείσα νομοθεσία για νέες εγκαταστάσεις λεβήτων από 50 MW (ή από 100 MW σε περίπτωση καύσης αερίου).

Ελπίζεται ότι σύντομα θα κυκλοφορήσει ως κοινοτική οδηγία και θα υιοθετηθεί και από τη χώρα μας.

Η σημασία της νέας αυτής ρύθμισης γίνεται περισσότερο φανερή αν συγκριθούν οι νέες οριακές τιμές ρύπων προς αυτές που σήμερα αποτελούν πραγματικότητα για τους λέβητες των ΑΗΣ και τους μεγάλους λέβητες της Βιομηχανίας:

Προβλέπονται δηλαδή τιμές που είναι:

- για το CO 3 φορές μικρότερες (επουσιώδεις)
- για το NO_x 10 φορές μικρότερες
- για το SO₂ 20 φορές μικρότερες σημαντικά!
- για τα TPM 70 φορές μικρότερες

Είναι ενδιαφέρον ότι η Γερμανική νομοθεσία αποφάσισε να προστεθούν εγκαταστάσεις βελτίωσης του καυσαερίου των μεγάλων μονάδων (ΑΗΣ), ώστε αυτές να προσαρμοσθούν στη νέα νομοθεσία μέχρι, το αργότερο, το 1993. Μετά τη χρονολογία αυτή θα σταματήσουν οριστικά τη λειτουργία τους εκείνες οι εγκαταστάσεις που δεν θα ικανοποιούν τους νέους κανονισμούς.

Εδώ οφείλει να τονισθεί ότι οι νέοι κανονισμοί έχουν λάβει υπόψη τους τις τεχνολογικές δυνατότητες που υπάρχουν σήμερα για την αποικοδόμηση των ρύπων Μεγάλων Λεβήτων. Δηλαδή η φιλοσοφία των Ευρωπαϊκών ρυθμίσεων του είδους αυτού, συνολικά απαιτεί προηγούμενη επιβεβαίωση των υπαρχουσών τεχνολογικών δυνατοτήτων σε αντίθεση προς ανάλογες ρυθμίσεις των ΗΠΑ, οι οποίες ξεκινούν με τη Φιλοσοφία προκλησης για τεχνολογική εξέλιξη, (πολλές φορές καταναγκασμού). Στις ΗΠΑ θεσμοθετούνται ρυθμίσεις για το μέλλον, τόσο αυστηρές, ώστε να θεωρηθούν εκ των υστέρων ως μη ρεαλιστικές και να αναθεωρηθούν προς το ελαστικότερο αρκετά συχνά.

Νομοθετικές_Ρυθμίσεις_Εκπομπής_Ρύπων_από_τα_Αυτοκίνητα

Όπως είδαμε νωρίτερα, στις αστικές περιοχές, τήν κύρια ευθύνη ρύπανσης έχει το αυτοκίνητο. Όμως μέχρι σήμερα σε ενθνικό επίπεδο δεν υπάρχει ένας νόμος που να αντιμετωπίζει το πρόβλημα. Ισχύουν Υπουργικές Αποφάσεις για επί μέρους ζητήματα χωρίς συνολική και αυστηρή λογική αντιμετώπιση.

Από κοινοτικής πλευράς ισχύει η σχετικά ελαστική οδηγία που προβλέπει τη γνωστή ρύθμιση ECE-15-03.

Τον Μάρτιο και Ιούνιο 1985 οι υπουργοί περιβάλλοντος των χρών μελών συμφώνησαν σε μελλοντικό πρόγραμμα νομοθετικών ρυθμίσεων, που όμως λόγω των ισχυρά διαφοραποιημένων συμφερόντων των βιομηχανικά ισχυρών χωρών της κοινότητας, αυτές εξαντλήσαν την αυστηρότητά τους μόνο στα μεγάλα ΕΙΚ ενώ εκείνα που αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία στη χώρα μας επιτρέπεται_να_μυπαίγουν_σημαντικά_ακόμη.

Το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής του ΑΠΘ στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του στον τομέα αυτό έχει προτείνει στην κυρβέρνηση την διεκδίκηση συγκεκριμένων ρυθμίσεων που δίνουν λύση και στο δικό μας πρόβλημα ρύπανσης από τα αυτοκίνητα. Οι προτεινόμενες ρυθμίσεις βρίσκονται μέσα στα δρια των σημερινών τεχνολογικών δυνατοτήτων.

Φιλοσοφία της Πρότασης

1. Η πρόταση περιλαμβάνει τα επιβατικά αυτοκίνητα (Otto και Diesel) με μικτό βάρος μέχρι 3,5 τόννους. Περιλαμβάνονται επίσης ημιφορτηγά, κλειστά (van) και λοιπών χρήσεων.

2. Η φιλοσοφία της πρότασης στηρίζεται στην απαίτηση, τουλάχιστον σε ότι αφορά τους HC και CO, να επιστρέψουμε στο επίπεδο ρύπανσης του 1970 το έτος 2000, δηλαδή μείωση κατά 60 φορές για κάθε νέο όχημα. Επειδή δύμας το 2000 θα κυκλοφορούν 10 φορές περισσότερα οχήματα, για τους προαναφερόμενους ρύπους αναμένεται μείωση κατά 6 φορές.

3. NO_x δεν είναι δυνατό να μειωθούν ταχύτερα απ' ότι η αύξηση του πληθυσμού των οχημάτων. Με την πρόταση προβλέπεται ότι έναντι των σημερινών τιμών θα υπάρχει αύξηση κατά 50%.

4. Η συνολική αύξηση των NO_x μέχρι το 2000, επειδή συνδυάζεται με τη μείωση των HC, λειτουργεί προς την κατεύθυνση προτεινόμενης Εθνικής Πολιτικής της καταπολέμησης των HC, γενικά, σε δλες τις πηγές παραγωγής τους, χωρίς αντίστοιχη δραστική μείωση των NO_x, πολιτική που για ενεργειακούς κυρίως λόγους κρίνεται η οφελιμότερη για τη Χώρα. Όπως είναι γνωστό το φωτοχημικό νέφος είναι δυνατό να περιοριστεί το ίδιο αποτελεσματικά είτε με δραστική μείωση των HC μόνο, είτε με δραστική μείωση των NO_x μόνο.

5. Η πρόταση προβλέπει οικονομικά κίνητρα για τη βελτίωση ενός μέρους των κυκλοφορούντων οχημάτων, με βάση τις τεχνολογικά δυνατές λύσεις του 30% και 50% καθαρού αυτοκινήτου (ποσοστά οριζόμενα με βάση τα δρα της Αμερικάνικης Νομοθεσίας).

6. Προβλέπεται η χρησιμοποίηση αμόλυβδης βενζίνης από το 1989 τουλάχιστον 95 RON, αντί της απλής μολυβδωμένης, στις ίδιες αντλίες, δοχεία κλπ., δηλ. χωρίς ιδιαίτερη επιβάρυνση στο κύκλωμα διανομής, με παράλληλη διατήρηση μόνο της Super μολυβδωμένης 96 RON. Στην Ελληνική αγορά η Super συμμετέχει με ποσοστό περίπου 80%. Προτέίνεται η τιμή της αμόλυβδης να είναι η ίδια ακριβώς με αυτή της μολυβδωμένης. Η μόνη διαφοροποίηση των εγκαταστάσεων θα γίνει στο στόμιο εκροής, που πρέπει να είναι μικρότερης διατομής, κατάλληλης για το αντίστοιχα μικρό στόμιο του ρεζερβουάρ του καταλυτικού οχήματος (για λόγους προστασίας του καταλύτη). Η αύξηση του ποσοστού αμόλυβδης βεν-

Ζένης μετά το 1989 πρέπει να παρακολουθεί το ρυθμό ζήτησης σε καύσιμο με βάση τις προβλέψεις.

7. Δεν προτείνεται υγραεριοκίνηση για τα ΕΙΧ για λόγους μη διαθεσιμότητας του καυσίμου, αλλά και διότι υπάρχει έντονη υποψία διαφυγών υγραερίου σε τρόπο που να λειτουργεί αντίθετα προς την προοπτική μείωσης του φωχημικού νέφους. Πιθανή χρήση του θα θέφει λειτουργεί μόνο στα ταξί.

8. Για τη μείωση της συνολικής επιβάρυνσης από τα σωματίδια (καπνό) των κινητήρων Diesel η πρόταση προβλέπει τη χρήση παγίδων στα κυκλοφορούντα ταξί και λεωφορεία, με στόχο τη μείωση της ρύπανσης στα επίπεδα του 1975. Παραπέρα μείωση αυτού του ρύπου απαιτεί επέμβαση σε όλα τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.

Προτάσεις για νομοθετική ρύθμιση της εκπομπής ρύπων από τα νεοκυκλοφορούντα αυτοκίνητα (βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα υγραεριοκίνητα) μικρού βάρους μέχρι 3.5 τόννους

A' ΠΕΡΙΟΔΟΣ (1985-1979)

Ισχύει η οδηγία 83/351/EOK που προβλέπει έλεγχο κατά ECE 15-04 για όλα τα οχήματα που πρόκειται να κυκλοφορήσουν το πρώτον μέσα στην περίοδο αυτή. Η οδηγία αυτή είναι σε ισχύ σήμερα στη χώρα μας και προβλέπει για τους αντίστοιχους ρύπους και ανάλογα προς το βάρος του οχήματος τις παρακάτω οριακές τιμές σε g/km (σε παρένθεση αναφέρονται οι τιμές σε g/test):

CO 17.3 - 32.6 (70-132)
 HC + NO_x 5.87 - 10.78 (23.8-43.7)
 ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (καπνός)

B' ΠΕΡΙΟΔΟΣ (1990-1994)

Ισχύει η προαναφερόμενη οδηγία για όλα τα αυτοκίνητα που πρόκειται να κυκλοφορήσουν το πρώτον μέσα στην περίοδο αυτή, με ταυτόχρονη νομοθέτηση ελέγχου των σωματιδίων των κινητήρων Diesel κατά τα πρότυπα της Αμερικάνικης Νομοθεσίας. Ισχύουν οι παρακάτω οριακές τιμές σε g/km*, που είναι ανεξάρτητες του βάρους του οχήματος (σε παρένθεση οι τιμές σε g/test):

* Οι οριακές αυτές τιμές διατυπώθηκαν για πρώτη φορά από το Umwelt Bundesamt και είναι δυνατό να επιτευχθούν με συμβατική τεχνολογία, δηλ. με μόνες βελτιώσεις στον κινητήρα χωρίς ανάγκη επεξεργασίας καυσαέριου

CO	11.10	(45)
HC _{FID} + NO _x	3.7	(15)
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	0.15	(0.6)

Γ' ΠΕΡΙΟΔΟΣ (από 1995)

Ισχύει η προαναφερόμενη οδηγία από το 1995 με νέες οριακές τιμές* σε g/km (σε παρένθεση οι τιμές σε g/test):

CO	3.7	(15)
HC	0.37	(1.5)
NO _x	0.37	(1.5)
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	0.05	(0.2)

Πρόταση για νομοθετική ρύθμιση της εκπομπής ρύπων από τα αστικά λεωφορεία

Προτείνεται προαιρετικά και μόνο ως προς τα σωματίδια από το 1987 η δρομολόγηση από τις επιχειρήσεις αστικών λεωφορεϊών νέων οχημάτων που ικανοποιούν τις ρυθμίσεις της Β' Περιόδου 1990-1994 σε σχέση με τις σωματιδιακές εκπομπές. Επίσης από το 1987 η τοποθέτηση παγίδας καπνού Diesel στα ήδη κυκλοφορούντα.

Σημειώσεις:

1. Τα προτεινόμενα δριτα αναφέρονται στον έλεγχο σειράς. Οι έλεγχοι τύπου οφείλουν να λάβουν υπόψη τα ιστορικά στοιχεία των ανάλογων οδηγιών της Κοινότητας
2. Οι οριακές τιμές που προτείνονται αφορούν τη μεγάλη πλειοψηφία του στόλου των ελληνικών οχημάτων. Αναφέρονται δηλ. στο μέσο ελληνικό επιβατικό όχημα.

Πρόταση για νομοθετική ρύθμιση της εκπομπής ρύπων από τα κυκλοφορούντα βενζινοκίνητα και υγραεριοκίνητα αυτοκίνητα μεκτού βάρους μέχρι 35: τόνους

* Οι οριακές αυτές τιμές διατυπώθηκαν από τη Γερμανική Αντιπροσωπεία στην Σύκεψη των Υπουργών Περιβάλλοντος της Κοινότητας στις 23.3.85 και τοποθετούνται ουσιαστικά στο ίδιο επίπεδο που βρίσκεται η Αμερικανική Νομοθεσία (CO: 2.1/4.4 g/km, HC: 0.25 g/km, NO_x: 0.25/0.62 g/km)

1. Α' ΠΕΡΙΟΔΟΣ (1985-1989)

Από 1.1.1986 προτείνεται η θεσμοθέτηση κινήτρων για τον εθελοντικό εξοπλισμό των κυκλοφορούντων ΕΙΧ με συσκευές για 30% καθαρό αυτοκίνητο. Στόχος είναι η θετική αντίδραση στα κίνητρα αυτά του 25% του συνόλου των οδηγών μέχρι το 1989.

2. Β' ΠΕΡΙΟΔΟΣ (1989-1994)

Από το 1989 και με διάθεσιμη την αμόλυβδη βενζίνη προτείνεται η θερμοσθέτηση κινήτρων για τον εθελοντικό εξοπλισμό των κυκλοφορούντων ΕΙΧ με συσκευές για 50% καθαρό αυτοκίνητο. Στόχος είναι η θετική αντίδραση στα κίνητρα αυτά του 50% του συνόλου των οδηγών μέχρι το 1994.

Πρόταση_νομοθετική_ρύθμισης_της_εκπομπής_ρύπων
από_τα_κυκλοφορούντα_πετρελαιοκίνητα_αυτοκίνητα
μικτού_βάρους_μέχρι_3.5_τόνους

Προτείνεται από 1.1.1987 να θεσμοθετηθούν κίνητρα για την τοποθέτηση στα κυκλοφορούντα πετρελαιοκίνητα επιβατικά (ταξί) παγίδων σωματιδίων. Στόχος είναι μέχρι την 1.1.1990 η τοποθέτηση παγίδων στο σύνολο του πληθυσμού των ταξί.

- ΕΙΚ 22 Με βάση τις προτάσεις αυτές επιχειρήθηκε η παρακολούθηση, σα μια ευρύτερη χρονική περίοδο, η διαφοροποίηση των ρύπων που προέρχονται από τα αυτοκίνητα κύρια πηγή ρύπων στην Αθήνα
- ΕΙΚ 23

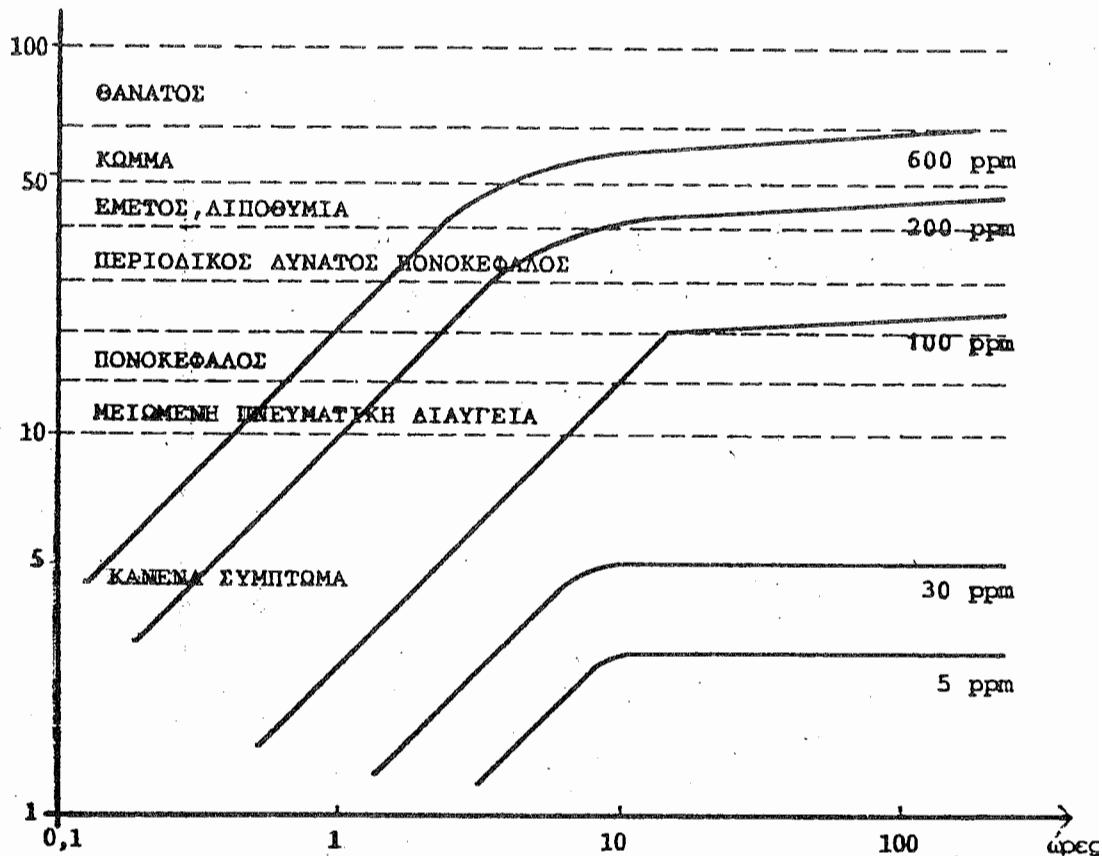
Συμπερασματικά συνάγεται ότι:

- Το CO μπορεί να ελαττώθει στο επίπεδο του 1970
- Οι HC στο επίπεδο του 1975
- Τα TPM μπορούν να μηδενισθούν!
- Τα NO_X δυστυχώς θα αυξάνουν συνεχώς

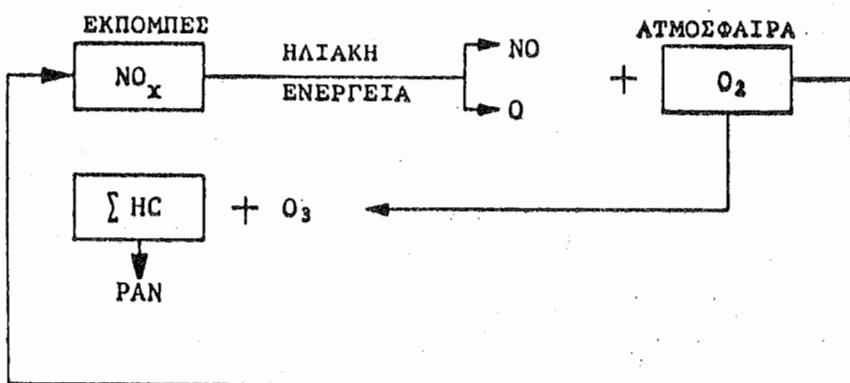
Επειδή για τον τελευταίο ιδιαίτερα ρύπο δεν υπάρχει τεχνολογική δυνατότητα παραπέρα περιορισμού του, είναι πολύ σοβαρή υπόθεση η καταπολέμηση των HC πράγμα τεχνολογικά δυνατό, ώστε να αποφεύγεται η φωτοχημική συνέργια.

Ευχαριστώ

Ηεσσοτόδη καρβοξυλικού που οφείλεται στο αέρα



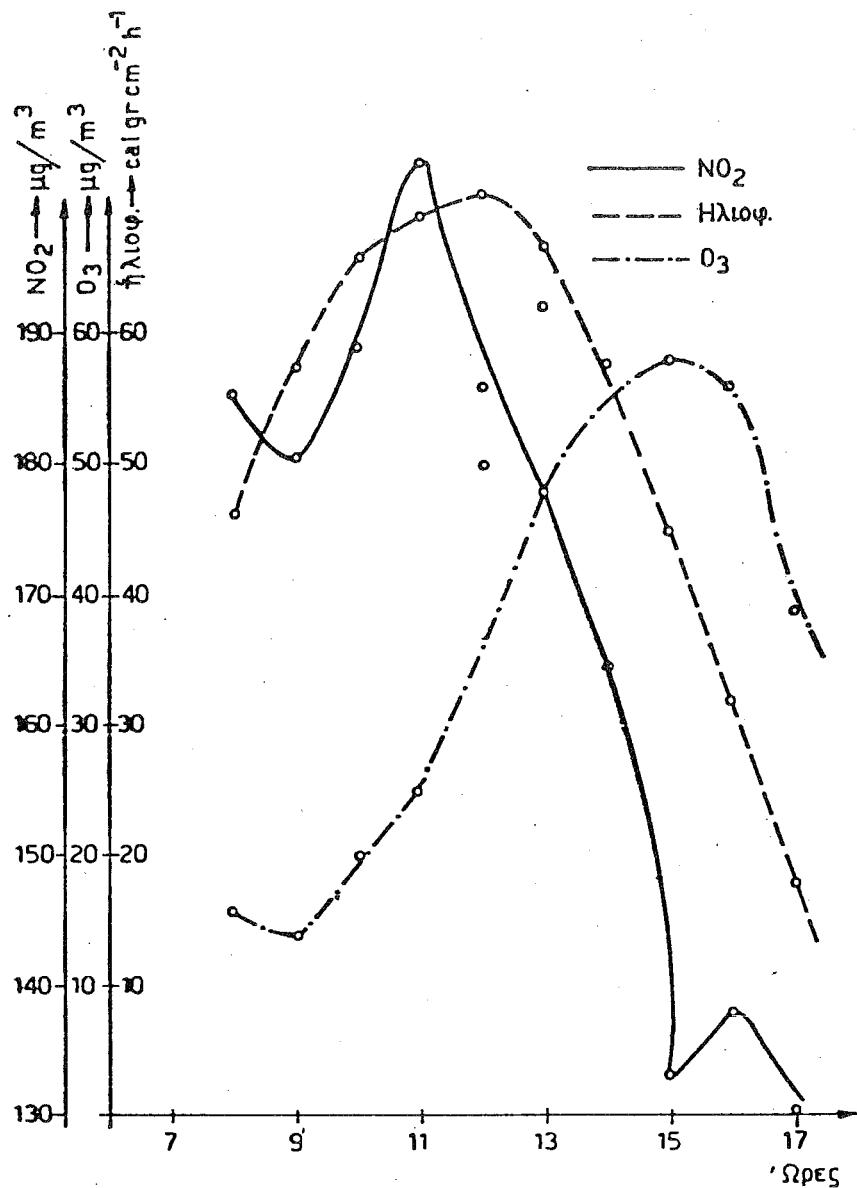
EIKONA-3. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.



ΕΙΚΟΝΑ-4 Κύκλος σχηματισμού φωτοχημικών ρύπων.

Χώρα ή Όργανοιμός	Περιοχή	Συγκέντρωση – Διάρκεια μετρήσεως						Παρατηρήσεις
		Έπη 1	Μήνες 24	Ώρες 1	Λεπτά 30	20	15	
Η.Π.Α.		100						
Η.Π.Α.	Καλιφόρνια		470					
Αργεντινή			850					
Βουλγαρία		85						Μέγιστη άποδεκτή συγκέντρωση
Ίσπανία		40°						* Μέση 24ωρη τιμή, εύρισκομενη σάν μέσος δρος ώραιών τιμών
Ρωσία		85°	85					Σέ συνδιασμό μέ δλλα ρυπαντικά * Μέ καμία ύπερβαση τό χρόνο
Φιλανδία		200	560					Προτάσεις γιά πρότυπα
Ούγγαρια		150 85°	500 85°					Γιά περιοχές ύψηλής προστασίας
Ρουμανία		100	300					
Δυτ. Γερμανία		100°	300°					* Γιά μεγάλο χρονικό διάστημα (24 ώρες) ** Μικρό χρονικό διάστημα (10' – 30')
Ισραήλ		100°	300°					* Μέ ύπερβαση 1% εό χρόνο
Τσαλία		190°	560°					* Μέ ύπερβαση τής συγκεντρώσεως 50% τό χρόνο ** Μία φορά σέ 8 ώρες
Καναδάς		60°	200** 400** 300*** 1000***					* Μέγιστα έπιθυμητά έπιπεδα ** Μέγιστα άποδεκτά έπιπεδα *** Μέγιστα ύποφερτά έπιπεδα

ΕΙΚΟΝΑ-5 Πρότυπα ποιότητας αέρα για NO_2 σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



ΕΚΝΑ-6 Ημερήσια διακύμανση NO_2 , Ηλιοφάνειας και O_3 για το μήνα Ιούνιο 1977.

Χώρα ή Όργανος	Περιοχή	Συγκέντρωση – Διάρκεια			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΙΣ
		Έτη	Μήνες	Ώρες	
		1	1	24	1
P.O.Y		40		120°	Μέση έπησία τιμή • Το 98% τῶν μετρήσεων μικρότερο άπο 120 μg/m ³
E.O.K.		80° 130°	Χειμώνας ('Οκ.-Μόρτ.)	250 300**	*Διάμεσοι τῶν μέσων ήμερησίων Τά δρια αύτά πρέπει νά έπιπευχθούν μέχρι τό 1982 όπο τά κράτη μέλη τῆς Ε.Ο.Κ. και Ισχύουν γιά καποκίσιμες περιοχές. ** Η Τιμή είναι άνεκτή γιά τό χρονι- κό διάστημα 1982-1987, σέ περιπτώσεις δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών μέ τήν προϋπόθεση νά μήν πο- ρουσιάζονται γιά τρεῖς συνεχεῖς ήμέ- ρες.
Ανατολική Γερμανία				150	500* Κατοχυρωμένη τιμή στήν νομοθεσία • Γιά μικρό χρονικό διάστημα (μέση τιμή άπο δείγματα 30')
Γαλλία Ρωσία	Παρίσι	60°		350° 150	* Ειδικές ζώνες τού Πιαριστού
Φιλανδία				150	500° * Γιά μικρό χρονικά διαστήματα
Τσεχοσολοβακία				150	500° * Γιά μικρό χρονικά διαστήματα
Ούγγαρια				200	
Πολωνία				150°	* Προσπατευόμενες περιοχές
Βουλγαρία				200 75°	600** * Ειδικές προσπατευόμενες περιοχές, ** Δείγματα 20'. Η τιμή δέν πρέπει νά έμφανιζεται περισσότερο από μία φορά σε 8 ώρες. Η διάμετρος τῶν σωματαδίων νά έναι < 20 μ.
Δυτ. Γερμανία		100°		300°	* Γιά μεγάλο χρονικό διάστημα (μέση τιμή άπο δείγματα 30') ** Γιά μικρό χρονικό διάστημα (μέση τιμή άπο δείγματα 30')
H.P.A.		75° 60**		260° 150**	*Πρωτεύοντα Πρότυπα **Δευτερεύοντα Πρότυπα
Τσετσενία				100	
Τσετσενία		130	202	300	
Τσετσενία		75		200	
Καναδᾶς		70		120	
Τιτανία				300	750° * Δείγματα 2ωρα. Η τιμή δέν πρέπει νά έμφανιζεται περισσότερο από μία φοράς σε 8 ώρες

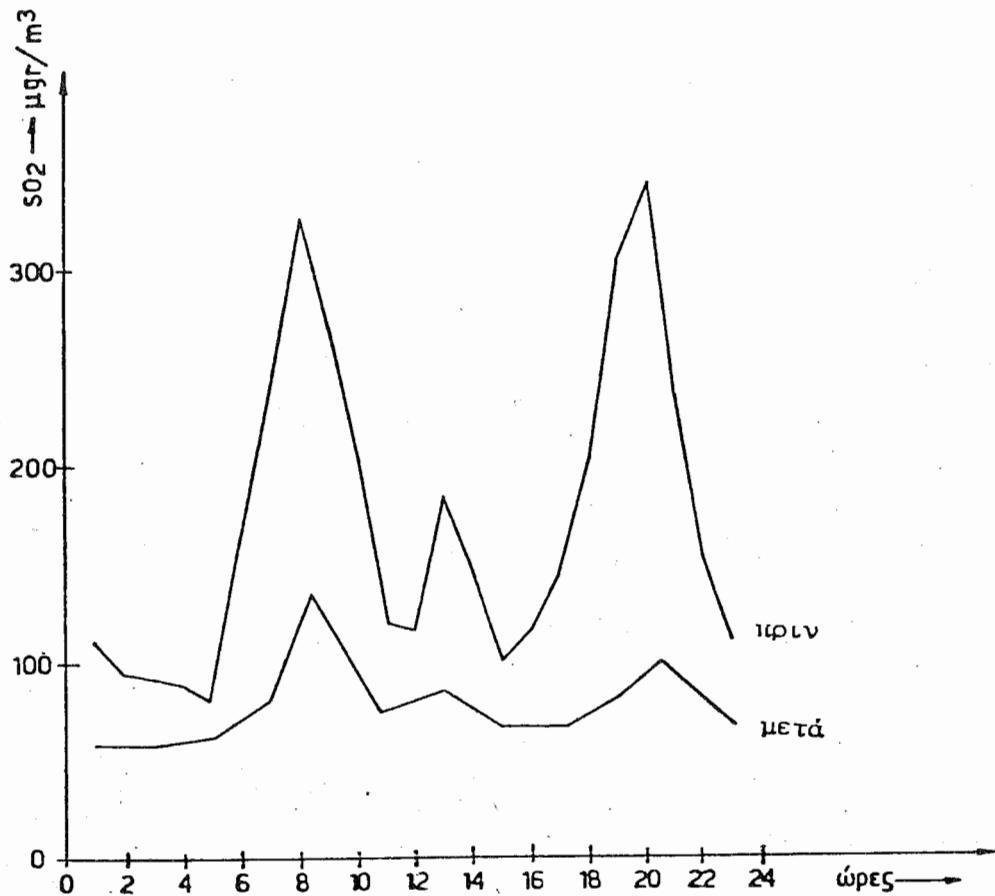
ΕΙΚΟΝΑ-7 Πρότυπα ποιοτητας αέρα από αιωρούμενα σωματίδια.

ΧΩΡΑ Α ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ - ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΙΟΣ					ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΙΣ			
	ΕΤΗ	ΜΗΝΕΣ	ΟΡΕΣ	ΛΕΠΤΑ	1	24	1	30	20
Πολωνία			350	900	Mέγιστες όποδεκτές συγκεντρώσεις.				
			75*	250	* Μέγιστες όποδεκτές συγκεντρώσεις για ειδικές περιοχές.				
Ρουμανία			250	750	Mέγιστες όποδεκτές συγκεντρώσεις.				
Ρωσία			50	500					
Έλληνατα			500*	750**	" Διάρκεια καλοκαιριού (Μαρτσός - Οκτωβρίου)				
			750***	1250***	** Νό μή υπερβούνται το πρότυπο μία φορά στις 8 ώρες.				
					*** Διάρκεια χειμώνα (Νοέμβριος - Φεβρουάριος)				
					**** Νό μή υπερβούνται το πρότυπο μία φορά στις 8 ώρες.				
Δρυμωνάς			70						
Σουηδίο			125*	250*	625*	Προτάσεις			
Φλωνδρία			125	250	625	Νό μή ξεπερασθούν τα πρότυπα.			
Όλλανδρια			75*	(1)	Mέαθηνή πρότυπα μέχανηλά έπειδα καπνού.				
			250	(2)	(1) Ποσοστό άθροιστης καπνομής συγχύτησης συνεχεύς 24ώρων δείγματος 50%.				
			150**	(3)	(2) Ποσοστό άθροιστης επανα- νοής συγχύτησης συνεχεύς 24ώρων δείγματος 38%.				
			350**	(4)	" Προσωρινά έπιπειρα πημάτων.				
			125**	(5)	(3) Μέ υπέρβαση της τιμής 50% τό χρόνο, διαν ό καπνός < 30 μερών ² .				
			275**	(6)	(4) Μέ υπέρβαση της τιμής 25% τό χρόνο διαν ό καπνός > 90 μερών ² .				
					(5) Μέ υπέρβαση της τιμής 50% τό χρόνο διαν ό καπνός > 40 μερών ² .				
					(6) Μέ υπέρβαση της τιμής 25% τό χρόνο διαν ό καπνός > 125 μερών ² .				
Ουγγαρία			100	300	Πικροχές ύψη ηλικής προστασίες.				
Τσετσενία			104*	26	0**	" Από δείγματα 1 ώρας.			
					** Νό μή υπερβούνται την ώρα.				
Ιταλία			380	750*	" Επιτρέπεται ή υπέρβαση μία φορά στις διάρκεια 8 ώρων.				
Ταραγή			260*	780	" Εθνικά πρότυπα.				
					" Επιτρέπεται ή υπέρβαση ετής τημής μόνο για το 1% των ημερών του χρόνου.				
Ισπανία			150	256	400	Προτάσεις για πρότυπα.			
Καναδάς	Μανι- τόνια	60 30*	300 150*	900 450*	Μέγιστο όποδεκτό έπιπειρα.				
	Μόντρεαλ	60			" Κρητήμα για έπιμυητή παθό- τη σέρα				
	Οντάριο	60		290	730	Κρητήμα για έπιμυητή παθό- τη σέρα.			
Γαλλία			250*		" Τιμή αναφοράς για υπόλογημο καρυδόδας νέων έργων πατατίνων.				
			750**		** Τιμή διανοφοράς για τόν καθορι- σμό περιοχών ειδικής προστασίας στο Παρίσιο.				
					Νό μή υπερβούνται τό πρότυπο περισσότερο από 8 ημέρες συνε- χεις.				

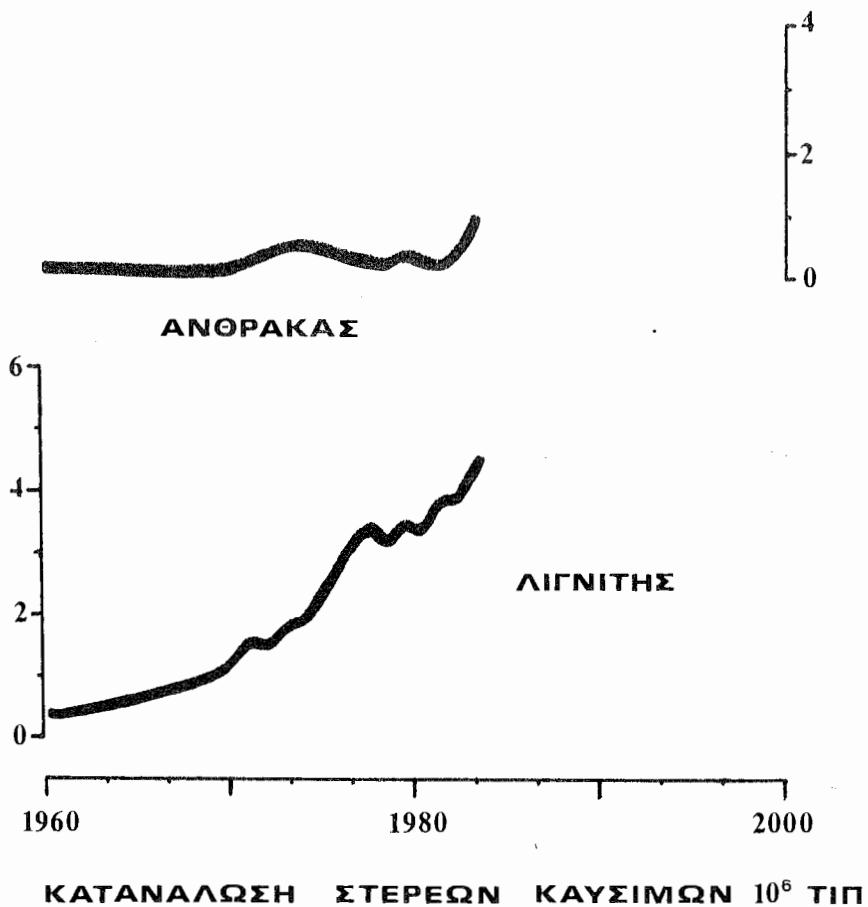
ΧΩΡΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ - ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ				ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		ΕΤΗ	ΜΗΝΕΣ	ΏΡΕΣ	ΛΕΠΤΑ	
		1	24	1	30	2015
						Συνέργηση με αιώρουμενο θωματίδια. Έτησια
	BO*					* διάρεσης των μέσων ήμερησιων, διαν έτησια διάρεσης των μέσων ήμερησιων τημάν των σωματιδίων είναι > 40 µgr/m³
	120*					Έτησια
E.O.K.						** διάρεσης των μέσων ήμερησιων διαν έτησια διάρεσης των μέσων ήμερησιων τημάν των σωματιδίων είναι < 40 µgr/m³
(Προτετό-		120***				*** διάρεσης των μέσων ήμερησιων χειμώνα, διαν διάρεσης τημάν των μέσων ήμερησιων τημάν σωματιδίων είναι > 40 µgr/m³
μενα		(OKT-MAP)				4* Διάρεσης των μέσων ήμερησιων χειμώνα, διαν διάρεσης τημάν των μέσων ήμερησιων τημάν σωματιδίων είναι < 60 µgr/m³
πρότυπα)						5* 'Αριθμητικός μέσος, διαν διρθμητικός μέσος των 24ώρων τημάν των σωματιδίων είναι > 100 µgr/m³
	180**					6* 'Αριθμητικός μέσος, διαν διρθμητικός μέσος των 24ώρων τημάν σωματιδίων είναι < 100 µgr/m³
	250**					
	350**					
	350*	(1)				* Απεκτές συγκεντρώσεις για το δραματικό διάστημα 1962 - 1967 εις περιττώσεις, διαμετανάλυσης καταφεύγων με τόν προσεκτικότητα να μήν περιουσιάζειαν με τρεις συνεχείς ήμέρες.
E.O.K.						(1) 'Αριθμητικός μέσος, διαν διρθμητικός μέσος των 24 ώρων τημάν σωματιδίων >100 µgr/m³
(προτάσει)		500*	(2)			(2) 'Αριθμητικός μέσος διαν, διρθμητικός μέσος των 24 ώρων τημάν σωματιδίων < 100 µgr/m³.
Παγκόσμιος 'Οργανισμος 'Υγειας (Π.Ο.Υ.)	60	200*				* 98% των 24ώρων τημάν περιπτέρειας από 200µgr/m³. Πά πρότυπα προπετείνεται από Όμοδο Έργοις της Π.Ο.Υ.
Άν. Γερμανία		150	500*			Έπειτα πρότυπα * Μέσος χρόνος δριζεται από 90 - 30 λεπτά.
Δυτ. Γερμανία (TOTAL 1964)			400*			* Έσθιση μεγ. ή διάρησης ** Οι συγκεντρώσεις δεν περιέχουν τό πρότιτο περιεύσσειαν μεταξύ από μία φορά μέσω από 2 ημέρες.
H.P.A. Γραμμοπον- δικοι κο- νονομοι . 1971)	60	365*				Προπεύοντα πρότυπα * Τό πρότυπο νό μήν υπερβιβάτεται περισσότερο από μία φορά τό χρόνο.
		260**				Διεπερεύοντα πρότυπα (Προστασία ζιζιν - χλωρίδας - άλακνι) ** Τό πρότυπο νό μήν υπερβιβάτεται περισσότερο από μία φορά τό χρόνο.
		1300***				*** Μέγιστη Ζωρος μέση τημ. Μία φορά τό χρόνο έπιπρεπεται από υπέρβαση.
Βουλγαρία		50	200			Μέγιστες όποδεκτές συγκεντρώσεις
ΒΔλγο (1871)	150					Μίση έπιησα τημ. Μή υπέρβαση τού προπύρων πέρα 50% τό χρόνο. Κριτήρια για τόν καθορισμό ζυγών είδηκης προφυλάξεως.
Γιουγκοσλα- βία		150	500			

ΕΙΚΟΝΑ-9 Πρότυπα ποιότητας αέρα για SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ΕΙΣ-63

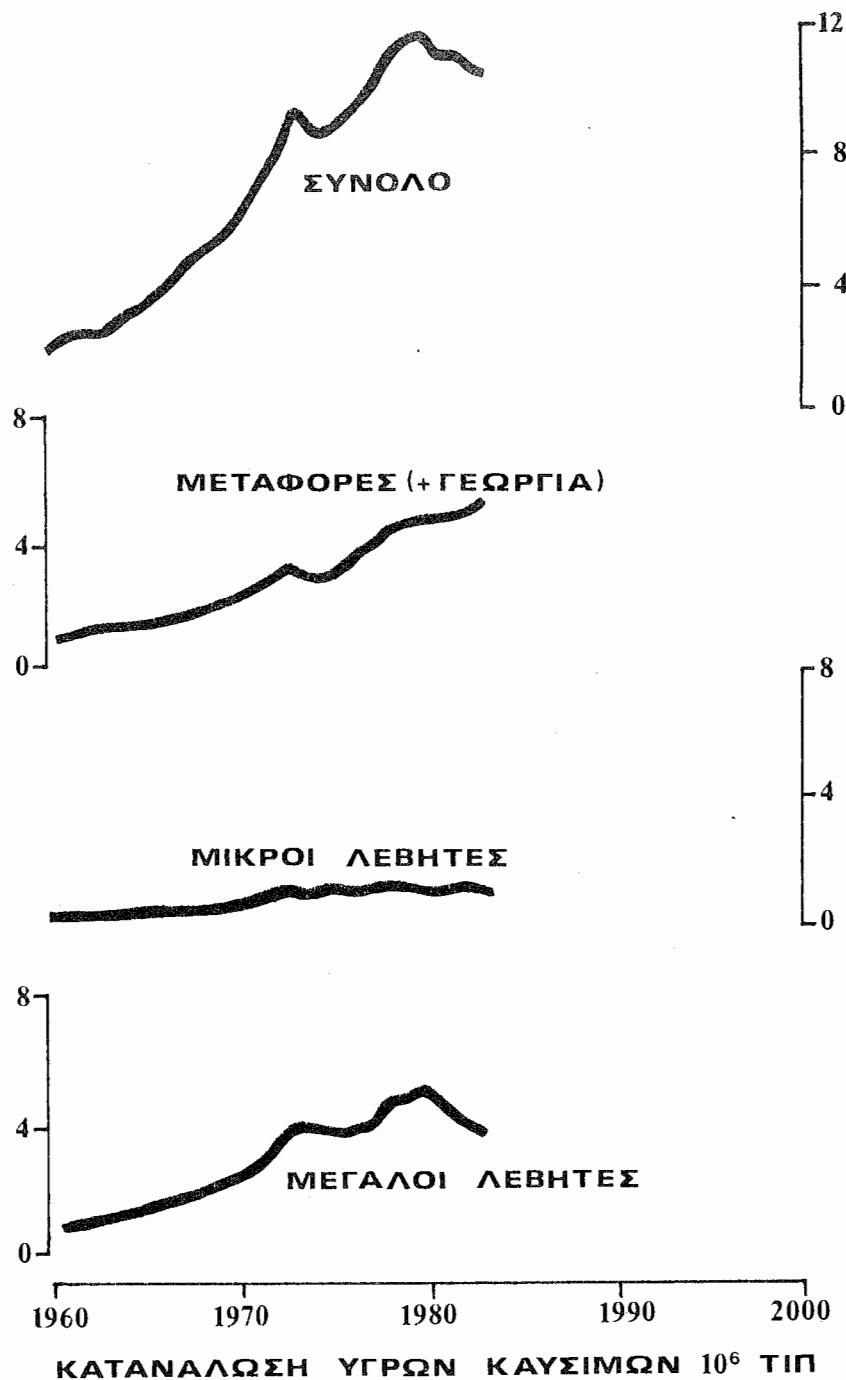


ΕΙΚΟΝΑ-10 Ημερήσια διακύμανση SO_2 .



ΕΙΚΟΝΑ-11. Κατανάλωση στερεών καυσίμων.

ΕΙΣ-65



ΕΙΚΟΝΑ-12 Κατανάλωση υγρών καυσίμων.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 10^3 ΤΠ

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΜΕΓΑΛΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	ΜΙΚΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	ΑΥΤΟΚΙ- ΝΗΤΑ	ΣΙΔΗΡ. + ΠΛΟΙΑ	ΑΕΡΟΠΟ- ΡΙΑ
1PG	52	133	26	-	-
BENZINH	-	-	1684	-	9
JP-4	-	-	-	-	1120
DIESEL	383	866	1867	349	-
MAZOYT	3292	115	-	158	-
ΑΝΘΡΑΚΑΣ	905	2	-	1	-
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	4244	2	-	-	-
ΠΟΣΟΣΤΟ %	58	7	24	3	7

ΕΙΚΟΝΑ-13 Κατανάλωση ενέργειας το 1983.

ΕΙΣ-67

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Ρύποι κα / τη καυσίμου					
	CO	HC ⁽³⁾	NO _X ⁽⁴⁾	TPM	SO ₂	Pb
ΜΕΓΑΛΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	0,45 ⁽¹⁾	0,30	13,2	2,63 ⁽¹⁾	19,9	-
ΜΙΚΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	0,71	0,41	1,8	1,42 ⁽²⁾	20,1	-
BENZINOKIN. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	534	46,7	18,9	-	0,6	0,2
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	57	15,4	28,1	15,8	12,2	-
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ ΠΛΟΙΑ	57	15,4	28,1	15,8	12,2	-
ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ	200	46,7	28,1	-	-	-

(₁) Αήφθηκε υπ' αψη η χρήση υγρών και στερεών καυσίμων.

(₂) Χρησιμοποιείται σχεδόν μόνο Diesel.

(₃) Μετρημένοι με FID(HC_{FID} = 2,5 x HC_{NDIR}).

(₄) Μετρημένοι σε NO₂.

1985

ΕΙΚΟΝΑ- 14 Συντελεστές εκπομπής ρύπων που οφείλονται στην καύση στερεών και υγρών καυσίμων.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Ρύποι 10^3 τη / έτος					
	CO	HC	NO _x	TPM	SO ₂	Pb
ΜΕΓΑΛΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	4	3	<u>117</u>	<u>23</u>	<u>177</u>	
ΜΙΚΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	<1	<1	2	2	<u>22</u>	
BENZINOKIN. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	<u>913</u>	<u>80</u>	<u>32</u>	-	1	< 1
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	106	29	<u>52</u>	<u>29</u>	<u>23</u>	
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ + ΠΛΟΙΑ	29	8	14	8	6	
ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ	<u>22</u>	<u>53</u>	<u>32</u>	-	-	
ΧΩΡΑ	1074	173	249	62	228	
ΑΘΗΝΑ	389	49	27	5	11	

ΕΙΚΟΝΑ-15 Συνολική επιβάρυνση της χώρας σε ρύπους από την κατανάλωση ενέργειας (για σύγκριση τιμές Αθήνας).

1985

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Ρύποι 10^3 tn / έτος					
	CO	HC	NO_x	TPM	SO_2	Pb
ΜΕΓΑΛΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	1	<1	9	<u>1,4</u>	<u>8,3</u>	
ΜΙΚΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ	<1	<1	<1	0,5	<u>2,7</u>	
BENZINOKIN. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	<u>377</u>	<u>44</u>	<u>13</u>	-	-	0,12
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	11	4	5	<u>3,3</u>	<1	
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΙ + ΠΛΟΙΑ						
ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ						
ΑΘΗΝΑ	389	49	27	5	11	
ΧΩΡΑ	1074	173	249	62	228	
ΔΗΣ ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ			<u>6,3</u>	<u>1,2</u>	<u>7,0</u>	

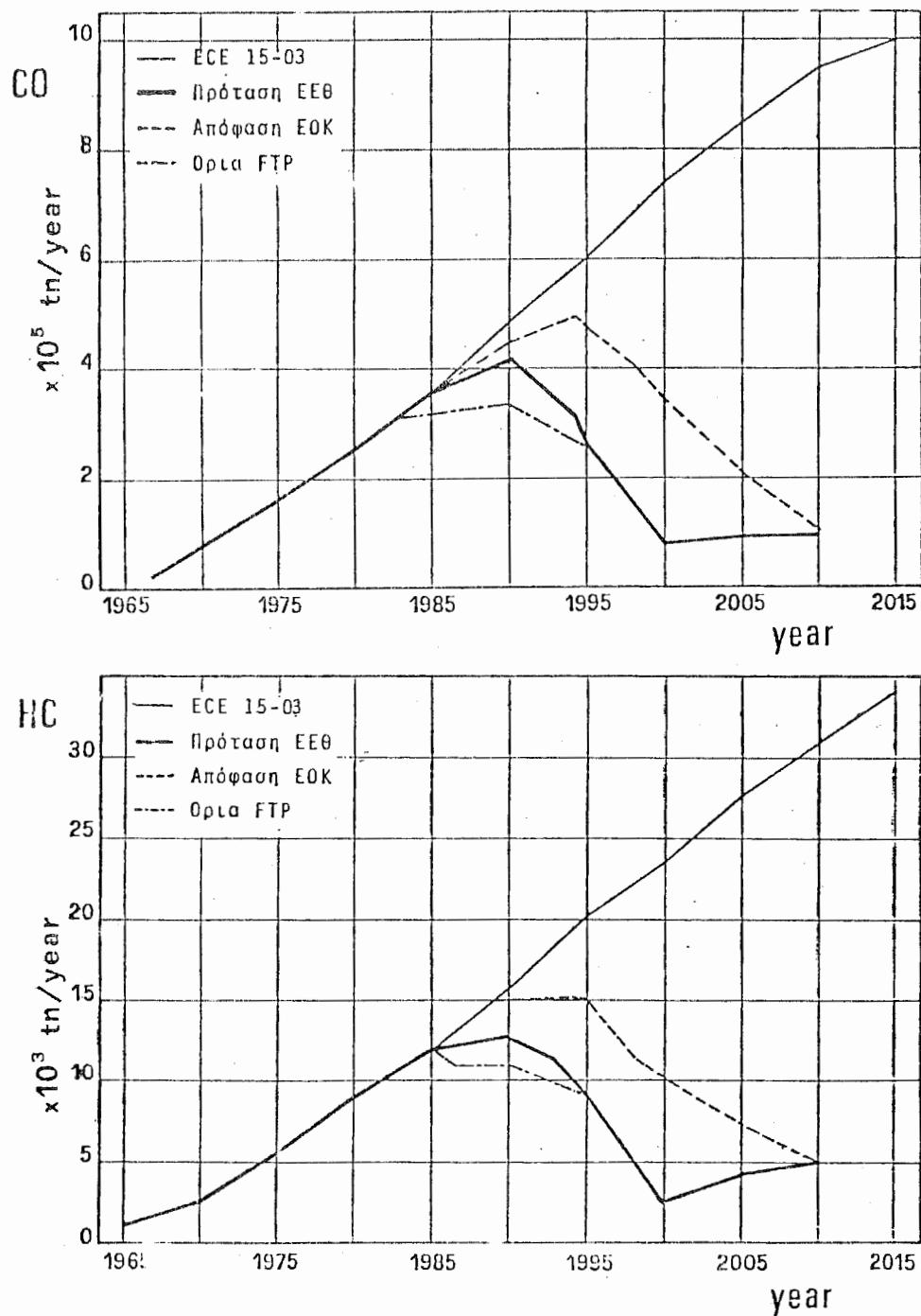
ΕΙΚΟΝΑ-16 Συνολική επιβάρυνση της Αθήνας σε ρύπους από την κατανάλωση ενέργειας (για σύγκριση τιμές χώρας).

Brennstoff Schadstoff	Kohle	Heizöl	Gas
Staub	50 mg/m ³	50 mg/m ³	5 mg/m ³ evtl. bis 100 mg/m ³
CO	250 mg/m ³	175 mg/m ³	100 mg/m ³
NO _x (als NO ₂)	800 mg/m ³ (für Steinkohlestaub- feuerungen mit flüssigem Ascheabzug 1800 mg/m ³)	450 mg/m ³	350 mg/m ³
SO ₂	400 mg/m ³ (evtl. 650 mg/m ³) (für Anlagen von <300 MW mit Kohle- Rost- oder Staub- feuerungen 2000 mg/m ³)	400 mg/m ³ (evtl. 650 mg/m ³) (für Anlagen von <300 MW 1700 mg/m ³)	35 mg/m ³ (evtl. bis 800 mg/ m ³)
HCl	100 mg/m ³ (für >300 MW) 200 mg/m ³ (für ≤300 MW)	30 mg/m ³	—
HF	15 mg/m ³ (für >300 MW) 30 mg/m ³ (für ≤300 MW)	5 mg/m ³	—

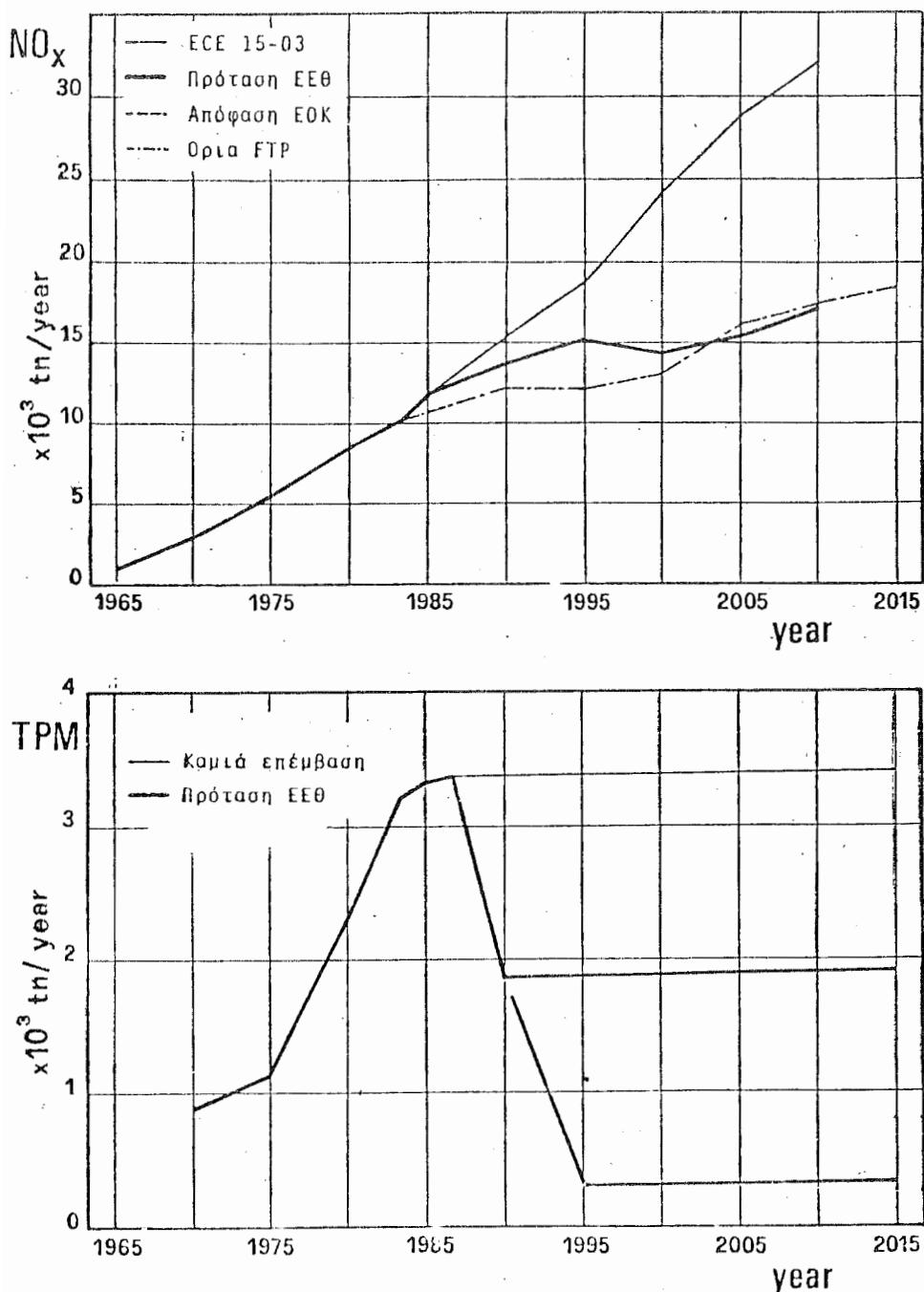
ΕΙΚΟΝΑ-17 Τιμές ρύπων που προβλέπει η νομοθεσία για νέες εγκαταστάσεις λεβήτων από 50 MW (ή από 100 MW σε περίπτωση καύσης αερίου).

Brennstoff Schadstoff	Braunkohle	Steinkohle	Heizöl	Gas
Staub	80 mg/m ³	125 mg/m ³	max. 100 mg/m ³	—
CO		wie für Neuanlagen		
NO _x (als NO ₂)	1000 mg/m ³	1300 mg/m ³ (Staubfeuerung, trockener Ascheabzug) 2000 mg/m ³ (Staubfeuerung, flüssiger Ascheabzug)	700 mg/m ³	500 mg/m ³
SO ₂ (je nach Anlagen- alter, s. Verord- nung)	2500 mg/m ³	2500 mg/m ³	2500 mg/m ³	—

ΕΙΚΟΝΑ-18 Τιμές ρύπων που προβλέπεται η νομοθεσία για νέες εγκαταστάσεις λεβήτων από 50 MW (ή από 100 MW σε περίπτωση καύσης αερίου).



ΕΙΚΟΝΑ-22 Διαφοροποίηση των ρύπων που προέρχονται από τα αυτοκίνητα (κύρια πηγή ρύπων) στην Αθήνα, σε μια ευρύτερη χρονική περίοδο.



ΕΙΚΟΝΑ-23 Διαφοροποίηση των ρύπων που προέρχονται από τα αυτοκίνητα (κύρια πηγή ρύπων) στην Αθήνα, σε μια ευρύτερη χρονική περίοδο.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ κ. ΡΗΓΑ ΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕ ΘΕΜΑ:
"ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ".

Καλημέρα σας αγαπητοί φίλοι

Είναι χρόνια τώρα που συνεχώς λέμε και ξαναλέμε ότι η Ελλάδα είναι από τις προικισμένες χώρες του κόσμου σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ότι έχουμε το ανθρώπινο δυναμικό για να αναπτύξουμε την εκμετάλλευση των πηγών αυτών. Συνεχίζουμε επίσης να λέμε ότι με την ανάπτυξη της εκμετάλλευσης τους πιθανότατα θα μπορέσουμε να αναπτύξουμε την οικονομία μας, αναπτύσσοντας τη σχετική βιομηχανία. Έχω τη γνώμη ότι οι πιο πάνω θέσεις έχουν τώρα πια γίνει αποδεκτές και ιδιαίτερα από ανώτερα στελέχη της πολιτείας. Ήδη φέτος ελαμεντάρεται και νόμο που δημοσιεύθηκε ο οποίος επιτρέπει στους ιδιώτες και στους Δήμους ή Κοινότητες να παράγουν ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές. Αυτό σημαίνει ότι το αερόστατό μας έχει φουσκώσει και απλώς τώρα κρατιέται στο έδαφος με σχοινιά. Αυτά τα σχοινιά πρέπει να τα κέψουμε ένα-ένα ώστε το μπαλόνι μας ν' αρχίσει να ανεβαίνει. Είναι ακόμα πολλά τα σχοινιά, πολλά τα φρένα που εμποδίζουν την άνοδο. Είναι κυρίως η άγνοια της σοβαρότητας του αντικειμένου. Είναι ένα πρόβλημα κλίμακας. Εμείς μιλάμε για ποσοστά αναγκών μας σε ενέργεια της τάξεως των 40% και 50% τισώς που θα μπορούσαν να καλυφθούν από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Άλλοι νομίζουν ότι οι ανανεώσιμες πηγές μπορούν να καλύψουν αστεία ποσοστά. Ούτε το 1%. Επομένως χρειάζεται ενημέρωση. Πρέπει επίσης οι ενεργειακοί προγραμματιστές που έχουν σημειωτέον αναπτύξει πολύ προχωρημένα προγράμματα με τη βοήθεια ηλεκτονικών υπολογιστών να δεχθούν την σοβαρότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να τις συμπεριλάβουν στις πρωτογενείς μορφές ενέργειας στη βάση των οποίων σχεδιάζουν την ενεργειακή πολιτική της χώρας. Πρέπει να λάβουν υπ' όψη τους το σχεδιασμό της ενεργειακής πολιτικής περιοχών όπως είναι π.χ. η Καλιφόρνια ή η Δανία κ.λ.π. όπου οι ανανεώσιμες πηγές συμβάλλουν όλο και πέρισσοτερο στην ενεργειακή παραγωγή.

'Άλλο εμπόδιο είναι η έλλειψη της κατάλληλα διαμορφωμένης κοινής γνώμης. Η κοινή γνώμη διαμορφώνεται συνήθως από τους δημοσιογράφους. Δυστυχώς οι δημοσιογράφοι δεν είναι ως επί το πλείστον ενημερωμένοι. Και η ενημέρωσή τους είναι δική μας ευθύνη και υποχρέωση.

'Ένα άλλο εμπόδιο το οποίο θα μπορούσε να γίνει κίνητρο είναι τα λεγόμενα επιδεικτικά προγράμματα της ΕΟΚ. Δυστυχώς τα μέσα που διαθέτει η Ελλάδα για ανάπτυξη, επίδειξη ακόμα και για έρευνα είναι λίγα και διατίθενται μόνο και μόνο γιατί μας παρασύρει η ΕΟΚ, επιβάλλοντας τη συμμετέ-

χουμε σε τέτοια προγράμματα κατά ένα ποσοστό. Τι προγράμματα πρέπει να χρηματοδοτεί η ΕΟΚ για επίδειξη; Πιστεύω ότι πρέπει να χρηματοδοτούνται προγράμματα τα οποία έχουν άμεσες επιπτώσεις στην ανάπτυξη παραγώγης ενέργειας στη χώρα μας και τις αντίστοιχες εφαρμογές. Δυστυχώς υπάρχουν προγράμματα εμφανέστατα μη αποδοτικά τα οποία είναι πανάκριβα και τα οποία δύναται χρηματοδοτούνται. Πρέπει να υπάρξει μια συνεννόηση μεταξύ εκείνων που υποβάλλουν προτάσεις ώστε να υπάρξει συμφωνία στις προτάσεις που πρέπει να υποστηριχθούν.

Μεγάλο πρόβλημα επίσης είναι ο καθορισμός των δυνατοτήτων των διαφόρων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Περάσανε τα χρόνια που όλοι μας μιλάγαμε για ηλιακή ενέργεια. Ξέρουμε τώρα τι ακριβώς μπορεί να προσφέρει κάθε μορφή ενέργειας που να είναι αποδοτικό σήμερα. Πρέπει δύναται να έχουμε τα μάτια μας ανοιχτά για νέες μελλοντικές εφαρμογές. Ξέρουμε π.χ. ότι δεν μπορούμε να έχουμε φτηνό ηλεκτρισμό από τον ήλιο. Άρα η ηλιακή ενέργεια που είναι άφθονη στον τόπο μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, για παραγωγή ζεστού νερού και για παραγωγή θερμότητας χαμηλής ενθαλπίας 100-120°C για τη βιομηχανία. Σύγουρα η παθητική θέρμανση είναι λύση για την Ελλάδα και ξέρουμε ότι θα μπορούσαμε να καλύψουμε στη Μακεδονία γύρω στα 30-40% των αναγκών σε θέρμανση χώρων ενώ στην Κρήτη αυτό το ποσοστό μπορεί να φθάσει το 100%. Αν γίνεται σωστός προγραμματισμός, μόνον αυτή η εφαρμογή μπορεί να καλύψει τα 2-3% των συνολικών αναγκών της χώρας μας. Φυσικά δεν πρέπει να παραβλεφθεί η χρήση των συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού.

Μια άλλη τεράστια πηγή ενέργειας για τη χώρα μας είναι η Αιολική Ενέργεια. Μπορεί να καλύψει οικονομικά μεγάλο μέρος των αναγκών μας σε ηλεκτρισμό. Σημειωτέον ότι η σχετική τεχνολογία είναι αρκετά ανεπτυγμένη. Και επειδή είναι δυνατή η κατασκευή και στη χώρα μας αιολικών μηχανών το κέρδος είναι διπλό. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι ακόμα και η εισαγωγή αιολικών μηχανών από το εξωτερικό συμφέρει. Το αιολικό δυναμικό της χώρας είναι τόσο μεγάλο πού αν π.χ. εγκατασταθούν αιολικές μηχανές στην Μύκονο όπου έχει μετρηθεί μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 11,5 μέτρα το δευτερόλεπτο θα γίνει η απόσβεση τους σε 2 χρόνια. Είναι κρίμα επομένως να μην έχουμε βάλει όλες τις δυνάμεις μας στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί που είναι δυνατόν να κατασκευασθούν στη χώρα είναι μια άλλη μεγάλη πηγή ηλεκτρισμού. Η ΔΕΗ με την συγκεντρωτική πολιτική της κοίταξε να κάνει μεγάλα έργα και κανείς βέβαια δεν έχει αντίρριψη για αυτά. Όμως είναι γνωστό ότι υπάρχουν εκατοντάδες δυνατότητες για την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών μέσου μεγέθους 2 μεγαβάτ ο

καθένας. Το μεγάλο αυτό δυναμικό έχει το προσόν να είναι κατανεμημένο σ' όλη τη χώρα και η εκμετάλλευσή του θα προσέφερε πόρους σε κοινότητες και μάλιστα από τις πιο φτωχές σήμερα πράγμα που ισχύει και για την αιολική ενέργεια. Επίσης συνδυαζόμενοι οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί με αρδευτικά έργα μπορούν να προσφέρουν ανεκτίμητη βοήθεια και στις γεωργικές καλλιέργειες.

Η εκμετάλλευση της Γεωθερμίας νομίζω ότι ήδη έχει ξεκινήσει αλλά ίσως έχει ξεκινήσει πολύ σιγά. Θα ήταν ίσως δυνατόν τα 10 Μεγαβάτ της Μήλου να έχουν γίνει σήμερα 100 Μεγαβάτ. Πάντως το δυναμικό των 700 Μεγαβάτου έχει εκτιμηθεί μας περιμένει. Μια άλλη συνιστώσα της γεωθερμίας είναι και τα υπόγεια νερά χαρηλής ενθαλπίας (θερμά), κατάλληλα για την θέρμανση των θερμοκηπίων. Η επέκταση της εκμετάλλευσής τους θα δώσει νέα ώθηση στη παραγωγή γεωργικών προϊόντων υψηλής ποιότητας.

Η βιομάζα είναι μια άλλη σημαντική πηγή ενέργειας για τη χώρα μας. Από μελέτες που έχουμε κάνειξέρουμε ότι είναι δυνατόν να παράγουμε π. χ. αλκοόλη αρκετή για να προσθέτουμε μέχρι 10% στην βενζίνη που χρησιμοποιούμε και με κόστος γύρω στις 35 δρχ. το λίτρο (τιμές 1984). Για να πετύχει άμως αυτός ο στόχος χρειάζεται σωστή οργάνωση της προσπάθειας και νομίζω πως είναι κρατική η ευθύνη για την οργάνωση αυτή.

Γενικό χαρακτηριστικό της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το ότι κατά κανόνα, είναι οικονομικώς πολύ αποδοτική. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη τέτοιων εκμεταλλεύσεων θα μπορούσε να γίνει με την εισροή επενδύσεων από το εξωτερικό.

Τελευταία "ανανεώσιμη πηγή" ενέργειας την οποία θα αναφέρουμε είναι η εξοικονόμηση ενέργειας μαζί με την συμπαραγωγή ενέργειας (ηλεκτρικής - θερμικής). Τα περιθώρια είναι τεράστια. Η εξοικονόμηση μπορεί να φθάσει και το 30% της κατανάλωσης στη χώρα μας.

Τελειώνοντας θέλω να τονίσω ότι αισιοδοξώ. Η προσπάθεια τόσων ευοδώνεται. Χρειάζεται μόνο τώρα να απομακρύνουμε τα εμπόδια που επιβραδύνουν την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Πρέπει να ενημερώνουμε συνεχώς τους κρατικούς αρμόδιους για να έχουν την πλήρη και σωστή οργάνωση της προσπάθειας. Πρέπει να ενημερώνεται ο τύπος ώστε να είναι, μαζί με την κοινή γνώμη που διαμορφώνει, συμπαραστάτες μας. Ειματι αισιόδοξος για το μέλλον

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ Β' ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

Τα συμπεράσματα παρατίθενται με βάση την ομαδοποίηση των ανακοινώσεων όπως αυτή γίνεται στο πρόγραμμα του Συνεδρίου, κατά κανόνα.

Το πλήθος των συνέδρων και η ποιοτική τους στάθμη, η αντιπροσωπευτική παρουσία των επιστημονικών οργανισμών της χώρας που ασχολούνται με τα θέματα των Ηπίων Μορφών Ενέργειας, οι ποικίλοι επι μέρους τομείς έρευνας και τα αντίστοιχα θέματα που αναλύθηκαν σε συοχετισμό με την επικέντρωση προς ορισμένες συγκεκριμένες ερευνητικές κατευθύνσεις που διαπιστώθηκαν (σε σχέση με το 1^ο Εθνικό Συνέδριο του 1982) οδηγούν στη διαπίστωση για την αναγνώριση της δραστηριότητας του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής.

Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη για ανάπτυξη του Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνικής με την αύξηση του αριθμού των μελών του και την ίδρυση Παραρτήματος της μιάς μορφής ή της άλλης, στην Αθήνα ή και αλλού όπου δηλαδή υπάρχει αντίστοιχη δραστηριότητα.

Οι επιστημονικές ανακοινώσεις πλαισιώθηκαν από τρείς ομιλίες σε ολομέλεια που πέτυχαν να συνδέουν μεταξύ τους τα επιστημονικά-τεχνικά με τα κοινωνικά και ανθρωπιστικά θέματα που οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας θίγουν.
Έτσι,

1. Επισήμαναν την ανάγκη για καθορισμό νέων αξιών σε μιά κοινωνία με αυξημένη τη χρήση των Ηπίων Μορφών Ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη περιβαντολογικά κριτήρια, κριτήρια κόστους και κριτήρια ποιότητας ζωής, γενικότερα.
2. Επιβεβαίωσαν την ανάγκη για ενημέρωση (και άσκηση πίεσης) στην πολιτεία, αναφορικά, με τις δυνατότητες εφαρμογής των Ηπίων Μορφών Ενέργειας, καθώς και για περισσότερη πληροφόρηση του κοινού.
3. Κατέστησαν περισσότερο σαφές το γεγονός ότι βρισκόμαστε σε θέση και πρέπει να προχωρήσουμε γρήγορα για:
 - 3.1. Περισσότερο λεπτομερή και αναλυτική μελέτη των προβλημάτων που σχετίζονται με την ανάπτυξη, εφαρμογή και χρήση των Ηπίων Μορφών Ενέργειας.

- 3.2. Προγραμματισμό στην επέκταση της χρήσης των Ηπίων Μορφών Ενέργειας, σε σχέση με τον τρόπο και την ένταση της προσφοράς τους από την φύση, και τις τεχνολογικές δυνατότητες.
- 3.3. Διερεύνηση για ενίσχυση των προγραμμάτων ερευνών και μελετών υποδομής, που είναι απαραίτητες για την κατάστρωση των προγραμμάτων Ε και Ε.

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (Π.Η.Σ.) κάλυψαν παρουσιάσεις μιάς συνεδριακής ημέρας και συγκέντρωσαν μεγάλο ενδιαφέρον και ευρεία συμμετοχή.

Με τις παρουσιάσεις έγινε φανερό ότι τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα μπορούν να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες σε υψηλό ποσοστό, τόσο σε κατοικίες όσο και σε ειδικά κτίρια. Οι ηλιακές-αρχιτεκτονικές ή καλύτερα βιοκλιματικές λύσεις, συνοδεύονται πια καλ από αισθητικά αποτελέσματα. Γίνεται έτσι φανερό ότι η "παιδική αρρώστεια" της ηλιακής αρχιτεκτονικής όπου ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός συμπληρωνόταν στην τελική του φάση από τα παθητικά συστήματα έχει ξεπεραστεί και ο σχεδιασμός από το πρώτο βήμα είναι ενιαίος. Είναι ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός που εμπεριέχει την καθοριστική παράμετρο ηλιακή ενέργεια και κλιματικό περιβάλλον γενικότερα (παιδικός σταθμός στο Χολαργό, Ξενοδοχειακό συγκρότημα στα Χανιά, σπίτι στα Χανιά).

Παρουσιάστηκαν και τολμηρές σε μεγάλη κλίμακα λύσεις όπως ο παθητικός ηλιακός ανασχεδιασμός του νέου κτιρίου της Φιλοσοφικής Σχολής στα Γιάννενα. Θερμοκήπια και αεροσυμπιεστές αποτελούν τα συστήματα συλλογής της ηλιακής ενέργειας που με διεποχιακή αποθήκευση-θα χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή δροσισμό του κτιρίου.

Για τον σκλασμό των ανοιγμάτων και των κτιριακών όγκων προτάθηκαν δύο προγράμματα με υπολογιστή το OSCAR και το SCIA αντίστοιχα. Η ολοκλήρωση τους πιστεύεται ότι θα βοηθήσει σε ένα σωστότερο και ταχύτερο ενεργειακό σχεδιασμό. Αναπτύχθηκε ακόμα η μέθοδος 5000, για τον υπολογισμό της βοηθητικής ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση κτιρίων. Μέ τη μέθοδο αυτή αξιολογούνται τα μηνιαία και ετήσια θερμικά φορτία που πρέπει να καλύπτει ένα σύστημα θέρμανσης με την υπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη οι εσωτερικές

και οι παθητικές θερμικές πρόσοδοι.

Μεταφέρθηκαν ακόμα εμπειρίες από τη μοντελοποίηση και τις πειραματικές μετρήσεις ενός παθητικού ηλιακού οικίσκου που βρίσκεται εγκατεστημένος στο Κέντρο Ερευνών της Ispra όπου και εφαρμόστηκε μια μαθηματική προσομοίωση του. Στόχος η μελέτη της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς του οικίσκου.

Τέλος έγινε μια εκτεταμένη ενημέρωση για το πώς το κράτος αντιμετωπίζει τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική στη νότια Γαλλία. Ενημέρωση και εκπαίδευση κοινού και ενοίκων, πολυάριθμα ερευνητικά προγράμματα, μετρήσεις και εμπειρίες έχουν οδηγήσει στη κατασκευή πολυάριθμων παθητικών σπιτιών με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και το γενικότερο ανέβασμα του επιπέδου κατοικίας. Ανάλογο δρόμο θα άξιζε να ακολουθήσουν και οι αρμόδιοι για την οικιστική πολιτική στον τόπο μας.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Παρουσιάστηκαν τρείς(3) εργασίες αναφερόμενες:

- Στη δυνατότητα κωδικοποίησης και συγκριτικής αξιολόγησης των χαρακτηριστικών θερμοαπορροφητικών υλικών και ιδιαίτερα των συνθηκών θερμικής φόρτησης και αποφόρτισης.
- Στην επίδραση της θερμικής αγωγιμότητας πάνω στην αξιοποίηση υδροφορέων χαμηλής ενθαλπίας και
- Στην μελέτη του τρόπου αποθήκευσης θερμικής ενέργειας χαμηλών θερμοκρασιών σε πυρητικά υλικά.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Η πρόοδος στον ερευνητικό τομέα για την εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας στη γεωργία είναι δεδομένη. Εξάλλου το φάσμα των σχετικών εφαρμογών είναι ευρύτατο, ως εκ τούτου και οι εργασίες που παρουσιάσθηκαν στη σχετική συνεδρίαση ποικίλουν σε θέματα, μεθοδολογίες και στόχους.

Παρουσιάσθηκαν έξη (6) εργασίες που αναφερόταν σε συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων με υπόγειο εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα και σε παθητικά ηλιακά συστήματα, σε αντλίες άρδευσης που λειτουργούν με φωτοβολταϊκά

στοιχεία, με ηλιακούς ζηραντήρες γεωργικών προϊόντων καθώς και με συστήματα παραγωγής νερού και αλατιού με ηλιακή ενέργεια.

Καταδείχθηκε ότι η κάλυψη των θερμικών αναγκών σε θερμοκήπια- τουλάχιστον του γεωγραφικού πλάτους των Αθηνών και σε ηπιότερα κλίματα- είναι δυνατόν με εναλλάκτη εδάφους-αέρα. Πρόσθετη ενέργεια που απαιτείται τη χειμερινή περίοδο δεν ξεπερνά το 20 % της παραλαμβανομένης από τον ήλιο ενέργειας. Η ανάπτυξη απλών παθητικών συστημάτων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πρακτικούς και οικονομικούς λόγους. Οι συγκριτικές μετρήσεις που έγιναν μέχρι τώρα στον Ελληνικό χώρο και ειδικότερα στη Βόρεια Ελλάδα επιβεβαιώνουν τη σημασία της πρακτικότητας και οικονομικότητας τους. Από την άλλη μεριά, η κάλυψη αναγκών σε νερό με άντληση με την βοήθεια φωτοβολταϊκής παραγωγής μπορεί να αναπτυχθεί οικονομικά με τη χρήση παραβολικών αντί επιπέδων κατόπτρων. Για την ώρα πάντως η σύγκριση με επίπεδα κάτοπτρα αποβαίνει σε όφελος των πρώτων.

Σε ορισμένους τομείς των σχετικών εφαρμογών έχουμε περάσει στη φάση της επιτυχούς εφαρμογής (παθητικά ηλιακά συστήματα) ενώ σε άλλους η ανάγκη για παραπέρα πειραματική εργασία π.χ. παραγωγή αέρα ξήρανσης είναι προφανής. Η ξήρανση γεωργικών προϊόντων με ηλιακή ενέργεια είναι θέμα με ιδιαίτερη σημασία για την γεωργική παραγωγή. Παράλληλα τίθενται πολλά προβλήματα για επίλυση όπως οι θερμοφυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωργικών προϊόντων που επιδέχονται ξήρανση, η συμπεριφορά των υλικών αυτών κατά τις διεργασίες ξήρανσης και η τεχνογνωσία στην κατασκευή των σχετικών συσκευών.

Καταδείχθηκε η ανάγκη για επαύξηση και εντατικοποίηση των προσπαθειών στον σημαντικό αυτό τομέα τόσο στη φάση της θεωρητικής επεξεργασίας όσο και στη φάση της ανάπτυξης της τεχνογνωσίας.

Παρουσιάστηκε επίσης εργασία με αντικείμενο τη συνδιασμένη παραγωγή νερού και αλατιού (αφαλάτωση), με συνδιασμό χρήσης ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Ο φορέας αποσταξης είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας που θερμαίνεται με ηλιακή ενέργεια και παρασύρεται στη συνέχεια τους υδρατμούς προς τον χώρο συμπύκνωσης τους. Η μέθοδος είναι απλή και πρακτική με ευοίωνες εφαρμογές για μικρές μονάδες παραγωγής.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Περιλαμβάνει τρείς (3) παρουσιάσεις με αναφορά σε ειδικά θέματα μικρών υδραυλικών έργων όπως η ανάγκη επεμβάσεων κατασκευαστικής φύσης για την εύκολη μετατροπή αντλιών σε υδροστροβίλους (βλ. και ενότητα "Ηλιακοί Συλλέκτες Θέρμανσης ρευστών"). Ο συνδιασμός χρήσης μιάς υδατόπτωσης για παραγωγή ηλιακής ενέργειας και άρδευση με στόχο την βελτίωση των συνθηκών ζωής στην περιοχή (τεχνικούς και κοινωνική θεώρηση), καθώς και η σημασία και ο ρόλος των μικρών υδροηλεκτρικών μονάδων στο ενεργειακό τσιζύγιο της χώρας.

Τα παραπάνω θέματα εξετάστηκαν και σχολιάστηκαν υπό το φώς της αναπτυσσόμενης-σήμερα-περιφερειακής δραστηριότητας και ασφαλώς η υλοποίηση σχεδίων ανάπτυξης μικρών υδροηλεκτρικών μονάδων θα προχωρήσει σε συνεργασία με την Τοπική Αυτοδιοίκηση, σε συνδιασμό με τις νέες σχετικές νομοθετικές ρυθμίσεις.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Παρουσιάσθηκαν δώδεκα (12) εργασίες ορισμένες από τις οποίες αφορούν τοπικά-περιφερειακά ηλιακά και αιολικά στοιχεία (Αθήνα-Θεσσαλονίκη και Βόρεια Ελλάδα γενικότερα, Λήμνος, νησιά Ν.Α. Αιγαίου) ενώ άλλες αναφέρονται σε μεθόδους υπολογισμού ηλιακών χαρακτηριστικών έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, στοχαστικής προσομοίωσης, σε μεθόδους μέτρησης της διαλυτής ακτινοβολίας στη χώρα, όπως επίσης και στην επίδραση των κλιματικών στοιχείων στις επιδόσεις των ηλιοθεραπικών συστημάτων.

Ο τομέας αυλλογής, επεξεργασίας και τυποποίησης μετεωρολογικών στοιχείων για ολόκληρη τη χώρα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, μιά και αποτελεί τη βάση για οποιαδήποτε σχεδιασμό και κατασκευή των μέσων αξιοποίησης Ηπίων Μορφών Ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.

BIOMAZA

Παρουσιάστηκαν δεκαπέντε (15) συνολικά ανακοινώσεις που κάλυψαν ένα ευρύ πεδίο του αντικειμένου (δύο ανακοινώσεις και μια παρέμβαση έγιναν

από Γάλλους επιστήμονες και μια ανακοίνωση προερχόταν από Ελληνο-Ιταλική συνεργασία).

Τέσσερις (4) εργασίες αναφέρθηκαν στις δυνατότητες και προοπτικές για παραγωγή βιόμαζας σε μεγάλες ποσότητες και μικρό χρονικό διάστημα από φυτείες "ενέργειας", και συγκεκριμένα από φυτείες ειδών και οικογενειών πλατάνου με μικρό περίτροπο χρόνο, από φυτείες κλώνων λεύκης μικρού περίτροπου χρόνου, από φυτείες σε αλατούχα εδάφη και τέλος με εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας για επεξεργασία οργανικών αποβλήτων, με συμπαραγωγή βιόμαζας.

Δέκα (10) ανακοινώσεις διαπραγματεύτηκαν μετατροπή της βιόμαζας, σε άλλες μορφές ενέργειας, και ειδικότερα: Θερμοχημική μετατροπή, τεχνολογική μελέτη της πυρόλυσης της βιόμαζας, αναερόβια ζύμωση της πράσινης βελανιδιάς, του προβλήματος των κατσιγάρων και όλων των άλλων παρομοίων αποβλήτων, βελτιστοποίηση της απόδοσης των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας σε κτηνοτροφικές μονάδες, αξιοποίηση γεωργικών υπολειμάτων στην παραγωγή ασβέστη, μεθανοποίηση του τυρόγαλου, μεθανοποίηση απορριμάτων ζώων, παραγωγή αιθανόλης από γεωργικά παραπροϊόντα, παραγωγή ενεργειακής αλκοόλης, παραγωγή ενέργειας και χημικών πρώτων υλών από λιγνιτοκυτταριούχα υποστρώματα.

Τέλος σε μια ανακοίνωση παρουσιάστηκε ένα μαθηματικό μοντέλο ροών μάζας και ενέργειας σε ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής βιόμαζας και προϊόντων από βιόμαζα.

Από την ποικιλία των εργασιών που ανακοινώθηκαν, τις συζητήσεις και από το γενικό ενδιαφέρον των συνέδρων προκύπτει ότι υπάρχει διαθέσιμη αναξιοποίηση και ότι είναι δυνατή η πρόσθετη παραγωγή της σε μεγάλες ποσότητες.

Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι και τεχνικές μετατροπής της βιόμαζας σε άλλες μορφές ενέργειας και στη χώρα μας υπάρχει η βασική επιστημονική υποδομή για την εφαρμογή τους.

Η παραγωγή βιόμαζας δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα και είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Τέλος η μετατροπή της βιόμαζας σε άλλες μορφές ενέργειας, σε πολλές περιπτώσεις (όπως απόβλητα χοιροστασίων), συμβάλλει άμεσα και ουσιαστικά στην προστασία του περιβάλλοντος μαζί με την παραγωγή ενέργειας.

ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στις τέσσερις (4) εργασίες της ενότητας αυτής θίγονται θέματα που συνδέονται με τα πλεονεκτήματα χρήσης Ηπίων Μορφών Ενέργειας αναφορικά με την ένταξη και την επίδραση τους στο περιβάλλον φυσικό ή δομημένο.

Αναλύθηκε ο ρόλος και η σημασία του πολεοδομικού σχεδιασμού και ειδικότερα του σχεδιασμού της αυριανής πόλης σε τρόπο που να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για αρχιτεκτονική σύνθεση, για ποιότητα ζωής και για αξιοποίηση των Ηπίων Μορφών Ενέργειας. Επισημάνθηκε επίσης ο ρόλος και η ευθύνη των αρχιτεκτόνων και των τεχνικών στην προσπάθεια που αργά ή γρήγορα αναληφθεί είτε για την εναρμόνιση του σημερινού δομημένου περιβάλλοντος με τις ενέργειακές μορφές του μέλλοντος είτε ακόμα για τον σχεδιασμό του δομημένου περιβάλλοντος του μέλλοντος.

ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Οι επίπεδοι συλλέκτες έχουν ήδη μεγάλη εξάπλωση στις εφαρμογές τους στην Ελλάδα, κυρίως σε κατοικίες και ξενοδοχειακά συγκροτήματα. Εκτιμάται ότι ήδη έχουν εγκατασταθεί περίπου 500.000 m^2 συλλεκτών.

Θρισμένες νέες τάσεις παρουσιάζονται στον τρόπο σχεδιασμού και κατασκευής των συλλεκτών αυτών για να ικανοποιηθούν διάφορες ανάγκες και επιδιώξεις, που μπορούν να καταταγούν γενικά στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Επίτευξη υψηλοτέρων θερμοκρασιών είτε για κάλυψη και αναγκών ψύξης (με ψυκτικές μηχανές απορρόφουσης) είτε για κάλυψη και ορισμένων βιομηχανικών αναγκών, αν και κατ' αρχήν υπαρχει τεράστιο δυναμικό εξοικονόμισης ενέργειας στη βιομηχανία από ανάκτηση θερμότητας πριν χρησιμοποιηθούν εκεί ηλιακά συστήματα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συλλέκτες με κάποια συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας ή συλλέκτες κενού για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.

2. Επίτευξη καλύτερης απορροφητικότητας και σε χαμηλές γωνίες προσπτωσης, ώστε νάξιοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

3. Προσπάθεια χρησιμοποίησης ειδικών υλικών και μεθόδων εγκατάστασης για την επίτευξη καλυτέρων συνθηκών λειτουργίας χωρίς αύξηση του κόστους.

4. Χρησιμοποίηση απλών συστημάτων κατακορύφων συλλεκτώναέρα που μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στους νότιους τοίχους κτιρίων και να λειτουργήσουν ως παθητικά στοιχεία τόσο για θέρμανση το χειμώνα όσο και για δροσισμό το καλοκαίρι.

Στα πλαίσια του παραπάνω αντικειμένου παρουσιάστηκε εκτός προγράμματος και η εργασία "Μελέτη επιλογής και τροποποιήσεων αντλίας για αντίστροφη λειτουργία της ως υδροστροβίλου". Η εργασία αυτή απευθύνεται στο εξαιρετικά σημαντικό πρόβλημα της χρησιμοποίησης αντλιών εγχώριας κατασκευής για την αξιοποίηση του μεγάλου αριθμού μικρών υδατοπτώσεων που έχουν εντοπισθεί στον Ελληνικό χώρο, και καταλήγει σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα ως προς τα χαρακτηριστικά των αντλιών και τις μεταβολές που απαιτούνται για να χρησιμοποιηθούν ως υδροστροβίλοι με την καλύτερη δυνατή αποδοση.

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Το θέμα αυτό αποτέλεσε αντικείμενο οκτώ (8) ανακοινώσεων που αφορούσαν μελέτες σε εγκαταστάσεις ενεργειακής προσφοράς σε κτίρια ή οικισμούς, στατιστικές αναλύσεις μεγάλης κλίμακας και εκτίμηση ενεργειακών αναγκών στον οικιακό αστικό τομέα, μελέτες χρήσης-εξοικονόμησης ενέργειας για εξυπηρέτηση ειδικών χώρων-γεωργία-κατοικία ζώων, αστική και αγροτική κατοικία, βιομηχανικός τομέας.

Το θέμα "κτίριο" είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, περιέχει τεράστιο φάσμα προβλημάτων ξεκινώντας από τη (θερμική) μελέτη συμπεριφοράς των δομικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων-μονωτικών υλικών, μέχρι και τη συστηματική ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς ολόκληρων οικισμών.

Η στελέχωση και ο εξοπλισμός των σχετικών Εργαστηρίων της χώρας και οι δυνατότητες για λύση πολυπλόκων μαθηματικών προβλημάτων αποτελούν εφόδια που θα πρέπει να αξιοποιηθούν στο έπακρο στη συνέχιση της δραστηριότητας αυτής με τον ίδιο ή και ταχύτερο ρυθμό.

ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η άμεση μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια με την φωτο-

βολταική μέθοδο συγκεντρώνει το εδιαφέρον πολλών ερευνητών σε διάφορα επί-
πεδα έρευνας (υλικά φωτοβολταικής μετατροπής, αυτοματισμοί λειτουργίας, αύ-
ξηση του βαθμού απόδοσης , αριστοποίηση των σχετικών λειτουργιών κ.ο.κ.)

Παρουσιάσθηκαν τρείς (3) εργασίες με αντικείμενα την ανάπτυξη φωτοβολ-
ταικού σταθμού με αυτόματη παρακολούθηση του ήλιου, την ανάπτυξη μεθόδου
για σχεδιασμό αυτονόμων φωτοβολταικών συστημάτων και τη δυνατότητα για η-
λεκτροπαραγωγή μέσω της θερμικής διαδικασίας (παραγωγή θερμού αέρα με κίνη-
ση στροβίλου). Σχετική με την παραπανω θεματολογική ενότητα είναι και η ο-
μάδα:

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Η παραπάνω ομάδα περιλαμβάνει τρείς (3) παρουσιάσεις , με αναφορά σε θέματα επίδρασης της επιοχιακής μεταβολής γεωμετρικών-γεωγραφικών παραμέτρων στην παραγωγή ενέργειας με φωτοβολταικά στοιχεία, στη μελέτη φωτοβολταικών στοιχείων διαφόρων τύπων καθώς και σε σχεδίαση επιδεικτικής μονάδας για φω-
τοβολταική άντληση νερού.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στίς δύο εργασίες που παρουσιάστηκαν, εξετάζονται οι δυνατότητες αξιο-
ποίησης της ενέργειας των Κυμάτων Εσωτερικής Βαρύτητας (Κ.Ε.Β.) και ανα-
πτύσσονται οι εργαστηριακοί τρόποι μελέτης των Κυμάτων Εσωτερικής Βαρύτητας
αφ' ενός και δίζονται στοιχεία ενεργειακής-τεχνικουνομικής ανάλυσης των
σχετικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής αφ' ετέρου.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

Από την παρουσίαση και την ουζήτηση διαπιστώθηκε ότι υπάρχει σημαντική
διεθνής ερευνητική δραστηριότητα, πάνω στη χημική και φυσικοχημική μετατροπή
της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου και ηλεκτρισμού. Διαπιστώ-
νεται εξάλλου έντονη παρουσία Ελλήνων Ερευνητών στον τομέα αυτό (ΕΚΕΜΕ-Δη-
μόκριτος, Πανεπιστήμιο Αθηνών).

Η περιοχή αυτή είναι πρωτοπορειακή και μεγάλης σημασίας, αν ευδωθούν οι ερευνητικές προσπάθειες.

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΜΕΡΓΕΙΑ

Αποτελεί μιά κατ'εξοχήν δυναμική περιοχή ερεύνης και τεχνολογικής ανάπτυξης με αυξημένες τις δυνατότητες - στην πράξη- για κάλυψη ενεργειακών αναγκών μικρών και απομακρυσμένων οικισμών (ελληνικά νησιά), παράλληλα με τη φωτοβολταϊκή παραγωγή (ηλεκτρικής ενέργειας).

Οι δέκα (10) εργασίες που παρουσιάστηκαν, περιελάμβαναν:

1. Εκτιμήσεις του αιολικού δυναμικού της χώρας και υπολογιστικά μοντέλα για τον καθορισμό των ανεμολογικών πεδίων και του αιολικού δυναμικού
2. την πρόσδοτης λειτουργείας και επίδοσης ανεμογεννητριών διαφόρων τύπων (κατακόρυφου άξονα Darrieus, κατακόρυφου άξονα με ευθύγραμμα πτερύγια, κατακόρυφου άξονα τύπου V, οριζόντιου άξονα
3. μελέτη για τη βελτιστοποίηση της διάταξης ανεμογεννητριών σε αιολικό πάρκο και τη συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσής τους, σε συνδιασμό με την εκτίμηση του κόστους της παραγόμενης Κ.Β.Η και
4. επιδεικτικό σχέδιο κατάσκευής και λειτουργίας αυτόνομης μονάδας παραγωγής με ανεμογεννήτρια Γ.Κ.Β.

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Σημαντική εργασία έχει γίνει στην περιοχή της "απόδοσης" συλλεκτών και ηλιακών συστημάτων ζεστού νερού για κατοικίες

'Ηδη στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος λειτουργεί μονάδα μέτρησης της απόδοσης συλλεκτών, σε συνεργασία με τον ΕΛ.ΟΤ.

Στον τομέα των συστημάτων ζεστού νερού δεν υπάρχουν ακόμη "πρότυπα" αποδεκτά στον Ευρωπαϊκό χώρο. Εργασία σε προχωρημένο επίπεδο εχει γίνει στο Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στην πόλη Ispra της Ιταλίας. Επίσης ερνασία βρίσκεται σε εξέλιξη στον τομέα των μετρήσεων της "Ενεργειακής Απολαβής" και "Κατανάλωσης Νερού (ποσότητα, μορφή)" απ'ευθείας σε μο-

νάδα όπως χρησιμοποιείται από τον καταναλωτή.

Γίνεται έρευνα τόσο αναλυτική όσο και πειραματική για τον σχεδιασμό και ενεργειακή απολαβή αεροηλιόθερμου το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γεωργικές εφαρμογές.

Ενδιαφέρουσες εργασίες καλύπτουν την περιοχή Σχεδιασμού Ενεργητικών Συστημάτων (μικρών, μεγάλων) με στόχο την αύξηση της Ενεργειακής απολαβής και μείωση του κόστους αυτών. Οι εφαρμογές αυτές καλύπτουν τόσο την παραγωγή ζεστού νερού όσο και τον συνδυασμό συστήματος για θέρμανση ή και ψύξη (ενεργητική, παθητική) χώρων στην Ελλάδα.

Στον τομέα των εφαρμογών εδόθησαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά μεγάλων εγκαταστάσεων θέρμανσης κολυμβητικών δεξαμενών και θέρμανσης -ψύξης κτιρίων όπου χρησιμοποιούνται συλλέκτες ειδικοί για κάθε περίπτωση και χαρακτηριστικά λειτουργίας ειδικών συσκευών (θερμοσωλήνες). Το σημαντικό γεγονός είναι ότι η εγκατάσταση των συστημάτων έχει συμπληρωθεί και παρουσιάσθηκαν τα πρώτα αποτελέσματα από μετρήσεις της "απόδοσης-λειτουργίας" τους.

Στην ίδια θεματολογική ενότητα ανήκει και η ομάδα των εργασίων του συνεδρίου.

ΗΛΙΑΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Με ανακοινώσεις που αφορούσαν δυνατότητες κάλυψης αναγκών σε θερμότητα για ξήρανση με επιπεδους ηλιακούς συλλέκτες, την ανάπτυξη της τεχνικής της θερμικής αποθήκευσης σε ηλιακή λίμνη και τέλος τη συμβολή των φωτοδιαφανών θερμομονωτικών υλικών στην πρόσδο της ηλιακής τεχνολογίας.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η εμφαση των ανακοινώσεων ήταν σε προβλήματα σχετιζόμενα με την αξιοποίηση της γεωθερμίας χαμηλής ευθαλπίας. Παρουσιάσθηκαν εισηγήσεις πάνω στην εκ. ετάλλευση για κεντρική θέρμανση οικισμών (τηλεθέρμανση) αντλίας θερμότητας για κλιματισμό κτιρίων, αφαλάτωση θαλασσινού νερού, θέρμανση

θερμοκηπίων. Ενδιαφέρουσες ήσαν και οι εργασίες για την αξιοποίηση θερμών εδαφών και την καταπολέμηση καθαλατώσεων ανθρακικού ασβεστίου.

Άλλες εργασίες αναφέρονταν στη χρήση του κύκλου Rankine για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στο ρόλο της νεοτεκτονικής στη γεωθερμική ενέργεια.

Διαπιστώθηκε ότι στην έρευνα για εντοπισμό και αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συμβάλλουν αρκετές φορές, όπως το ΙΓΜΕ, Πανεπιστήμια (ΕΜΠ, ΑΠΘ, ΑΓΣΑ), ΔΕΠ, ΕΤΒΑ, ιδιώτες και φυσικά η ΔΕΗ η οποία όμως απουσίασε από το Συνέδριο αυτό. Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι προσπάθειες όλων αυτών των πορέων άρχισαν να αποδίδουν καρπούς.

ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Οι τρεις ανακοινώσεις που έγιναν, αναφέρθηκαν στις δυνατότητες ενέργειακής αξιοποίησης των οικιακών απορριμάτων αφενός και ανάκτησης υλικών για παραπέρα αναλύκλωσή τους αφετέρου, και ακόμα στην επεξεργασία λυμμάτων εξεταζόμενη από την ενέργειακή άποψη του βέλτιστου στόχου.

Επισημαίνεται ότι τα παραπάνω θέματα ήδη εξετάζονται σε βάθος και πρέπει να συνεχισθεί η παραπέρα μελέτη τους τόσο από την άποψη της ανάκτησης μάζας ηλιακής ενέργειας όσο και για τη λύση καυτών προβλημάτων συμφόρησης του χώρου γύρω από τά αστικά κέντρα, ιδιαίτερα τά μεγάλα αστικά κέντρα.

Καταφάνηκε ότι η κατανομή του πληθυσμού στον Ελλαδικό χώρο επιτρέπει την εγκατάσταση μονάδων καύσης των απορριμάτων σε περιοχές που συγκεντρώνουν το 55% του πληθυσμού της χώρας και υποδείχθηκε η ίδρυση πειραματικής μονάδας. Από την άλλη μεριά, η ανάκτηση ορισμένων υλικών, όπως χαρτιού πλαστικών και σιδηρούχων μετάλλων από τά οικιακά απορρίματα πρίν από την καύση τους, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από άποψη εξοικονόμησης μάζας και από περιβαλλοντική άποψη.

ΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Οι ανακοινώσεις που έγιναν και η συζήτηση που επακολούθησε αφορούσαν:

1. στούς ποικίλλους- οικονομικούς, περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και λοιπούς - λόγους που επιβάλλουν την ανάπτυξη των ΗΜΕ
2. στα κίνητρα που πρέπει να θεσπίσει η Προπονητική, ή στην παραπέρα βελτίωση των υπαρχόντων, με σκοπό τη διάδοση των ΗΜΕ
3. σε θεσμικά και προγραμματικά προβλήματα που σχετίζονται με ενεργειακό σχεδιασμό εν γένει
4. στη λογική του καθορισμού του κόστους της παραγομένης -με ΗΜΕ - ενέργειας.

Διατυπώθηκαν προτάσεις για λήψη πρακτικών μέτρων όπως αύξηση του ορίου φορολογικής απαλλαγής για αγορά ηλιακού θερμοσίφωνα, επέκταση της φορολογικής απαλλαγής και δε άλλεσ ΗΜΕ, κ.λ.π.

Διαπιστώθηκε ακόμα ότι η πρόδοση που έχει μέχρι τώρα συντελεσθεί στον εκσυγχρινισμό και τη βελτίωση της σχετικής (ενέργειακής) νομοθεσίας θα πρέπει να συνεχισθέται.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Τόμος Α

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα χαρακτηριστικά των ηλιοφέγγων ημερών στη Θεσσαλονίκη κατά την ψυχρή περίοδο.

MET- 1 - 8

Α. Αρσένη-Παπαδημητρίου

Π. Μαχαίρας

Στοχαστική προσομοίωση της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας.

MET- 9 - 16

Α. Μπαλουκτσής

Δ. Τσανάκας

Γ. Βαχτσεβάνος

Ποσοτική προσέγγιση σε δύο ατμοσφαιρικές παραμέτρους που συνδέονται άμεσα με την ηλιακή ακτινοβολία.

MET- 17 - 24

Α. Τσιούμης

Πρόβλεψη της προσπίπτουσας ολικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας σαν συνάρτηση της καταγραφόμενης ηλιοφάνειας του ύψους του ηλίου και του συντελεστή θολότητας.

MET- 25 - 32

Α. Τσιούμης

Αναλυτικές σχέσεις υπολογισμού προσπίπτουσας ηλιακής
ακτινοβολίας κεκλιμένων επιφανειών στην Αθήνα. MET- 33 - 40

Δ.Α. Κουρεμένος

Κ.Α. Αντωνόπουλος

Δ. Δουλγεράκης

Μέθοδος υπολογισμού της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. MET- 41 - 48

Β.Α. Σωτηρόπουλος

Ανάλυση των ανέμων για αιολικές εφαρμογές στη Βόρειο Ελλάδα. MET- 49 - 56

Χ. Μπαλαφούτης

Συμβολή των φωτογραφιών των μετεωρολογικών δορυφόρων στην εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας σε έντεκα περιοχές της Ελλάδας. MET- 57 - 64

Θ. Χαραντώνης

Πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο και προσφορότερη κλίση ηλιακών συλλεκτών εγκατεστημένων σε νησιά του Ν. και Ν.Α. Αιγαίου. MET- 65 - 72

Π. Κορωνάκης

Επίδραση κλιματικών στοιχείων στις επιδόσεις ηλιοθερμικών συστημάτων. MET- 73 - 80

Π. Αξαόπουλος

Μ. Μουτσούλας

Ι. Δικαιάκος

2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αναλυτική μελέτη του προβλήματος μεταφοράς θερμότητας με νταρσιανή ροή μέσα σε τρισδιάστατο πορώδες μέσο. ΗΕΠ- 1 - 6

Συμβολή στη μελέτη τοίχων Trombe-Michel και πορώδων ηλιακών συλλεκτών θέρμανσής αέρα.

Β.Γ. Στεργιόπουλος, Γ. Τσοτρίδης

Η μέθοδος υπολογισμού 5000 για τον υπολογισμό της βοηθητικής ενέργειας που απαιτείται για την θέρμανση κτιρίων.

Α.Ι. Πελεκάνος

Ε.Π. Τσίγκας

Oscär: 'Ένα πρόγραμμα για την μελέτη της σκλασης ανοιγμάτων.

Θ. Στασινόπουλος

SCIA: 'Ένα πρόγραμμα για την σχεδίαση της σκιάς κτιριακών δύκων.

Θ. Στασινόπουλος

Μοντελοποίηση και πειραματικές μετρήσεις ενός παθητικού ηλιακού οικίσκου.

Π. Αξαόπουλος

Κατοικία με παθητικά ηλιακά συστήματα στα Χανιά.

Γ. Καλλιγέρης

Παιδικός σταθμός στο Χολαργό Α.Τ.Π.Σ.Υ.Τ.Ε.

Α. Τομπάζης

Παθητικός ηλιακός ανασχεδιασμός του νέου κτιρίου της Φιλοσοφικής Σχολής στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ε. Στούρνα-Τριάντη

Μ. Σανταμούρης

Θ. Μέτσης

Μ. Βαλληνδράς

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στη Νότια Γαλλία.

Α. Καλαντίδου

J.F. Capeille

ΗΕΠ- 7 - 14

ΗΕΠ- 15 - 20

ΗΕΠ- 21 - 24

ΗΕΠ- 25 - 32

ΗΕΠ- 33 - 40

ΗΕΠ- 41 - 48

ΗΕΠ- 49 - 56

ΗΕΠ- 57 - 68

3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μέθοδος προσδιορισμού της απόδοσης ηλιακού θερμοσίφωνου.

HEE- 1 - 8

A. Μαραντάς

Παρακολούθηση αποδόσεως και λειτουργίας θερμοσιφωνικής μονάδας σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

HEE- 9 - 16

Θ. Παφύλιας

Π. Κανελλόπουλος

Θεωρητική και πειραματική διερεύνηση αεροηλιοθέρμου.

HEE- 17 - 24

Θ. Ντούνας

Χ. Πολίτης

Μ. Σωτηριάδης

Α. Μήτσογλου

Β.Α. Σωτηρόπουλος

Καμπύλη απόδοσης ηλιακού θερμαντήρα νερού με φυσική κυκλοφορία.- Θεωρητική και πειραματική επιβεβαίωση.

HEE- 25 - 32

Ε. Βαζαίος

Π. Κανελλόπουλος

Επιδόσεις ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης και ψύξης στην Ελλάδα.

HEE- 33 - 40

Π.Ι. Αξαόπουλος

Παραμετρικός σχεδιασμός ηλιακών εγκαταστάσεων παραγωγής νερού χρήσης.

HEE- 41 - 48

Ε. Παπασταθοπούλου

Χ. Κορρές

Ν. Κουμούτσος

Βέλτιστη σχεδίαση δικτύου σωληνώσεων για την διασύνδεση συστοιχίας ηλιακών συλλεκτών.

HEE- 49 - 56

Ε. Βαζαίος

Α. Μακρύλλος

Δυνατότης χρησιμοποιήσεως αλογονομένων φθοριούχων
υδρογονανθράκων εις τους θερμοσαλήνες.

ΗΕΕ- 57 - 66

Α.Β. Σπυρίδωνος

Σχεδίαση και λειτουργία ηλιακών θερμαντικών συστημάτων κολυμβητικών δεξαμενών στην Ελλάδα.

ΗΕΕ- 67 - 74

Ε. Βαζαίος

Κ.Δ. Ρακόπουλος

Θέρμανση, δροσισμός και θέρμανση νερού χρήσης ζενοδοχειακού συγκροτήματος στα Χανιά με υβριδικά ηλιακά συστήματα.

ΗΕΕ- 75 - 82

Γ. Καλλιγέρης

Μ. Σανταμούρης

Π. Χαρώνης

Φ. Τριάντη

Τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ηλιακής εγκατάστασης θέρμανσης-ψύξης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδος.

ΗΕΕ- 83 - 90

Χ.Ι. Κορρές

Ε.Ε. Μπαρδάκας

4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Συμπεράσματα στατιστικών μεγάλης κλίμακας και εκτίμησης παραμέτρων των ενεργειακών αναγκών στον οικιακό τομέα.

ΕΕΚ- 1 - 8

Δ. Ασημακόπουλος

Π. Καλογερόπουλος

Ν. Κουμούτσος

Εξοικονόμηση ενέργειας σε δίκτυα αγωγών με βελτιστοποιημένο υπολογιστικό σχεδιασμό.

ΕΕΚ- 9 - 22

Ν. Σουμαλεύρης

Β. Πανταζής

Δ. Παπανίκας

Αντίσταση θερμοδιαφυγής κτιριακών στοιχείων και εξοικονόμηση ενέργειας.

ΕΕΚ- 23 - 30

Α. Φραγκουδάκης

Ένα μοντέλο πρόβλεψης μέσων θερμοκρασιών με χρήση σε αυτόματο σύστημα ελέγχου κεντρικής θέρμανσης/ψύξης.

ΕΕΚ- 31 - 38

Ε.Α. Καγιάφας

Γ. Καμπουράκης

Σ. Ποριάζης

Προσομοίωση σπιτιού στον ήλιο. Ένα γενικό μοντέλο προσομοίωσης της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου.

ΕΕΚ- 39 - 46

Β.Α. Σωτηρόπουλος

Δ.Α. Μπόζης

Α.Χ. Χριστοφορίδης

Έλεγχος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης με περιορισμό στη μέγιστη κατανάλωση ενέργειας.

ΕΕΚ- 47 - 54

Ε.Α. Καγιάφας

Γ.Ε. Καμπουράκης

Μ.Χ. Παππάς

Βιοκλιματική ανάλυση σταυλικών εγκαταστάσεων και βέλτιστος ενεργειακός σχεδιασμός στον Ελληνικό χώρο.

ΕΕΚ- 55 - 62

Π. Αξαόπουλος

Σ. Κυρίτσης

Γ. Λαμπρινός

Θέρμανση αίθουσας τοκετών χοιροστασίου με ηλιακή ενέργεια.

ΕΕΚ- 63 - 72

Γ.Γ. Μαρτζόπουλος

5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Διερεύνηση των επιδόσεων ενός ηλιακού συλλέκτη κατασκευασμένου με την μορφή μιας σκάφης σε σύγκριση με ένα επίπεδο συλλέκτη.

Π.Γ. Χαρώνης

Οπτικές και θερμικές δυνατότητες ενός παραβολικού ηλιακού συλλέκτη.

Σ. Τσιτομενέας

Γ. Σταυρακάκης

Ηλιακός συλλέκτης αέρα φυσικής κυκλοφορίας σε λειτουργία βρόγχου.

Α.Δ. Σφαιρίδης

Ε.Π. Τσίγκας

Μ.Α. Παπαδόπουλος

Φασματική μέθοδος Chebyshev μικρών διαταραχών για τη μελέτη των θερμικών ασταθειών ροής ελεύθερης συναγωγής μέσα σε κατακόρυφους ηλιακούς συλλέκτες.

Β.Γ. Στεργιόπουλος

Β. Brenier

ΣΥΛ- 1 - 6

ΣΥΛ- 7 - 14

ΣΥΛ- 15 - 22

ΣΥΛ- 23 - 30

Δυνατότητες κάλυψης θερμικού φορτίου ξήρανσης με σύστημα επιπέδων ηλιακών συλλεκτών αέρα.

Π. Μάντζαρη

Ζ. Μαρούλης

Γ. Ραουζαίος

Δ. Μαρίνος-Κουρής

ΘΕΔ- 1 - 8

Συμβολή των φωτοδιαφανών θερμομονωτικών υλικών στην εξέλιξη της ηλιακής τεχνικής.

Α. Φραγκουδάκης

ΘΕΔ- 9 - 16

Η ηλιακή λίμνη ως ηλιοθεραπεύσας μετατροπέας και διάταξη αποθηκεύσεως θερμότητας.-Σχεδίαση και θερμική απόδοση για τις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες.

ΘΕΔ- 17 - 24

Π.θ. Τσιλιγάρης

7. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Συνιστώσες της θερμικής διαδικασίας σε ένα θερμικό στρώμα στερεών.

ΑΠΘ- 1 - 8

Α.Ε. Μοσχάτος

Μελέτη της επίδρασης της θερμικής αγωγιμότητας στην αξιοποίηση ενός υδροφορέα χαμηλής ενθαλπίας σε συνδυασμό με αποθήκευση θερμικής ενέργειας.

ΑΠΘ- 9 - 16

Α. Μπαγτζόγλου

Γ. Αποστολίδης

Δ. Τολίκας

Κ. Κατσιφαράκης

Διαμόρφωση και πειραματική επαλήθευση μαθηματικού προτύπου σε σύστημα επιπέδου ηλιακού συλλέκτη αέρα και θερμικής αποθήκης στερεών σωματιδίων.

ΑΠΘ- 17 - 24

Ν. Λεονταρίδης

Ζ. Μαρούλης

Γ. Ραουζαίος

Δ. Μαρίνος-Κουρής

8. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ανάπτυξη πρότυπης μονάδας φωτοβολταϊκού σταθμού 132

ΗΛΣ- 1 - 8

W, με αυτόματη παρακολούθηση της κίνησης του ήλιου.

Π.χ. Στεφανίδης

Αξιοπιστία και παράμετροι αυτής. Μια μέθοδος βέλτιστου σχεδιασμού αυτόνομων φ/β συστημάτων.

ΗΛΣ- 9 - 16

Φ.Γ. Τσαλίδης

Α. Θαναηλάκης

Ηλιακό ηλεκτρικό εργοστάσιο, μέσω δημιουργίας ρεύματος αέρος (Sonnenaufwindkraftwerk).

Μ. Παπαδοπούλου

ΗΛΣ- 17 - 24

9. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Επίδραση της εποχιακής μεταβολής της γωνίας κλίσης των επιφανειών φωτοβολταϊκών στοιχείων στην παραγόμενη ενέργεια.

- A. Μπαλουκτσής
- Δ. Τσανάκας
- Γ. Βαχτσεβάνος

ΗΕΦ- 1 - 8

Κατασκευή και μελέτη φωτοβολταϊκών στοιχείων τύπου Schottky από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.

- Δ. Γκιργκινούδη

ΗΕΦ- 9 - 16

Σχεδίαση φωτοβολταϊκού αντλητικού συστήματος για άρδευση στην περιοχή Μενετών Καρπάθου.

- Ε. Βαζαίος
- Ι. Αβαριτσιώτης
- Μ. Τσίλης

ΗΕΦ- 17 - 24

Τόμος Β

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

10. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Δυνατότητα θέρμανσης του θερμοκηπίου με την χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας και υπογείου εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα.

- Γ.Ν. Μαυρογιαννόπουλος
- Σ. Κυρίτσης

ΗΕΓ- 1 - 8

Ανάπτυξη ενός παθητικού ηλιακού συστήματος για θέρμανση θερμοκηπίων.

ΗΕΓ- 9 - 16

Μ. Γραφιαδέλλης

Αντλία ύδατος που λειτουργεί με ηλιακό συγκεντρωτικό φως προσπίπτον επάνω σε φωτοβολταϊκά στοιχεία.

ΗΕΓ- 17 - 24

Κ.Π. Νεράντζης

Ξήρανση σουλτανίνας με ηλιακή ενέργεια.

ΗΕΓ- 25 - 32

Γ.Σ. Ραουζαίος

Ζ.Β. Μαρούλης

Δ.Σ. Μαρίνος-Κουρής

Ηλιακός ξηραντήρας παραγωγής σταφίδας.

ΗΕΓ- 33 - 40

Μ. Μαρούσης

Μ. Τσαμπαρλής

Συνδυασμένη παραγωγή αλατιού και νερού με ηλιακή ενέργεια.

ΗΕΓ- 41 - 48

Δ.Α. Τσίτσης

11. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Βελτιστοποίηση διάταξης ανεμογεννητριών σε αιολικό πάρκο.

ΑΙΟ- 1 - 8

Α. Παπακωνσταντίνου

Γ. Μπεργελές

Ν. Αθανασιάδης

Εκτίμηση κόστους παραγόμενης αιολικής KWH.

ΑΙΟ- 9 - 14

Γ. Καραμανζάνης

Εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στη Β. Ελλάδα.

ΑΙΟ- 15 - 22

Τ.Ι. Μακρογιάννης

Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου

Συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης των ανεμογεννη-

ΑΙΟ- 23 - 30

τριών του αιολικού πάρκου της Κύθνου.

Σ. Σάββας

I. Χατζηβασιλειάδης

Γ. Μπεργελές

N. Αθανασιάδης

Βελτιστοποίηση και πρόβλεψη της απόδοσης του ρότορα
ενός ανεμοκινητήρα με οριζόντιο άξονα.

AI0- 31 - 38

X. Γεωργαλάς

A. Κόρας

Σ. Τρωΐανδς

Μελέτη των επιδόσεων ανεμοκινητήρων κατακορύφου άξο-
να Darrieus μέσα σε διατμητικό στρώμα αέρα με μια
μέθοδο πολλαπλών σωλήνων ροής και ασυμμετρική λει-
τουργία του ανάντη και κατάντη τμήματος του δρομέα.

AI0- 39 - 44

B.Γ. Στεργιόπουλος

M. Botrini

Μέθοδος πρόλεξης του μη μόνιμου τρισδιάστατου απορ-
ρεύματος ανεμοκινητήρα κατακόρυφου άξονα τύπου V α-
πλού ή πολλαπλού δρομέα.

AI0- 45 - 52

B.Γ. Στεργιόπουλος

Χαρακτηριστικά λειτουργίας της ανεμογεννήτριας κατα-
κόρυφου άξονα με ευθύγραμμα πτερύγια.

AI0- 53 - 60

A. Ζερβός

N. Απέργης

N. Αθανασιάδης

Αυτόνομη αιολική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

AI0- 61 - 68

X. Βούρος

A. Ανδρούτσος

Δ. Βούρος

12. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μελέτη της επιλογής και τροποποιήσεις αντλίας για
την αντίστροφη λειτουργία ως υδροστροβίλου. ΥΔΡ- 1 - 8

Δ. Παπαντώνης

Ν. Αθανασιάδης

Η εκμετάλευση των μικρών υδροηλεκτρικών έργων. ΥΔΡ- 9 - 16

Σ. Περδίος

Μικρουδροηλεκτρική μονάδα στα Σέλλα Ευρυτανίας. ΥΔΡ- 17 - 20

Γ. Αργυρόπουλος

Γ. Βέκιος

Σ. Κυρίτσης

13. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ρόλος της νεοτεκτονικής στη γεωθερμική έρευνα. ΓΕΩ- 1 - 8

Σ. Παυλίδης

Κ. Σηματάκης

Γεωθερμική ενέργεια και τηλεθέρμανση. ΓΕΩ- 9 - 14

Ο.Ν. Πλανάκης

Αξιοποίηση του θερμομεταλλικού νερού σε αντλία θερμότητας. ΓΕΩ- 15 - 22

Γ.Δ. Βασιλάτος

Εφαρμογή του κύκλου του Rankine στην αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών. ΓΕΩ- 23 - 30

I. Νικολαΐδης

Σ.Β. Παράς

Α.Ι. Καράμπελας

Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με χρήση επιφανειακών γεωθερμικών πεδίων.-Περίπτωση εφαρμογής στη νήσο Μήλο. ΓΕΩ- 31 - 38

Ν. Κουμούτσος

I. Μακατσώρης

Γεωθερμική ενέργεια από πεδία θερμών εδαφών και ατμόδων στη Μήλο.

ΓΕΩ- 39 - 46

Μ. Φυτίκας

Γ. Μαυρογιαννόπουλος

Θέρμανση θερμοκηπίων με γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας στα ελαιοχώρια Χαλκιδικής.

ΓΕΩ- 47 - 52

Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου

14. BIOMAZA

Θερμοχημική μετατροπή βιομάζας. Βασική και τεχνολογική μελέτη της πυρόλυσης της βιομάζας.

BIO- 1 - 8

G. Maschio

A. Lucchesi

Μοντέλο ροών μάζας και ενέργειας σε ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής βιομάζας και προϊόντων από βιομάζα.

BIO- 9 - 14

Ε.Γ. Κούκιος

Κ. Χατζηγιαννάκης

Δ. Ασημακόπουλος

Παραγωγή βιομάζας από φυτείες ειδών και οικογενειών πλατάνου με μικρό περίτροπο χρόνο. Αποτελέσματα δεύτερης αποψιλωτικής υλοτομίας.

BIO- 15 - 22

Κ.Π. Πανέτσος

Παραγωγή βιομάζας από φυτείες κλώνων λεύκης μικρού περίτροπου χρόνου.

BIO- 23 - 32

Κ.Π. Πανέτσος

Α.Β. Σκαλτσογιάννης

Αναερόβια ζύμωση της πράσινης βελανιδιάς σε κλειστό αντιδραστήρα.

BIO- 33 - 38

Α. Γείτονας

Επίλυση του προβλήματος κατσιγάρων και όλων των άλλων παρομοίων με τα λιόζουμα υγρών αποβλήτων με την ντόπια βιοηλιακή μας αναερόβιο μέθοδο απορύπανσης σε λιμνοδεξαμενώσεις παραγωγής πολλών προϊόντων.

BIO- 39 - 46

Θ. Χριστοφορίδης

Βελτιστοποίηση της απόδοσης των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας σε κτηνοτροφικές μονάδες.

BIO- 47 - 54

Δ. Γεωργακάκης

Σ. Ξενικός

Σ. Κυρίτσης

Εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας στην επεξεργασία οργανικών αποβλήτων με συμπαραγωγή βιομάζας.

BIO- 55 - 62

Φ.Α. Μπατζιάς

Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων στην παραγωγή ασβέστη.

BIO- 63 - 70

Γ. Αργυρόπουλος

Μια εφαρμογή της τεχνικής του χωνευτήρα με σταθερή βακτηριακή κλίνη για την μεθανοποίηση του τυρόγαλου ενός τυροκομίου που παράγει τυρί συμπιεσμένου.

BIO- 71 - 78

H. Bouillez

J.L. Blanchard

P. Lemaire

Το ύψος της μεθανοποίησης απορριμάτων ζώων στη Γαλλία μέχρι την 1.1.85.

BIO- 79 - 86

N. Bouillez

H. Blanchard

Αιθανόλη από γεωργικά παραπροϊόντα σε στήλες ακινητοποιημένων μικροοργανισμών.

BIO- 87 - 94

Ε.Γ. Κούκιος, Γ. Χατζούδης

Δ. Οικονομίδης, Δ. Κέκος

Θ. Τσούτσος

Παραγωγή ενεργειακής αλκοόλης από αγροτικά παραπροϊόντα. Ολοκληρωμένη τεχνικο-οικονομική αντιμετώπιση.

BIO- 95 -102

Ε.Γ. Κούκιος

Δ. Οικονομίδης

Θ. Τσούτσος

Δ. Κέκος

Αλατούχα εδάφη: Μια ρεαλιστική προοπτική για ενεργειακές φυτείες στην Ελλάδα.

BIO-103 -106

I. Στάμου

15. ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των οικιακών απορριμάτων στην Ελλάδα.

AΞΑ- 1 - 8

Δ. Διακουλάκη

Ν. Κουμούτσος

Ανάκτηση υλικών από οικιακά απορρίμματα μείζονος περιοχής Θεσσαλονίκης.

AΞΑ- 9 - 16

Δ. Κούλης

Α. Ζαμπανιώτου

Α.Ι. Καράμπελας

16. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΜΑΤΩΝ

Κύματα εσωτερικής βαρύτητας. Μελλοντική υπόσχεση για παραγωγή ενέργειας.

KYM- 1 - 8

Δ. Κανελλόπουλος

Στοιχεία ενεργειακής τεχνικο-οικονομικής ανάλυσης μονίμων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τους θαλάσσιους κυματισμούς.

KYM- 9 - 16

Μ. Σπυριδάκης

17. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

Καταλυτική δράση ενός συμπλόκου του βολφραμίου στη φωτοχημική διάσπαση του νερού.

ΤΦΜ- 1 - 8

Χ. Μητσοπούλου

Δ. Κατάκης

Ε. Βραχνού-Άστρα

Ι. Κωνσταντάτος

Φωτοχημεία διαλυμάτων του δις-2-χλωροδιθειοβενζιλονικελίου (II) παρουσία Edta και Mn^{2+} σε διαλύτη ακετόνη-νερό (70:30).

ΤΦΜ- 9 - 16

Η. Χοντζόπουλος

Ε. Βραχνού-Άστρα

Ι. Κωνσταντάτος

Φωτοχημική μετατροπή και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας με πολυοξιμεταλλικές ενώσεις Mo,W ή V. Παραγωγή υδρογόνου, φωτοκατάλυση, φωτογαλβανικά στοιχεία.

ΤΦΜ- 17 - 24

Η. Παπακωνσταντίνου

Π. Αργείτης

Δ. Δημοτίκαλη

Α. Χισκιά

Α. Ιωαννίδης

Το θειέκο ασβέστιο σαν βελτιωτικό της συμπιεστότητας και των ξηρών συστατικών της πούλπας σε εργοστάσιο ζάχαρης.

ΤΦΜ- 25 - 32

Ι. Βελέντζα

Π. Χριστοδούλου

Η παραγωγή ενέργειας και χημικών πρώτων υλών από λιγνιτοκυτταρινούχα υποστρώματα με όξινη υδρόλυση.

ΤΦΜ- 33 - 40

Ι. Παπαδόπουλος

18. ΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Ανάπτυξη τεχνολογίας ήπιων μορφών ενέργειας και οι παράγοντες που την καθορίζουν

HMO- 1 - 6

Κ.Π. Νεράντζης

Ήπιες μορφές ενέργειας και οικονομική ανάπτυξη.

HMO- 7 - 14

Σ. Καραγιάννη

Α. Φραγκουδάκης

Ενεργειακός πολεοδομικός σχεδιασμός. Θεσμικά και προγραμματικά προβλήματα.

HMO- 15 - 20

Ν. Καλογήρου

Κόστος ΚWh σε εργοστάσιο συμπαραγωγής ατμού-ηλεκτρισμού λαμβάνοντας υπόψη τον εξεργειακό βαθμό απόδοσης.

HMO- 21 - 28

Π. Χριστοδούλου

Ένα μοντέλο για τις ήπιες μορφές ενέργειας στις Κυκλαδες.

HMO- 29 - 36

Α. Λελεδάκης

Θ. Γκούμας

Μ. Σαμουηλίδης

Πολυκριτηριακή ανάλυση του προβλήματος αξιοποίησης της γεωθερμίας της Μήλου. Εφαρμογή των μεθόδων Elettre.

HMO- 37 - 44

Σ. Παπαθανασίου

Π. Κάπρος

Μ. Σαμουηλίδης

Μακροοικονομικές επιπτώσεις της παραγωγής αιθανόλης από γεωργικές πρώτες ύλες και της χρήσης της ως καυσίμου. Μέθοδος υπολογισμού και εφαρμογή στη περίπτωση της Γαλλίας.

HMO- 45 - 52

Ι. Φλωρεντίν

**19. ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ
ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Ηπιες μορφές ενέργειας και επίδραση στο περιβάλλον.

ΠΕΡ- 1 - 8

Ο.Ν. Πλανάκης

Η ενέργεια και η πόλη.

ΠΕΡ- 9 - 16

Π. Σταθακόπουλος

Ο πολεοδομικός σχεδιασμός έκφραση θεμελίωσης των πα-
θητικών συστημάτων ενέργειας.

ΠΕΡ- 17 - 20

Μ. Βαλασσά

Α. Τσαλαπάτας

Ενέργεια και περιβάλλον. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική
μια προοπτική για την ισορροπία χτισμένου/ψυσικού
περιβάλλοντος.

ΠΕΡ- 21 - 28

Ε. Ανδρεαδάκη-Χρονάκη

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΛΙΟΦΕΓΓΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟ.

Αγγελική Αρσένη-Παπαδημητρίου
Παναγιώτης Μαχαίρας
Τομέας Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας. Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετώνται οι ηλιοφεγγείς ημέρες (κλάσμα ηλιοφάνειας $\geq 0,66$) της χειμερινής περιόδου (Οκτώβριος-Απρίλιος) για το σταθμό της Θεσσαλονίκης. Χρησιμοποιήθηκαν τα δημοσιευμένα στοιχεία του σταθμού του ΑΠΘ για τη περίοδο 1951-1980. Αναλύονται οι κατά μήνα μέσες συχνότητες των ηλιοφεγγών ημερών καθώς και οι άκρες τιμές αυτών. Στη συνέχεια μελετώνται οι συχνότητες διαδοχικών ηλιοφεγγών ημερών και διαπιστώνεται ότι ο Οκτώβριος εμφανίζει τη μεγίστη μέση διάρκεια με 3,02 ημέρες ενώ ο Ιανουάριος την ελαχίστη με 1,87. Ο μέγιστος αριθμός επεισοδίων σημειώνεται τον Απρίλιο (165) ενώ ο ελάχιστος τον Νοέμβριο (136). Τέλος, με τη χρησιμοποίηση του σχήματος G. Rölyia υπολογίστηκαν για όλους τους μήνες οι θεωρητικές πιθανότητες διαδοχικών ηλιοφεγγών ημερών και στην συνέχεια οι συχνότητες εμφάνισής τους. Τ' αποτέλεσματα συγκρίθηκαν με τις πραγματικές τιμές και με το test χ^2 εκτιμήθηκε η προσαρμογή του μοντέλου.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΑΕΙΔΙΑ : Θεσ/νίκη, ηλιοφεγγείς ημέρες, κλάσμα ηλιοφάνειας, εμμονή, σχήμα G. Rölyia.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλιοφάνεια στη Θεσ/νίκη έχει μέχρι τώρα ερευνηθεί αρκετά καλά, τόσο από την άποψη της εποχιακής κύμανσης όσο και της ημερήσιας ($1,4,5,6$). Στις ηλιοφεγγείς όμως ημέρες και στις ακολουθίες τους, ιδιαίτερα της χειμερινής περιόδου (εφόσον κατά τη θερινή περίοδο δεν υπάρχει σοβαρό πρόβλημα περιορισμού της ηλιοφάνειας) ελάχιστοι από τους παραπάνω ερευνητές αναφέρθηκαν. Στην παρούσα εργασία μας απασχόλησε ακριβώς το πρόβλημα των ηλιοφεγγών ημερών της Θεσ/νίκης, για το ψυχρό επτάμηνο (Οκτώβριος-Απρίλιος). Χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα της ηλιοφάνειας του σταθμού του ΑΠΘ για την 30ετία 1951-1980. Συγκεκριμένα επιλέξαμε τις ημέρες εκείνες της χειμερινής περιόδου που είχαν κλάσμα ηλιοφάνειας $\geq 0,66$ (κλάσμα ηλιοφάνειας=πραγματική ηλιοφάνεια προς την θεωρητική). Ο κατ' αυτόν τον τρόπο ορισμός των ημερών δεν είναι εντελώς αυθαίρετος, αλλά επιλέχτηκε με τον συλλογισμό ότι, κατά μια ημέρα με κλάσμα ηλιοφάνειας $\geq 0,66$, η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που φάνει στην επιφάνεια της γης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 50% της θεωρητικής τιμής της. Αυτό σημαίνει περισσότερο από 180cal. cm⁻² day⁻¹, ακόμη και για τους δύο καθαρά χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο (⁷). Κατ' αυτό τον τρόπο ακόμη και τα παθητικά ηλιακά συστήματα (ηλιακοί θερμοσίφωνες) με απόδοση περίπου 25% θα μπορούσαν ν' ανεβάσουν κατά 30°C την θερμοκρασία 15kg νερού ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας, τοποθετημένης οριζόντια (⁷). Συγκεντρώσαμε έτσι 2524 ημέρες τις οποίες και κατατάξαμε σε επεισόδια συνεχών ηλιοφεγγών ημερών με διάρκειες που κυμαίνονται από μια μέχρι 18 ημέρες.

2. ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΗΛΙΟΦΕΓΓΕΙΣ ΗΜΕΡΕΣ - ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ.

Τις ηλιοφεγγείς ημέρες που συγκεντρώσαμε, τις διακρίναμε σε επεισόδια. Η διάρκεια των επεισοδίων αυτών κυματίνεται από μία ημέρα μέχρι 18 ημέρες. Θα θέλαμε εδώ να κάνουμε μία διευκρίνηση σχετικά με τον τρόπο κατάταξης των ημερών. Αναφέρουμε, λοιπόν, ότι, διαν ένα επεισόδιο άρχιζε σε κάποιον μήνα και συνεχίζοταν καὶ στον επόμενο το περιστατικό αυτὸ το αποδίδαμε στον μήνα, που ανήκαν οι επεισόδιες της ημέρες του επεισοδίου. Κατ' ανάλογο τρόπο αποδώσαμε στον Οκτώβριο επεισόδια με αρχή στον Σεπτέμβριο καὶ στον Απρίλιο επεισόδια που έληγαν τον Μάιο. Είναι, λοιπόν, φανερό ότι ορισμένοι μήνες θα εμφανίζονται στην έρευνά μας με περισσότερες ἢ λιγότερες ημέρες απ' ότι έχουν ημερολογιακά. Ήταν οι ηλιοφεγγείς, έφτασαν τις 2524 ημέρες (με την προσθήκη 54 ημερών του Σεπτεμβρίου στο δυναμικό του Οκτωβρίου καὶ 35 του Μαΐου στον Απρίλιο). Στον πίνακα I παρατίθενται οι συχνότητες των διάφορης διάρκειας επεισοδίων κατά μήνα. Απ' αυτές υπολογίζαμε τη μέση διάρκεια (σε

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι
ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΥΝΕΧΩΝ ΗΛΙΟΦΕΓΓΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΝΑ

Ημέρες	0	N	Δ	I	Φ	M	A	Συν.	Ημέρ.	%
1	57	54	98	80	65	71	64	489	489	19,37
2	38	40	25	41	37	28	36	245	490	19,41
3	23	16	17	17	26	17	19	135	405	16,05
4	11	14	13	10	11	8	15	82	328	13,00
5	11	5	3	6	4	9	14	52	260	10,30
6	8	1	2		1	2	6	20	120	4,75
7	3	4	3	1	1	1	7	20	140	5,45
8	2	1	1		2	4		10	80	3,17
9	5	1					1	7	63	2,50
10	2					1	1	4	40	1,58
11							1	1	11	0,44
12					1			1	12	0,48
13	2				1		1	4	52	2,06
14										
15										
16	1							1	16	0,63
17										
18						1		1	18	0,71
Σύνολο	163	136	162	155	149	142	165	1072	2524	99,9
̄(ημ)	3,02	2,31	1,89	1,87	2,24	2,35	2,73	2,35		
1(max) (ημ)	16	9	8	7	13	18	13	18		

ημέρες) των επεισοδίων κατά μήνα σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{1} = \frac{\sum i N_i}{\sum N_i}$$

Οι μέσες διάρκειες ακολουθούν, δύος θα παρατηρήσουμε από τον πίνακα, απλή κύμανση με ελάχιστο τον Ιανουάριο (1,87 ημέ-

ρες) και μέγιστο τον Οκτώβριο (3,02 ημέρες). Μη λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια, υπολογίσαμε κάθε μήνα τον ολικό αριθμό των επεισοδίων (πίνακας I). Τα επεισόδια όλης της 30ετίας που μελετούμε ανέρχονται σε 1072, με μέγιστο αριθμό αυτών κατά τον Απρίλιο (165) και ελάχιστο κατά τον Νοέμβριο (136). Και ενώ οι Νοέμβριος, Δεκέμβριος και Ιανουάριος συγκεντρώνουν το σύνολο των ημερών τους σε ακολουθίες συνεχών ημερών μικρής σχετικά διάρκειας οι μήνες της αρχής και του τέλους της χειμερινής περιόδου (Οκτώβριος, Μάρτιος κ.λ.π) εμφανίζουν μεγαλύτερη διασπορά των ημερών τους, φτάνοντας ορισμένες φορές και σε μεμονωμένα περιστατικά με διάρκειες >10 ημερών.

Από τον ίδιο πίνακα εξάλλου θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε ότι, το 78,15% του συνολικού αριθμού των ηλιοφεγγών ημερών κατανέμεται σε επεισόδια με μικρές διάρκειες (1-5 ημέρες), το 17,45% σε επεισόδια με μέσες (6-10ημέρες) και μόνο το 4,32% σε επεισόδια με μεγάλες διάρκειες (>10 ημέρων). Πράγματι, κατά την χειμερινή εποχή στην Θεσ/νίκη δεν έχουμε πολύ συχνά, συνεχείς σειρές ηλιοφεγγών ημερών, που να διαρκούν περισσότερο από μια βδομάδα. Το σύνολο των ημερών της 30ετίας, των ηλιοφεγγών και μη, ανέρχεται στις 6457 (με την προσθήκη ημερών στον Οκτώβριο και τον Απρίλιο). Συγεπώς, η πιθανότητα να συμβεί ηλιοφεγγής ημέρα (με $f \geq 0,66$) κατά το χειμώνα, θα είναι:

$$P = \frac{2524}{6457} = 0,391$$

δηλαδή, η μία ημέρα στις 3 του χειμερινού επταμήνου είναι ηλιοφεγγής. Η πιθανότητα να συμβεί μία ηλιοφεγγής ημέρα κάθε μήνα χωριστά, διαμορφώνεται στα παρακάτω επίπεδα:

O	N	Δ	I	Φ	M	A
0,501	0,349	0,330	0,312	0,395	0,359	0,482

Την υψηλότερη πιθανότητα να συμβεί μία ηλιοφεγγής ημέρα:εμφανίζει ο Οκτώβριος και κατόπιν ο Απρίλιος, με τιμές που φτάνουν ή πλησιάζουν το 50%. Αυτό σημαίνει ότι, γι' αυτούς τους μήνες, η μία στις δύο ημέρες είναι ηλιοφεγγής. Όσον αφορά στους άλλους μήνες, οι πιθανότητες τους διαμορφώνονται στα αυτά περίπου επίπεδα, με μικρότερη τον Ιανουάριο.

Αναλυτικά, και βασισμένοι στις ηλιοφεγγείς ημέρες κάθε μήνα υπολογίσαμε την πιθανότητα να συμβεί επεισόδιο με διάρκεια 1,2,3.... ημέρες. Έτσι π.χ. διαπιστώνεται από τον πίνακα II (στήλη A) ότι η πιθανότητα να συμβεί τον Οκτώβριο περιστατικό διάρκειας 5 ημερών είναι 0,067. Στη συνέχεια υπολογίσαμε και με την μέθοδο που θα αναπτύξουμε παρακάτω, τις θεωρητικές πιθανότητες (Πίνακας II, στήλη B).

Τις τιμές του πίνακα αυτού, τόσο τις θεωρητικές όσο και τις πραγματικές, τοποθετήσαμε σε διαγράμματα πιθανοτήτων (λογαριθμική κλίμακα) (σχ.1). Εξ αυτών παραθέτουμε ενδεικτικά μόνο του Δεκέμβριου (α) και το ετήσιο (β). Έτσι και από τα διαγράμματα αυτά, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι, η εφαρμοσθείσα μέθοδος, έδωσε πάρα πολύ καλά αποτελέσματα, καθώς τόσο οι τιμές που παρατηρήθηκαν, όσο και αυτές που υπολογίστηκαν κείνταν επί της αυτής ευθείας.

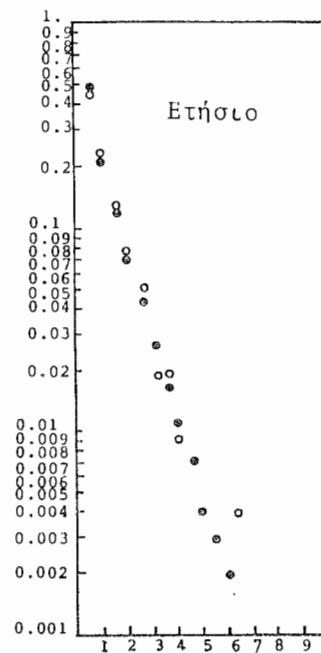
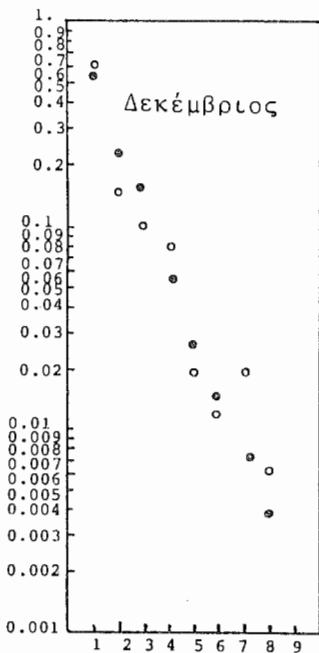
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Πιθανότητες (παρατηρηθείσες Α και υπολογισθείσες Β) επεισοδίων συνεχών

ηλιοφεγγών ημερών, κατά μήνα.

Ημέρα	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ			ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ			ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ			ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ			ΦΕΒΡΟΥΑΓΙΟΣ			ΜΑΡΤΙΟΣ			ΑΠΡΙΛΙΟΣ			ΕΤΟΣ				
	Συχν.	A	B	Συχ.	A	B	Συχ.	A	B	Συχν.	A	B	Συχν.	A	B	Συχ.	A	B	Συχ.	A	B	Συχ.	A	B		
1	57	0.350	0.359	54	0.397	0.435	98	0.605	0.556	80	0.516	0.487	65	0.436	0.498	71	0.500	0.536	64	0.388	0.414	489	0.456	0.467		
2	38	0.233	0.211	40	0.294	0.245	25	0.154	0.225	41	0.265	0.292	37	0.248	0.213	28	0.197	0.180	36	0.218	0.210	245	0.229	0.219		
3	23	0.141	0.137	16	0.118	0.139	17	0.105	0.107	17	0.110	0.133	26	0.174	0.116	17	0.120	0.098	19	0.115	0.128	135	0.126	0.123		
4	11	0.067	0.092	14	0.105	0.079	13	0.080	0.054	10	0.065	0.054	11	0.074	0.067	8	0.056	0.060	15	0.091	0.082	82	0.076	0.073		
5	11	0.067	0.062	5	0.037	0.045	3	0.019	0.027	6	0.039	0.021	4	0.027	0.040	9	0.063	0.039	14	0.085	0.054	52	0.049	0.044		
6	8	0.049	0.043	1	0.007	0.025	2	0.012	0.014				1	0.007	0.025	2	0.014	0.026	6	0.036	0.036	20	0.019	0.027		
7	3	0.018	0.029	4	0.029	0.015	3	0.019	0.007	1	0.006	0.003	1	0.007	0.015	1	0.007	0.018	7	0.042	0.024	20	0.019	0.017		
8	2	0.012	0.020	1	0.007	0.008	1	0.006	0.004				2	0.013	0.010	4	0.028	0.012				10	0.009	0.011		
9	5	0.031	0.014	1	0.007	0.005													1	0.006	0.011	7	0.007	0.007		
10	2	0.012	0.010													1	0.007	0.005	1	0.006	0.008	4	0.004	0.004		
11																			1	0.006	0.005	1	0.001	0.003		
12															1	0.007	0.002				1	0.001	0.002			
13	2	0.012	0.003												1	0.007	0.001				1	0.006	0.003	4	0.004	0.001
14																										
15																										
16	1	0.006	0.001																1	0.001	0.000					
17																										
18																		1	0.007		1	0.001	0.000			

Πιθανότητα να σημειωθεί ένα πτυχιούχο αν η πτυχή



Μήκος των ακολουθιών σε ημέρες (n)

Σχήμα 1- Κατανομή παρατηρηθεισών και υπολογισθεισών πιθανοτήτων κατά το Δεκέμβριο και την Χειμερινή περίοδο.

3. ΕΜΜΟΝΗ ΗΛΙΟΦΕΓΓΩΝ ΗΜΕΡΩΝ - ΣΧΗΜΑ G. POLYA

Πολλές φορές στην παρατήρηση θεώρούμε τις συνθήκες που προηγούνται ή έπονται ενός φαινούμενου ανεξάρτητες μεταξύ τους, γεγονός που δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα. Δηλαδή, ένα φαινόμενο κάποιας ημέρας εξαρτάται απ' αυτό της προηγούμενης. Η εξάρτηση δε αυτή ελαττώνεται όσο αυξάνει ο χρόνος, που μεσολαβεί μεταξύ των παρατηρήσεων (π.χ. η βροχή δύο διαδοχικών ετών, είναι ανεξάρτητα γεγονότα). Θα αναφέρουμε, ότι η πιθανότητα να συμβεί μία ημέρα με βροχή είναι μεγαλύτερη, αν την προηγούμενη ημέρα σημειώθηκε βροχή, απ' ότι αν την προηγούμενη δεν είχε σημειωθεί. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι η βροχή εμφανίζει "εμμονή" από τη μία ημέρα στην άλλη. Εμμονή παρατηρείται και σε πολλά άλλα μετεωρολογικά φαινόμενα, όπου οι δυνατότητες που υπάρχουν είναι 0 ή 1, δηλαδή, να συμβεί ή όχι το φαινόμενο⁽²⁾.

Η μέθοδος υπολογισμού των θεωρητικών πιθανοτήτων και στη συνέχεια των θεωρητικών συχνοτήτων εμφάνισης του φαινούμενου της ύψηλής ηλιοφάνειας, είναι αυτή που ονομάζεται σχήμα ή κατανομή του G. Ρόλγα και που αντιστοιχεί στην αρνητική διωνυμική κατανομή. Κατ' αυτή τα γεγονότα-φαινόμενα θεωρούνται εξάρτημένα. Εμφανίζουν δηλαδή, όπως αναφέραμε εμμονή.

Κατά τη μέθοδο αυτή οι πιθανότητες δίνονται από τις μαθηματικές εκφράσεις:

$$P_0 = \frac{m}{d+1}$$

$$P_1 = P_0 \cdot \frac{(m-1)}{d}$$

.....

$$P_i = P_{i-1} \cdot \frac{(m-(i-1))}{d} / i$$

Όπου το m παριστά τον μέσο όρο και το d την παράμετρο της "μεταδοτικότητας (contagion)", η οποία αντιπροσωπεύει τον βαθμό εξάρτησης ενός γεγονότος από το προηγούμενο του. Υπολογίζεται δε από την σχέση:

$$d = \frac{\sigma^2}{m} - 1 ,$$

όπου, σ^2 είναι η μεταβλητότητα της κατανομής.

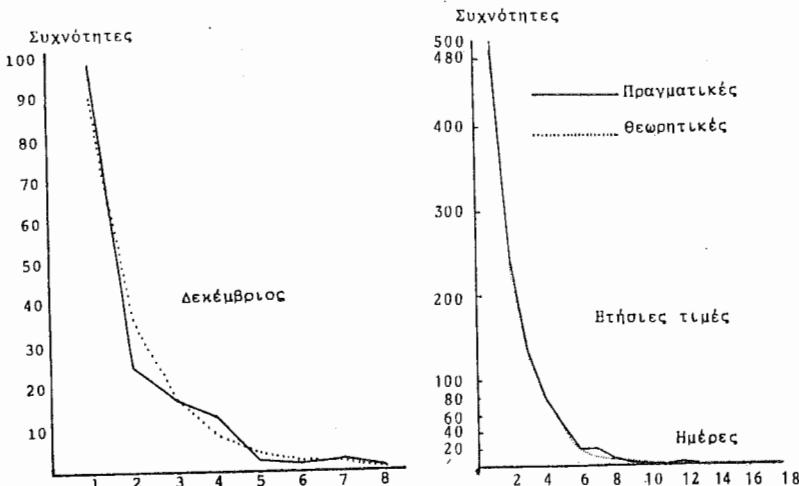
Το σ^2 υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma^2 = \frac{\sum n_i S_i^2}{N} - m^2$$

όπου, $S_i = X_i - 1$ και $N = \sum n_i$, ο αριθμός των ημερών του φαινούμενου. Οι θεωρητικές πιθανότητες, όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, καταχωρήθηκαν στον πίνακα II (στήλη B).

ΠΙΝΑΚΑΣ III
Συχνότητες (παρατηρήσεις Α και υπολογισθέσεις Β) επεισοδίων συνεχών
ηλιοφεγγίων ημέρων. κατά ημέρα.

Ημέρα	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ			ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ			ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ			ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ			ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ			ΜΑΡΤΙΟΣ			ΑΠΡΙΛΙΟΣ			ΕΤΟΣ			
	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	Α	Β	Α-Β	
1	57	58,56	-1,56	54	59,11	-5,11	98	90,07	7,93	80	75,55	4,45	65	74,17	-9,17	71	76,17	-5,17	64	68,31	-4,31	489	500,26	-11,26	
2	38	34,38	3,62	40	35,26	6,75	25	36,55	-11,53	41	45,32	-4,32	37	31,77	5,25	28	25,62	2,38	36	34,70	1,30	245	235,30	9,70	
3	25	22,50	0,70	16	18,94	-2,34	17	17,40	-0,40	17	20,65	-3,65	26	17,24	8,76	17	15,93	3,07	19	21,08	-2,08	135	132,15	2,87	
4	11	14,32	-3,92	14	10,69	3,31	13	8,69	4,51	10	8,41	1,59	11	10,01	0,99	8	8,54	-0,54	15	13,50	1,50	82	78,21	3,79	
5	11	10,13	0,37	5	6,08	-1,08	3	4,45	-1,45	6	3,25	2,75	4	6,00	-2,00	9	5,55	5,47	14	8,37	5,15	52	47,49	4,51	
6	8	6,95	1,05	1	5,45	-2,45	2	2,31	-0,31	1	5,67	-2,67	2	3,69	-1,69	6	5,92	0,08	20	29,26	-9,26				
7	5	4,79	-1,79	4	1,97	2,03	5	1,21	1,79	1	0,43	0,57	1	2,27	-1,27	1	2,52	-1,52	7	3,99	3,01	20	18,21	1,79	
8	2	3,32	-1,32	1	1,12	-0,12	1	0,64	0,36				2	1,42	0,58	4	1,74	2,26				10	11,41	-1,41	
9	5	2,30	2,70	1	0,64	0,36													1	1,85	-0,85	7	7,19	-0,19	
10	2	1,60	0,40											1	0,86	0,14	1	1,26	-0,26	4	4,35	-0,55			
11																		1	0,89	0,11	1	2,39	-1,39		
12														1	0,23	0,77						1	1,34	-0,34	
13	2	0,54	1,46											1	0,14	0,36		1	0,41	0,59	4	1,17	2,85		
14																									
15																									
16	1	0,19	0,81																	1	0,31	0,69			
17																									
18																		1	0,12	0,38	1	0,13	0,37		
Σύνολο	165	159,98	3,02	136	135,16	0,84	162	161,30	0,70	155	153,61	1,39	149	146,92	2,03	142	138,72	3,28	165	160,78	4,22	1072	1070,35	1,65	



Σχήμα 2- Πραγματικές και θεωρητικές συχνότητες Δεκεμβρίου και χειμερινής περιόδου.

Στη συνέχεια και με βάση τις υπολογισθείσες πιθανότητες βρήκαμε τις θεωρητικές συχνότητες των διαφόρων επεισοδίων πολλαπλασιάζοντας για κάθε μήνα την αντίστοιχη προστη διάρκεια πιθανότητα επί τον αριθμό των ηλιοφεγγών ημέρων. Στον πίνακα III στη στήλη Α παραθέσαμε τις πραγματικές συχνότητες και στη στήλη Β τις εκτιμηθείσες. Σε μια τρίτη δε στήλη (Α-Β) τις διαφορές που προκύπτουν από τη διαφορά των δύο συχνοτήτων. Εξάλλου από το σχήμα 2 όπου τοποθετήθηκαν οι δύο συχνότητες μπορούμε να διαπιστώσουμε, ότι αφενός μεν η προσαρμογή είναι πολύ καλή, αφετέρου οι συχνότητες κείνται σε μια παραβολή με ασύμπτωτους τους δύο κάθετους άξονες.

4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η εφαρμογή του μοντέλου, δπως συμπεραίνεται τόσο από τον πίνακα III, όσο και από τα σχήματα 2, είναι πολύ ικανοποιητική. Όταν δε, μεταξύ των διαφόρων διαρκειών δε μεσολαβούν κενά, όπως συμβαίνει στο Δεκέμβριο και Νοέμβριο, οι διαφορές διαμορφώνονται σε επίπεδα μικρότερα του 1 επεισοδίου. Τις μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζουν οι τιμές του Απριλίου (με άθροισμα 4,22) και στη συνέχεια του Μαρτίου (3,28), οι οποίες όμως παρουσιάζουν διπλές διακοπές στη συνέχεια των διαρκειών τους. Αν δε υπολογίσουμε την προσαρμογή, στις τιμές κάθε μήνα μέχρι την πρώτη διακοπή, αυτές φτάνουν σε πολύ υψηλά επίπεδα, όπως συμβαίνει στις ετήσιες τιμές.

Αντικειμενικότερα και χρησιμοποιώντας το test χ^2 βρήκαμε ότι η προσαρμογή είναι πολύ ικανοποιητική, δηλαδή, οι διαφορές μεταξύ των τιμών που παρατηρήθηκαν και που υπολογίστηκαν δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Για δύο τους μήνες υπολογίστηκε το χ^2 για βαθμούς ελευθερίας διαφόρους για κάθε μήνα και ίσους προς $n=1$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της εργασίας μας συνοψίζονται στα παρακάτω:

-Οι ηλιοφεγγείς ημέρες της περιόδου και που κατατάξαμε σε 1072 επεισόδια συνεχών ημερών, ενέρχονται στις 2524. Οι διάρκειες των επεισοδίων είναι από μία μέχρι 18 ημέρες. Οι μέσες κατά μήνα, διάρκειες ακολουθούν πάλι την απλή κύμανση, με ελάχιστο (1,87) τον Ιανουάριο και μέγιστο (3,02) τον Οκτώβριο.

Κατά τους κυρίως χειμερινούς μήνες, Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο δε θα πρέπει ν'αναμένουμε συνεχείς ηλιοφεγγείς ημέρες μεγάλης, διάρκειας, καθώς ο κύριος όγκος των ημερών τους συγκεντρώνονται σε περιστατικά μικρών διαρκειών. Για τους μεταβατικούς μήνες Οκτώβριο, Μάρτιο, Απρίλιο, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι, παρόλο που και για αυτούς το μεγαλύτερο μέρος των ημερών ανήκει, όπως και στους προηγούμενους, στις μικρές διάρκειες, εν τούτοις μπορούμε ν'αναμένουμε, με μικρή βέβαια πιθανότητα, και επεισόδια με διάρκειες ≥ 10 ημερών. Οι ημέρες των επεισοδίων αυτών καλύπτουν μόνο το 4,3% του συνόλου των ηλιοφεγγών ημερών. Η πιθανότητα να συμβεί ηλιοφεγγής ημέρα, στο χειμερινό επτάμηνο είναι 0,39 δηλαδή, η μία στις τρεις ημέρες είναι ηλιοφεγγής. Για κάθε μήνα χωρίστα οι πιθανότητες διαμορφώνονται σε επίπεδα που ορίζονται από 0,312 (Ιανουάριος) και 0,501 (Οκτώβριος). Για τους δύο μεταβατικούς μήνες Οκτώβριο και Απρίλιο συμπεραίνεται ότι, το 50% των ημερών τους είναι ηλιοφεγγείς.

-Τόσο τα διαγράμματα 1,2, όσο και οι πίνακες II και III μας πείθουν ότι η επιλογή της μεθόδου, που εφαρμόσαμε για τον υπολογισμό των θεωρητικών πιθανοτήτων και συχνοτήτων, ήταν κατάλληλη, καθώς τ' αποτελέσματα που προέκυψαν είναι πολύ ικανοποιητικά. Για να διερευνήσουμε δε, το βαθμό προσαρμογής των θεωρητικών τιμών εφαρμόσαμε το test του χ^2 .

-Θα μπροστούμε, λοιπόν, από τα παραπάνω να πούμε ότι, για τη θεσσαλονίκη, ο υψηλός αριθμός των χειμερινών ημερών με ηλιοφάνεια $\geq 0,66$ παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Η επέκταση δε της μελέτης μας και σε άλλους σταθμούς του ελληνικού χώρου, πιστεύουμε ότι, εκτός από μια ολοκληρωμένη εικόνα της ηλιοφάνειας θα έδινε και χρήσιμα στοιχεία που θα βοηθούσαν στο σχεδιασμό προγραμάτων σε ποικίλους τομείς της ελληνικής οικονομίας που συνδέονται με Τεχνικά έργα, Τουρισμό, Καλλιέργειες σε θερμοκήπια κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Angouridakis, V., 1973.: "Cloudiness in the major area of Thessaloniki", No 27, pp. 159-176.
2. Arlery, R., Grisolet, H., Guillet, B., 1973.: Climatologie, Méthodes et pratiques. G. Villars et Cie, 434 p.
3. Galloy, E., Martin, S. et Lebreton, A., 1982.: "Analyse des séquences de jours secs consécutifs". La Météorologie, VI^e Serie. No 28, Mars 1982, pp. 5-24.
4. Λιβαδάς, Γ., 1969.: "Η ηλιοφάνεια σε θεσσαλονίκη (1)". Δημοσ. εργ. Μετεωρ. Παν. Ιωαννίνων, αρ. 1.
5. Λιβαδάς Γ., Μαλδογιάννης Θ. και Φλόκας Α., 1979.: "Η ηλιοφάνεια σε θεσσαλονίκη (2)". Δημ. εργ. Μετεωρ. Παν. Ιωαννίνων, αρ. 3.
6. Livadas, G., Flocas, A., 1972.: "Sunshine duration in Thessaloniki-Greece". Meteorologica No 17, pp. 109-145.
7. Χαρανώνης, Θ., 1985.: "Έκτιμηση της ηλιακής ενέργειας στον ελληνικό χώρο με δορυφορικές φωτογραφίες". Διδ. διατρ. Παν. Θεσ. (υπό έκδοση)

ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Α.Μπαλουκτσής, Δ.Τσανάκας, Γ.Βαχτσεβάνος

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνικής Σχολής
Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης

*Georgia Institute of Technology, School of Engineering Atlanta, Georgia 30332

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναπτύσσεται ένα γενικό μοντέλο προσομοίωσης της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας. Η ανάπτυξη βασίστηκε στην απαλοιφή, με ένα κατάλληλο μετασχηματισμό, της ετήσιας περιοδικότητας και εποχιακής μεταβλητότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε τα μετασχηματισμένα δεδομένα να αποτελούν στατική χρονοσειρά (με σταθερό μέσο όρο και σταθερή τυπική απόκλιση). Η χρονοσειρά αυτή μπορεί έτσι να μοντελοποιηθεί με στοχαστική διαδικασία που δίνει κατανομή πιθανότητας και συσχέτιση δμοις με εκείνες των δεδομένων.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία, στοχαστική προσομοίωση,
χρονοσειρές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη σχεδίαση των ηλιακών συστημάτων χρειάζονται ακολουθίες τιμών ηλιακής ακτινοβολίας, με τις οποίες εξετάζεται η προσαρμογή του συστήματος με το φορτίο και υπολογίζεται ο βέλτιστος συνδυασμός ηλιακού συστήματος και αποθήκευσης, που ικανοποιεύν το συγκεκριμένο φορτίο με δεδομένη αξιοπιστία. Τέτοιες ακολουθίες τιμών ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να αποκτηθούν από υπάρχουσες μετρήσεις. Συχνά δύως οι μετρήσεις αναφέρονται σε περιορισμένη χρονική διάρκεια (π.χ. μετρήσεις ενδέκα χρόνου) και ακόμη μπορεί να παρουσιάζουν κενά.

Η διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου είναι παρόμοια με τη διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου του ανέμου της εργασίας [1]. Μοντέλα ημερήσιων και ωριαίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας έχουν προταθεί στις εργασίες [2-6]. Τα κύρια στοιχεία του προτεινόμενου μοντέλου είναι η γενικότητα, η απλότητα και ο μικρός αριθμός παραμέτρων του. Η στοχαστική διαδικασία που εφαρμόζεται στα μετασχήματα στις μεταβλητές δεδομένα δεν απαιτεί την γνώση των οριακών καμπυλών της εργασίας [2], το προτεινόμενο μοντέλο δεν έχει την μαθηματική πολυπλοκότητα της εργασίας [3], ούτε απαιτεί εμπειρικούς τύπους δύος στην εργασία [6] και ισχύει για ολόκληρο τον ελληνικό χώρο.

2. Ανάπτυξη Μοντέλου

Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται εποχιακά και οφείλεται στη μεταβολή της σχετικής θέσης του ήλιου ως προς την γη και στην παρουσία νεφών. Η επίδραση της σχετικής θέσης του ήλιου στην ηλιακή ακτινοβολία είναι καθορισμένη, ενώ η επίδραση των νεφών είναι στοχαστική. Άν Η_n ($n = 1, 2, \dots, 365$) είναι η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία κατά την ημέρα n τότε ισχύει

$$\text{Η}_n = K_n H_{on} \quad (1)$$

Η Η_{on} είναι η ημερήσια ακτινοβολία έξω από τη γήινη ατμόσφαιρα, εξαρτάται από την ημέρα του έτους και το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας και δίνεται από τη σχέση (2), [7].

$$\begin{aligned} \text{Η}_{on} &= \frac{24}{\pi} I_{sc} \left[1 + 0,03 \cos \left(\frac{360^\circ n}{365} \right) \right] \\ &\quad \left[\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\omega_s \pi}{180^\circ} \sin \varphi \sin \delta \right] \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{με } \omega_s = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (2.1)$$

$$\text{και } \delta = 23,45 \sin \left(360^\circ \frac{284+n}{365} \right)$$

$$\text{όπου } I_{sc} \text{ η ηλιακή σταθερά; } I_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2 \quad (2.2)$$

φ το γεωγραφικό πλάτος τόπου (θετικό για το βόρειο ημισφαίριο)

δ η απόκλιση του ήλιου

ω_s γωνία χρόνου ανατολής

Το μέγεθος K_n είναι ο ημερήσιος συντελεστής αιθριότητας και είναι αδιάστατη στοχαστική μεταβλητή που κυμαίνεται θεωρητικά μεταξύ 0 και 1 και στον ελληνικό χώρο μεταξύ 0,1 και 0,8. Η μέση τιμή και η διασπορά του K_n δεν είναι σταθερές κατά τη διάρκεια του έτους. Η μέση τιμή είναι μικρή το χειμώνα και μεγάλη το καλοκαίρι, ενώ για τη διασπορά συμβαίνει το αντίθετο. Η μεταβλητή K_n μπορεί να παρασταθεί με τη σχέση

$$K_n = \mu_n + \sigma_n \epsilon_n \quad (3)$$

όπου μ_n ή μέση τιμή του K_n την ημέρα n,

σ_n η τυπική απόκλιση του K_n την ημέρα n,

ε_n τυχαία μεταβλητή που συνιστά στατική χρονοσειρά με E(ε_n) = 0 και E(ε_n²) = 1

Η εκτίμηση των μ και σ γίνεται από τα δεδομένα με την παρακάτω διαδικασία, με την προϋπόθεση ότι η μεταβολή τους κατά τη διάρκεια ενός μήνα είναι μικρή, ή ότι αυτή μπορεί να εκφρασθεί με κάποια γραμμική σχέση. Στην αρχή εκτιμάται η μέση τιμή μ της K_n της μεσαίας ημέρας κάθε μή-

να από τη σχέση (4), κατόπιν εκτιμάται η μ_n για κάθε ημέρα με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών μ στις οποίες εμπίπτει η τυπική απόκλιση σ της K_n για την μεσαία ημέρα κάθε μήνα πό τη σχέση (5) και τελικά εκτιμάται η σ_n με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των σ.

$$\mu = \frac{1}{\Delta} \sum_{n=n_i}^{n_j} K_n \quad (4)$$

$$\sigma = \left(\frac{1}{\Delta} \sum_{n=n_i}^{n_j} (K_n - \mu_n)^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

διού Δ ο αριθμός των ημερών κάθε μήνα και n_i , n_j η αρχική και τελική ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στον υπόψη μήνα.

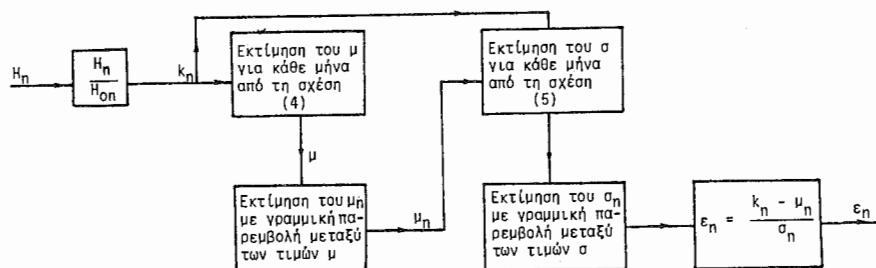
Μετά την εκτίμηση των μ_n και σ_n και τον μετασχηματισμό σύμφωνα με τη σχέση (6) προκύπτουν τα μετασχηματισμένα δεδομένα ε_n . Η δόη διαδικασία μετασχηματισμού φαίνεται στο σχήμα 1.

$$\varepsilon_n = \frac{K_n - \mu_n}{\sigma_n} \quad (6)$$

Ο παραπάνω μετασχηματισμός έγινε για μετρήσεις τριών διαφορετικών περιοχών της Ελλάδας (Καβάλα, Αθήνα, Χανιά) ώστε να καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος του γεωγραφικού πλάτους του Ελληνικού χώρου. Στο σχήμα 2 φαίνονται οι σχεδόν ίδιες κατανομές συχνότητας της ε_n για τις τρεις περιοχές.

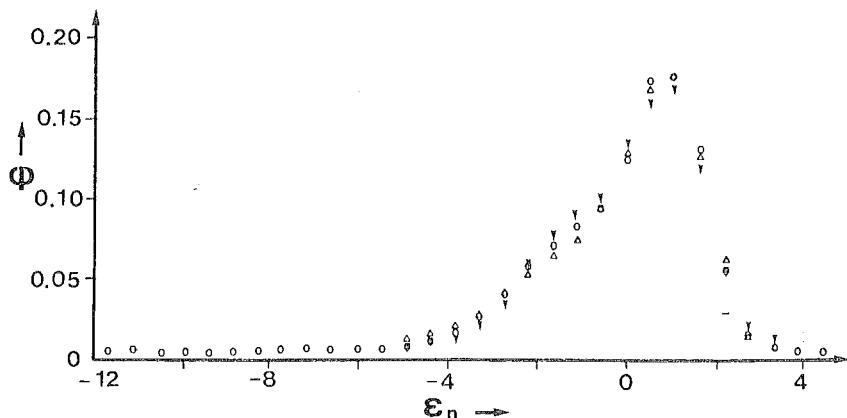
Το σχήμα 3 δείχνει τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης ρ_k της ε_n σύμφωνα με τη σχέση (7). Όπως φαίνεται από το σχήμα 3 είναι $\rho_1 = 0,22$ και για τις τρεις περιοχές, ενώ για $k > 1$ η ρ_k είναι μικρή και μπορεί να παραληφθεί [8].

$$\rho_k = \sum_{n=1}^{l-k} \varepsilon_n \varepsilon_{n+k} / \sum_{n=1}^l \varepsilon_n^2 \quad (7)$$

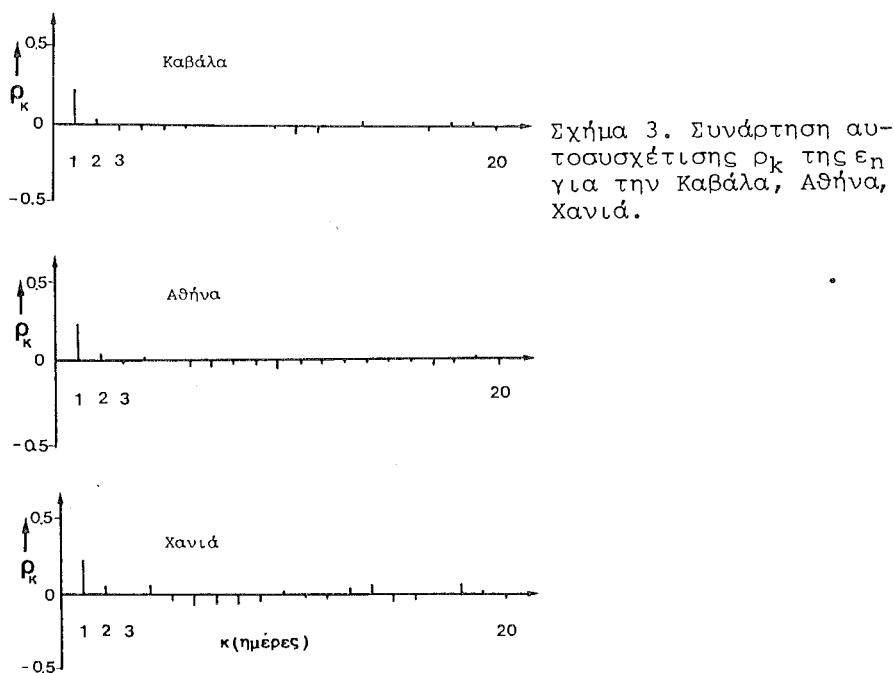


Σχήμα 1. Διάγραμμα μετασχηματισμού της H_n στην ε_n .

MET-12



Σχήμα 2. Κατανομή συχνότητας της ϵ_n για την Καβάλα (○), Αθήνα (Δ), Χανιά (▽). Όπου συμπίπτουν τα τρία σημεία συμβολίζονται με (○).



Η κατανομή της ϵ_n δεν είναι κανονική και έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το γραμμικό μοντέλο κινούμενου μέσου για τη μοντελοποίηση της ϵ_n [5]. Για το λόγο αυτό η προσομοίωση γίνεται σύμφωνα με την εργασία [9]. Συγκεκριμένα η προσομοίωση της ϵ_n γίνεται με μία χρονοσειρά β_n που ορίζεται με τη σχέση 8.

$$\beta_n = \begin{cases} \beta_{n-1} & \text{με πιθανότητα } \rho_1 \\ \alpha_n & \text{με πιθανότητα } (1-\rho_1) \end{cases} \quad (8)$$

Στη σχέση (8) η α_n είναι μία ακολουθία ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών που έχουν κατανομή πιθανότητας ίδια με εκείνη της ϵ_n . Μπορεί να αποδειχθεί ότι η κατανομή πιθανότητας της β_n , που προκύπτει από την παραπάνω προσομοίωση, είναι η ίδια με την κατανομή της α_n (και συνεπώς και της ϵ_n) και έχει συνάρτηση αυτοσυσχέτισης $\rho_k' = \rho_1^k$ ($\rho_1' = 0,22$, $\rho_2' = 0,048$, κ.λ.π.). Συνεπώς η β_n της προσομοίωσης ικανοποιεί την κατανομή και τη συσχέτιση της ϵ_n των δεδομένων.

3. Προσομοίωση - Αποτελέσματα

Στην προσομοίωση, όπως προαναφέρθηκε, χρειάζεται να δημιουργηθεί μία ακολουθία τυχαίων ανεξάρτητων μεταβλητών α_n που έχουν την κατανομή πιθανότητας της ϵ_n . Αυτό γίνεται με μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών ψ_n που ακολουθούν την ομοιόμορφη κατανομή και βρίσκονται μεταξύ 0 και 1. Τότε η προσομοίωση της α_n γίνεται από τη σχέση $\alpha_n = F^{-1}(\psi_n)$. Η συνάρτηση F^{-1} είναι η αντίστροφη συνάρτηση της κατανομής πιθανότητας της ϵ_n . Η F^{-1} λήφθηκε κοινή και τις τρεις περιοχές και βρέθηκε από την κατανομή συχνότητας του σχήματος 1 με τη βοήθεια της θεωρίας των ελαχίστων τετραγώνων και μιας μεθόδου ελαχιστοποιήσεως χωρίς περιορισμούς. Για την $F^{-1}(\psi_n)$ επιλέχθηκαν οι εκφράσεις:

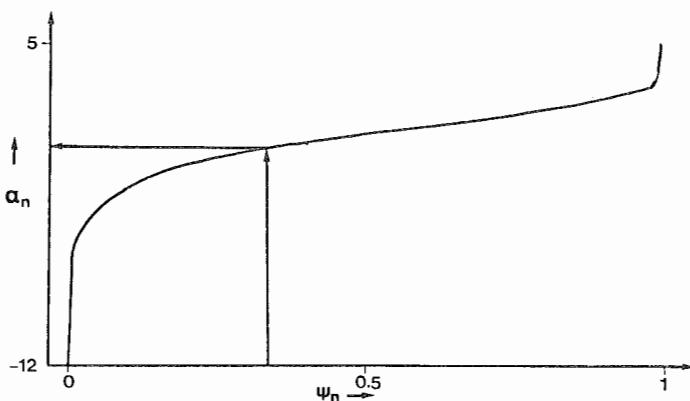
$$F^{-1}(\psi_n) = \frac{\alpha_0 + \alpha_1 \psi_n + \alpha_2 \psi_n^2}{\alpha_3 + \alpha_4 \psi_n + \alpha_5 \psi_n^2 + \alpha_6 \psi_n^3} \quad \text{για } \psi_n < 0.98$$

$$\text{και } F^{-1}(\psi_n) = \beta_0^{\frac{\beta_2}{(\beta_1 + \psi_n)}} \quad \text{για } \psi_n \geq 0,98 \quad (9)$$

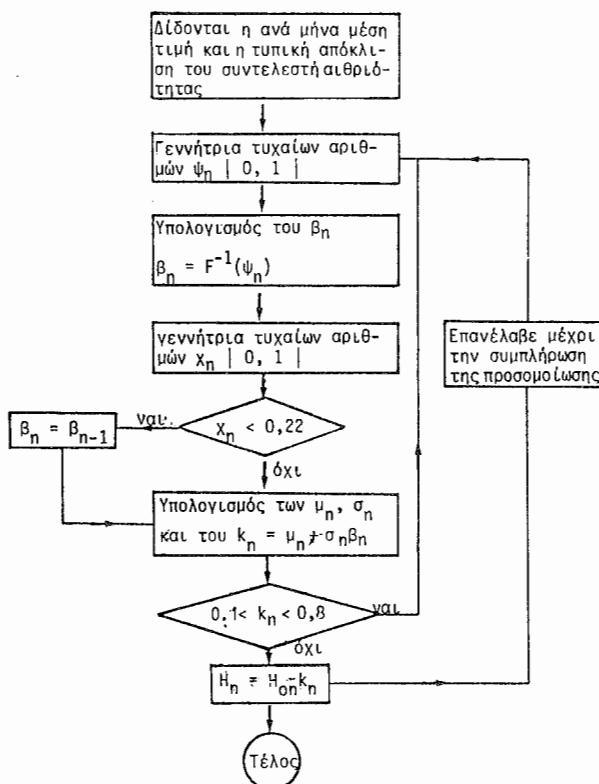
για τις οποίες προκύπτουν οι παρακάτω συντελεστές και το σχήμα 4.

$\alpha_0 = -0,00702$	$\beta_0 = 1,9661$
$\alpha_1 = -1,31313$	$\beta_1 = 1,2855$
$\alpha_2 = 2,69407$	$\beta_2 = 2,1922 \cdot 10^2$
$\alpha_3 = 0,00058$	
$\alpha_4 = 0,25518$	
$\alpha_5 = 1,54523$	
$\alpha_6 = -1,27233$	

Στο σχήμα 5 φαίνεται το διάγραμμα ροής για την προσομοίωση.

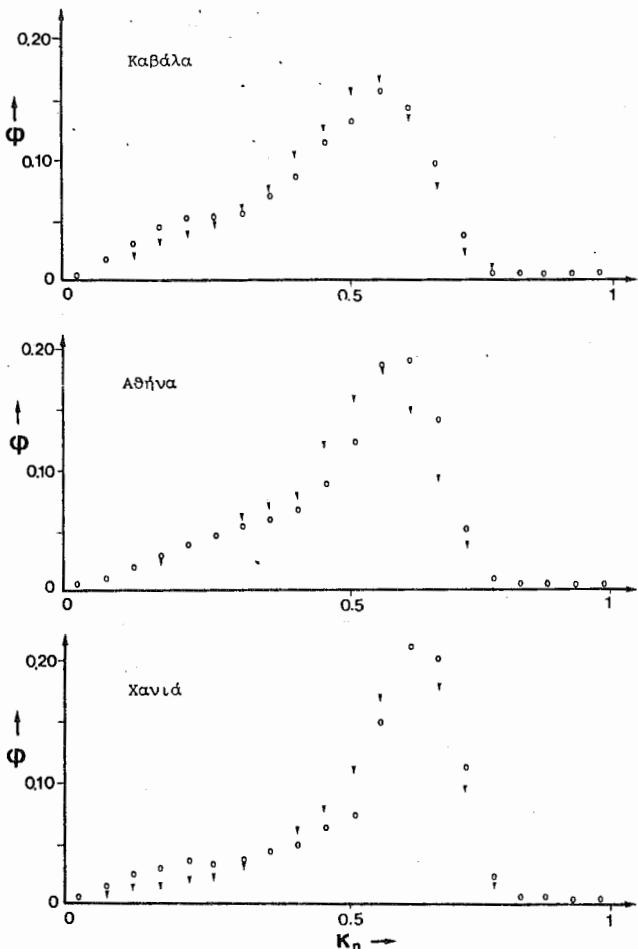


Σχήμα 4. Αντίστροφη συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της εη



Σχήμα 5. Διάγραμμα ροής για την προσομοίωση

Το σχήμα 6 δείχνει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε σύγκριση με τα δεδομένα των μετρήσεων. Όπως φαίνεται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προσεγγίζουν ικανοποιητικά τα δεδομένα των μετρήσεων. Επειδή οι μόνες παράμετροι που απαιτούνται για μια περιοχή είναι η μέση ανάμηνα τιμή του συντελεστή αιθριότητας K_n και η τυπική του απόκλιση. Το μοντέλο επιτρέπει επίσης την εξέταση της ευαισθησίας του σχεδιαζόμενου συστήματος ως προς τις αλλαγές των παραμέτρων αυτών.



Σχήμα 6. Κατανομένες συχνότητας προσομοιωμένων τιμών K_n (∇) και δεδομένων τιμών K_n (\circ) από Καβάλα, Αθήνα, Χανιά.

Πύρακας Συμβόλων

H_p ημερήσια ολική ακτινοβολία κατά την ημέρα n στο ορίζοντιο επίπεδο ((W/m^2))

K_n δείκτης αιθριότητας

H_{on} εξωγήινη ημερήσια ολική ακτινοβολία κατά την ημέρα n ((W/m^2))

I_{SC}	ηλιακή σταθερά (1353 W/m^2)
ϕ	γεωγραφικό πλάτος
δ	απόκλιση του ήλιου
ω_s	γωνία χρόνου ανατολής
μ_n	μέση ημερήσια τιμή της K_n
σ_n	τυπική απόκλιση της K_n
β_n	προσομοίωση της ϵ_n
ϵ_n	στατική χρονοσειρά με $E(\epsilon_n) = 0$ και $E(\epsilon_n^2) = 1$
Δ	αριθμός ημερών κάθε μήνα
μ	μέση τιμή της K_n κατά τη μεσαία ημέρα κάθε μήνα
σ	τυπική απόκλιση της K_n κατά τη μεσαία ημέρα κάθε μήνα
ψ_n	τυχαίοι αριθμοί μεταξύ 0 και 1 που έχουν ομοιόμορφη κατανομή
ρ_k	συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της ϵ_n
ρ'_k	συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της β_n

Βιβλιογραφία

- 1) A.Balouktsis, D.Tsanakas, G. Vachtsevanos 1985 "Stochastic Simulation of hourly and daily average wind speed sequences" Delfi Work Shop on wind energy - applications.
- 2) E.Boileau 1983 "Use of some simple statistical models in solar meteorology" Solar Energy, Vol. 30, No 4, pp. 333-339.
- 3) A.Balouktsis, Ph Tsalides 1985 "On Stochastic simulation of hourly total solar radiation sequences" IASTED International Conference on Computer aided design and application in Paris.
- 4) B.J.Brinkworth 1977 "Autocorrelation and Stochastic modelling on insolation sequences" Solar energy, Vol. 19, pp. 343-347.
- 5) C.Moustacchi, V.Cena, M.Rocchi 1979 "Stochastic Simulation of hourly global radiation sequences" Solar Energy, Vol 23, pp. 47-61.
- 6) R.H.B. Exell 1981 "A mathematical model for solar radiation in South East Asia (Thailand)". Solar Energy, Vol. 26, pp. 161-168.
- 7) G.E.P. Box and G.M.Jenkins, 1970 "Time Series Analysis - Forecasting and Control". Holden - Day, San Francisco.
- 8) P.A.Jacobs P.A.W.Lewis 1978 "Discrete Time Series Generated by Mixtures I: Correlational and Runs Properties". J.R.Statist. Soc. B -40, No. 1, pp. 94 - 105.
- 9) Δ.Ε.Η. 1983 "Μετρήσεις για την αξιοποίηση του ηλιακού και αιολικού δυναμικού της Ελλάδας", Τόμος IV.

ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕ ΔΥΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΑΜΕΣΑ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Αλέξανδρος Κ. Τσιούμης
Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Αγρονόμων
και Τοπογράφων Μηχανικών του Α.Π.Θ

Λέξεις-κλειδιά: "υετίσιμο" νερό, καταγραφόμενη ηλιοφάνεια,
συντελεστής θολότητας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία που ακολουθεί επιχειρείται ποσοτική προσέγγιση σε δύο βασικές ατμοσφαιρικές παραμέτρους:

- 1) Στο ύψος W του "υετίσιμου" νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και
- 2) Στη διάρκεια της καταγραφόμενης ηλιοφάνειας από τα συμβατικά όργανα καταγραφής του μεγέθους αυτού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε ότι αφορά την ποσοτική εκτίμηση του ύψους του "υετίσιμου" νερού, έχει προταθεί, Valko(1), Falconer(2), η ίδρυση ενός διικτύου σταθμών αεροβολήσεων για κάθε χώρα, από τις μετρήσεις των οποίων θα υπολογίζεται το περιεχόμενο των υδρατμών σε διαδοχικές αέριες στοιβάδες και στη συνέχεια με τη βοήθεια αριθμητικής ολοκλήρωσης το ύψος του "υετίσιμου" νερού. Είναι σαφές ότι η πυκνότητα ενός τέτοιου διικτύου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε για σημεία εκτός των σταθμών να είναι δυνατή η ποσοτική εκτίμηση της παραμέτρου W με απλή γραμμική παρεμβολή.

Η έλλειψη ενός τέτοιου διικτύου δημιουργεί την ανάγκη ποσοτικής εκτίμησης της παραμέτρου W από μετεωρολογικές παρατηρήσεις στην επιφάνεια του εδάφους, Valko(1).

Στην Ελλάδα όπου υπάρχουν τρεις μόνο σταθμοί αεροβολήσεων (Ηράκλειο Κρήτης, Ελληνικό, Μύκρα Θεσσαλονίκης), από τους οποίους σε συνεχή λειτουργία, σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, βρίσκεται μόνο ο σταθμός του αεροδρομίου του Ελληνικού, προϊκτει αναπόφευκτα η ανάγκη ποσοτικής εκτίμησης του ύψους W του "υετίσιμου", νερού από μετεωρολογικές μετρήσεις εδάφους. Έτσι από το συσχετισμό των μετεωρολογικών παρατηρήσεων εδάφους για το σταθμό του Ελληνικού για την περίοδο των ετών 1968-1974 με τα αποτελέσματα του προσδιορισμού της παραμέτρου W για το ίδιο χρονικό διάστημα από αεροβολήσεις, Αγγουριδάκης(3), προσδιορίστηκε για τον παραπάνω σταθμό η σχέση που συνδέει τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις εδάφους με το ύψος W "υετίσιμου" νερού. Ο προσδιορισμός αυτός στηρίχτηκε στα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του αεροδρομίου του Ελληνικού και στην προσαρμογή τους στο γενικό μαθηματικό πρότυπο του Allen(4) παίρνοντας υπόψη τις επιφυλλάξεις του Valko(1).

Σε ότι αφορά τώρα την ποσοτική εκτίμηση της καταγραφόμενης ηλιοφάνειας, κάτω από συνθήκες αιθριότητας βέβαια, μπήκε σαν βάση της ανάλυσης το γεγονός ότι η πιο αξιόπιστη τιμή για τη μέση ευαισθησία των ταινιών του ηλιογρά-

φου Campbell-Stokes είναι τα 200 W.m^{-2} , Riches(5), Valko(6). Με βάση την παραπάνω επισήμανση υπολογίζεται για διάφορες τιμές του συντελεστή θολότητας Β το ύψος u_B του Ήλιου για το οποίο εξασφαλίζεται στις αντίστοιχες τιμές του συντελεστή θολότητας Β ένταση άμεσης ακτινοβολίας ίση με 200 W.m^{-2} . Στη συνέχεια με αφετηρία την έντονη συσχέτιση του ύψους u_B με τις αντίστοιχες τιμές του συντελεστή θολότητας Β, αναζητήθηκε και προσδιορίστηκε σχέση που συνδέει τόσο το συντελεστή θολότητας Β με το ύψος u_B , δύσο και με τη διάρκεια της ηλιοφάνειας που αναμένεται να καταγράψει ο ηλιογράφος υπό συνθήκες αιθριότητας.

ΑΝΑΛΥΣΗ

Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς περιγράφεται ποσοτικά, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, από την παράμετρο W η οποία εκφράζει το ύψος του νερού σε εκατοστά του μέτρου που θα προέκυπτε από την υγροποίηση του συνόλου των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Η παράμετρος W , γνωστή στη θεωρία Βιβλιογραφία με τον όρο "Precipitable Water", Thekaekara(7), Falconer(2), έχει προταθεί να αποδίδεται στην ελληνική γλώσσα με τον όρο "υετίσιμον ύδωρ", Αγγουριδάκης(3).

Για την ποσοτική εκτίμηση του "υετίσιμου" νερού υπάρχουν τρεις μέθοδοι.

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο μετρούμε την ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και σε φασματικές περιοχές, όπου οι υδρατμοί απορροφούν έντονα την ηλιακή ακτινοβολία (ειδικά επιλεγμένες περιοχές στην υπέρυθρη περιοχή του ηλιακού φάσματος), ενώ τα άλλα αέτια που προκαλούν εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας (σκέδαση Rayleigh, θολότητα, ζόγον) ή έχουν εξαφανιστεί ή έχουν τελείωσε υποβαθμιστεί, Falconer(2). Στη συνέχεια με τη θοήθεια κατάλληλης σχέσης, Thekaekara(7), Tsioύμης(8), υπολογίζουμε την τιμή της παραμέτρου W . Η μέθοδος αυτή έχει πολύ περιορισμένη εφαρμογή εξαιτίας των ελάχιστων σταθμών που υπάρχουν με τον κατάλληλο εξοπλισμό, Falconer(2). Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή ως "φασματική μέθοδος".

Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις Η.Π.Α και ως ένα βαθμό στις χώρες της Βόρειας και της δυτικής Ευρώπης, Valko(1) και (6), Falconer(2), στηρίζει τον προσδιορισμό του ύψους του "υετίσιμου" νερού στις αεροβολήσεις που γίνονται σε ημερήσια βάση (συνήθως δύο φορές την ημέρα σε συγκεκριμένους σταθμούς, κυρίως αεροδρόμια). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται από τα δεδομένα της αεροβόλησης το ποσό των υδρατμών που περιέχεται σε διαδοχικές στοιβάδες μικρού εύρους, μετατρέπεται το ποσό αυτό σε ύψος "υετίσιμου" νερού για κάθε στοιβάδα και βρίσκεται το άθροισμα των υψών για δλες τις στοιβάδες από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τα πέρατα της ατμόσφαιρας. Μια τέτοια προσπάθεια έχει γίνει για τον ελληνικό χώρο από το Β. Αγγουριδάκη(3) για τα έτη 1968-1974. Οι μέσες μηνιαίες τιμές της παραμέτρου W που προέκυψαν καθώς και το σφάλμα της πιθανότερης τιμής δύνονται από τον πίνακα 1.

Για να είναι όμως χρηστική μια τέτοια μέθοδος, χρειάζεται να υπάρχει σε μια γεωγραφική περιοχή ένα δίκτυο σταθμών τέτοιας πυκνότητας, που να κάνει εφικτή τη χάραξη ισούψών γραμμών "υετίσιμου" νερού, ώστε με απλή γραμμική παρεμβολή για κάθε τόπο να είναι δυνατός ο υπολογισμός της τι-

μής της παραμέτρου W . Δυστυχώς για τον ελληνικό χώρο δεν εξασφαλίζεται η προϋπόθεση κατάλληλου δικτύου σταθμών αεροβολήσεων. Συγκεκριμένα υπάρχουν στην Ελλάδα και έχουν κατά καιρούς λειτουργήσει τρείς σταθμοί αεροβολήσεων. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται στο αεροδρόμιο του Ελληνικού (Αθήνα), στο αεροδρόμιο της Μύκρας (Θεσσαλονίκη) και στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου. Σε κανονική δύναμη και μη διακοπτόμενη λειτουργία, που να ανταποκρίνεται σταθερά πρότυπα, βρίσκεται μόνο ο σταθμός αεροβολήσεων του Ελληνικού, που είναι και ο μόνος άλλωστε του οποίου τα δεδομένα παρέχονται από το Μηνιαίο Δελτίο Καιρού της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY). Έτσι λοιπόν, επιμονή στη χρησιμοποίηση της μεθόδου αυτής θα θα σήμαινε ανάγκη επέκτασης (extrapolation) των αποτελεσμάτων του σταθμού του Ελληνικού για δόλο τον υπόλοιπο ελληνικό γεωγραφικό χώρο, πράγμα ιδιαίτερα επικίνδυνο.

Η τρίτη μέθοδος είναι δυνατό να στηριχθεί αποκλειστικά σε μετεωρολογικές παρατηρήσεις εδάφους και σε συνδυασμό με την προηγούμενη μέθοδο να καλύψει το κενό που αφήνουν οι δύο προηγούμενες.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και σχετική υγρασία ενός σταθμού είναι δυνατό να υπολογίσουμε τη μέση μηνιαία τιμή της τάσης των υδρατμών από τη σχέση:

$$\bar{e} = \bar{E} \cdot \bar{R}$$

(1)

όπου \bar{e} η μέση μηνιαία τιμή της τάσης των υδρατμών, \bar{E} η ανάλογη τιμή για τη μέγιστη τάση των υδρατμών και \bar{R} η ναντίστοιχη τιμή για τη σχετική υγρασία. Η τιμή \bar{E} της μέγιστης τάσης των υδρατμών υπολογίζεται από τη θερμοκρασία με τη βοήθεια της σχέσης του Magnus, Holmboe etc. (9).

$$\log \frac{E}{7.5} = \frac{2937.4}{T} - 4.9283 \cdot \log T + 22.518 \quad (2)$$

Από τη στιγμή πού είναι γνωστή η τάση ε των υδρατμών στο έδαφος είναι δυνατό να υπολογιστεί η τιμή της παραμέτρου W από τη σχέση που δίνει ο Allen(4):

$$W = 0.21 \cdot e_h \cdot 10^{-22} \quad (3)$$

όπου W το ύψος του "υετίσιμου" νερού σε cm, e_h η τάση των υδρατμών σε ύψος h (χιλιόμετρα) σε mm Hg. Η εφαρμογή δύναται σε συνθήκες (3) προϋποθέτει τη γνώση της τάσης των υδρατμών σε συνθήκες ελεύθερου αέρα, Valko(1), που μπορεί να είναι διαφορετικές ως προς εκείνες του εδάφους στο ίδιο υψόμετρο με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση της τιμής e_h . Έτσι μετά από διερεύνηση του προβλήματος ο Valko(1) απέδειξε ότι η παραμέτρος W συνδέεται με την τάση e_o στο έδαφος του συγκεκριμένου σταθμού με τη σχέση:

$$W = e_o \cdot C$$

(4)

όπου C μια σταθερά που μπορεί να προσδιορίζεται από τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις εδάφους, εφόσον υπάρχουν παράλληλα δεδομένα αεροβολήσεων που μας επιτρέπουν τον άμεσο υπολογισμό της τιμής W .

Η παράλληλη χρησιμοποίηση στην εργασία αυτή τόσο των αποτελεσμάτων της έρευνας του Αγγουριδάκη (3), όσο και των μετεωρολογικών παρατηρήσεων εδάφους για το σταθμό του Ελληνικού, Μηνιαίο Κλιματολογικό Δελτίο (10), μας επέτρεψε να προχωρήσουμε στον προσδιορισμό της τιμής της σταθεράς C ,

η οποία μετά τον προινοφορισμό βρέθηκε να είναι:

$$C = 0.213 \pm 0.02 \quad (5)$$

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και μετά τον προσδιορισμό της σταθεράς C δεν παρατηρεύται ουσιαστική διαφοροποίηση από τη σχέση (3), που πρότεινε ο Allen, εντούτοις ένας τέτοιος προσδιορισμός πρέπει να επιχειρείται πάντοτε, γιατί έχουν παρατηρηθεί (προσδιοριστεί) σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, τιμές της σταθεράς C μέχρι $C=0.173$, Valko (1).

Από τον πίνακα 1 παράλληλα με τα αποτελέσματα της ερευνας του Αγγουριδάκη (3) για το σταθμό του Ελληνικού, δίνονται για την ίδια περίοδο και τα αποτελέσματα του προσδιορισμού της παραμέτρου W με τη βοήθεια της σχέσης (4) με χρησιμοποίηση της τιμής $C=0.213 \pm 0.02$. Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών προκύπτει ότι οι διαφορές στον προσδιορισμό της τιμής της παραμέτρου W βρίσκονται μέσα στα όρια των σφαλμάτων του προσδιορισμού με την κάθε μέθοδο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μέσο ύψος "υετίσιμου" νερού W σε cm.

α/α	Μήνας	Μετ.σοιχ. εδάφους	Αεροβολ.	Διαφορά
1	Ιανουάριος	1.38 ± 0.07	1.41 ± 0.13	-0.03 ± 0.15
2	Φεβρουάριος	1.46 ± 0.04	1.35 ± 0.10	0.11 ± 0.11
3	Μάρτιος	1.40 ± 0.04	1.40 ± 0.11	0.00 ± 0.12
4	Απρίλιος	1.66 ± 0.06	1.61 ± 0.12	0.05 ± 0.13
5	Μάιος	2.06 ± 0.05	2.00 ± 0.13	0.06 ± 0.14
6	Ιούνιος	2.41 ± 0.02	2.53 ± 0.13	-0.12 ± 0.13
7	Ιούλιος	2.58 ± 0.12	2.75 ± 0.16	-0.17 ± 0.20
8	Αύγουστος	2.52 ± 0.04	2.68 ± 0.14	-0.16 ± 0.15
9	Σεπτέμβριος	2.47 ± 0.06	2.54 ± 0.15	-0.07 ± 0.16
10	Οκτώβριος	2.03 ± 0.07	2.09 ± 0.16	-0.07 ± 0.17
11	Νοέμβριος	1.84 ± 0.06	1.76 ± 0.14	0.08 ± 0.15
12	Δεκέμβριος	1.48 ± 0.06	1.50 ± 0.12	-0.02 ± 0.13

Ακολουθώντας την πρακτική που εφαρμόστηκε στην Ελβετία Valko (1) και έως ότου η δυνατότητα επαρκούς συλλογής στοιχείων μας επιτρέψει ανάλογους προσδιορισμούς για τους σταθμούς Μήκρας και Ηρακλείου για επιβεβαίωση της τιμής της σταθεράς $C=0.213$ ή για διαπίστωση ενδεχόμενης τοπικής διαφοροποίησης, μπορούμε να λέμε ότι η χρησιμοποίηση των σχέσεων (4) και (5) σε συνδυασμό, αποτελεί τον πιο αξιόπιστο τρόπο ποσοτικής εκτίμησης της παραμέτρου W συνδυασμένης πάντοτε με τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες ενός σταθμού.

Πρέπει, τέλος, να σημειωθεί ότι η παραπάνω προοπτική δημιουργεί τη δυνατότητα της χαρτογράφησης της τιμής της παραμέτρου W στον ελληνικό χώρο, αν λάβει κανείς υπόψη ότι υπάρχουν 40 μετεωρολογικοί σταθμοί κάτω από συνθήκες συνούς λειτουργίας.

ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΠΟΥ ΑΝΑΜΕΝΕΤΑΙ
ΝΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙ

Με τον όρο ηλιοφάνεια εννοούμε την ολική χρονική διαρκεία κατά την οποία ο 'Ηλιος βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα χωρίς να καλύπτεται από διάφορα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια (βουνά, κτίρια) ή χωρίς να καλύπτεται από νέφη.

Στην καθημερινή πρακτική η ηλιοφάνεια μετριέται με τη βοήθεια του ηλιογράφου Campbell-Stokes. Η μέτρηση όπως περιγράφεται με λεπτομέρεια από διάφορους συγγραφείς, Κυριαζόπουλος και Λιβαδάς (1), Riches (5), στηρίζεται στο κάψιμο μιας χάρτινης χρονομετρημένης ταινίας από το όργανο, δύο ο 'Ηλιος είναι ανεμόδιστα ορατός. Από πολυετείς μελέτες συμπεριφοράς του παραπάνω οργάνου προέκυψε ότι η κάυση της ταινίας του ηλιογράφου και κατά συνέπεια η έναρξη παροχής ενδείξεων από το όργανο αρχίζει, όταν η ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας προσεγγίζει μια ορισμένη τιμή. Η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται έντονα από την υγρασία της ατμόσφαιρας. Έτσι για περίπτωση ξερής ατμόσφαιρας η τιμή αυτή μπορεί να είναι 70 W.m⁻² ή 0.100 cal.min⁻¹.cm⁻², όχι να φτάσει την τιμή των 280 W.m⁻² ή 0.400 cal.min⁻¹.cm⁻², Riches (5). Ως μέση αντιπρόσωπευτική τιμή μπορεί να θεωρείται η τιμή των 200-210 W.m⁻² ή 0.287-0.301 cal.min⁻¹.cm⁻², Valko (6), Riches (5). Η τιμή αυτή συναντιέται πολλές φορές στη βιβλιογραφία με τον όρο " μέση ευαισθησία " της ταινίας του ηλιογράφου.

Με όσα εκτέθηκαν παραπάνω, αν εξαιρέσουμε τη νέφωση από τους περιοριστικούς παράγοντες της ηλιοφάνειας, αν πάρουμε δηλαδή υπόψη τις τελείως αιθριες ημέρες, τότε προκύπτει ότι η διάρκεια της ηλιοφάνειας μπορεί να περιοριστεί από τεχνητά και φυσικά εμπόδια, που παρεμβάλλονται ανάμεσα στον 'Ηλιο και τον ηλιογράφο, και από την ευαισθησία της ταινίας του ηλιογράφου. Και σε ό,τι βέβαια αφορά τα τεχνητά εμπόδια, αυτά είναι δυνατόν να παρακαμφθούν με κατάλληλη επιλογή του σημείου τοποθέτησης του οργάνου. Έτσι παραμένουν τα φυσικά μόνον εμπόδια, που είναι εκείνα που διαμορφώνει η τοπογραφία του τόπου (ύπαρξη βουνών στη διεύθυνση ανατολής και δύσης του 'Ηλιου). Ο παράγοντας αυτός ταυτίζεται με τις τοπογραφικές ιδιαιτερότητες ενός τόπου και δεν μπορεί να υπαχθεί σε γενικούς κανόνες. Αυτονότητα λοιπόν, η επίδραση της τοπογραφίας στον περιορισμό της διάρκειας της ηλιοφάνειας αποτελεί αντικείμενο τοπικής τοπογραφικής έρευνας.

Απομένει επομένως η διερεύνηση του ρόλου της ευαισθησίας της ταινίας του ηλιογράφου στον περιορισμό της καταγραφόμενης διάρκειας της ηλιοφάνειας. Αν υποθέσουμε ως μέση τιμή της ευαισθησίας της ταινίας τα 200 W.m⁻², Valko (6), τότε είναι σαφές ότι για να αρχίσει να καταγράφει ο ηλιογράφος, πρέπει το ύψος του 'Ηλιου να είναι τόσο, ώστε να εξασφαλίζεται ένταση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ίση με 200 W.m⁻². Το ύψος αυτό δεν είναι σταθερό, αλλά η τιμή του διαμορφώνεται κάθε φορά ανάλογα με την τιμή του συντελεστή θολότητας της ατμόσφαιρας, Τσιούμης (12).

Από τα δεδομένα της σφαιρικής τριγωνομετρίας και από το πρώτο τρίγωνο του 'Ηλιου προκύπτει εύκολα, Ξανθάκης (13), ότι η διάρκεια της ηλιοφάνειας υπόλογίζεται σε ώρες με τη βοήθεια της σχέσης:

$$\text{Ηλ}_o = \frac{1}{15} \arccos(-\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg}\delta_o) \quad (6)$$

Η σχέση αυτή παρέχει τη λεγόμενη θεωρητική τιμή της ηλιοφάνειας με την προϋπόθεση ότι δεν δημιουργούνται προβλήματα ορατότητας του 'Ηλιου από την τοπογραφία της περιοχής και ότι δε δρά περιφριστικά η ευαισθησία της ταινίας του ηλιογράφου.

Η τιμή της ηλιοφάνειας που προκύπτει ως μετρητικό δεδομένο και χρησιμοποιείται σ' όλες τις αναλύσεις δεδομένων προέρχεται από εκείνη που καταγράφεται από τους ηλιογράφους Campbell-Stokes. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατό να προϋπολογίσουμε τη διάρκεια της αναμενόμενης να καταγραφεί ηλιοφάνειας, αν διπλασιάσουμε την τιμή της ωριαίας γωνίας του 'Ηλιου τη στιγμή που βρίσκεται σε ύψος τέτοιο, ώστε η ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας να είναι 200 W.m⁻². Παίρνοντας τώρα ως δεδομένο ότι το παραπάνω ύψος ποικίλλει ανάλογα με την τιμή του συντελεστή θολότητας B είναι δυνατό να προϋπολογίσουμε την αναμενόμενη να καταγραφεί διάρκεια της ηλιοφάνειας από τη σχέση:

$$\sin u_B = \sin \varphi \cdot \sin \delta_\odot + \cos \varphi \cdot \cos \delta_\odot \cdot \cos H_B$$

και τελικά

$$H\lambda_B^h = 2 \cdot H_B = \frac{2}{15} \arccos \left(\frac{\sin u_B - \sin \varphi \cdot \sin \delta_\odot}{\cos \varphi \cdot \cos \delta_\odot} \right) \quad (7)$$

όπου $H\lambda_B^h$ η αναμενόμενη να καταγραφεί διάρκεια της ηλιοφάνειας σε ώρες, όταν ο συντελεστής θολότητας είναι ίσος με B , και u_B το ύψος στο οποίο πρέπει να φτάσει ο 'Ηλιος, ώστε η ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας να γίνει 200 W.m⁻² για την παραπάνω τιμή του συντελεστή θολότητας.

Με τη βοήθεια κατάλληλων πινάκων, Τσιουμης (12), υπολογίζουμε το ύψος u_B για τις τιμές του συντελεστή θολότητας από $B=0.05$ μέχρι $B=0.30$, δημοσιεύοντας στον παρακάτω πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

α/α	B	u_B
1	0.05	3°.77
2	0.10	5.82
3	0.15	8.25
4	0.20	10.59
5	0.25	12.88
6	0.30	15.10

Για την κατάρτιση του πίνακα αυτού θεωρήθηκε ότι η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς αποδίδεται από την τιμή του ύψους τού "υετίσιμου" νερού $W=2.0$ cm. Η τιμή αυτή είναι μια στατιστικά αποδεκτή μέση ετήσια τιμή για τα εύκρατα κλίματα και έχει υιοθετήθει επίσης σαν τέτοια στη διαμόρφωση των παραμέτρων της πρότυπης ατμόσφαιρας από τη NASA (Standard NASA atmosphere), Thekaekara (7).

Από τη συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2 γίνεται φανερό ότι υπάρχει απόλυτα σχεδόν γραμμική εξάρτηση του u_B από το συντελεστή θολότητας B . Πραγματικά η προσαρμογή των

δεδομένων του πίνακα (2) σε γραμμική σχέση της μορφής $y = ax + b$ δίνει ως αποτέλεσμα τη σχέση:

$$v_B = 45.81 B + 1.384 \quad (8)$$

$$\pm 0.45 \quad \pm 0.087$$

Στην παραπάνω προσαρμογή ο συντελεστής συσχέτισης ή-ταν λίσσης με τη μονάδα και ο έλεγχος της καλής προσαρμογής έδωσε αποτέλεσμα απόλυτα ικανοποιητικά.

'Αν τώρα αντικαστήσουμε στη σχέση (7) το ύψος v_B με τις τιμές που προκύπτουν από τη σχέση (8) για τιμές του συντελεστή θολότητας $B = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30$, τότε είναι δυνατό να υπολογιστεί η κατά μέσο όρο αναμενόμενη να καταγραφεί κάθε φορά διάρκεια της ηλιοφάνειας.

Στους πίνακες (3) και (4) δίνονται για δύο τυπικές πυμέρες, μια θερινή ($\delta = 20^{\circ}0$) και μια χειμερινή ($\delta = -20^{\circ}0$) για γεωγραφικό πλάτος 40.0 ο συντελεστής θολότητας B , η αντίστοιχη τιμή του ύψους v_B , η θεωρητική διάρκεια της ηλιοφάνειας $H\lambda$, η διάρκεια της ηλιοφάνειας $H\lambda_B$ που αναμένεται να καταγραφεί στον ηλιογράφο για τη δεδομένη τιμή του συντελεστή θολότητας B , η διάρκεια σε ώρες κατά την οποία ο ηλιογράφος δεν καταγράφει, παρά το γεγονός ότι ο Ήλιος είναι ανεμπόδιστα ορατός, καθώς και το ποσοστό % της τελευταίας σε σχέση με τη θεωρητική τιμή της ηλιοφάνειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

B	v_B	$H\lambda_0$	$H\lambda_B$	$\Delta H\lambda$	$\Delta H\lambda (%)$
0.05	3.77	9.63	8.88	0.75	7.80
0.10	5.82	9.63	8.47	1.16	12.00
0.15	8.25	9.63	7.96	1.67	17.00
0.20	10.59	9.63	7.45	2.18	22.60
0.25	12.88	9.63	6.94	2.69	27.90
0.30	15.10	9.63	6.42	3.21	33.30

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

B	v_B	$H\lambda_0$	$H\lambda_B$	$\Delta H\lambda$	$\Delta H\lambda (%)$
0.05	3.77	14.37	13.65	0.72	5.00
0.10	5.82	14.37	13.26	1.11	7.70
0.15	8.25	14.37	12.81	1.56	10.90
0.20	10.59	14.37	12.38	1.99	13.80
0.25	12.88	14.37	11.97	2.40	16.70
0.30	15.10	14.37	11.57	2.80	19.50

Από τους πίνακες (3) και (4) φαίνεται καθαρά ότι η χρονική διάρκεια κατά την οποία ο ηλιογράφος μπορεί να μην καταγράφει είναι δυνατό να φτάσει σε αξιόλογες τιμές, καθώς αυξάνεται η θολότητα της ατράφαιρας.

Είναι όμως σαφές ότι στο διάστημα αυτό η Γη δέχεται ορισμένα ποσά ενέργειας από τον Ήλιο.

Τα ποσά αυτά της ενέργειας είναι μικρά, γιατί το διάστημα κατά το οποίο ο ηλιογράφος δεν καταγράφει ισοκατανέμεται

σε δύο περιόδους, αμέσως μετά την ανατολή και αμέσως πριν από τη δύση του Ήλιου, στις οποίες ο Ήλιος βρίσκεται σε σχετικά μικρά αιώνα ύψη. Οπωσδήποτε όμως το γεγονός αυτό πρέπει να παίρνεται σοβαρά υπόψη, όταν προσπαθούμε να συσχετίσουμε την ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους σε μια αίθρια μέρα με την καταγραφόμενη διάρκεια της ηλιοφάνειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.-Valko,P.:1970,"Das kurzwellige Strahlungsfeld der Atmosphäre".Schweizerische Blätter für Heizung und Luftung no.37,S.56-60.
- 2.-Falconer, P.:1980,"Computation of Solar Zenith Angle".An Introduction to Meteorological Measurements and Data Handling for Solar Energy Applications.U.S.Department of Energy,Office of Energy Research,pp.A.II.23-A.II.28.
- 3.-Αγγουριδάκης,Β.Ε.:1976,"Τό θετίσιμον ύδωρ είς τήν πέριοχήν τῶν Αθηνῶν".Διατριβή για υφηγεσία.Θεσσαλονίκη 1976.
- 4.-Allen,C.W.:1963,"Astrophysical Quantities".University of London.The Athlon Press,second Edition.
- 5.-Riches,M. R.:1980,"Duration of Sunshine".An Introduction to Meteorological Measurements and Data Handling for Solar Energy Applications,U.S.Derartment of Energy,Office of Energy Research,pp.9.1-9.6.
- 6.-Valko,P.:1980,"Some Empirical Properties of Solar Radiation and Related Parameters".An Introduction to Meteorological Measurements and Data Handling for Solar Energy Applications.U.S.Department of Energy,pp.8.1-8.46.
- 7.-Thekaekara,M.P.:1977,"Solar Irradiance,Total and Spectral" In Solar Energy Engineering,ed. by H.A.M.Sayigh,pp. 37-60 Academic Press,New York-San Francisco-London.
- 8.-Τσιούμης Α.Κ.:1982,"Μηχανισμοί απορρόφησης της ηλιακής αυτινοβολίας από την ατμόσφαιρα".Πρακτικά του 1ου Εθνικού Συνέδριου για τις Ηπιες Μορφές Ενέργειας.Τομ.Ι,σ.1-17
- 9.-Holmboe,J.,Forsyth,G.,Gustin,W.:1957,"Dynamic Meteorology".John Wiley and Sons,inc.-New York.Chapman and Hall, limited-London.
- 10.-Μηνιαίο Κλιματολογικό Δελτίο.:1968-1974,Περιοδική έκδοση της Εθνικής Μετεορολογικής Υπηρεσίας.
- 11.-Κυριαζόπουλος ,Β.,Λιβαδάς,Γ.:1971,"Πρακτική Μετεωρολογία".Σελ.1-387,έκδοση τρίτη,Θεσσαλονίκη.
- 12.-Τσιούμης,Α.Κ.:1985," Ο Ήλιος ως βασικός παράγοντας σε διάφορες επιστημονικές εφαρμογές ".Μονογραφία σε ειτύπωση,σελ.130.
- 13.-Ξανθάκης,Ι.Ν.:1955," Αστρονομία ".Τόμος πρώτος,έκδοση του Α.Π.Θ,σελ.1-286,Θεσσαλονίκη.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑΣ ΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΟΜΕΝΗΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΟΛΟΤΗΤΑΣ

Αλέξανδρος Κ. Τσιούμης
Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Αγρονόμων
και Τοπογράφων Μηχανικών του Α.Π.Θ.

Λέξεις-κλειδιά: Πρόβλεψη ολικής ενέργειας, καταγραφόμενης ηλιαφάνειας, συντελεστής θολότητας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία που ακολουθεί προτείνεται απλό μαθηματικό πρότυπο πρόβλεψης της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ενέργειας στο οριζόντιο επίπεδο σε ημερήσια βάση για τις διαφορες εποχές του χρόνου.

Ο προσδιορισμός του μαθηματικού προτύπου στηρίχτηκε στα παρακάτω στοιχεία:

- 1) Στην τιμή που έχει η αέρια μάζα m ($m \approx secu$) το μεσομέρι διαφόρων ημερών ομαλά κατανεμημένων σ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- 2) Στην αναμενόμενη να καταγραφεί τιμή H_B της ηλιοφάνειας για συγκεκριμένες τιμές του συντελεστή θολότητας B του Schüepp στη διάρκεια των παραπάνω ημερών.
- 3) Στον υπολογισμό της ημερήσιας τιμής της ολικής ηλιακής ενέργειας η οποία προσπίπτει στο οριζόντιο επίπεδο για τις συγκεκριμένες τιμές του συντελεστή θολότητας που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω για τις ίδιες ημέρες.

Επιδιώχτηκε τα στοιχεία των παραγράφων (2) και (3) να να αναφέρονται σε τελείως ηλιοφάνειας ημέρες.

Από την στατιστική επεξεργασία των στοιχείων των παραγράφων (1), (2) και (3) έγινε δυνατή η πρόταση απλού μαθηματικού προτύπου της μορφής $E_{H_B} = E_B \cdot f(m, H_B)$. Ο προσδιορισμός της αναλυτικής μορφής του προτύπου αυτού έγινε με την τεχνική της αναζήτησης της καλύτερα προσαρμοζόμενης καμπύλης με τη βοήθεια της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης υποβλήθηκαν σ' όλους τους ελέγχους τόσο της καταλληλότητας της προσαρμογής με τη βοήθεια του χ^2 -test, όσο και της αξιοπιστίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι φανερό ότι το ποσό της ολικής ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους (στο οριζόντιο επίπεδο) εξαρτάται κύρια από τη θολότητα της ατμόσφαιρας, από τη διάρκεια της ηλιοφάνειας, καθώς και από την αλίση με την οποία μπαίνουν και διασχίζουν την ατμόσφαιρα οι ηλιακές ακτίνες.

'Ετσι για μια μια δεδουλένη τιμή του συντελεστή θολότητας η ενέργεια που φτάνει στη διάρκεια μιας αίθριας ημέρας θα είναι ανάλογη με τη διάρκεια της ηλιοφάνειας την ημέρα αυτή. Οι ίδιες όμως ώρες ηλιοφάνειας, όπως είναι γνωστό, Τσιούμης (1), μας οδηγούν σε διαφορετικό ενεργειακό αποτέλεσμα,

όταν ανήκουν στη θερινή περιόδο, από εκείνο στο οποίο μας οδηγούν, όταν ανήκουν στη χειμερινή περίοδο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τις δύο αυτές εποχές η κλίση με την οποία πέφτουν οι ακτίνες του Ήλιου είναι διαφορετική (μεγάλη κλίση ως προς την κατακόρυφο το χειμώνα, μικρή το καλοκαίρι). Έτσι για λόγους που συνδέονται με το μηχανισμό εξασθένισης της ηλιακής ακτινοβολίας, έγινε δεκτό, Τσιούμης (1), ότι η κατάλληλη παράμετρος για το λόγο αυτό είναι η αέρια μάζα πη τη στιγμή της μεσουράνησης του Ήλιου σε μια δεδουμένη ημέρα. Σε συμφωνία πάντοτε με τούς νόμους που διέπουν τον παραπάνω μηχανισμό επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί σαν τέτοια παράμετρος η ποσότητα $q=10^{-m}$, όπου πη η τιμή της αέριας μάζας που αναφέρθηκε παραπάνω. Παράλληλα σαν παράμετρος που χαρακτηρίζει την ηλιοφάνεια υιοθετήθηκε ο λόγος ωρών καταγραφόμενης ηλιοφάνειας προς 12 σε συμφωνία με τη διεθνή πρακτική, Sayigh (2). Έτσι η τελευταία παράμετρος περιγράφεται ποσοτικά από τη σχέση $D=(\text{Ηλιοφάνεια σε ώρες})/12$. Συμπερασματικά λοιπόν προκύπτει ότι η ολική ενέργεια Q που φτάνει σε μια οριζόντια επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας αίθριας ημέρας μέσα στο έτος είναι λογικό να μπορεί να δίνεται από μια σχέση της μορφής $Q=f(D, q)$ για συγκεκριμένες τιμές του συντελεστή θολότητας B .

ΑΝΑΛΥΣΗ

Με τη βοήθεια δύο μαθηματικών προτύπων που έχουν προταθεί τόσο για την πρόβλεψη της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, Τσιούμης (3), όσο και για την πρόβλεψη της έντασης της διάχυτης ακτινοβολίας που δέχεται το οριζόντιο επίπεδο Valko (4) υπολογίστηκε το ποσό της ολικής ενέργειας το οποίο προσπίπτει κατά τη διάρκεια μιας αίθριας ημέρας σε μια οριζόντια επιφάνεια καθώς και η τιμή της παραμέτρου $X=1000$. Δηλαδή 15 ημέρες και για τιμές γεωγραφικού πλάτους $34^{\circ}, 36^{\circ}, 38^{\circ}$, και 40° . Ο υπολογισμός αυτός έγινε με κατάλληλο πρόγραμμα για τον υπολογιστή UNIVAC 1106[°] του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Ενδεικτικά αποτελέσματα του υπολογισμού αυτού για την εποχή της άνοιξης δίνονται στον πίνακα 1. Για τη σύνταξη του πίνακα αυτού πάρθηκε υπόψη στον υπολογισμό της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας η πραγματική απόσταση του Ήλιου από τη Γη για τις διάφορες ημερομηνίες. Παράλληλα για τον υπολογισμό της έντασης της διάχυτης ακτινοβολίας πάρθηκαν υπόψη οι σχετικοί εποχιακοί διορθωτικοί συντελεστές. Η χρησιμοποίηση εξάλλου περισσότερων τιμών για το γεωγραφικό πλάτος οδήγησε πρακτικά στη δημιουργία περισσότερων ζευγών των παραμέτρων Q, X , μέσα στην ίδια εποχή του έτους. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ακόμα ότι στην υπολογιστική εκτίμηση της ηλιοφάνειας πάρθηκε υπόψη η μέση ευαίσθησηά ενεργοποίησης της ταινίας του ηλιογράφου. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια να μειώνεται η διάρκεια της ηλιοφάνειας που αναμένεται να καταγραφεί από τον ηλιογράφο, καθώς αυξάνεται η θολότητα της ατμόσφαιρας. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας εμφανίζεται ως μείωση της παραμέτρου X σ' ένα τόπο για μια συγκεκριμένη ημερομηνία, καθώς αυξάνεται η θολότητα της ατμόσφαιρας.

Από τον πίνακα 1 διαφαίνεται καθαρά η ύπαρξη έντονης συσχέτισης ανάμεσα στις παραμέτρους Q και X για διάφορες τιμές του συντελεστή θολότητας B μέσα στην ίδια εποχή του έτους. Η επισήμανση αυτή ήταν φυσικό να οδηγήσει στην ανα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

B=0.05		B=0.10		B=0.15		B=0.20		B=0.25	
X	Q	X	Q	X	Q	X	Q	X	Q
57.9	550.9	55.7	506.7	53.6	484.9	51.4	468.2	49.3	459.9
61.9	565.8	59.6	521.2	57.4	498.6	55.1	481.5	52.9	472.8
65.7	580.0	63.4	535.1	61.0	511.8	58.2	494.4	56.4	485.3
69.3	593.2	66.9	548.1	64.5	524.1	62.2	506.4	59.8	497.0
71.6	611.9	69.0	565.3	66.5	540.9	63.9	523.0	61.4	513.6
75.1	623.3	72.5	576.8	69.8	551.7	67.2	533.6	64.6	523.8
78.4	633.9	75.7	587.4	73.0	561.7	70.4	543.5	67.7	533.4
81.4	643.6	78.7	597.1	76.0	570.9	73.2	552.7	70.6	542.3
85.6	670.5	82.5	622.1	79.5	595.5	76.6	576.4	73.7	566.0
88.2	677.9	85.2	629.9	82.2	602.5	79.3	583.7	76.3	573.1
90.7	684.4	87.7	636.7	84.7	608.9	81.7	590.2	78.7	579.3
92.9	690.0	89.9	642.7	86.8	614.5	83.8	595.9	80.8	584.9
95.0	709.2	91.7	659.9	88.4	631.5	85.2	612.4	82.0	601.4
97.1	713.4	93.8	664.7	90.5	635.9	87.3	617.0	84.1	605.8
98.9	716.8	95.6	668.6	92.3	639.6	89.1	620.8	85.9	609.6
100.5	719.2	97.1	671.6	93.9	642.3	90.6	623.8	87.4	612.4
102.9	740.2	99.3	690.3	95.7	660.7	92.4	641.5	88.9	630.2
105.6	751.9	102.3	701.9	98.6	671.9	95.1	652.7	91.5	641.2

 $Q(\text{cal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2})$

ζήτηση αναλυτικής σχέσης ανάμεσα στις παραπάνω παραμέτρους

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης προς την κατεύθυνση αυτή οδήγησε στον προσδιορισμό αναλυτικών σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων Q και X για τις τέσσερις εποχές του έτους. Ο προσδιορισμός έγινε με τη μέθοδο της αναζήτησης της καλύτερα προσαρμοζόμενης καμπύλης σε κάθε περίπτωση με τη βοήθεια της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Τα αποτελέσματα υπερβαίνουν σημαντικά τις μεταξύ των παραμέτρων.

σημαντικά τις μεταξύ των παραμέτρων.

- α) Για το Φθινόπωρο $Q_B = a_B \cdot x_B$
- β) Για το Χειμώνα $Q_B = a_B \cdot x_B$
- γ) Για την Άνοιξη $Q_B = a_B + b_B \cdot x$
- δ) Για το Καλοκαίρι $Q_B = a_B + b_B \cdot x$

(1)

Ο συντελεστής συσχέτισης κατά την παραγωγή των σχέσεων (1) κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 0.997 και 0.999 για όλες τις τιμές του συντελεστή θολότητας B και τις τέσσερις εποχές.

Οι τιμές των συντελεστών a_B και b_B , όπως αυτές προέκυψαν από την ανάλυση, φαίνονται στον πίνακα 2 για τις τιμές του συντελεστή θολότητας $B=0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25$, που θεωρείται ότι καλύπτει τις περισσότερες μέσες περιόδους τιμές του συντελεστή θολότητας.

Εξάλλου από τον πίνακα 3 φαίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου της καταλληλότητας της προσαρμογής της προτεινόμενης κάθε φορά αναλυτικής σχέσης μεταξύ των παραμέτρων Q και X με τη βοήθεια του χ^2 -test.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

B	ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΑΝΟΙΞΗ		ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	
	a	b	a	b	a	b	a	b
0.05	116.7	0.3730	308.8	4.160	293.3	4.135	115.0	0.3675
	± 2.5	± 0.0067	± 5.6	± 0.066	± 5.2	± 0.062	± 2.1	± 0.0069
0.10	107.0	0.3763	273.1	4.167	256.1	4.105	103.0	0.3756
	± 2.4	± 0.0072	± 5.0	± 0.061	± 4.6	± 0.056	± 2.3	± 0.0073
0.15	106.8	0.3717	262.3	4.119	243.5	4.021	101.5	0.3710
	± 2.4	± 0.0072	± 5.5	± 0.068	± 4.7	± 0.059	± 2.2	± 0.0072
0.20	108.7	0.3610	250.4	4.188	229.9	4.058	101.3	0.3637
	± 2.4	± 0.0074	± 5.4	± 0.070	± 4.7	± 0.062	± 2.2	± 0.0074
0.25	113.2	0.3506	247.5	4.251	227.5	4.050	104.2	0.3544
	± 2.5	± 0.0078	± 5.9	± 0.079	± 5.0	± 0.068	± 2.3	± 0.0079

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

B	ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΑΝΟΙΞΗ		ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ	
	S	S	S	S	S	S	S	S
0.05	2.19		0.38		0.45		1.90	
0.10	2.03		0.33		0.38		1.98	
0.15	2.19		0.41		0.43		1.85	
0.20	2.09		0.43		0.46		1.96	
0.25	2.39		0.51		0.49		2.20	

χ^2 για	5.23	5.81	6.41	4.66
P=0.99				
N-2	15	16	17	14

$$S = \sum ((Q_c - Q_o)^2 / Q_o), Q_c = \text{τιμή που υπολογίστηκε} \\ Q_o = \text{τιμή που παρατηρήθηκε}$$

Τέλος από τον πίνακα 4 φαίνονται τα αποτελέσματα της δυνατότητας πρόβλεψης με τη βοήθεια των σχέσεων (1). Στον πίνακα αυτό δίνεται για μια σειρά τελείως αίθριων ημερών το αποτέλεσμα της μέτρησης της ολικής ενέργειας σε οριζόντια επιφάνεια που παρατηρήθηκε στο Εθνικό Αστεροσκοπείο, η τιμή του μέσου ημερήσιου συντελεστή θολότητας B , όπως προσδιορίστηκε με τη βοήθεια της προσεγγιστικής έμμεσης μεθόδου υπολογισμού του συντελεστή θολότητας B , Τσιούμης (3), η τιμή της ηλιοφάνειας $H_{λK}$ που καταγράφηκε, Η τιμή της ηλιοφάνειας

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

πινερομ.	δ_{Θ}	\bar{B}	$H\lambda_K$	$H\lambda_A$	X_1	X_2	Q_{A1}	Q_{A2}/cm	Q_M	$Q_{A1}-Q_M$	$Q_{A2}-Q_M$
							cal.	day			
01.09.59	8	25	50	0.11	11.1	11.7	65.5	69.3	521.2	536.8	-3.1
02.09.69	8	4	4	0.15	10.6	11.3	62.0	66.4	492.8	510.5	514
03.09.69	7	42	10	0.12	10.9	11.6	63.1	67.0	507.9	523.8	525
27.09.69	-1	28	30	0.10	10.7	10.8	45.2	45.6	431.0	432.6	-3.4
12.05.70	17	58	30	0.17	12.4	12.2	89.1	87.7	627.2	621.4	-2.7
15.05.70	18	43	00	0.12	13.3	12.7	96.6	92.5	669.7	652.6	-2.4
07.06.70	22	41	34	0.17	13.1	12.7	100.3	97.3	673.5	661.1	652
19.06.70	23	25	4	0.16	13.3	12.9	102.7	99.4	684.5	670.9	666
14.07.70	21	46	53	0.13	13.1	13.0	99.2	98.3	650.7	647.1	647
23.07.70	20	12	40	0.18	13.2	12.3	98.0	91.7	631.6	606.2	628
16.08.70	13	56	43	0.17	12.1	11.8	83.7	78.3	575.9	556.6	556
08.09.70	5	56	10	0.16	11.1	11.0	61.1	60.8	487.0	485.8	487
09.09.70	5	33	37	0.11	11.3	11.4	58.8	62.3	493.8	508.1	500
10.09.70	5	10	39	0.11	10.9	11.4	58.7	61.3	493.8	504.0	505
11.09.70	4	48	15	0.13	10.9	11.2	58.0	59.5	483.7	489.7	483
12.09.70	4	25	27	0.12	10.3	11.2	54.1	59.0	471.2	491.2	488
14.09.70	3	39	37	0.21	10.5	10.4	53.8	53.2	446.0	443.6	440
17.09.70	2	30	24	0.15	11.1	10.8	54.7	53.1	463.5	457.1	452
29.10.70	-13	14	33	0.07	10.0	9.7	21.1	20.6	341.1	338.1	333
01.11.70	-14	13	41	0.07	9.7	9.6	18.8	18.0	326.8	326.0	318
02.11.70	-14	32	57	0.08	9.8	9.5	18.5	18.0	319.3	316.5	312
13.11.70	-17	47	49	0.08	9.5	9.1	13.2	12.6	281.6	276.8	274
12.06.71	23	5	49	0.15	13.2	12.9	101.5	99.5	680.5	672.2	664
13.06.71	23	9	45	0.15	13.5	12.9	103.9	99.6	690.4	672.7	669
18.07.71	21	10	59	0.18	13.3	12.4	100.0	93.6	639.8	613.9	617
19.07.71	21	0	35	0.21	13.2	12.2	99.0	91.2	629.9	598.2	601
05.08.71	17	12	51	0.18	12.7	12.0	90.2	85.4	600.1	580.7	578
06.08.71	16	56	44	0.18	13.0	12.0	91.9	84.9	607.0	578.7	574
08.08.71	16	23	40	0.22	12.5	11.6	87.5	81.2	681.7	555.4	551

Ηλ_A που αναμενόταν να καταγραφεί με βάση την τιμή του μέσου συντελεστή θολότητας B και τη βοήθεια κατάλληλων σχέσεων, Τσιούμης (5), οι αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων X₁ και X₂ καθώς και οι πρόβλεπόμενες τιμές Q_{A1} και Q_{A2}. Οι σχέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν τη μορφή:

$$H\lambda_B^h = \frac{2}{15} \arccos\left(\frac{\sin u_B - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}\right) \quad (2)$$

$$u_B = 1.834 + 45.81 \cdot B \quad (3)$$

$$\pm 0.087 \quad \pm 0.45$$

Η παραγωγή της σχέσης (3) στηρίχτηκε στην υιοθέτηση ως μέσης τιμής της ευαίσθησίας ενεργοποίησης της₂ ταινίας του ηλιογράφου Campbell-Stokes της τιμής 200 W.m⁻², Valko (7), Riches (6). Με την παράμετρο u_B αποδίδεται το ύψος. στο οποίο πρέπει να φτάσει ο Ήλιος για να ενεργοποιηθεί η ταινία του ηλιογράφου ανάλογα με την τιμή του συντελεστή θολότητας.

Από την σύγκριση των τιμών Q_{A1} και Q_{A2} με τις τιμές Ω_M της ολικής ενέργειας που μετρήθηκαν παράτηρείται ότι η ηλιοφάνεια που αναμενόταν να καταγραφεί δύνει ικανοποιητικότερα αποτελέσματα πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ενέργειας. Κάτι τέτοιο επηγείται από το γεγονός ότι η καταγράφομενη ηλιοφάνεια δεν είναι από τις ακριβέστερα προσδιορίζομενες μετεωρολογικές παραμέτρους γιατί σύμφωνα με τον Riches (6) προσδιορίζεται με ακρίβεια ±10% πάνω στη τιμή μέτρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.-Τσιούμης, Α.Κ.: 1982, "Πρόβλεψη της προσπίπτουσας ολικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας ως συνάρτηση της ηλιοφάνειας και των γεωμετρικών παραμέτρων της τροχιάς του 'Ηλιου'". Πρακτικά του Ιου Εθνικού Συνέδριου για 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας'. Τόμος Ι, σελ. 19-32.
- 2.-Sayigh, H.A.M.: 1977, "Solar Energy Availability Prediction from Climatological Data". In Solar Energy Engineering, ed. by H.A.M. Sayigh, pp. 61-82. Academic Press, New York - San Francisco-London.
- 3.-Τσιούμης, Α.Κ.: 1985, "Ο Ήλιος ως βασικός παράγοντας σε διάφορες επιστημονικές εφαρμογές". Μονογραφία σε εικτύπωση, σελ. 130.
- 4.-Valko, P.: 1966, "Die Himmelstrahlung in Ihrer Beziehung zu verschiedenen Parametern". Archiv für Meteor. Geophys. und Biokl. B-14, S. 336-359.
- 5.-Τσιούμης, Α.Κ.: 1985, "Ποσοτική προσέγγιση σε δύο ατμοσφαιρικές παραμέτρους που συνδέονται άμεσα με την ηλιακή ακτινοβολία. Ανακοίνωση στο 2ο Εθνικό συνέδριο για 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας', σελίδες 8.
- 6.-Riches, M.R.: 1980, "Duration of Sunshine". An Introduction to Meteorological Measurements and Data Handling for Solar Energy Applications, U.S. Department of Energy, Office of Energy Research, pp. 1.11-1.13 and 9.1-9.6.
- 7.-Valko, P.: 1980, "Some Empirical Properties of Solar Radiation

MET-31

and Related Parameters". An Introduction to Meteorological Measurements and Data Handling for Solar Energy Applications. U.S. Department of Energy, Office of Energy Research, pp. 8.1-8.46.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΕΚΛΙΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Δ.Α.Κουρεμένος, Κ.Α.Αντωνόπουλος και Δ.Δουλγεράκης
Καθηγητής, Δέκτορας, Μηχ/γος-Ηλ/γος ΕΜΠ.
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων,
Πατησίων 42, Αθήνα 106 82.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Προσδιορίζεται η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στη περιοχή της Αθήνας με επεξεργασία μετρήσεων της περιόδου 1961-1980 και παρέχονται απλές αλγεβρικές σχέσεις για τον υπολογισμό των τιμών της συναρτήσει του χρόνου, του αζιμουθίου και της αλίσης της επιφάνειας συλλέκτου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακή ενέργεια, Κεκλιμένες επιφάνειες, Αμεση ακτινοβολία, Διάχυτη ακτινοβολία, Αθήναι

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη εγκαταστάσεων συλλογής ηλιακής ενέργειας απαιτεί γνώση των τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στον τόπο του έργου. Για να μπορεί να εκτιμηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια το ποσό της ενέργειας που θα συλλεχθεί, οι τιμές αυτές πρέπει να έχουν καθορισθεί με βάση πολυετείς μετρήσεις. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο καθορισμός των αναμενομένων τιμών της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνειες διαφόρων προσανατολισμών και ακίνητων στην περιοχή της Αθήνας για την οποία υπάρχουν μετρήσεις [1], καθώς επίσης και η σύνθεση απλών αλγεβρικών σχέσεων, οι οποίες να παρέχουν τις τιμές αυτές για κάθε ώρα και ημέρα του τυπικού έτους και γιά κάθε τιμή του αζιμουθίου και της αλίσης της επιφάνειας συλλογής.

Αφετηρία των υπολογισμών είναι οι ανά ώρα μετρήσεις της ολικής ακτινοβολίας οριζόντιας επιφάνειας που παρέχεται από το Αστεροσκοπείο Αθηνών [1]. Με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία προκύπτουν τόσο οι μέγιστες όσο και οι μέσες τιμές που αναφέρονται σε συνθήκες ανέφελου ουρανού και ουρανού με μέση νέφωση αντιστοίχως. Στην εργασία αυτή, η οποία αφορά σε εφαρμογές συλλογής ηλιακής ενέργειας, ενδιαφέρουν οι μέσες τιμές.

Η ανάλυση των μετρήσεων σε άμεση και διάχυτη συνιστώσα γίνεται με χρήση κατάλληλης λογιστικής μεθόδου. Η

γνώση και των δύο συνιστωσών είναι χρήσιμη στον σχεδιασμό των συσκευών συλλογής ηλιακής ενέργειας λόγω της διαφορετικής επίδρασης αυτών στις σχετικές συσκευές. Οι υπολογιζόμενες τιμές οριζόντιου επιφανείας χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνειες διαφόρων προσανατολισμών και κλίσεων.

2. ΜΕΣΗ ΑΜΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η μέση άμεση I_{DHC} και η μέση διάχυτη I_{dHC} (kw/m^2) ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας υπολογίζονται, σύμφωνα με την προτεινόμενη από τους [2,3,4] μέθοδο, από τις σχέσεις:

$$I_{DHC} = I_{TH} \ K \left[1 - (CC) / 10 \right] \quad (1)$$

$$I_{dHC} = I_{TH} \left[(CCF) - K \left(1 - (CC) / 10 \right) \right] \quad (2)$$

όπου:

(α) I_{TH} είναι η μέγιστη ολική ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας (kw/m^2) που υπολογίζεται συναρτήσει του ηλιακού ύψους β και των τοπικών ηλιακών σταθερών A, B, C , δηλαδή:

$$I_{TH} = A(C + \sin\beta) / \exp(B/\sin\beta) \quad (3)$$

Οι τιμές των σταθερών A, B, C γιά κάθε ημέρα του τυπικού έτους στην περιοχή της Αθήνας έχουν καθορισθεί σε προηγούμενες εργασίες [5,6,7].

(β) Το μέγεθος K υπολογίζεται από την σχέση

$$K = \sin\beta / (C + \sin\beta) - (1 - P) / (0.394 \sin^2\beta - 0.137 \sin\beta + 0.691) \quad (4)$$

όπου οι τιμές του συντελεστή P δίδονται στον Πίνακα 1.

(γ) CCF είναι ο "συντελεστής νεφοκάλυψης":

$$(CCF) = I_{THC} / I_{TH} \quad (5)$$

όπου I_{THC} (kw/m^2) είναι η μέση ολική ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας στην Αθήνα, της οποίας οι τιμές γιά κάθε ώρα και ημέρα του τυπικού έτους υπολογίστηκαν σε προηγούμενες εργασίες [8,9] με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων που ήδη αναφέρθηκαν.

(δ) Τέλος, CC είναι η "νεφοκάλυψη" που υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$R(CC)^2 + Q(CC) + P - (CCF) = 0 \quad (6)$$

όπου οι τιμές των συντελεστών P, Q, R δίδονται στον Πίνακα 1.

Η ετήσια μεταβολή της άμεσης ακτινοβολίας I_{DHC} που υπολογίζεται κατά την παραπάνω μέθοδο γιά κάθε ώρα t της ημέρας δίδεται στά σχήματα 1(a) και 1(b) γιά $t = 07.00$ έως 12.00 hrs. και $t = 13.00$ έως 18.00 hrs. (τοπικός Ηλιακός χρόνος) αντιστοίχως. Ομοίως οι τιμές της διάχυτης ακτινοβολίας I_{dHC} δίδονται στά σχήματα 1(c) και 1(d). Οι ημιτονοειδείς καμπύλες που φαίνονται στα παραπάνω σχήματα αντιστοιχούν στις συναρτήσεις:

$$(I_{DHC})_t = M_t + A_t \sin(\frac{360}{365} D - P_t) \quad (7)$$

$$(I_{dHC})_t = m_t + a_t \sin(\frac{360}{365} D - p_t) \quad (8)$$

με τις οποίες προσεγγίζεται η ετήσια μεταβολή των $(I_{DHC})_t$ και $(I_{dHC})_t$ γιά κάθε ώρα t . Στις συναρτήσεις αυτές

$D (=1 \text{ έως } 365)$ είναι η ημέρα του έτους και M_t, A_t, P_t, m_t , a_t, p_t είναι σταθερές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο προσέγγισης ελαχίστων τετραγώνων και δίδονται στον Πίνακα 2. Η επιτυχία προσέγγισης χαρακτηρίζεται από το μέσο σφάλμα $(e_D)_t$, δηλ.

$$(e_D)_t = (1/365) \sum_{D=1}^{365} \left| (I_{DHC})_t - (I_{DHC})'_t \right| / (I_{DHC})_t \quad (9)$$

όπου $(I_{DHC})_t$ είναι, για κάθε ώρα t , οι υπολογιζόμενες τιμές από την εξίσωση (1) ενώ $(I_{DHC})'_t$ οι αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν από την προτεινόμενη συνάρτηση (7). Κατ' ανάλογο τρόπο ορίζεται το μέσο σφάλμα $(e_d)_t$ για την περίπτωση της διάχυτης ακτινοβολίας. Ο Πίνακας 2 δίδει τις τιμές των $(e_D)_t$ και $(e_d)_t$.

3. ΜΕΣΗ ΑΜΕΣΗ, ΔΙΑΧΥΤΗ ΚΑΙ ΟΛΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Η μέση άμεση $I_D(a,s)$, διάχυτη $I_d(a,s)$ και ολική $I_T(a,s)$ ($\text{σέ } \text{kW/m}^2$) ακτινοβολία που προσπίπτει σε κενλιμένη επιφάνεια αζιμουθίου a και ακλίσης s (σε μοίρες) ως πρός το οριζόντιο επίπεδο, υπολογίζεται σύμφωνα με την προτεινόμενη εις [10] μέθοδο από τις σχέσεις:

$$I_D(a,s) = I_{DNC} \cos \theta \quad (10)$$

$$I_d(a,s) = I_{DHC} \cos^2 s + I_{dVC} \sin^2 s \quad (11)$$

$$I_T(a,s) = I_D(a,s) + I_d(a,s) \quad (12)$$

όπου:

(α) I_{DNC} είναι η μέση άμεση ακτινοβολία που προσπίπτει κάθετα στην κενλιμένη επιφάνεια, δηλαδή:

$$I_{DNC} = I_{DHC} / \sin \beta \quad (13)$$

(β) Σε είναι η γωνία που σχηματίζουν οι ηλιακές ακτίνες με την κάθετο στην κενλιμένη επιφάνεια, δηλαδή.

$$\cos \theta = d_1 \sin \beta + d_2 \cos \omega + d_3 \cos R \quad (14)$$

όπου d_1, d_2, d_3 είναι τα συνημίτονα κατεύθυνσης της καθέτου στην κενλιμένη επιφάνεια και

$$\cos \omega = \cos \delta \sin H \quad (15)$$

$$\cos R = \pm (1 - \cos^2 \omega - \sin^2 \beta)^{1/2}, \quad \cos R > 0 \text{ ή } \cos R < 0 \quad \text{άντανος } \tanh \delta / \tan L \quad (16)$$

Στις παραπόνω σχέσεις δ, H και L είναι η ηλιακή έγκλιση, η ωριαία γωνία και το γεωγραφικό πλάτος θέσεως μετρήσεως στην Αθήνα ($=37^\circ 58'$) αντιστοίχως.

(γ) Τέλος, I_{dVC} είναι η μέση διάχυτη ακτινοβολία καταδύρυφης επιφάνειας του έδους προσανατολισμού με την κενλιμένη. Υπολογίζεται από τη σχέση

$$I_{dVC} = I_{DNC} [C_Y + 0.5 \rho (C + \sin \beta)] \quad (17)$$

όπου $\rho (=0.2)$ είναι ο μέσος συντελεστής ανάκλασης του εδάφους και

$$Y = 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta, \quad \text{άντανος } \cos \theta < -0.2 \quad (18)$$

$$Y = 0.45 \quad \text{σε κάθε άλλη περίπτωση} \quad (19)$$

Το μέγεθος Y εκφράζει το λόγο της μέσης διάχυτης ακτινοβολίας καταδύρυφης επιφάνειας (μή συμπεριλαμβανομένης

της διάχυσης που προέρχεται από το έδαφος) προς τη μέση διάχυτη ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας.

4. ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΕΚΑΙΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Η μέση ολική ενέργεια $E_{T,day}(\alpha, s, D)$ (σέ $\text{kwh}/\text{m}^2\text{-day}$) που προσπίπτει σε κεντρική επιφάνεια αζιμουθίου α και ακλίσης s κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας $D (= 1 \text{ έως } 365)$ του τυπικού έτους υπολογίζεται με ολοκλήρωση της μέσης ολικής ακτινοβολίας $I_T(\alpha, s)$ που υπολογίστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Στο σχήμα 2 δίδεται σαν παράδειγμα η ετήσια μεταβολή της $E_{T,day}(\alpha, s, D)$ για νότια προσανατολισμένη επιφάνεια ($\alpha = 0^\circ$) ακλίσεων $s = 150^\circ, 300^\circ, 450^\circ, 600^\circ, 750^\circ, 900^\circ$. Οι αντίστοιχες τιμές για οριζόντια επιφάνεια (δηλ. $E_{T,day}(\alpha, s, D)$ για $s = 0^\circ$ και οποιαδήποτε τιμή του αζιμουθίου α) δίδονται στο σχήμα 3.

Η υπολογισθείσα ετήσια μεταβολή της $E_{T,day}(\alpha, s, D)$ για διασταθμές τιμές των α και s προσεγγίστηκε με τη συνάρτηση:

$$\begin{aligned} E_{T,day}(\alpha, s, D) = & c_0 + c_1 \cos\left(\frac{360}{365} D\right) + c_2 \cos\left(2 \frac{360}{365} D\right) \\ & + c_3 \sin\left(\frac{360}{365} D\right) + c_4 \sin\left(2 \frac{360}{365} D\right) \end{aligned} \quad (20)$$

η οποία σχεδιάστηκε στα παραδείγματα των σχημάτων 2 και 3. Οι τιμές των συντελεστών c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 (σέ $\text{kwh}/\text{m}^2\text{-day}$) υπολογίστηκαν με ανάλυση σε σειρές Fourier και δίδονται στον Πίνακα 3 για τιμές του αζιμουθίου $\alpha = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, -90^\circ$ και για ακλίσεις $s = 0^\circ, 150^\circ, 300^\circ, 450^\circ, 600^\circ, 750^\circ, 900^\circ$. Η επιτυχία της προσεγγίσης χαρακτηρίζεται από το μέσο $e_{mean}(\alpha, s)$ και το μέγιστο $e_{max}(\alpha, s)$ σφάλμα, τα οποία ορίζονται κατά τρόπο ανάλογο της εξίσωσης (9) και δίδονται στον Πίνακα 3.

5. ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΕΚΑΙΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.

Η μέση ολική ενέργεια $E_{T,year}(\alpha, s)$ (σέ $\text{kwh}/\text{m}^2\text{-year}$) που προσπίπτει σε κεντρική επιφάνεια αζιμουθίου α και ακλίσης s κατά τη διάρκεια ολοκλήρου του τυπικού έτους υπολογίζεται με ολοκλήρωση της ημερήσιας ενέργειας $E_{T,day}(\alpha, s, D)$ που υπολογίστηκε στη προηγούμενη ενότητα. Οι προκύπτουσες τιμές της $E_{T,year}(\alpha, s)$ δίδονται με τα αντίστοιχα σημεία στά σχήματα 4(a) και (b), συναρτήσει του αζιμουθίου α , για διάφορες τιμές ακλίσης s .

Η μεταβολή της $E_{T,year}(\alpha, s)$ συναρτήσει του α με $s =$ σταθ. προσεγγίσθηκε με τη παρακάτω συνάρτηση:

$$\begin{aligned} E_{T,year}(\alpha, s) = & c_0 + c_1 \cos(\alpha + 180^\circ - 6.5) + c_2 \cos(2\alpha + 360^\circ - 13) \\ & + c_3 \sin(\alpha + 180^\circ - 6.5) + c_4 \sin(2\alpha + 360^\circ - 13) \end{aligned} \quad (21)$$

όπου οι τιμές των συντελεστών c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 (σέ $\text{kwh}/\text{m}^2\text{-year}$) οι οποίες είναι σταθερές για κάθε τιμή της ακλίσης s , υπολογίστηκαν με ανάλυση Fourier και δίδονται στον πίνακα 4. Η μεταβολή των συντελεστών συναρτήσει της ακλίσης s προσεγγίσθηκε με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων από τις παρακάτω συναρτήσεις:

$$c_0 = 920 + 715 \cos(90s/80 - 15), \quad c_1 = -445 \sin(90s/68) \quad (22, 23)$$

$$c_2 = -21 + 23 \cos(90s/39 - 16), \quad c_3 = 64.5 \sin(90s/65) \quad (24, 25)$$

$$c_4 = 4.5 - 5.3 \cos(90s/36 - 35) \quad (26)$$

Οι ημιτονοειδείς καμπύλες των σχημάτων 4(a) και (b) αντι-

στοιχούν στη συνολική συσχέτιση, δηλαδή στη συνάρτηση (21) με τους συντελεστές λαμβανόμενους από τις εξισώσεις (22) έως και (26). Η επιτυχία της συσχέτισης χαρακτηρίζεται από το μέσο και το μέγιστο αφάλμα τα οποία ορίζονται κατά τρόπο ανάλογο της εξίσωσης (9) και δίδονται στον Πίνακα 5.

Ενας εναλλακτικός τρόπος παρουσιάστηκε των παραπόνων αποτελεσμάτων δύνεται στα σχήματα 5(a) και (b) : Τα σημεία αναφέρονται στις ακριβείς τιμές της $E_{T,year}$ (a,s) συναρτήσει της ηλίσης σ για διάφορες τιμές του αζιμούθiou α, ενώ οι καμπύλες αντιστοιχούν στην συνολική συσχέτιση που εκφράζουν οι εξισώσεις (21) έως και (26).

Τα σχήματα 4(a) και (b) δείχνουν σαφώς ότι, διώς αναμένεται, ο νότιος προσανατολισμός ($\alpha=0^\circ$) δίδει τη μεγίστη επήσια τιμή ενέργειας καθώς επίσης ότι η αρίστη τιμή της ηλίσης είναι $s=30^\circ$ έως 45° . Στά σχήματα 5(a) και (b) φαίνεται ότι η αρύστηκληση μεταβάλλεται σημαντικά μετά του αζιμούθiou της επιφάνειας συλλογής. Όλα τα παραπόνων διαγράμματα παρουσιάζουν μικρή ασυμμετρία εκατέρωθεν της τιμής $\alpha=0^\circ$, δηλαδή οι τιμές της ενέργειας για α $< 0^\circ$ (Δυση) είναι κατά τι υψηλότερες των αντιστοίχων τιμών για α $> 0^\circ$ (Ανατολή). Η ασυμμετρία αυτή εκφράζεται στη συνάρτηση (21) με διαφορά φάσης 6.5° .

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδέστιμη ηλιακή ενέργεια στη περιοχή της Αθήνας καθορίστηκε με επεξεργασία μετρήσεων της περιόδου 1961-1980 και εδόνησαν αλγεβρικές σχέσεις για τον υπολογισμό των τιμών της συναρτήσει του χρόνου, του αζιμούθiou και της ηλίσης της επιφανείας συλλογής. Χαρακτηριστικές τιμές συναλλίζονται παρακάτω:

Η μέση άμεση και διάχυτη αιτινοβολία ορίζονταιας επιφάνειας παρουσιάζουν μέγιστες τιμές ίσες προς 0.55 kw/m^2 και 0.40 kw/m^2 στις 13.00 hrs και 11.00 hrs αντιστοίχως κατά το τέλος Ιουνίου. Η μέση ολική ημερήσια τιμή ενέργειας που προσπίπτει σε επιφάνεια διαρκώς ιδιθετη στις ηλιακές αιτίνες έχει μεγίστη τιμή ίση προς $8.3 \text{ kwh/m}^2\text{-day}$ κατά το τέλος Ιουνίου, η οποία αναλύεται σε άμεση και διάχυτη συντισώσα, ίσες προς $5 \text{ kwh/m}^2\text{-day}$ και $3.3 \text{ kwh/m}^2\text{-day}$ αντιστοίχως. Η μέση ολική επήσια ενέργεια ακελιμένης επιφάνειας παρουσιάζει μεγίστη τιμή ίση προς $1880 \text{ kwh/m}^2\text{-year}$ γιά επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού με ηλίση 30° έως 45° . Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατανομή της μέσης ολικής επήσιας ενέργειας ακελιμένης επιφάνειας παρουσιάζει ασυμμετρία ίση προς 6.5° εκατέρωθεν της νότιας κατεύθυνσης, η οποία αρείλεται στην υψηλότερη περιεκτικότητα της αιτινοβολίας σε υδρατμό κατά τις πρωΐνες από δύο κατά τις αιτινοεμπατινές ώρες.

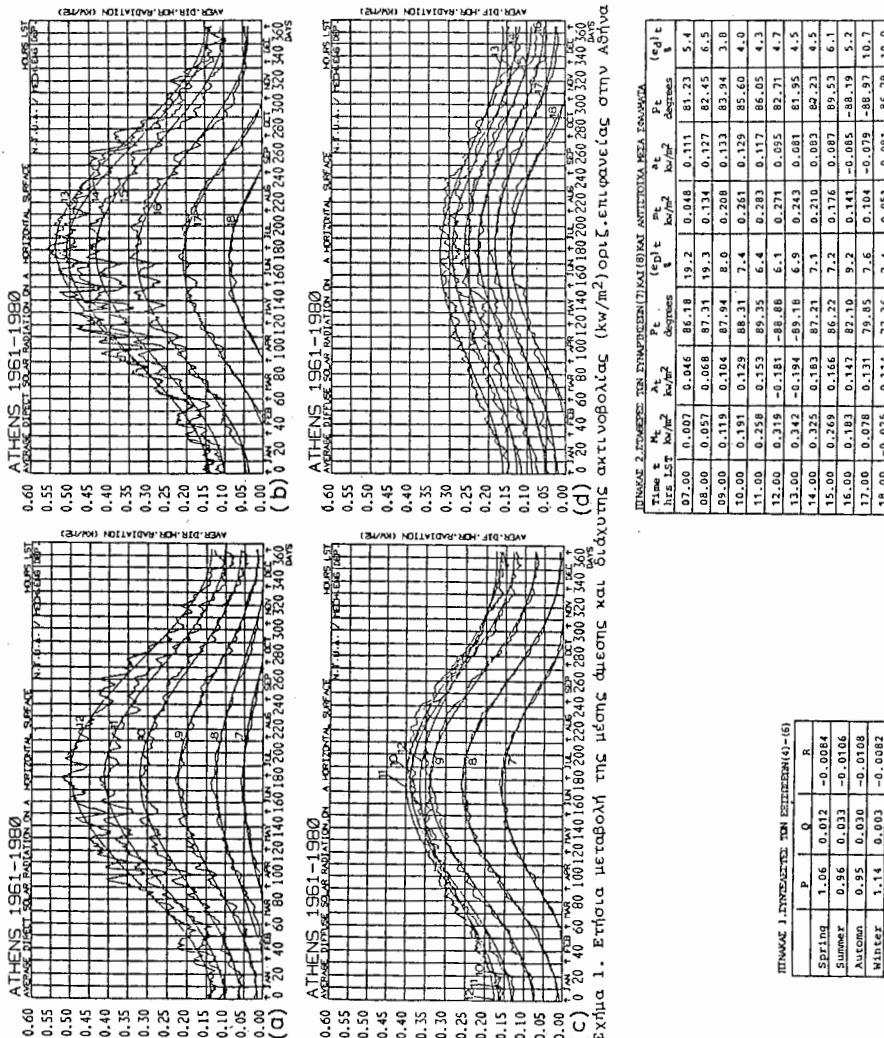
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. National Observatory of Athens (1961-1980) Climatological Bulletin
2. K.Kimura and D.G.Stephenson(1969) , "Solar radiation on cloudy days", Div.of Building Research, Nat.Res.Council, Ottawa.
3. ASHRAE (1975) , "Algorithms for Building Heat Trans.Subroutines:CCF".
- 4.D.A.Kouremenos,K.A.Antonopoulos,E.S.Domazakis and S.Doulgerakis (1985) , "Statistical Determination of Solar Radiation characteristics in the Athens area", Proc.of the 23rd Int.Conf.of COMPLES,Sevilla.
5. D.A.Kouremenos and K.A.Antonopoulos(1985) "Numerical determination of Solar Constants and SHG in Athens", Proc.of the 4th Int.Conf.on Num.Meth.in Thermal Problems,U.K.,Vol.2,pp.1005 -1016,Pineridge Press.
6. D.A.Kouremenos,K.A.Antonopoulos and E.S.Domazakis(1985) , "Solar Radiation Correlations for the Athens area", accepted for publication in the Int.J.Solar Energy.
7. K.A.Αντωνόπουλος και Δ.Α.Κουρεμένος, "Ηλιακές Σταθερές γιά Φορτία Κλιματισμού", Τεχνικά Χρονικά Τ.Ε.Ε., Τεύχος Ιουλ.-Αυγ.-Σεπτ.1980.
- 8.Δ.Α.Κουρεμένος, "Τιμές Ηλιακής Ενέργ.Αθηνών", Τεχνικά Χρον.Τ.Ε.Ε., τεύχος 3-4, 1982.

MET-38

9. D.A.Kouremenos and K.A.Antonopoulos (1985), "Climatological Information for use in Solar Energy Applications in Greece", Proc.of the 23rd Int.Conf.of COMPLES, Sevilla.

10. ASHRAE (1978), "Handbook of Fundamentals".



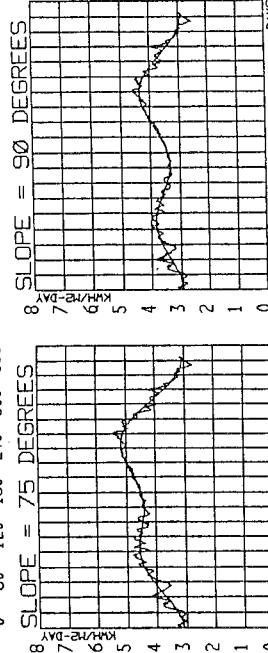
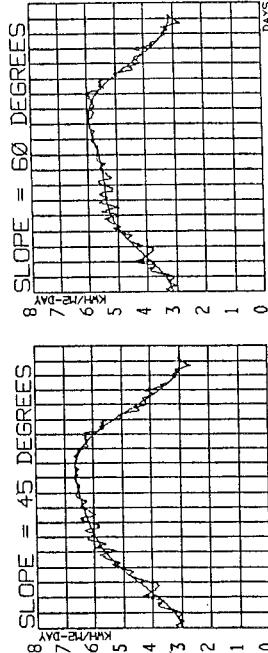
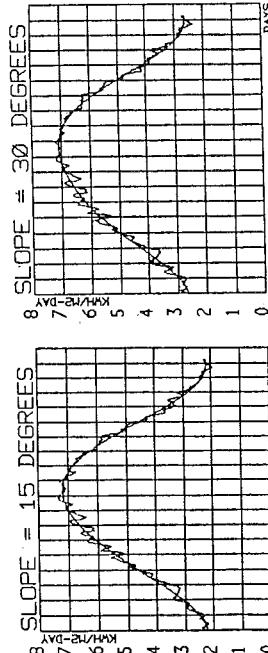


Figura 2. Erfaria metabouli tis meleis alikis energeuse tis podes (km/m²-day) pou prospitteta se voria prosoxotikous energeuse tis kairos ton Achaia.

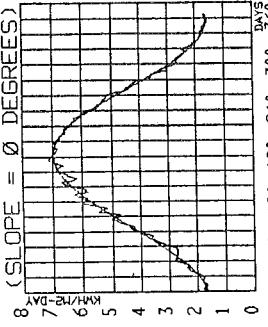
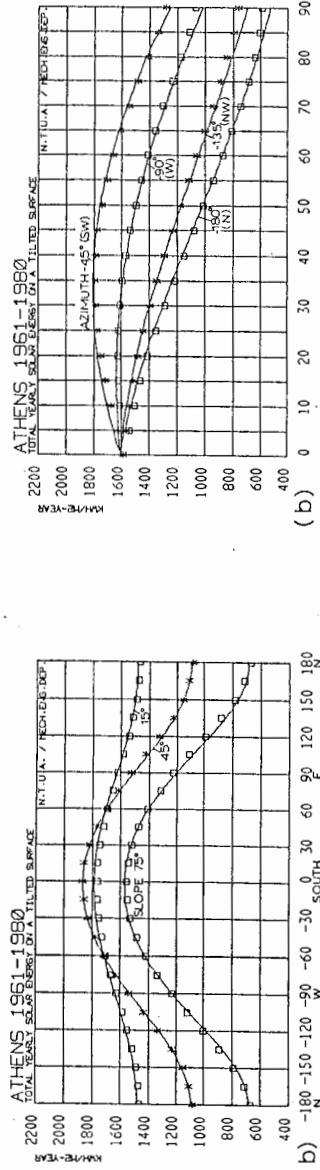
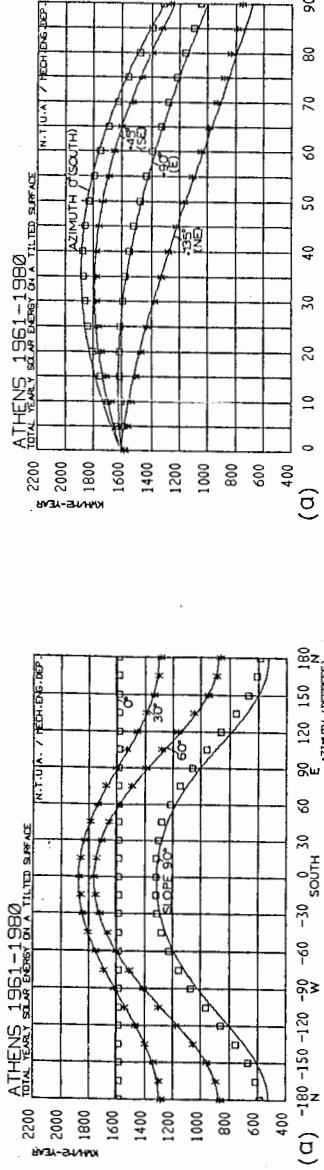


Figura 3. Erfaria metabouli tis meleis alikis energeuse tis podes (km/m²-day) pou prospitteta se voria prosoxotikous energeuse tis kairos ton Achaia.

AXIOS	SLOPE	DYNAMICISMOUENAI KAI MEKO FATE METATO ENERGIA					Slope
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
0° (SOUTH)	0	4.348	-2.667	-0.037	0.213	0.105	3.0
0° (SOUTH)	15	4.348	-2.493	-0.140	0.133	0.139	3.2
0° (SOUTH)	30	5.126	-2.203	-0.254	0.045	0.158	3.0
0° (SOUTH)	45	5.119	-1.174	-0.348	0.038	0.185	2.0
0° (SOUTH)	60	4.817	-1.751	-0.411	-0.115	0.178	2.1
0° (SOUTH)	75	4.282	-0.737	-0.554	-0.183	0.106	3.1
0° (SOUTH)	90	3.627	-0.264	-0.444	-0.218	0.166	3.0
0° (EST)	0	4.348	-2.667	-0.037	0.213	0.105	3.0
0° (EST)	15	4.446	-2.694	-0.024	0.220	0.106	2.1
0° (EST)	30	4.410	-2.616	-0.056	0.223	0.097	2.1
0° (EST)	45	4.193	-2.427	-0.372	0.199	0.096	3.1
0° (EST)	60	3.829	-2.184	-0.087	0.180	0.097	3.3
0° (EST)	75	3.156	-1.860	-0.166	0.149	0.086	3.3
0° (EST)	90	2.934	-1.572	-0.107	0.122	0.077	3.2
180° (NORTH)	0	4.348	-2.667	-0.037	0.213	0.105	3.0
180° (NORTH)	15	4.025	-2.826	0.012	0.296	0.082	3.0
180° (NORTH)	30	3.532	-2.787	0.200	0.355	0.041	3.6
180° (NORTH)	45	2.974	-2.384	0.193	0.340	-0.047	3.3
180° (NORTH)	60	2.389	-1.793	0.165	0.262	-0.074	4.7
180° (NORTH)	75	1.888	-1.238	0.148	0.166	-0.010	3.1
180° (NORTH)	90	1.699	-1.015	0.172	0.072	0.012	2.3
-90° (WEST)	0	4.348	-2.667	-0.037	0.213	0.105	3.0
-90° (WEST)	15	4.468	-2.710	-0.124	0.224	0.123	3.1
-90° (WEST)	30	4.431	-2.615	-0.015	0.224	0.137	3.0
-90° (WEST)	45	4.229	-2.446	-0.047	0.208	0.147	3.1
-90° (WEST)	60	3.861	-2.177	-0.056	0.178	0.143	2.2
-90° (WEST)	75	3.391	-1.859	-0.073	0.153	0.142	3.2
-90° (WEST)	90	2.934	-1.563	-0.076	0.126	0.130	3.3

Figura 1. Erfaria metabouli tis meleis alikis energeuse tis podes (km/m²-day) pou prospitteta se voria prosoxotikous energeuse tis kairos ton Achaia.



Σχήμα 4. Μέση ηλιακή ενέργεια έτους (kWh/m²-year) του ποδομπότα στην Αθήνα, αναπότομη του αλληλουσίου, για διάφορες θέσεις.

ΤΙΜΑΚΗ 4. ΣΥΝΠΕΛΛΕΤΕΣ (kWh/m²-year) ΤΗΣ ΕΝΑΠΟΡΙΑΣ (21)

SLOPE (degrees)	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4
0°	1565.364	0.0	0.0	0.0	0.0
15°	1616.109	-150.373	-0.415	22.513	-0.761
30°	1583.309	-252.203	-9.284	43.646	-0.129
45°	1487.903	-394.393	-17.947	57.329	2.498
60°	1338.673	-447.737	-22.756	64.225	7.485
75°	1158.455	-440.535	-42.612	62.921	9.528
90°	997.164	-375.326	-43.110	50.879	9.751

ΤΙΜΑΚΗ 5. ΗΛΙΟ ΚΑΙ ΜΕΤΙΟ ΕΩΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΑΣΗΣ (22)-(26)

SLOPE (degrees)	MEAN ERROR (degrees)	MAXIMUM ERROR (%)
0°	0.0	1.5
15°	0.5	1.6
30°	0.8	1.4
30°	0.5	1.3
45°	0.5	1.5
60°	0.8	2.0
75°	1.3	3.2
90°	5.7	10.7

Σχήμα 5. Μέση ηλιακή ενέργεια έτους (kWh/m²-year) του ποδομπότα στην Αθήνα, αναπότομη του αλληλουσίου, σε διάφορες θέσεις του αγρού.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Βλασης Α. Σωτηρόπουλος Καθηγητής του Τμήματος
Μηχανολόγων Μηχανικών
Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου
Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζεται ένα σύστημα εξισώσεων (αλγόριθμος) που επιτρέπει τον υπολογισμό της άμεσης, διάχυτης και συνολικής ακτινοβολίας πάνω σε επίπεδο με τυχόντα προσανατολισμό. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του τόπου, ο προσανατολισμός και η αλίση της επιφάνειας, η μέση θερμοκρασία και υγρασία του τόπου και ο συντελεστής θιλώστητας της ατμόσφαιρας. Η ένταση της ακτινοβολίας δύνεται για μια δεδομένη στιγμή (ημέρα, ώρα) ή μετά από ολοκλήρωση για μια επιθυμητή χρονική περίοδο. Η μέθοδος παρουσιάζει ικανοποιητική ακρίβεια και με τη χρήση Η/Υ είναι κατάλληλη για τον σχεδιασμό ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων.

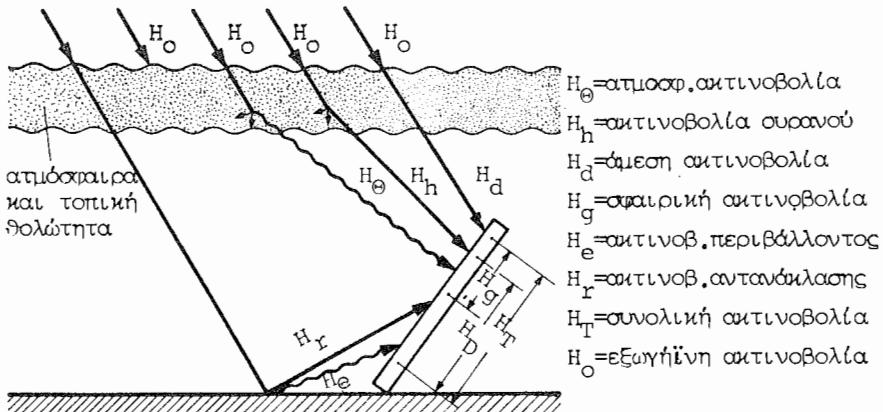
ΑΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: 'Ενταση ηλιακής ακτινοβολίας, σχεδιασμός συστημάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για το βέλτιστο σχεδιασμό των ενεργητικών ή παθητικών ηλιακών συστημάτων πρέπει να είναι γνωστή η ένταση των διαφόρων μορφών της ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδα με διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς. Λόγω της ιερησης της γης γύρω από τον ήλιο και γύρω από τον άξονά της και λόγω της ύπαρξης της ατμόσφαιρας η ηλιακή ένταση σε δεδομένο επίπεδο αλλάζει συνεχώς. Οι τιμές από πειραματικές μετρήσεις αναφέρονται κυρίως στην συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο. Η μέθοδος που παρουσιάζεται εδώ δίνει τη δυνατότητα να υπολογίζονται οι εντάσεις δύον των μορφών της ηλιακής ακτινοβολίας σε τυχόν επίπεδο, παραγόντας υπόψη και τις πειραματικές τιμές στο οριζόντιο επίπεδο εαν βέθαισα υπάρχουν.

1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η πυκνότητα ροής (ένταση) της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα μπορεύ να παρθεί σταθερή για όλο το χρόνο: $H_0 = 1,353 \text{ kW/m}^2$ (ηλιακή σταθερά). Καθώς η ακτινοβολία περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα υψύσταται σκέδαση και απορρόφηση. Τα διάφορα είδη ακτινοβολίας που φτάνουν στο επίπεδο σε τυχούσσα θέση δίνονται στην εικόνα 1.

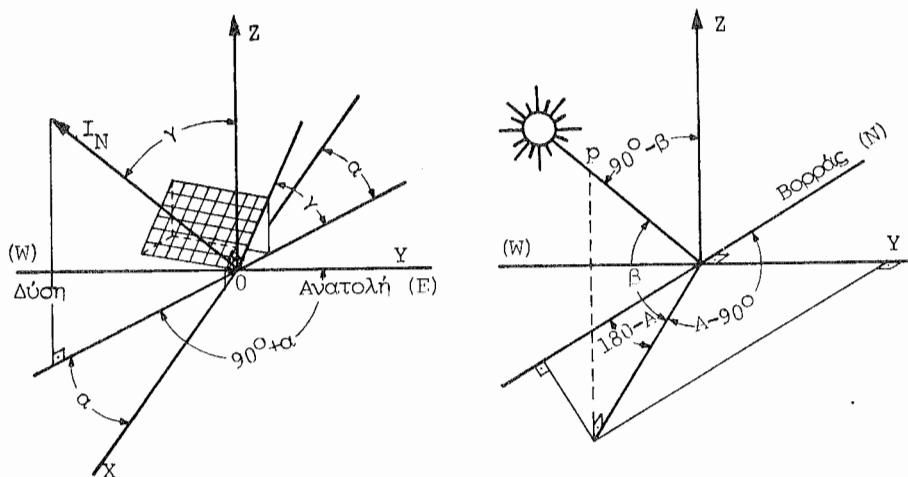


Εικόνα 1. Διάφορα είδη ηλιακής ακτινοβολίας

Σήμερα υπάρχουν ακριβείς σχέσεις που επιτρέπουν τον υπολογισμό της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας για καθαρό ουρανό, διατηρώντας την ρητή ακτινοβολία συρανό. Ωστόσο, συντελεστής θολώτητας β, κ.α. Ο υπολογισμός γίνεται με ολοκλήρωση των ποσών σκέδασης και απορρόφησης σε πεπερασμένα πλάτη μήκους κύματος (πχ. 100 Å), στην περιοχή του ηλιακού φάσματος από $\lambda = 3200$ έως 40000 Å . [1], [2]. Εφόσον γνωρίζουμε την τιμή της άμεσης μπορούμε να υπολογίσουμε την διάχυτη ακτινοβολία με την βοήθεια μιάς από τις πολλές υπάρχουσες εμπειρικές σχέσεις [2], [3], [4]. Η συνολική ένταση είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας. Λόγω της κένησης της γης η παραμέτρος β αλλάζει και έτσι η ολοκλήρωση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται συνεχώς πράγμα που θα απαιτούσε μεγάλο χρόνο απασχόλησης του Η/Υ. Μερικοί ερευνητές αναγνώρισαν αυτή τη δυσκολία και έχουν προτείνει απλές μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό της έντασης της άμεσης ακτινοβολίας [3]. Η μέθοδος υπολογισμού που παρουσιάζεται εδώ βασίζεται στα ακριβή δεδομένα της ολοκλήρωσης.

2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Ένα επίπεδο τοποθετημένο σε γεωγραφικό πλάτος ϕ και αζιμού θ έχει προσανατολισμό όπως δείχνει η εικόνα 2. Για νότιο προσανατολισμό $\alpha=0$ με αρνητικές τιμές προς τα ανατολικά. Στην εικόνα 3 δίνεται ο δύσκος του ήλιου στις καρτεσιανές συντεταγμένες του τόπου.



Εικόνα 2. Προσανατολισμός α και Εικόνα 3. Ύψος β και αξιμούθιο A γωνία ακλίσης γ του ήλιου

Η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτένων στο επίπεδο είναι 8 και ορίζεται από την σχέση |5|:

$$\cos \theta = C_1 \sin \delta + C_2 \cos \delta \cosh + C_3 \cos \delta \sinh \quad (1)$$

όπου:

$$C_1 = \cos\gamma \sin\varphi - \sin\gamma \cos\varphi \cos\alpha$$

$$C_2 = \cos\gamma \cos\varphi - \sin\gamma \sin\varphi \cos\delta$$

$$C_3 = \sin\gamma \sin\varphi$$

$h =$ ηλιακή ώρα (μετριέται σε μοίρες, $1h=15^\circ$)

$$\delta = 23,45 \cos \{360/365, 25 - (\text{n}173)\} = \text{αλίση ήλιου} \quad (2)$$

π = αριθμός ημερών μετά την 1η Ιανουαρίου

3. ΕΙΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Άμεση ακτινοβολία

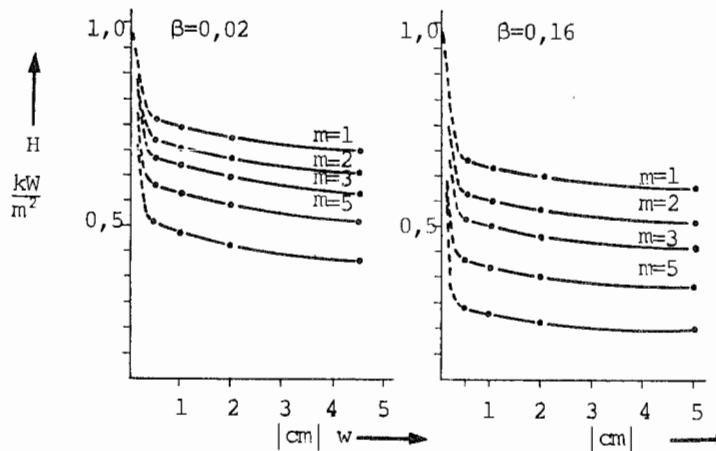
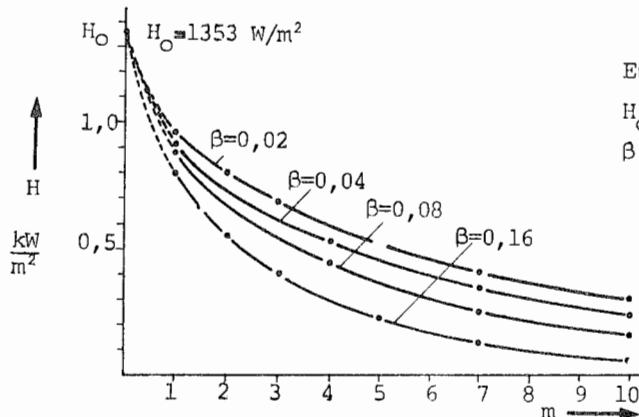
Η άμεση ακτινοβολία υπολογίστηκε με την ακριβή μέθοδο με ολο-
κλήρωση |6| για διάφορες τιμές των παραμέτρων β, τ και ω. Η
γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων δίνεται στις εικόνες 4
και 5.

Η αμεση ακτινοβολία εξαρτάται ισχυρά από την αέριο μάζα της και τον συντελεστή θολώτητας β. Η υγρασία ως έχει μικρότερη επίδραση. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη σκέψη να βρεθεί μια σχέση της μορφής:

$$H_d = H_d(m, \beta) \quad (3)$$

Μετά από πολλές δοκιμές βρέθηκε ότι τα δεδομένα της εικόνας 4 αποδέδονται πολύ πιστά με τη σχέση ($\gamma_1 = 2,0 \text{ cm}$ και $\Theta_3 = 0,35 \text{ cm}$)

$$H_d = H_0 \exp \{ -m * (\beta) + C(m, \beta) * (m-1) \} \quad (4)$$



Οι παράμετροι $m^*(\beta)$ και $c(m, \beta)$ υπολογίζονται και βρέθηκε ότι εξαρτώνται γραμμικά από τον συντελεστή β .

$$m^*(\beta) = 0,326 + 1,16\beta \quad (5)$$

και

$$c(m, \beta) = c_0(m) + 1,16\beta \quad (6)$$

Η εξάρτηση του $c_0(m)$ από την αέριο μάζα m είναι παραβολικού τύπου

$$c_0(m) = 0,11765 - 0,1104m + 0,000408 m^2 \quad (7)$$

Η επίδραση του στρώματος Ω είναι αμελητέα ($\sim 10W/m^2$). Η επίδραση της υγρασίας w βρέθηκε ότι είναι:

$$\Delta H_{\Psi} = -(w-2) |m(1,4-20\beta) + 20| \quad (8)$$

Η ποσότητα των υδρατμάν στην ατμόσφαιρα παίρνεται σαν συνάρτηση της μέσης σχετικής υγρασίας ψ και μέσης θερμοκρασίας t_m του τόπου. Για "κλίση" της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα $5K/1000 m$ και σταθερή σχετική υγρασία ως προς το υψος παίρνουμε

$$\mu_e: \quad w = \varphi_m \exp \{20,55-5537,3/(273+t_m)\} \quad (9)$$

Διάρχυτη ακτινοβολία

Η διάρχυτη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο μπορεί να παρθεί από την εμπειρική σχέση |4|

$$H_D^{OP} = 40 (\sin \beta')^{0,35} + 2,6 (\sin \beta')^{0,67} |527\beta + 52|^{0,81} \quad (10)$$

β' = ύψος ήλιου

$$\sin \beta' = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cosh \quad (11)$$

Οι σταθεροί συντελεστές εδώ προσαρμόστηκαν σε πειραματικά δεδομένα |7|. Η διάρχυτη ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο δύνεται από την εμπειρική σχέση |2|

$$H_D = \cos^2 \frac{\gamma}{2} H_D^{OP} + r_g \sin^2 \frac{\gamma}{2} H_T^{OP} \quad (12)$$

όπου r_g = συντελεστής αντανάκλασης εδάφους

$$H_T^{OP} = \text{συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο}$$

Συνολική ακτινοβολία

Η συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο είναι

$$H_T^{OP} = H_d^{OP} + H_D^{OP} \quad (13)$$

όπου:

$$H_d^{OP} = H_d \sin \beta' \quad (14)$$

Η συνολική ακτινοβολία σε επίπεδο με κλίση γ είναι

$$H_T^\gamma = H_d^\gamma + H_D^\gamma \quad (15)$$

όπου:

$$H_d^\gamma = H_d \cos \beta' \quad \text{το } \theta \text{ παίρνεται από την εξίσωση (1)}$$

Η αέρια μάζα μπορεί με μεγάλη προσέγγιση να παρθεί από

$$m = 1/\sin \beta' \quad (16)$$

Στην εικόνα 6 δίνονται συνοπτικά οι σχέσεις που αποτελούν τον αλγόριθμο. Τα δεδομένα που χρειάζονται είναι:

Γεωγραφικό πλάτος, ϕ

Πρόσανατολισμός, α

Κλίση επιπέδου, γ

Μέση σχετική υγρασία, φ_m

Μέση θερμοκρασία, t_m

Χρόνος, ημέρα του χρόνου, η

Ηλιακή ώρα, h

Συντελεστής θολώτητας, β

$$\begin{aligned}
 H_d &= H_0 \exp \{-|m^*(\beta) + c(m, \beta)(m-1)|\} \\
 &\quad 40(\sin \beta')^{0,35} + 2,7(\sin \beta')^{0,67} |527\beta + 52|^{0,81} = H_D^{op} \\
 &\quad \downarrow \\
 H_d^Y &= H_d \cos \theta \\
 &\quad \downarrow \\
 &\quad H_d^{op} = H_d \sin \beta' \\
 &\quad \downarrow \\
 H_d^{op} + H_D^{op} &= H_T^{op} \\
 &\quad \downarrow \\
 H_T^Y &= H_d^Y + H_D^Y \\
 &\quad \leftarrow H_D^Y = \cos^2 \frac{\gamma}{2} H_D^{op} + r_g \sin^2 \frac{\gamma}{2} H_T^{op}
 \end{aligned}$$

Εικόνα 6. Αλγόριθμος για τον υπολογισμό της έντασης ηλιακής ακτινοβολίας

4. ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Οι τιμές της άμεσης ακτινοβολίας που υπολογίστηκαν κατά τις εξισώσεις (4) έως (9) συγκρίθηκαν με τις ακριβείς τιμές που παίρνονται με την μέθοδο της ολοκλήρωσης [2], [6]. Στην περιοχή $m=1$ έως $m=4$ και $\beta = 0,02$ έως $\beta = 0,17$, η μέγιστη απόκλιση είναι 3%. Οι τιμές της διάχυτης ακτινοβολίας που δίνει η εξίσωση (10) συγκρίθηκαν με τις τιμές που δίνονται στην αναφορά [7]. Και εδώ η απόκλιση είναι περύπου 3%. Οι τιμές για την συνολική ακτινοβολία που δίνει ο αλγόριθμος της εικόνας 6 συγκρίθηκαν με τιμές που δίνονται στη βιβλιογραφία και που χρησιμοποιούνται στην πράξη της ηλιακής τεχνικής και του αλιματισμού [7], [8]. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνολική ακτινοβολία, ηθετη, 21-Ιουλίου, $\varphi = 50^\circ$ μ/m^2

Ωρα	8		9		10		11		12	
Θολότητα	(a) ⁰	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
2	621	586	772	732	891	845	969	916	996	941
3	556	545	718	692	837	806	914	877	939	901
4	515	510	664	656	779	769	855	841	884	865
5	478	480	621	624	733	737	806	808	834	832
(a) Τιμές που δίνονται στις βιβλ. αναφορές [7], [8]										
(b) Τιμές που υπολογίζονται κατά τον αλγόριθμο της εικόνας 6										

Ο συντελεστής θολώτητας Τ εδώ ορίζεται ως

$$T = (1,07\beta + 0,54) | 1,75 \log \left(\frac{\psi}{m} + 0,1 \right) + 14,5 | - 5,4 \quad (17)$$

Για καθαρή ατμόσφαιρα είναι $T=2,5$ ($\beta=0,02$) και για βιομηχανική ατμόσφαιρα $T>5$. Οι τιμές που δίνονται από την ASHRAE [8] είναι αυτές που αντιστοιχούν σε $T=3,5$. Παρατηρούμε ότι για $T>3$ η συμφωνία των τιμών είναι πολύ καλή.

Εαν είναι δοσμένα, ο τόπος, ο προσανατολισμός της επιφάνειας και ο χρόνος, η μόνη παράμετρος που πρέπει να ορίσουμε είναι ο συντελεστής θολώτητας β .

Αντίστροφα, εάν έχουμε μια μετρημένη τιμή της ηλιακής έντασης πχ. στο οριζόντιο επίπεδο μπορούμε να προσδιορίσουμε τον συντελεστή θολώτητας β του τόπου. και έτσι να υπολογίσουμε και τις άλλες μορφές της ηλιακής έντασης σε επίπεδα με διαφορετικές κλίσεις και προσανατολισμούς.

Μερικές τιμές του συντελεστή θολώτητας β για την Θεσσαλονίκη δίνονται στον πίνακα 2. [9].

Πίνακας 2. Συντελεστής θολώτητας β , Θεσσαλονίκη, 1982

	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4.8	.07	0.06	.16	.22	.15	.12	.10	.06	.04
6.8	<0	.01	.02	.16	.08	.07	.00	<0	<0
8.8	.00	.03	.12	.20	.18	-	-	-	-
12.8	<0	.01	.10	.15	.15	.12	.11	-	-
16.8	<0	<0	<0	<0	.00	.02	<0	0.01	.03
18.8	<0	<0	.04	.04	.04	.04	.04	.04	.00
26.8	<0	<0	.02	.02	.03	.02	.05	.01	-

Οι μετρήσεις έγιναν με καταγραφικό όργανο και αναφέρονται σε ημέρες με πλήρη ηλιοφάνεια. Οι υψηλές τιμές εμφανίζονται σε ημέρες δύο που αναμένεται ατμοσφαιρική διαταραχή.

Η μέση τιμή για τον μήνα Αύγουστο και τις ώρες 12 έως 15 είναι $\bar{\beta} = 0,06$.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προτεινόμενη μέθοδος υπολογισμού της άμεσης, διάχυτης και συνολικής ακτινοβολίας μπορεί να προγραμματισθεί εύκολα και σε μικρούς Η/Ψ και δίνει σε μικρό χρόνο αρκετά ακριβή αποτελέσματα, τόσο για μια δεδομένη χρονική στιγμή δσο-και μετά από ολοκλήρωση-για ένα επιθυμητό χρονικό διάστημα.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί (σαν υπορούτινα) για τον σχεδιασμό ηλιακών ενεργητικών και παθητικών συστημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Thekearara, P.M., "Solar Irradiance", Άρθρο στο βιβλίο "Solar Energy Engineering", Academic Press, 1977, σελ. 37-60

- | 2 | Τσιούμης, Α., "Μηχανισμοί Απορρόφησης της Ηλιακής Ακτινοβολίας", Πρακτικά του 1ου Συνεδρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Θεσσαλονίκη, 1982, Τόμος Ι, σελ. MET1-17
- | 3 | Kreider, J.-Kreith, F., "Solar Energy Handbook", McGraw Hill, 1981, κεφ. 2
- | 4 | Volko, P., "Die Himmelstrahlung in ihrer Beziehung zu verschiedenen Parametern" Arch., Meteor, Geogr. und Biokl; B14 1966, σελ. 336-39
- | 5 | Cofferi, E., "The Sun and Celestial Vault" στο βιβλίο "Solar Energy Engineering" Academic Press, 1977, σελ. 5-36
- | 6 | Ιωσήπου, Ν., "Απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ατμόσφαιρα", Διπλ. Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων, Ενεργειακός Τομέας, ΑΠΘ 1984
- | 7 | Recknagel-Sprenger, "Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik", Oldenbourg, München, 1977 σελ. 88
- | 8 | ASHRAE "Data Book"
- | 9 | Κατσαούνης, Σ.-Φερεντίδης, Κ. "Πειραματικές μετρήσεις σε ηλιόθερμο", Διπλ. Εργασία, ΑΠΘ, Τμ. Μηχανολόγων, 1982

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ
ΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΟ ΕΛΛΑΔΑ

ΧΡΗΣΤΟΣ Ι. ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ
Ινστιτούτο Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας
Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μια ανάλυση των ανέμων οι οποίοι πνέουν σε οκτώ μετεωρολογικούς σταθμούς της Β. Ελλάδας. Κατά πρώτον αναλύονται οι άνεμοι που καταγράφονται σε ωριαία βάση στον σταθμό του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την πενταετία 1970-1974. Για το σκοπό της ανάλυσης οι ταχύτητες του ανέμου έχουν ταξινομηθεί σε πέντε ομάδες. Προσδιορίζεται το συνολικό πλήθος των ωριαίων τιμών για κάθε 24ωρο και για κάθε ομάδα, δίδεται η ημερήσια πορεία των συχνοτήτων των ομάδων για την θερμή και την ψυχρή περίοδο και τέλος προσδιορίζονται πίνακες συχνοτήτων.

Κατά δεύτερον, γίνεται ανάλυση των εντάσεων των ανέμων των άλλων σταθμών που ανήκουν στο δίκτυο της EMY. Η μελέτη καλύπτει την περίοδο 1950-1974 και βασίζεται στις τρεις παραπόρησεις της ημέρας (8, 14, 20). Χρησιμοποιούνται επίσης 5 ομάδες εντάσεως ανέμου αλλά κάπως διαφορετικές από τις προηγούμενες. Τέλος γίνεται μια εκτίμηση του αιολικού δυναμικού.

ΛΕΞΕΙΣ -ΚΕΙΔΙΑ: Συχνότητα ανέμου, ένταση ανέμου, ημερήσια πορεία ανέμου, άπνοιες, αιολικό δυναμικό, Β.Ελλάς.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ενεργειακό πρόβλημα, το υψηλό κόστος των καυσίμων και η ρύπανση του περιβάλλοντος επιβάλλουν την αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας πλούτηνών και πιο καθαρών. Μια τέτοια πηγή ενέργειας αποτελεί ο άνεμος του οποίου ο θετικός ή αρνητικός ρόλος του στην ενεργειακή πολιτική μιας χώρας εξαρτάται από τη φύση του, δηλαδή από την ταχύτητά του και την εμμονή πνοής σε μια δεδομένη θέση. Η εκτίμηση αυτή του ρόλου του ανέμου πρέπει να αποτελέσει ένα ξεχωριστό κλιματολογικό πρόγραμμα με το οποίο θα εκτιμηθούν οι κατά τόπους ανεμολογικές συνθήκες. Επίσης, επεδήδη ο άνεμος δεν πνέει με σταθερή ροή θα πρέπει ο κλιματολόγος να παρουσιάσει τα δεδομένα του ανέμου με τέτοια μορφή που να είναι κατάλληλα για προγράμματα αιολικών σχεδιασμών. Για να καταλήξουμε σε ουσιώδη αποτελέσματα θα πρέπει στα ειδικά κέντρα ερευνών να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα συστήματα συλλογής τα οποία δυστυχώς σπανίζουν στον τόπο μας και για αυτό το λόγο επιχειρούμε εδώ μια εναλλακτική μέθοδο χρησιμοποιώντας συνήθη διαθέσιμα δεδομένα ανεμολογικών παρατηρήσεων, των οποίων όμως, τόσο το πλήθος των περιπτώσεων όσο και η χρονική διάρκεια μας επιτρέπουν να τα ταξινομήσουμε για πρακτικούς σκοπούς. Ένα καλό παράδειγμα του τρόπου επεξεργασίας δίδεται στις εργασίες των ALBEEZ (1), του THOMAS (5) και του DUNCAN (2) των οποίων τις βασικές αρχές χρησιμοποιούμε στην εργασία αυτή.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιούνται τα ανεμολογικά δεδομένα των παρακάτω οκτώ μετεωρολογικών σταθμών της Βορείου Ελλάδας: 1. Πανεπιστημιο Θεσσαλονίκης, $h=46m$, 2. Άλεξανδρούπολη, $h=7m$, 3. Ορεστιάς, $h=48m$; 4. Καβάλα, $h=63m$, 5. Σέρρες, $h=35m$, 6. Σέδες, $h=61m$, 7. Κοζάνη, $h=625m$, και 8. Φλώρινα, $h=651m$.

Κατά πρώτον χρησιμοποιήθηκαν οι ωριαίες καταγράφες του ανέμου που έγιναν για την περίοδο 1970-1974 στον σταθμό του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης από τον ανεμογράφο πλεσης τύπου Dines. Τα δεδομένα του οργάνου αυτού είναι τα πλέον κατάλληλα για λεπτομερή μελέτη του ανέμου γιατί αφενός μεν παρουσιάζει συνεχή καταγραφή της πνοής του ανέμου και ως εκ τούτου μπορούν να εκτιμηθούν μέσοι όροι πολύ μικρών χρονικών διαστημάτων, αφετέρου δε λόγω του συστήματος καταγραφής είναι τα πλέον αξιόπιστα. Δυστυχώς όμως ο ανεμογράφος Dines είναι ο μοναδικός τουλάχιστον στη Β. Ελλάδα.

Για τους υπόλοιπους μετεωρολογικούς σταθμούς χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των τριών συνοπτικών παρατηρήσεων (8ης, 14ης και 20ης τοπικής ώρας) δημος αυτά δίδονται στα μηνιαία Κλιματολογικά δελτία της EMY για την περίοδο 1950 - 1974. Οι ανεμογράφοι του δικτύου της EMY αποτελούνται από δέκτες ημισφαιρικής κάψας. Οι δέκτες δόλων των ανεμογράφων ευρίσκονται σε ύψη 10m πάνω από την έπιφάνεια του εδάφους. Όπως είναι φυσικό τα ύψη στα οποία λειτουργούν οι ρότορες των ανεμομύλων είναι συνήθως μεγαλύτερα. Οι JUSTUS και MIKHAIL (4) μελέτησαν την μεταβόλητη ανέμου μετά τους ύψους και βρήκαν ότι για το διάστημα 0-100m ύψους αυτή μπορεί να εκφραστεί με την ακόλουθη σχέση:

$$\bar{V}_2 / \bar{V}_1 = (z_2 / z_1)^m \quad (1)$$

$$\text{όπου } m = (0.37 - 0.0881 \ln \bar{V}_1) / [1 - 0.0881 \ln(z_1 / 10)]$$

\bar{V}_1 , \bar{V}_2 =οι μέσες ταχύτητες του ανέμου σε m/sec στα αντίστοιχα ύψη z_1 , και z_2 . Το "ln" σημαίνει φυσικό λογάριθμο.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ.

3.1. Ο άνεμος στη Θεσσαλονίκη.

Από τις καταγραφές του ανεμογράφου Dines προσδιορίστηκαν οι μέσες ωριαίες τιμές για δύο το 24ωρο. Για την μελετώμενη πενταετία το σύνολο των ωριαίων τιμών ανήλθε σε 43.824 περιπτώσεις οι οποίες για τους σκοπούς της ανάλυσης ταξινομήθηκαν σε πέντε θμάδες ανέμων ως ακολούθως :

1η :	άπνοιες	(C)	Ταχύτητα ανέμου	< 1 Km/h
2η :	ασθενείς	(L)	" "	1-9 Km/h
3η :	Μέτριοι	(M)	" "	10-15 Km/h
4η :	Μέτριοι-Ισχυροί (MS)		" "	16-19 Km/h
5η :	Ισχυροί	(S)	" "	≥ 20 Km/h

Σύμφωνα με τον MOOLEY (4) οι ασθενείς άνεμοι (L) δεν είναι ικανοί να θέσουν σε κίνηση μια μηχανή η οποία θα παράγει αφέλιμο έργο. Έτσι λοιπόν στους αιτολικούς σχεδιασμούς ταχύτητες μικρότερες από 10 Km/h θα πρέπει να συνυπολογίζονται μαζί με τις άπνοιες σαν αρνητικές. Η κατανομή της συχνότητας του ανέμου στις υπόλοιπες ομάδες M, MS και S είναι εκείνη που στην ουσία θα επιτρέψει στον σχεδιασμό και θα καθορίσει τον τύπο των ανεμομύλων που θα χρησιμοποιηθούν:

Στον πίνακα 1 δίδεται η σχετική συχνότητα της κατανομής των ωριαίων περιπτώσεων οι οποίες περικλύνονται στα δρια των πέντε ομάδων ταξινόμησης για κάθε μήνα και για ολόκληρη την περίοδο.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 1 το 79.98% των περιπτώσεων (35,050 ώρες) περικλύνουν άπνοιες και ασθενείς ανέμους (C+L), το 8.88% μέτριους (3,890 ώρες), το 3.67% (1610 ώρες) μέτριους έως ισχυρούς και το 7.47% (3,274 ώρες) ισχυρούς ανέμους. Δηλαδή η ανάλυση αυτή δείχνει ότι μόνο για ένα ποσοστό 20% των συνολικών ωριαίων τιμών μέσα στο διάστημα ενός μέσου χρόνου, οι άνεμοι παρουσιάζουν ταχύτητες μεγαλύτερες των 9 Km/h, γεγονός που σημαίνει ότι στην Θεσσαλονίκη η αποτελεσματική λειτουργία των ανεμομύλων θα κάλυπτε μόνο το 1/5 του χρόνου. Επίσης από τον πίνακα 1 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των απνοιών παρουσιάζει πολλαπλή κύμαση μέσα στο χρόνο με ελάχιστο τον Μάρτιο και κύριο μέγιστο τον Δεκέμβριο. Αντίθετα οι ασθενείς άνεμοι (L) παρουσιάζουν μίκρες συχνότητες κατά την ψυχρή περίοδο και μεγαλύτερες κατά τη θερμή. Οι άνεμοι από τους οποίους αναμένεται κάποιο πρακτικό αποτέλεσμα (M ή ως S) παρουσιάζουν σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή καθόλη τη διάρκεια του χρόνου γεγονός που οφείλεται στη δράση συνοπτικών συστημάτων.

Μια πλέον λεπτομερής περιγραφή του ανέμου στη Θεσσαλονίκη επιχειρείται με την παρουσίαση της ημερήσιας πορείας του ανέμου. Στο σχήμα 1, ακριβώς, δίδεται η ανά ώρα πορεία της σχετικής συχνότητας πνοής των ανέμων στις πέντε προαναφερθείσες βαθμίδες. Το σχήμα αυτό περιέχει δύο διαγράμματα. Το πρώτο (A) καλύπτει την περίοδο Απριλίου - Οκτωβρίου, δηλαδή την περίοδο όπου κατά κανόνα δεν απαλείται ενέργεια για θέρμανση οικιών κ.λ.π., ενώ το δεύτερο (B) αναφέρεται στην περίοδο Νοεμβρίου - Μαρτίου όπου απαλείται μεταξύ των άλλων και ενέργεια για θέρμανση εσωτερικών χώρων.

Σε κάθε διάγραμμα υπάρχουν πέντε καμπύλες που αντιπροσωπεύουν τις πέντε βαθμίδες των συχνοτήτων του ανέμου. Το άθροισμα των ωριαίων τιμών κάθε καμπύλης παριστάνει το 100% των περιπτώσεων της κάθε βαθμίδας.

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 1 η ημερήσια πορεία των ωριαίων τιμών της άπνοιας είναι ακριβώς αντίθετη με

την πορεία των τιμών των άλλων βαθμίδων. Πράγματι η συχνότητα επικράτησης της άπνοιας είναι μικρότερη κατά τη διάρκεια του φωτεινού τμήματος της ημέρας και μεγαλύτερη κατά τη νύχτα, ψυσικά λόγω ενεργειακού λισοζυγίου. Αντίθετα, οι άνεμοι όλων των βαθμίδων παρουσιάζουν εμφανέστατα μεγαλύτερη συχνότητα πνοής κατά τη διάρκεια του φωτεινού τμήματος της ημέρας με τις μέγιστες τιμές να σημειώνονται στο διάστημα 1300 και 1600 ώρας. Συγκριτικά τα δύο διαστήματα της θερμής και της ψυχρής περιόδου δείχνουν την ίδια πορεία με τη διαφορά ότι το ημερήσιο εύρος κατά τη θερμή περίοδο είναι μεγαλύτερο του αντίστοιχου της ψυχρής γεγονός που κατά κύριο λόγο οφείλεται στην εντονότερη πνοή ανέμων κατά τις νύχτες της ψυχρής περιόδου.

Από τα παραπάνω συνάγεται λοιπόν ότι, το καθεστώς του ανέμου δεν παρουσιάζει ομοιομορφία μέσα στην περίοδο του 24ωρου για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης. Αντίθετα, παρατηρείται αξιοσημείωτη ημερήσια μεταβολή, όπου οι μέγιστες τιμές των ταχυτήτων σημειώνονται στο διάστημα 1300-1600 ώρας. Πιστεύουμε ότι, και για τους υπόλοιπους χερσαίους σταθμούς της περιοχής θα πρέπει να ισχύει η ίδια διαπίστωση.

3.2. Ο άνεμος στους άλλους μέτ. σταθμούς.

Στους υπόλοιπους επτά σταθμούς η μέτρηση του ανέμου γίνεται σε μονάδες της κλίμακας Beaufort. Εκ των πραγμάτων, λοιπόν, εκρίθη απαραίτητος ο καθορισμός κάπως διαφορετικών βαθμίδων. Έτσι, με βάση τα δεδομένα των παρατηρήσεων καθορίστηκαν οι εξής ομάδες ανέμων:

1η	Ασθενείς	(L)	, με ένταση	0 - 2	Beaufort
2η	Μέτριοι	(M)	,	3	"
3η	Μέτριοι-Ισχυροί	(MS)	,	4 - 5	"
4η	Ισχυροί	(S)	,	6 - 7	"
5η	Πολύ ισχυροί	(VS)	,	≥ 8	"

Σύμφωνα με την ταξινόμηση αυτή το ανώτερο όριο των ασθενών ανέμων είναι 11.9Km/h δηλαδή κατά 2Km/h υψηλότερα από το αντίστοιχο όριο που καθορίστηκε για τη Θεσσαλονίκη.

Από τις ημερήσιες καταγραφές των ανέμων, με τη βοήθεια της παραπάνω κλίμακας συντάχθηκε ο πίνακας 2 για κάθε μήνα της περιόδου. Από τη μελέτη του πίνακα αυτού μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μεγαλύτερη συχνότητα ημερών για παραγωγή αφέλιμου έργου παρουσιάζεται στην Αλεξανδρούπολη με ποσοστό 51.3% (100-L), ακολουθούν στη συνέχεια η Ορεστιάδα με 47%, η Φλώρινα (34.5%) η Κοζάνη (27.9%) το Σέδες (25.3%) η Καβάλα (24.8%) και τελευταίος έρχεται ο σταθμός των Σερρών με 23.3% μόνον.

Από την περίγραφή αυτή συνάγεται ότι στο ανατολικό τμήμα της Β.Ελλάδας παρουσιάζονται καταλληλότερες συνθήκες για αιολικές εφαρμογές (1 στις 2 ημέρες) σε σχέση με την υπόλοιπη περιοχή όπου η αναλογία γίνεται 1:3 και 1:4. Ακόμη μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η κατανομή των συχνοτήτων κατά κανόνα παρουσιάζει μείωση καθώς αυξάνει η ένταση του ανέμου, με εξαίρεση την Αλεξανδρούπολη όπου

η Μ βαθμίδα παρουσιάζει αρκετά μεγάλη συχνότητα και αποτελεί πλεονέκτημα για την περιοχή.

Η ανά μήνα κατανομή των συχνοτήτων στις διάφορες βαθμίδες δεν διαφέρει ουσιαστικά από την αντίστοιχη της θεσσαλονίκης. Και εδώ τα μικρότερα ποσοστά απνοιών και ασθενών ανέμων τελικά παρατηρούνται το θέρος, αν και η προσθήκη των ασθενών ανέμων αυξάνει αισθητά την διαφορά, ενώ για τις μεγαλύτερες εντάσεις υπάρχει μια ισοκατανόμη μέσα στο χρόνο.

4. ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.

Κρίθηκε σκόπιμο για την ολοκλήρωση της μελέτης να δωθεί ένα παράδειγμα εκτίμησης του αιολικού δυναμικού με την βοήθεια των πινάκων 1 και 2 οι οποίοι συνετάγησαν τελικά γιαυτό το σκοπό.

Ως γνωστό, η ισχύς του ανέμου μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια της σχέσης :

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2)$$

όπου P είναι η διαθέσιμη ισχύς σε Watts/M², ρ είναι η πυκνότητα του αέρα σε gr/M³ (αυτή θα πρέπει να καθοριστεί επακριβώς για κάθε μήνα και για κάθε θέση γιασφράτης εκτιμήσεις). Στο παράδειγμα λαμβάνεται $\rho = 1200 \text{ gr/M}^3$, V είναι η ταχύτητα του ανέμου σε M/sec. Στους πίνακες 1 και 2 έχει υπολογισθεί τόσο η μέση ταχύτητα V για κάθε βαθμίδα 'όρο και η αντίστοιχη V^3 . Αυτό εμβαδόν της επιφάνειας (m^2) κάθετα προς την οποία προσπίπτει ο άνεμος.

'Εστω λοιπόν ότι επιθυμούμε τον υπολογισμό της ολικής ισχύος στην Αλεξανδρούπολη για επίφανεια $A = 1m^2$. Αυτή θα δοθεί από τη σχέση:

$$P_{ολ} = P_M + P_{MS} + P_S + P_{VS} \quad \text{όπου από την (2)}$$

έχουμε :

$$P_{ολ} = 1/2 \times 1.200 \times \left[\left(22 \times \frac{18.6}{100} \right) + \left(531.4 \times \frac{26.4}{100} \right) + \left(2744 \times \frac{5.8}{100} \right) + \left(5088.4 \times \frac{0.5}{100} \right) \right] \text{ Watts/M}^2 \quad P_{ολ} = 197.4 \text{ Watts/m}^2$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Από την παραπάνω μελέτη μπορούμε να οδηγηθούμε στα ακόλουθα συμπεράσματα :

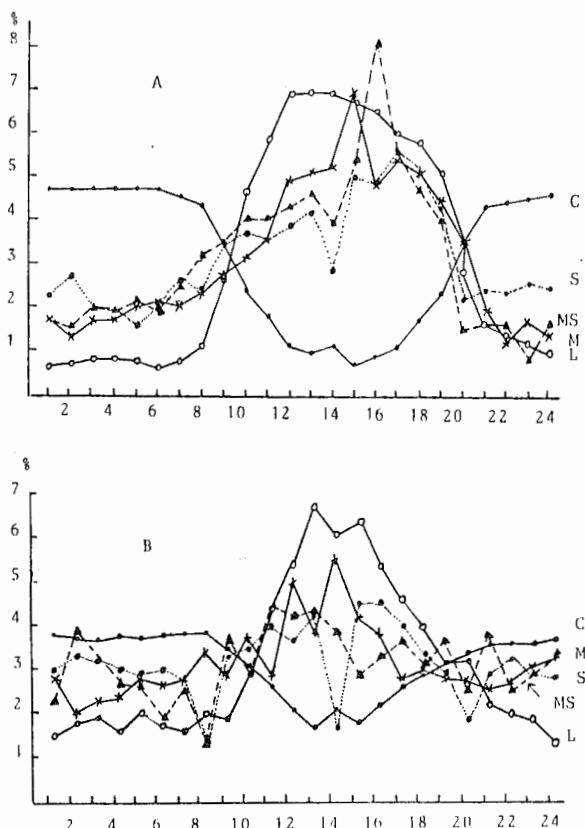
(1). Οι άνεμοι στον βορειοελλαδικό χώρο είναι ισχυρότεροι πάνω σπό την ανατολική περιοχή (Θράκη) όπου έχουν την Ικανότητα να παράγουν ωφέλιμο έργο σε αναλογία 1:2 ημέρες (50%).

(2). Ότι οι άνεμοι που πνέουν στους διάφορους σταθμούς χαρακτηρίζονται από αξιοσημείωτη ημερήσια μεταβολή της έντασης των με μέγιστες τιμές κατά τη διάρκεια του φωτεινού

MET-54

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
(ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970-74).

	C	L	M	MS	S	Km/h
Φ	ΑΠΝΟΙΑ	1 - 9	10-15	16-19	20	m/sec
	0	1.25	3.47	4.86	6.11	
Φ ³	0	1.95	41.78	114.79	228.10	m/sec
I	59.87	18.71	8.44	3.58	9.41	
Φ	54.08	19.41	9.84	4.46	12.20	
M	50.99	25.81	10.03	3.47	9.70	
A	56.47	25.39	9.19	4.06	4.89	
M	52.63	25.03	10.51	3.92	7.90	
I	51.44	30.42	9.56	3.67	4.92	
I	55.27	26.83	8.31	3.79	5.81	
A	59.87	27.42	6.40	2.18	4.14	
Σ	59.50	22.83	7.36	3.31	7.00	
O	58.47	21.05	9.95	3.92	6.61	
N	64.69	16.56	8.47	3.67	6.61	
Δ	65.05	11.61	8.52	4.14	10.67	
E	57.38	22.60	8.88	3.67	7.47	



ΣΧΗΜΑ 1. Ημερήσια πορεία της συχνότητας πνοής του ανέμου για τη θερμή περίοδο (Α) και την ψυχρή (Β) στη Θεσσαλονίκη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΣΩΣ (1550-1974)

MET-55

Α ΔΕΞ ΑΝΔΡΟΥ Π Ο Δ Η						Κ Α Β Α Δ Α						Κ Ο Ζ Α Ν Η						Φ Α Δ Ρ Ι Ν Α					
L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS				
V	0.1	2.8	8.1	14.0	172	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2			
V ³	0.001	220	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	551.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	551.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4			
I	46.2	15.8	25.7	10.5	1.8	84.1	8.9	5.8	0.9	0.2	67.0	11.2	16.4	5.2	0.1	71.8	16.5	10.6	1.0	0.1			
P	48.4	15.6	26.2	8.5	1.3	77.2	13.1	8.4	1.2	0.05	68.2	11.8	16.6	3.2	0.1	65.1	17.6	15.7	1.6	0.1			
M	42.0	17.9	30.7	8.6	0.8	68.9	16.8	15.3	1.0	0.0	69.1	13.4	14.8	2.6	0.1	61.9	21.2	15.8	1.0	0.1			
A	52.1	19.0	24.8	4.0	0.1	66.3	18.8	14.2	0.6	0.05	70.1	14.9	15.4	1.5	0.1	61.6	17.5	19.7	1.1	0.1			
M	58.2	19.8	19.4	2.6	0.0	67.5	17.7	14.5	0.5	0.0	71.1	15.5	12.5	0.7	0.1	60.7	19.8	18.6	0.9	0.0			
I	52.9	21.8	22.7	2.3	0.3	67.9	17.9	13.9	0.3	0.05	69.8	16.9	11.9	1.4	0.1	58.1	19.2	22.1	0.6	0.0			
I	42.5	23.0	30.3	4.1	0.1	71.0	15.7	12.9	0.4	0.0	68.5	16.8	15.5	1.1	0.1	61.0	18.1	20.4	0.5	0.0			
A	44.7	20.3	32.3	5.1	0.0	72.0	15.2	12.8	0.4	0.0	72.1	14.4	12.4	1.0	0.04	65.2	14.8	21.5	0.5	0.0			
S	47.3	18.4	30.1	4.5	0.1	72.1	16.8	10.7	0.4	0.0	77.5	11.8	9.2	1.4	0.1	67.7	14.7	17.5	0.3	0.0			
O	47.3	16.5	28.5	7.9	0.0	79.9	13.4	6.2	0.5	0.04	79.5	10.5	8.2	1.9	0.1	68.9	15.9	15.0	0.7	0.0			
N	53.6	17.7	22.2	5.7	0.9	86.4	8.5	4.5	0.6	0.0	79.4	8.4	10.0	2.0	0.1	69.5	15.8	14.5	0.7	0.0			
A	49.1	17.0	24.6	8.5	1.0	89.0	5.6	4.5	0.9	0.0	72.9	10.5	14.2	2.4	0.0	73.2	12.0	8.8	1.0	0.0			
E	48.7	18.6	26.4	5.8	0.5	75.2	14.0	10.1	0.6	0.03	72.1	13.0	12.7	2.1	0.1	65.5	16.9	16.7	0.8	0.05			
V ³	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4			

Ο Ρ Ε Σ Τ Ι Α Σ						Σ Ε Δ Ε Σ						Σ Ε Ρ Ε Σ						Σ Ε Ρ Ε Σ					
L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS	L	M	MS	S	VS				
V	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2	0.1	2.8	8.1	14.0	17.2			
V ³	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4	0.001	22.0	531.4	2744.0	5088.4			
I	55.4	28.9	13.4	4.2	0.1	71.2	12.3	12.6	3.6	0.2	85.2	7.1	7.3	0.4	0.0	55.4	28.9	13.4	4.2	0.0			
Φ	53.5	26.2	14.0	5.5	0.9	72.6	12.3	11.1	3.6	0.4	81.9	8.8	7.8	1.4	0.1	52.1	27.3	14.3	5.5	0.1			
M	52.1	27.3	14.3	6.2	0.1	73.9	12.1	10.8	2.7	0.4	76.2	14.8	7.6	1.3	0.1	52.2	28.4	14.3	5.5	0.1			
A	52.2	28.4	14.3	5.1	0.0	75.8	13.8	9.1	1.3	0.1	66.7	20.1	11.7	1.6	0.0	55.3	29.0	13.8	4.9	0.3			
M	51.0	30.2	15.6	3.1	0.1	71.5	16.1	10.9	1.4	0.04	65.8	23.0	10.0	0.9	0.3	51.1	31.1	18.0	2.3	0.1			
I	48.6	31.1	18.0	2.3	0.1	72.2	17.4	9.3	1.0	0.0	66.6	24.2	7.7	1.4	0.0	48.5	31.7	17.5	2.1	0.1			
A	48.5	31.7	17.5	2.1	0.2	72.5	15.7	10.5	1.2	0.1	72.2	19.6	7.4	0.9	0.0	55.2	28.7	14.9	1.2	0.0			
S	55.2	28.7	14.9	1.2	0.0	77.3	12.6	8.8	1.2	0.2	78.1	75.1	6.1	0.7	0.0	56.1	25.9	16.0	1.9	0.1			
O	56.1	25.9	16.0	1.9	0.1	79.2	9.8	9.0	2.0	0.1	84.2	11.1	3.9	0.8	0.1	58.8	23.5	14.8	2.9	0.1			
N	58.8	23.5	14.8	2.9	0.1	77.7	10.1	9.8	2.2	0.4	87.5	6.1	3.9	2.5	0.0	51.2	28.1	16.2	4.3	0.1			
Δ	51.2	28.1	16.2	4.3	0.1	76.3	11.1	9.7	2.5	0.4	87.8	5.7	5.5	0.8	0.2	53.0	28.3	15.3	3.4	0.1			
E	53.0	28.3	15.3	3.4	0.1	74.7	13.1	10.0	2.0	0.2	76.7	14.8	7.3	1.2	0.1								

τμήματος της ημέρας.

(3). Ότι η λεπτομερής μελέτη της κατανομής των ανέμων για αιολική εκμετάλλευση απαιτεί κατάλληλα όργανα (π.χ. ανεμογράφους πιέσεως), και

(4). Από τα δεδομένα των σταθμών διαφένεται ότι θα πρέπει να αναζητηθούν καταλληλότερες τοποθεσίες για τέτοιους σκοπούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. ALBEEZ S.AH. (1983) : "Analysis of Karaikal winds with special reference to installation of windmills" Mausān 34,3, pp.331-334.
2. DUNCAN C.N. (1977):"Solar and wind power - some meteorological aspects". Weather 32, 12, pp.451-456.
3. JUSTUS C.G. and MIKHAIL, A. (1976) :Height variation of wind speed and wind distribution statistics ". Geophys. Res. Letters, Am. Geophys. Union 3,5, pp.261-264.
4. MOOLEY D.A. (1983):Wind characteristics and wind power potential of the Indian summer monsoon". Mausan, 34,1, pp.9-26.
5. THOMAS S.I.T. (1981):"Wind analysis for wind power : Part 1. ". Mausan, 32, 1, pp.55-58.

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΝΔΕΚΑ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΣ.

Χαραντώνης Θεαγένης του Αναστασίου
Μαθηματικός-Διδάκτωρ Μετεωρολογίας
Μετεωρολόγος της Ε.Μ.Υ με εξειδίκευση στην ερμηνεία των φωτογραφιών των Μετεωρολογικών Δορυφόρων, στο λέντρο της Διαστημικής Μετεωρολογίας της IANNION (Γαλλία)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εκτιμάται η ηλιακή ενέργεια σε ένδεικα περιοχές της Ελλάδας, με βάση την νέφωση που εκτιμήθηκε από φωτογραφίες των Μετεωρολογικών Δορυφόρων, για τα χρόνια 1978, 1979, 1982.

Την νέφωση συσχετίζουμε, γραμμικά, με την ηλιακή ενέργεια, που μετρήθηκε στους σταθμούς της Ε.Μ.Υ και της Δ.Ε.Η, που είναι εφοδιασμένοι με όργανο μετρήσεώς της (ακτινογράφος).

Με βάση τις προκύπτουσες εξισώσεις, υπολογίζεται η ηλιακή ενέργεια κάθε περιοχής. Κατόπιν αντικαθίσταται η νέφωση από την ηλιοφάνεια και γίνονται οι ανάλογοι υπολογισμοί, για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων.

ΔΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Μετεωρολογικοί Δορυφόροι (ΜΔ), Ηλιακή ενέργεια (ΗΕ), Νέφωση (Ν), Φωτογραφία (Φ), Διακριτική Ικανότητα (ΔΙ), Φασματική περιοχή (κανάλι), Ραδιόμετρο, Ηλιακή Ακτινοβολία (ΗΑ), Διάρκεια Ηλιοφάνειας (ΔΗ), Πραγματική Ηλιοφάνεια (ΠΗ), Θεωρητική Ηλιοφάνεια (ΘΗ), Θεωρητική Ακτινοβολία (ΘΑ), Πραγματική Ακτινοβολία (ΠΑ), Κλάσμα Ηλιοφάνειας (ΚΗ), Σχετική Ακτινοβολία (ΣΑ), Διαμελισμός.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από το 1973, που έγινε η πρώτη κρίση του πετρελαίου και μετά έγινε φανερή η ανάγκη της εκμετάλλευσης των "ήπιων μορφών" ενέργειας, τόσο από τα κράτη όσο και από τους ιδιώτες.

Η φθηνότερη λύση, για τους ιδιώτες κυρίως, προσφέρεται από την ΗΕ, που μπορεί να δεσμευτεί, μετατρεπόμενη σε θερμότητα, με ηλιακούς συλλέκτες, όχι ιδιαίτερα ακριβούς και στην αγορά κάτι στην συντήρηση τους. Η ΗΕ μπορεί να χρησιμοποιείται ακόμα και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά το κόστος των εγκαταστάσεων είναι πολύ μεγαλύτερο και έτσι η απόσβεσή τους απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο, οπότε η επένδυσή τους θεωρείται (τουλάχιστον για την ώρα) ασύμφωρη.

Πρωταρχικό ρόλο στην απόδωση ενός ηλιακού συλλέκτη παίζει η ΗΑ που προσπίπτει στην συλλεκτική του επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή ποικιλεύει από τόπο σε τόπο, και παρουσιάζει διπλή ασυνέχεια. Μία που είναι περιοδική (διαδοχή μέρας-νύχτας) και μία ακανόνιστη, που οφείλεται στην τυχαία εμφάνιση νεφών. Την ενέργεια αυτή προσπαθούμε να εκτιμήσουμε, σε ένδεικα περιοχές της Ελλάδας, στις οποίες διαμελίσαμε τον γεωγραφικό της χάρτη.

Η εκτίμηση της ΗΕ γίνεται τόσο με βάση την Ν όσο και με τη ΚΗ, κάθε περιοχής, εργαζόμενοι τόσο με τις μηνιαίες όσο και με τις ημερήσιες τιμές των δύο αυτών Μετεωρολογικών παραμέτρων.

ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1.1 Εκλογή των περιοχών.

Οι ένδεικα περιοχές στις οποίες διαμελίστηκε, εμπειρικά, ο γεωγραφικός χάρτης της Ελλάδας είναι:

- 1 Νησιά του Βόρειου Ιόνιου και Ήπειρος (δυτικά της Πίνδου)
- 2 Δυτική και Κεντρική Μακεδονία
- 3 Ανατολική Μακεδονία, Θράκη και νησιά του Θρακικού Πελάγους
- 4 Δυτική Στερεά και νησιά του Νότιου Ιόνιου
- 5 Θεσσαλία και Ανατολική Στερεά
- 6 Δυτική Πελοπόννησος
- 7 Ανατολική Πελοπόννησος
- 8 Νησιά του Βόρειου Αιγαίου
- 9 Νησιά του Νότιου Αιγαίου και Δωδεκανησα
- 10 Κρήτη
- 11 Αττική και Δυτική Εύβεια.

Οι παραπάνω περιοχές φαίνονται στον χάρτη 1 (**ΧΑΡΑΚΤΩΝΗΣ (9)**).

Ο εμπειρικός αυτός διαμελισμός βασίζεται στην πείρα του γράφοντος στην πρόγνωση του καιρού της χώρας μας. Πιστεύουμαί ότι δεν είναι ο ιδανικός διαμελισμός, αφού η Κρήτη θάπρεπε να χωριστεί σε Βόρεια και Νότια και τα Δωδεκανησα θάπτεπε να αποτελούν, μόνα τους, μια ξεχωριστή περιοχή.

'Ενας (και μάλιστα οσημαντικότερος) λόγος για τον οποίο δεν έγινε λεπτότερος διαμελισμός, ήταν το μέγεθος της Ελλάδας στις φωτογραφίες των ΜΔ, που είναι πολύ μικρό και δεν επιτρέπει κάτι τέτοιο για υποειμενική τουλάχιστον εκτίμηση της Ν, όπως έγινε στην εργασία αυτή. Θα μπορούσε να γίνει με σφαιρικιά τετράγωνα πλάτους και μήκους 5°, όπως έκανε ο **HUTTY** (2), οπότε με τέσσερα μόνο τετράγωνα θα καλυπτόταν ολόκληρη η περιοχή, ή με τετράγωνα 1°, οπότε θα είχαμε πολύ περισσότερες περιοχές και δεν θα υπήρχαν αρκετά στοιχεία ΗΑ και ΔΗ για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων. Τέτοιο διαμελισμό πραγματοποίησαν, για την Γαλλία οι **AUGUSTIN** και **LOZACH** (1).

1.2 Μέθοδος υπολογισμού της γενέφωσης (Ν), από τις φωτογραφίες (Φ) των Μετεωρολογικών Δορυφόρων (ΜΔ).

Ο σπουδαιότερος από τους παράγοντες που επιδρούν στην ποσότητα της προσπίπτουσας ΗΑ και στην Η είναι η Ν. Με τον συμβατικό τρόπο, η Ν μετριέται ή καλύτερα εκτιμιέται από τον παρατηρητή, σε όγδοα του καλυμένου με νέφη ουράνιου θόλου, για το οποίο είδος των νεφών. Το κάθε είδος των νεφών επιδρά διαφορετικά τέσσερις την ΗΑ που φτάνει στη γη δύο και την ΗΑ ενός τόπου. Ακόμα και η θέση των νεφών, σε περιπτώσεις μερικής μόνο καλύψης του ουρανού, επηρεάζει διαφορετικά τις τιμές που αναγράφουν τα όργανα μέτρησης των παραπάνω μεγεθών. Αυτοί είναι εξαλλού οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους δεν γίνεται εκτεταμένη εκμετάλλευση της Ν, από τα αρχεία των επίγειων σταθμών που διαθέτουν οι διάφορες Μετεωρολογικές Υπηρεσίες.

Στην εργασία αυτή αντικαταστάθηκε η Ν, από τους σταθμούς εδάφους (σημειακές τιμές), με την Ν, όπως φαίνεται στις φωτογραφίες των ΜΔ. Η Ν εδώ, εξαρτάται κυρίως από την ΔΙ των ραδιομέτρων που διαθέτει ο ΜΔ και από το κανάλι στο οποίο μετρά την ακτινοβολία το κάθε ραδιόμετρο του (**ΧΑΡΑΚΤΩΝΗΣ (8)**).

Η εκτίμηση της ημερήσιας τιμής της Ν, σε κάθε περιοχή, από τις φωτογραφίες των ΜΔ (ή/και τις νεφαναλύσεις των φωτογραφιών), έγινε για τα έτη 1978, 1979 και 1982. Η τιμή της Ν από μια φωτογραφία (που διατείθεται στο ορατό και το υπέρυθρο), για κάθε

περιοχή , προκύπτει από το γινόμενο του ποσοστού της N της περιοχής επί το ποσοστό της επιφάνειας της περιοχής που καλύπτεται από την N. Έτσι αν σε μια φωτογραφία, μια περιοχή καλύπτεται κατά το 1/3 αυτής με νέφη και η κάλυψη στην καλυμένη υποπεριοχή είναι 3/8, τότε, για ολόκληρη την περιοχή, σαν N λαμβάνεται το: $N=1/3 \times 3/8 = 1/8$. Μάλιστα όταν η N προέρχεται από νέφη CIF (CIRRIFORMIS), τότε σαν N λαμβάνεται το 50% της τιμής που υπολογίζεται. Το 50% είναι αυθαίρετο και δικαιολογείται από, την μεγάλη διαφάνεια των νεφών αυτών στην ορατή περιοχή του φάσματος της HA. Οι τελικές ημερήσιες τιμές της N, κάθε περιοχής προκύπτουν από το πηλίκο του αθροίσματος όλων των τιμών που βρέθηκαν, για την περιοχή, από την εφαρμογή της μεθόδου που περιγράφηκε, διά του πλήθους των φωτογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν, για την δεδομένη ημέρα.

Η παραπάνω περιγραφέσσα μέθοδος εκτίμησης της N, είναι αποτέλεσμα, αφενός προσωπικών συζυγήσεων του γράφοντος με τους Y. LENINI VIN, διευθυντή του κέντρου νεφαναλύσεων του C.M.S (LANNION) και της ΔΩ ΚΑΣ ROJ MAY THEPENIER και εφετέρου παρόμοιων μεθόδων που ακολούθησαν στις μελέτες τους οι LOZACH (3), οι AUGUSTIN και LASBLEIZ (1), οι MOUNIER και LOZACH (4) και ο HUFFY (2).

Στον πίνακα NR 1 δίνονται οι MD που "έδωσαν τις φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση της ημερήσιας τιμής της N και οι ώρες που "πάρθηκαν οι φωτογραφίες αυτές.

1.3 Υπολογισμός των ημερήσιων τιμών των KH και SA.

1.3.1 Κ λ ά σ μ α η λ ι ο φ ά ν ε ι α σ (KH).

Οι ημερήσιες τιμές του KH προκύπτουν από το πηλίκο της ΗΗ δια των αντίστοιχων τιμών της ΘΗ, την ίδια μέρα.

Οι τιμές της ΘΗ, υπολογίζονται στο μέσο πλάτος κάθε περιοχής στην οποία αναφέρονται. Οι ημερήσιες τιμές της ΗΗ προκύπτουν από το πηλίκο του αθροίσματος των ημερήσιων τιμών της ΗΗ σε όλους τους σταθμούς της περιοχής, που κάνουν ανάλογες μετρήσεις, δια του πλήθους των σταθμών αυτών. Οι σταθμοί που λάβαμε υπόψιν στη μελέτη αυτή, ανήκουν στο δίκτυο των σταθμών της E.-M.Y και η θέση τους δίνεται με τελεία στο χάρτη 1.

Οι υπολογισμοί των παραμέτρων ΦΗ, ΗΗ και KH έγιναν βάσει προγράμματος στον H/Y της E.M.Y.

Στον πίνακα NR 2 δίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές της N και του KH, για κάθε μια περιοχή.

1.3.2 Σ χ ε τ ι κ ή Α κ τ ι ν ο β ο λ ί α (SA).

Οι ημερήσιες τιμές της SA προκύπτουν από το πηλίκο των πραγματικών τιμών, που καταγράφει ο ακτινογράφος, διά των αντίστοιχων θεωρητικών τιμών. Σαν θεωρητικές τιμές πήραμε τις τιμές της άμεσης HA, στο μέσο πλάτος κάθε μελετούμενης περιοχής για κάθε μέρα. Οι τιμές αυτές είναι οι μόνες που μπορούν να υπολογιστούν με Μαθηματικούς-Αστρονομικούς τύπους. Οι ημερήσιες τιμές της PA, που είναι το άθροισμα της διάχυτης και της άμεσης HA, υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζονται και οι ημερήσιες τιμές της ΗΗ, για κάθε μια περιοχή. Οι σταθμοί του δίκτυου της E.M.Y, που διαθέτουν ακτινογράφο, είναι ελάχιστοι. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε και το αρχείο της Δ.Ε.Η, με αντίστοιχες μετρήσεις.

'Όπως φαίνεται στο χάρτη 2, ακόμα και στο σύνολο του, το δίκτυο των σταθμών της Ελλάδας, που πραγματοποιούν μετρήσεις της HA, είναι πολύ φωτικό και μόνο ο σταθμός του Αστεροσκοπείου Αθηνών διαθέτει πλήρη σειρά τέτοιων στοιχείων. Αυτή είναι η κυριότερη

αιτία , για την οποία , οι περισσότεροι μελετητές , χρησιμοποιούν μόνο τα στοιχεία του αρχείου αυτού και μάλιστα εργάζονται κυρίως με τις μέσες μηνιαίες τιμές αυτής της παραμέτρου , όταν επιθυμούν να υπολογίσουν την ΗΕ σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας , επεκτείνοντας τα αποτελέσματα που βρίσκουν για την Αθήνα και στις άλλες Ελληνικές πόλεις . Με τον τρόπο αυτό εργάζονται οι FLOKAS(7) , ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ και ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΠΟΥΛΟΣ (6) , ΝΟΤΑΡΙΔΟΥ-ΠΙΣΙΜΑΝΗ (5) , που λαμβάνει υπόψη και την νέφωση από τους σταθμούς εδάφους και μάλιστα δευτερεύοντας , ο ΜΑΚΡΗΣ , ο ΚΑΤΣΟΥΛΗΣ κ.ά . Σε αντίθεση στην μελέτη αυτή χρησιμοποιείται η ΗΕ περισσερών σταθμών (τουλάχιστον ένας σε κάθε περιοχή) και μάλιστα γίνεται εκτεταμένη χρήση των ημερήσιων τιμών και όχι μόνο των μηνιαίων τιμών , που είναι απαλαγμένες των τυχαίων ημερήσιων θορύβων .

2 ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΖΕΥΓΩΝ (Ν;ΣΑ) ΚΑΙ (ΚΗ;ΣΑ) .

Αναζητήθηκαν , βάσει προγράμματος (με το ίδιο πρόγραμμα έγιναν όλοι οι υπολογισμοί) στον Η/Υ , οι γραμμικές σχέσεις της μορφής $S_A = \alpha * X + b$ με $X \in \{N, K\}$, που συνδέουν τα ζεύγη των παραμέτρων (Ν , ΣΑ) και (ΚΗ , ΣΑ) , με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγύωνων , στις παρακάτω περιπτώσεις :

α) Από το σύνολο των κατά περιοχή και κατά εποχή διατειθέμενων ημερήσιων τιμών των παραμέτρων ΣΑ , Ν και ΚΗ . Σαν θερινή περίοδος πάρθηκε το χρονικό διάστημα μεταξύ των μηνών Μάΐος-Σεπτέμβριος (συμπεριλαμβανόμενοι) και σαν χειμερινή οι υπόλοιποι μήνες του έτους .

β) Από το σύνολο όλων των μηνιαίων τιμών των ΣΑ , Ν και ΚΗ .

γ) Από το σύνολο όλων των διατειθέμενων ημερήσιων τιμών των παραμέτρων ΣΑ , Ν και ΚΗ .

Τους συντελεστές α και β κάθε μιας από τις παραπάνω περιπτώσεις , μαζί με τους συντελεστές συσχέτισης και το πλήθος των σε κάθε περίπτωση συσχετιζόμενων ζευγών , παρούσιαζουμε στον πίνακα NR 3 (α , β , γ αντίστοιχα) .

Από τον πίνακα 3 διαπιστώνει κανείς τον "πολύ καλό" συντελεστή συσχέτισης , σέ όλες τις περιπτώσεις , λαμβάνοντας βέβαια υπόψη και το πλήθος των συσχετιζόμενων ζευγών .

3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΗΕ) ΣΕ ΚΑΘΕ ΠΕΡΙΟΧΗ .

Από τις εξισώσεις που προέκυψαν προηγουμένως , υπολογίστηκαν , σε κάθε περίπτωση και για κένθε περιοχή , οι ημερήσιες τιμές από την ΣΑ και κατόπιν , με βάση τις τιμές αυτές , βρέθηκαν οι ημερήσιες τιμές της ΗΕ , που δέχεται οριζόντια επιφάνεια , στο μέσο πλάτος κάθε περιοχής , σε $\text{cal.cm}^{-2}.\text{day}^{-1}$, τόσο με την Ν όσο και με το ΚΗ . Τις μέσες ετήσιες τιμές των τιμών αυτών , παρουσιάζουμε στον πίνακα NR 4 . Στον πίνακα NR 5 δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές για την περιοχή 11 . Στις τρείς τελευταίες στήλες των πινάκων αυτών δίνονται οι αντίστοιχες τιμές , που υπολογίσαμε για κάθε περιοχή , από τις τιμές που δίνουν σε μελέτες τους οι ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ και ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΠΟΥΛΟΣ (6) ο FLOKAS (7) και η ΝΟΤΑΡΙΔΟΥ-ΠΙΣΙΜΑΝΗ (5) .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

α) Οι πολύ μεγάλες τιμές των συντελεστών συσχέτισης (αναφορικά με το πλήθος των συσχετιζόμενων ζευγών) , αποδεικνύουν ότι η μέθοδος εκτίμησης της Ν , οπώς περιγράφηκε , είναι πάρα πολύ καλή και πρέπει να επεκταθεί σε φωτογραφίες περισσότερων ετών ώστε οι τιμές που θα προκύψουν , να έχουν μεγαλύτερη στατιστική

σήμασία.

β) Οι περιοχές 2 και 3 δέχονται την λιγότερη ΗΕ και μπορούν να θεωρηθούν σαν "δυσμενείς" περιοχές, για τις ηλιακές εφαρμογές.

γ) Οι περιοχή 9 (και κατά δεύτερο λόγο και η περιοχή 10) είναι η ευνοϊκότερη.

δ) Η καλύτερη προσέγκιση των θεωρητικών τιμών της ΗΕ, στις αντίστοιχες πραγματικές τιμές της, επιτυγχάνεται, όταν ο υπολογισμός τους γίνεται με τις κατά εποχή και κατά περιοχή προκύπτουσες εξισώσεις, όπως διαπιστώνεται από τον πίνακα NR 4 στον οποίο βλέπει κανείς, ότι και οι τυπικές αποκλίσεις των τιμών που υπολογίζησην, είναι πολύ πλησίον των αντίστοιχων πραγματικών τιμών.

ε) Οι ΜΔ μπορούν να προσφέρουν πολλά και στον τομέα του υπολογισμού της ΗΕ και γενικότερα του ενεργειακού ισοζύγιου, σε τοπική ή περιοχική και ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AUGUSTIN,H.- LASBLEIZ,R.1980: Un fichier de la nébulosité sur la France. (Les cahier de l'OPIT - NO 2. Paris pp 28-34)
2. HUUTY,A. 1979: Comparaison entre la nebylosité estimée à partir de nephanalyse par satellites et la nébulosité et le rayonnement solaire mesurés au sol. Application à Algerie. Eaux et climat.Grenoble 1979,pp 251-258.)
3. LOZACH,M. 1979: Etude de la nébulosité au dessus de la France de l'ouest à l'aide des images des satellites. Mem. de maîtrise. inedit. REMNES .
4. MOUNIER; J-LOZACH,M. 1981: L'étude de la nébulosité au dessus de la France à partir des rhotos des satellites. Eaux et climats. Grenoamble. pp 353-365)
5. ΝΟΤΑΡΙΔΟΥ-ΠΙΣΙΜΑΝΗ,Β. 1977: Επί του ισοζύγιου ακτινοβολίας εις την Ελλάδα. (Διατριβή επί διδακτορία.Αθήνα 1977).
- 6 ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ,Α.-ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΠΟΥΛΟΣ,Κ. 1982: Σύνταξη πινάκων μετεωρολογικών στοιχείων των κυριότερων πόλεων της Ελλάδας. (Πρακτ. Ιου Εθν.Συνέδριου ΗΠΕΙΡΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 20-22/10/1982.Πρώτος τόμος σελ.41-75. Θεσ/νίκη.)
- 7 FLOKAS,A. 1979: Estimation and prediction of solar radiation over Greece. (Solar energie Vol.24 pp 63-70).
- 8 ΧΑΡΑΝΙΚΩΝΗ,Θ. 1985: Μετεωρολογικοί δορυφόροι. Εμμηνεία των φωτογραφών τους. (Υπό έκδοση από την Ε.Μ.Υ.)
9. ΧΑΡΑΝΙΚΩΝΗ,Θ. 1985: Εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στον Ελληνικό χώρο με τη χρησιμοποίηση Δορυφορικών φωτογραφιών. (Διδακτορική διατριβή. Θεσ/νίκη 1985).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ΔΗ	Διάρκεια Ηλιοφόνειας	ΠΑ	Πραγματική Ακτινοβολία
ΘΑ	Θεωρητική Ακτινοβολία	ΣΑ	Σχετική Ακτινοβολία
ΘΗ	Θεωρητική Ηλιοφάνεια	ΔΙ	Διαφοριτική Ικανότητα
ΗΑ	Ηλιακή Ακτινοβολία		
ΗΕ	Ηλιακή Ενέργεια		
ΚΗ	Κλάσμα ηλιοφάνειας		
ΜΔ	Μετεωρολογικός (οι) Δορυφόρος (οι)		
N	Νέφωση		

ΠΙΝΑΚΑΣ NR 1

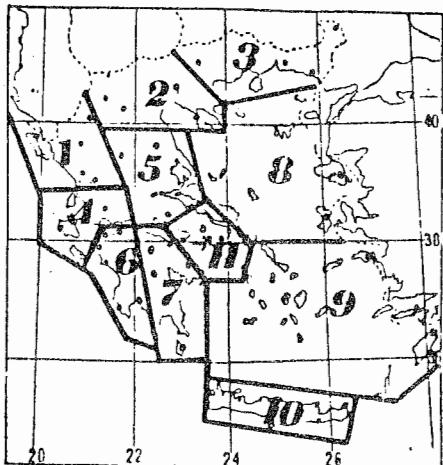
Μετεωρολογικοί Δορυφόροι και ώρες (GMT) των φωτογραφιών από τις οποίες προέκυψαν στη μερήσμενές τιμές της νέφωσης.

	NOAA 5	TIROS-N	NOAA 6	NOAA 7	METEOSAT 1	METEOSAT II
ΩΡΕΣ ΛΗΞΟΣ ΦΩΤΟΓ.	0800 1800	1330	0800	1330	0600 1100 1200 1200	0900 1200 1800
ΠΕΡΙΟΔΟΣ Από- Μέχρι	10ς/78 20ς/79	30ς/79	120ς/79 120ς/82	10ς/82 120ς/82	10ς/79 120ς/79	10ς/82 120ς/82

ΠΙΝΑΚΑΣ NR 2

Μέσες επήσιες τιμές της νέφωσης (N) και του κλάσματος ηλιοφάνειας (KH) σε κάθε μία από τις έντεκα περιοχές στις οποίες διαμελίστηκε ο γεωγραφικός χάρτης της Ελλάδας. Π=περιοχή, Παρ=παράμετρος. Στην τελευταία σειρά δίνεται το πλήθος των σταθμών με ηλιογράφο, κάθε περιοχής.

Παρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N	2,87	3,30	3,23	2,78	3,11	2,44	2,44	2,47	2,10	1,96	2,71
KH	52,64	50,33	50,31	59,87	52,92	56,71	57,21	57,02	62,21	60,98	56,9
Σταθμ.	5	5	4	2	4	6	6	4	8	9	4



Χάρτης № 1. Διαμελισμός της Ελλάδας σε έντεκα περιοχές



Χάρτης № 2. Θέσεις των σταθμών με αιτινογράφο.

● Δ.Ε.Η. ▲ E.M.Y.

ΠΙΝΑΚΑΣ NR 3

- α) Εποχιακές τιμές των α , β και R_{xy} , που προκύπτουν από την συσχέτιση των (N,ΣΑ) και (KH,ΣΑ), σε κάθε περιόδο.
- β) Συντελεστές α,β και R_{xy} που προκύπτουν από την συσχέτιση των μέσων μηνιαίων τιμών των ζευγών (N,ΣΑ) και (KH,ΣΑ).
- γ) Τιμές των α,β και R_{xy} που προκύπτουν από το σύνολο των ημερήσιων τιμών στό σύνολο των περιόδων, για τα ζεύγη (N,ΣΑ) και (KH,ΣΑ).

ΝΕ ΡΙ Ο ΧΗ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R_{xy}	ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R_{xy}	ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	α
	α	β			α	β			
1	-2,769	49,008	-.59521	304	-2,664	61,414	-.56132	214	
2	-3,149	44,287	-.66903	212	-2,388	52,586	-.60394	153	
3	-3,173	52,114	-.58919	173	-3,046	59,656	-.68878	146	
4	-4,378	64,462	-.68772	381	-2,899	61,807	-.62965	299	
5	-4,331	64,806	-.63840	605	-3,097	65,623	-.65490	459	
6	-2,983	51,572	-.61101	486	-3,149	65,881	-.57784	396	
7	-4,117	64,233	-.61624	446	-3,227	60,353	-.59770	296	
8	-3,571	62,868	-.53345	316	-3,729	64,683	-.69175	299	
9	-3,435	67,706	-.49596	255	-2,775	66,884	-.57165	301	
10	-2,852	51,892	-.56475	569	-2,449	59,576	-.38680	429	
11	-3,572	55,509	-.65911	602	-2,764	56,372	-.50758	459	

(N, ΣΑ)

ΝΕ ΡΙ Ο ΧΗ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R_{xy}	ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R_{xy}	ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	α
	α	β			α	β			
1	.334	24,345	.70635	304	.368	33,039	.64507	214	
2	.357	17,006	.76185	212	.325	26,553	.74555	153	
3	.468	22,261	.81017	173	.391	26,090	.80515	148	
4	.553	21,467	.88578	381	.345	46,485	.50126	259	
5	.563	23,710	.80399	605	.384	33,976	.62451	459	
6	.403	21,666	.80953	466	.403	26,356	.77464	396	
7	.578	22,534	.85420	446	.393	29,024	.78747	296	
8	.545	25,870	.78597	316	.431	26,928	.88620	299	
9	.476	32,239	.65454	255	.279	43,054	.65106	301	
10	.406	23,640	.73762	569	.315	33,321	.60211	429	
11	.404	23,364	.81451	602	.340	26,460	.66452	459	

(KH, ΣΑ)

	Ολες οι Μηνιαίες τιμές	Συντελεστής Συσχέτισης	Πληθος	Y		
				α	β	R
N	-4,682	62,70	-0,759	260	-3,86	60,05
KH	0,482	22,84	0,813	260	0,45	24,83

	α	β	R
N	-4,682	62,70	-0,759
KH	0,482	22,84	0,813

ΠΙΝΑΚΑΣ NR 4

Μέσες επήσιες τιμές της ηλιακής ενέργειας, που δέχεται αριζόντια επιφάνεια σε κάθε μια από τις ένδεια περιοχές στις οποίες διαμελίστηκε ο γεωγραφικός χάρτης της Ελλάδας, σε cal.cm².day⁻¹, υπόλογισμένες με 10 μεθόδους.

Μέθοδος 1: Από τις διατειθέμενες πραγματικές τιμές.

Μέθοδοι 2 και 3: Από τις κατά εποχή και περιοχή εξιάσεις, τόσο με την νέφωση όσο και με το ηλιόματα ηλιαράνειας.

Μέθοδοι 4 και 5: Από τη νέφωση και την ηλιαράνεια με βάση τις εξιάσεις που προκύπτουν από την συσχέτιση των μέσων μηνιαίων τιμών τους.

Μέθοδοι 6 και 7: Από τις εξιάσεις που προκύπτουν από το σύνολο των διατειθέμενων ημερήσιων τιμών.

Μέθοδος 8: Από τις τιμές που βρίσκουν οι ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ και ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

Μέθοδος 9: Από τις τιμές που βρίσκει ο ΕΛΟΚΑΣ.

Μέθοδος 10: Από τις τιμές που βρίσκει η ΝΟΤΑΡΙΔΟΥ-ΠΙΣΙΜΑΝΗ.

ΜΕΒΩΔΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	324,7	332,3	331,5	344,7	338,9	344,8	339,3	345,6	334,4	305,1
2	274,8	272,0	273,6	328,0	330,6	329,9	331,4	335,1	341,2	298,2
3	314,3	317,8	325,5	329,0	330,7	329,9	327,9	325,5	325,5	289,5
4	361,1	365,8	365,6	351,6	369,2	350,5	367,8	372,3	360,6	314,3
5	381,2	371,2	372,8	340,1	343,9	340,6	344,2	348,4	345,5	306,0
6	384,3	371,2	371,2	370,1	370,5	367,0	369,6	372,3	367,9	320,1
7	357,5	378,5	377,7	371,6	365,7	368,4	365,1	375,2	366,6	322,4
8	397,8	384,9	385,7	362,5	359,6	358,9	358,7	369,5	357,5	325,5
9	450,5	431,7	429,6	384,2	385,5	378,7	383,5	387,6	376,1	—
10	373,8	368,4	363,6	394,9	389,4	390,3	387,7	393,2	386,7	339,4
11	338,3	335,2	334,3	361,4	362,6	359,2	361,9	378,0	375,4	324,7
Μέσ. Όρος	360,0	357,2	357,4	358,0	358,6	366,2	358,4	364,0	357,9	313,5
Τηλ. απόν.	44,65	39,63	38,38	20,64	19,67	18,12	18,03	20,48	18,30	13,72

ΠΙΝΑΚΑΣ NR 5

Μέσες μηνιαίες τιμές της ηλιακής ενέργειας, στην περιοχή 11

υπόλογισμούς με τις μεθόδους που περιγράφονται στον πίνακα NR 4.

ΜΕΒΩΔΟΣ ΜΕΒΩΔΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ΕΠΗΕΙΟ
1	136,5	196,5	310,9	391,9	472,3	557,6	541,7	474,9	398,7	257,3	160,6	126,7	338,3
2	143,7	185,9	295,8	364,7	480,9	549,3	537,6	402,2	395,0	258,1	176,2	143,2	335,2
3	146,0	189,5	287,7	362,7	468,8	552,7	539,5	467,1	396,4	252,6	174,5	144,5	334,3
4	149,0	193,2	319,4	393,2	504,3	604,0	590,9	526,2	425,9	280,6	187,6	161,5	361,4
5	155,7	201,1	309,7	390,7	498,0	609,3	594,2	505,4	438,1	272,7	144,8	154,5	362,6
6	157,0	203,2	322,8	398,0	499,0	586,2	573,5	512,4	417,0	281,6	192,3	156,4	359,2
7	158,6	204,7	311,7	393,1	497,8	602,2	587,4	529,6	420,7	273,9	188,9	156,4	361,9
8	166,1	211,9	315,0	421,0	544,2	584,2	627,2	578,5	426,7	297,9	200,5	154,7	378,0
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	375,4
10	127,1	179,2	269,7	368,9	440,2	513,0	558,0	505,3	378,0	244,9	147,0	117,0	314,7

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣΦΟΡΟΤΕΡΗ ΚΛΙΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΣΕ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ Ν. ΚΑΙ Ν.Α. ΑΓΑΙΟΥ.

Περιεκλήσι Σ. Κορωνάκης
Καθηγητής τμήματος Μηχανολογίας Τ.Ε.Ι. Πειραιά

ΠΕΡΙΟΗΨΗ

Στην εργασία αυτή υπολογίζεται η διάχυτη, άμεση και ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο για κάθε ώρα τυπικής πμέρας μήνα. Το επίπεδο ή όγοιγμα του συλλέκτη θεωρείται ότι έχει μεσημερινό προσαγατολισμό και κλίση ως προς το οριζόντιο που κυμαίγεται από 10 μέχρι και 90. Τέλος, υπολογίζεται η βέλτιστη κλίση ηλιακού συλλέκτη μας με την αγτίστοιχη προσπίπτουσα πάγω στο επίπεδό του διάχυτη, άμεση και ολική ηλιακή ακτινοβολία (α) κάθε μήνα, (β) τους θερινούς μήνες και (γ) τους μήνες που συγήθωσαν απαιτείται θέρμανση. Για την επεξεργασία των στοιχείων της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και για τους υπόλοιπους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε Η/Υ.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Διάχυτη, άμεση, ολική ηλιακή ακτινοβολία, μετρήσεις, δείκτης αιθριότητας, ηλιακός συλλέκτης, βέλτιστη κλίση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικό στοιχείο για την αξιολόγηση, επιλογή και εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών είναι ο υπολογισμός της διατιθέμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο του συλλέκτη, τόσο της ολικής όσο και της άμεσης, διότι οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες κυρίως την άμεση συγειστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν και εκμεταλλεύονται.

Είναι αξιοπρόσεκτο ότι όλες σχεδόν οι εγκαταστάσεις ηλιοθεραπειών συστημάτων στην Ελλάδα έχουν συλλέκτες με 45° κλίση ως προς το οριζόντιο, ανεξάρτητα περιοχής και εποχιακής, ή μη κρήσης. Έτσι βλέπεται καγείς συλλέκτες με κλίση 45° σε εγκαταστάσεις παραγωγής θερμού γερού χρήσεως σε Εγνατοχειλακές μονάδες στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα, όπου ως γνωστόν οι τουριστικές επιχειρήσεις λειτουργούν από Απρίλιο μέχρι και Οκτώβριο.

Οι χρησιμοποιούμενες από πολλούς ερευνητές και μελετητές τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο για του Ελλαδικό χώρο προέρχονται κυρίως από τις εργασίες [1] και [2]. Στην [1] η ηλιακή ακτινοβολία συσχετίσθηκε με την πλισφάνεια όπως στις εργασίες [3,4] και στην [2] οι διάχυτη και η άμεση συγειστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίσθηκαν σύμφωνα με μέθοδο που αγαλύνεται στις [5,6,7].

Σαν στοιχεία στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις της ολικής και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο από πίγακες που συντάσσονται στη Διεύθυνση Εγαλλακτικών Μορφών Εγεργείας της ΔΕΗ. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία ολικής 6 ετών (1978-1983) και διάχυτης 2 ετών (1982 και 1983) από μετρήσεις στον ακτινομετρικό σταθμό της ΔΕΗ στη Ρόδο, [8,9]. Ο σταθμός αυτός βρίσκεται σε υψόμετρο 120 μέτρων με γεωγραφικές συντεταγμένες $36^{\circ}22'$ Β.Γ.Π., $28^{\circ}12'$ Α.Γ.Μ.

ΟΛΙΚΗ, ΔΙΑΧΥΤΗ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΟΠΙΖΟΝΤΙΟ
Για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας διάχυτης και ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, πρώτα καταχωρούνται στη μηνιμη Η/Υ οι μέσες ωριαίες τιμές διάχυτης και ολικής στο οριζόντιο, \bar{H} και \bar{H} αντίστοιχα, για κάθε μήνα των ετών 1982 και 1983 που υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, [9]. Στη συγένεια δε υπολογίζονται η μέση ημερήσια διάχυτη, $\bar{D}(I)$, και μέση ημερήσια ολική $H(I)$, για τον Ι μήνα του έτους.

Το επόμενο βήμα στο στάδιο αυτό είναι ο υπολογισμός της προσπίπτουσας (σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας έχω από την γηώνη ατμόσφαιρα αλλά στο διο Β.Γ.Π. με την Ρόδο) μέσης ημερήσιας εκτός ατμοσφαίρας ηλιακής ακτινοβολίας για τον Ι μήνα του έτους, $H_o(I)$.

Έστω λοιπόν h_o η ένταση της εκτός ατμοσφαίρας ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο. Ές γνωστόν, η h_o είναι συγάρτηση του γεωγραφικού πλάτους L , της απόκλισης του ήλιου δ , της ωριαίας γωνίας ω (μετρούμενης από την τοπική ηλιακή μεσημερία με αργυτικό πρόσφορτο το πρωΐ και θετικό το απόγευμα) και βέβαια της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδο κάθετο προς τις ακτίνες του ήλιου, I_{Sc} . Αποδείχται δε από τη σχέση:

$$h_o = I_{Sc} (\cos L \cos \delta \cos \omega - \sin L \sin \delta) \quad (1)$$

Οπου η I_{Sc} μπορεί να εκφρασθεί με μεγάλη ακρίβεια σαν συγάρτηση της N ημέρας του έτους ($N=1, 2, 3, \dots, 365$) και της ηλιακής σταθεράς I_{Sc} . Δίγεται στην [10] από τη σχέση :

$$I_{Sc} = I_{Sc} (1 + 0,033 \cos(2\pi N / 370)) \quad (2)$$

με την I_{Sc} πρόσφατα υπολογισμένη στην [11], $I_{Sc} = 1373 \text{ W/m}^2$. Η απόκλιση του ήλιου δ , η γωνία δηλαδή που σχηματίζει ο άξονας της γής με την κάθετο στο επίπεδο της ελλειπτικής τροχιάς του πλανήτη μας, είναι και αυτή συγάρτηση της N ημέρας του έτους. Η σχέση που συγιστάται, [10], και που εκφράζει την δ μεγάλη ακρίβεια (σε μοίρες) είναι η εξής:

$$\delta = 23,45 \sin((N-80) 2\pi / 370) \quad (3)$$

Η ωριαία γωνία ω , εκφρασμένη σε μοίρες είναι (ση με 15 φορές τον αριθμό των ωρών από την τάρα μέχρι την τοπική ηλιακή μεσημερία κάθε συγκεκριμένης ημέρας του έτους). Κατ' αυτόν τον τρόπο η $H_o(N)$ υπολογίζεται μετά από ολοκλήρωση της (1) ως προς τον χρόνο από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου. Με βήμα χρόνου μιας ώρας, η σχέση που δίγει την $H_o(N)$ σε MJ/m^2 είναι

$$H_o(N) = 0,0036 I_{Sc} (\cos L \cos \delta \cos \omega + \sin L \sin \delta) \quad (4)$$

Στην εργασία αυτή η ωριαία γωνία ω έχει υπολογισθεί στο μεσό μεταξύ της τ και $\tau+1$ ώρας. Τελικά, η μέση ημερήσια εκτός ατμοσφαίρας ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο, $H_o(I)$, για τον Ι μήνα που έχει γηώνη, υπολογίζεται από τη σχέση

$$\bar{H}_o(I) = (\sum N H_o(N)) / \gamma \quad (5)$$

Στη συγένεια οι δώδεκα τιμές $\bar{H}_o(I)$ καταχωρούνται στη μηνιμη και μαζί με τις αντίστοιχες $H(I)$ και $D(I)$ συγδυάζονται στα εξής δεύτη πηλίκων :

$$x(I) = \bar{H}(I)/\bar{H}_o(I) \quad \text{και} \quad \psi(I) = \bar{D}(I)/\bar{H}(I) \quad (6)$$

Όπου κάθε ένα από αυτά εκφράζει

$x(I)$ το κλάσμα της μέσης ημερήσιας εκτός ατμοσφαίρας ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει τελικά σαν ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο στην επιφάνεια της γης τον I μήνα του έτους, γνωστό και σαν δεύτης αιθριότητας.

$\psi(I)$ το κλάσμα της μέσης ημερήσιας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια σαν διάκυπη ακτινοβολία τον I μήνα του έτους.

Η παραγόμενη γραμμική συσχέτιση μεταξύ $x(I)$ και $\psi(I)$ με τον προκύπτοντα συντελεστή συσχέτισης R και κανονική αποκλιση σ , όπως δίγεται στην [12], είναι

$$\psi(I) = 0,878 - 0,908x(I), \quad R = 0,939, \quad \sigma = 0,0286 \quad (7)$$

Στο σχήμα 1 φαίνεται η γραμμική συμπεριφορά μεταξύ των $x(I)$ και $\psi(I)$ που εγινόταν βέβαια και από την τιμή του R και στην σχέση (7).

Με την προσθίκη επιπλέον στοιχείων της ολικής για τα έτη 1978-1981 από την [8] ο αριθμός των ετών με στοιχεία ολικής ηλιακής ακτινοβολίας φθάνει συνολικά τα \bar{H} , δηλαδή από το 1978-1983. Με βάση τώρα άλλες αυτές τις μετρήσεις βρίσκουμε μετά από σχετική επεξεργασία τις γένες προκύπτουσες μέσες τιμές $\bar{h}(I, t)$ και $\bar{H}(I)$. Στη συγχέεια, από τη σχέση (7) υπολογίζεται η μέση ημερήσια διάκυπη $\bar{D}(I)$. Η μέση ωριαία διάκυπη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο μεταξύ της τ και τ+1 ώρας της τυπικής ημέρας του I μήνα, $\bar{h}_p(t+1/2, I)$ μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση

$$\bar{h}_p(t+1/2, I) = \pi \bar{D}(I) (\cos \omega_s - \cos \omega_{s+}) / 24 (\sin \omega_s - \omega_s \cos \omega_s) \quad (8)$$

Όπου η ω_s , η ωριαία γωγής του ήλιου για την αγνή προσωπευτική ημέρα του I μήνα, υπολογίζεται από την τριγωνομετρική σχέση: $\cos \omega_s = -\tan L \tan \delta$.

Η σχέση (8) αναπτύχθηκε από τους LIU και JORDAN, [13], και έκτοτε χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ωριαίας διάκυπης ηλιακής ακτινοβολίας με αποτελέσματα που συμφωνούν αρκετά με τα πραγματικά μετρήσεις. Πρέπει πάντας να τονισθεί ότι η ανάπτυξη της έχει γίνει με τη θεώρηση ως ιεσοτροπικής της διάκυπης ηλιακής ακτινοβολίας του ουράνιου θόλου. Αυτό μπορεί να γίνει αποδεκτό στη συγκεκριμένη περίπτωση μια και αφορά τον ελεύθερο από ατμοσφαιρική ρύπανση ουρανό των γησιών του Αιγαίου.

Τελικά, η μέση ωριαία και μέση ημερήσια άμεση ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο μπορούν να υπολογισθούν από τις

$$\bar{h}_p(t+1/2, I) = \bar{h}(t+1/2, I) - \bar{h}_p(t+1/2, I) \quad (9)$$

$$\text{και} \quad \bar{H}_p(I) = \bar{H}(I) - \bar{h}_p(I) \quad (10)$$

ΟΛΙΚΗ, ΔΙΑΧΥΤΗ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ
Μετά τον διακωρισμό της ολικής ηλιακής στο οριζόντιο σε άμεση και διάκυπη, η αναγωγή των δύο αυτών συνιστωσών πάγω σε επίπεδα με μεσομηριγό προσανατολισμό και με κλίση S ως προς το οριζόντιο γίνεται κατά τον εξής τρόπο:

Εστω $\bar{h}_p(t+1/2, I, S)$, $\bar{h}_p(t+1/2, I, S)$ και $\bar{h}(t+1/2, I, S)$ η μέση ωριαία άμεση, διάκυπη και ολική, αγνήστοικα, ηλιακή

ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια μεσημερινού επιπέδου με κλίση S ως προς το οριζόντιο μεταξύ της τ και $\tau+1$ ώρας της αγτιπροσωπευτικής ημέρας του Ι μήνα. Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις (11), (12) και (13).

$$\bar{L}_B(\tau+1/2, I, S) = \bar{h}_B(\tau+1/2, I) \cos \theta / \sin \alpha \quad (11)$$

$$\bar{L}_D(\tau+1/2, I, S) = \bar{h}_D(\tau+1/2, I) (1 + \cos S) / 2 + \rho \bar{h}(\tau+1/2, I) (1 - \cos S) / 2 \quad (12)$$

$$\bar{L}_T(\tau+1/2, I, S) = \bar{L}_B(\tau+1/2, I, S) + \bar{L}_D(\tau+1/2, I, S) \quad (13)$$

Όπου η γωγή προσπτώσεως των ηλιακών ακτίνων στο επίπεδο του συλλέκτη B , και η γωγή ύψους του ήλιου α , εκφράζονται από τις σχέσεις

$$\cos \theta = \cos(L-S) \cos \delta \cos \omega + \sin(L-S) \sin \delta \quad (14)$$

$$\sin \alpha = \cos L \cos \delta \cos \omega + \sin L \sin \delta \quad (15)$$

Η αντανακλαστικότητα του εδάφους ρ , στην εργασία αυτή, έχει ληφθεί ως $0,2^{\circ}$ τιμή που έχει έγα σύγκριση περιβάλλον.

Κάνοντας χρήση των σχέσεων (9) έως και (15) υπολογίζουμε στη συγκεκριμένη τιμή μέσες ωριαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο για κλίση συλλέκτη από 0° μέχρι και 90° με βήμα 10° . Η τελευταία αυτή τιμή μετώνυμεται σε 2° γύρω από την κλίση που δίνει τη μέγιστη τιμή προσπέπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, για μεγαλύτερη ακρίβεια. Η καταγόμητη των ωριαίων μεγεθών \bar{L}_B και \bar{L}_D για κάθε τυπική ημέρα μήνα και για συλλέκτες με κλίση 40° δίγενεται στα σχήματα 2. Τέλος, οι μέσες πημερήσεις τιμές της διάκυτης $\bar{L}_D(I)$, άμεσης $\bar{L}_B(I)$ και ολικής προσπέπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας $\bar{L}_T(I)$ στο κεκλιμένο υπολογίζονται από το άθροισμα των μέσων ωριαίων αντιστοιχων τιμών κατά την διάρκεια της τυπικής ημέρας του Ι μήνα.

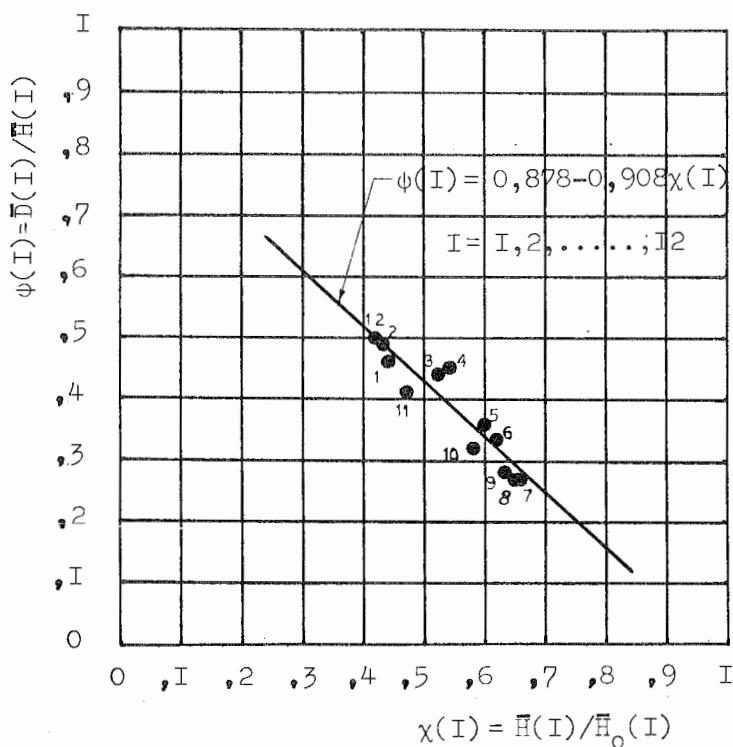
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής παρουσιάζονται συγκοπτικά στον Πίνακα 1 όπου για συλλέκτη με μεσημερινό προσαγατολισμό δίγονται η προσφορά της γωγής κλίσεως καθώς και η ειδική και ποσοτική σύσταση της προσπέπτουσας στο επίπεδο του συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, σε περίπτωση που η κλίση του επιπέδου ενός συλλέκτη μπορεί να μεταβάλλεται ως προς το οριζόντιο, ο Πίνακας 1 δίγενει την κατάλληλη επιλογή μέσης κλίσης για κάθε μήνα του έτους.

Επειδή σήμερα εφαρμόζονται αρκετές περιπτώσεις όπου οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερές βάσεις με μόνιμη κλίση, ή και σε απαντήσεις σε ενέργεια είναι εποχιακές, π.χ. στον τουρισμό, στη βιομηχανία τροφίμων, κατά την επεξεργασία αγροτικών προϊόντων κ.λ.π., συγκεντρώθηκαν στον Πίνακα 2 οι τιμές βέλτιστης κλίσης και αντιστοιχης προσπέπτουσας ακτινοβολίας για τρία διαφορετικά εποχιακά διαστήματα και δύο τύπους συλλέκτων. Έτσι έχουμε ότι για επίπεδους συλλέκτες και φωτοβολταϊκά πανέλλαιο πι βέλτιστη κλίση και προσπέπτουσα ακτινοβολία είναι περίπου 25° και 6870 MJ/m^2 ανά έτος για συγκεκριμένη κλίση 58° και 4° και 2410 MJ/m^2 ανά εποχή ίσταγ ο συλλέκτης λειτουργεί μόνο κατά τους θερινούς μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, και 45° και 2070 MJ/m^2 ανά εποχή για κλίση συλλέκτη κατά τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο. Για συγκεντρωτικούς συλλέκτες έχουμε αντιστοιχα τα ζεύγη: 29° και 4805 MJ/m^2 ανά έτος, 6° και 1725 MJ/m^2 ανά εποχή, και 53° και 1515 MJ/m^2 ανά εποχή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

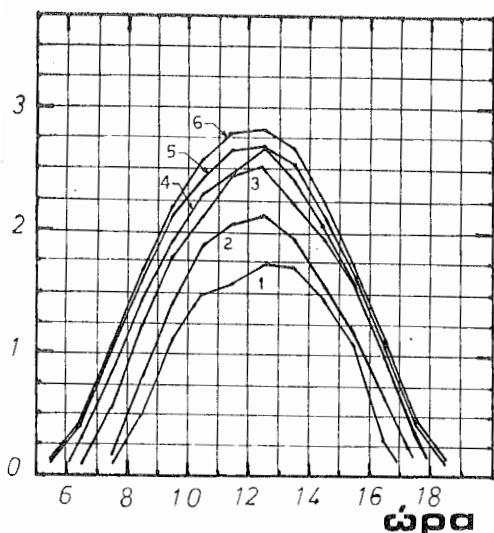
1. Πελεκάνος, Α. και Παπαχριστόπουλος, Κ., 1980, "Σύγκατη Πεγάκων Μετεωρολογικών Στοιχείων για Ηλιακές Εφαρμογές των Κυριωτέρων Πόλεων της Ελλάδας", TEE.
2. Λάλας, Δ.Π., Πισσιμάνης, Δ.Κ. και Νοταρίδου, Β., 1982, "Μέθοδοι Υπολογισμού Εντάσεως Ηλιακής Ακτινοβολίας σε Αυθαίρετης Κλίσεως Επίπεδο και Πίνακες για 30°, 45° και 60° στον Ελληνισμό", Quart. J. R. Met. Soc. 50, 121 .
3. Angstrom, A., 1924, "Solar and Terrestrial Radiation", Quart. J. R. Met. Soc. 50, 121 .
4. Black, J., Bonython, C. and Prescott, J., 1954, "Solar Radiation and the Duration of Sunshine", Q. J. Roy. Met. Soc. 80 , 231-235.
5. Barbaro, S., Coppolino, L. and Sinagra, E., 1979 "An Atmospheric Model for Computing Direct and Diffuse Solar Radiation", Solar Energy 22, 225-228.
6. Bird, R. and Hulstrom, R.L., 1980, "Direct Insolation Models" U.S. Solar Energy Research Institute SERI/TS, 335-344.
7. Bird, R. and Hulstrom, R., 1981, "A Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces" U.S. Solar Energy Research Institute SERI/TS, 642-761
8. Επεξεργασμένα Στοιχεία Ολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας στο Οριζόντιο από Μετρήσεις στον Ηλιογραφικό Σταθμό της ΟΕΗ στη Ρόδο, 1978-1981, "Μετρήσεις για την Αξιοποίηση του Ηλιακού και Αιολικού Ουγαρτικού της Ελλάδας", 1978-1981, Επιστημονικές Εκδόσεις ΟΕΗ τόμοι I-IV .
9. Επεξεργασμένα Στοιχεία Ολικής και Οιάχυτης Ηλιακής Ακτινοβολίας στο Οριζόντιο από Μετρήσεις στον Ακτινομετρικό Σταθμό της ΟΕΗ στη Ρόδο, "Μετρήσεις για την Αξιοποίηση του Ηλιακού και Αιολικού Ουγαρτικού της Ελλάδας", 1982 και 1983, Επιστημονικές Εκδόσεις ΟΕΗ, τόμος IV και αδημοσίευτοι πίνακες της ΟΕΜΕ της ΟΕΗ.
10. Lunde, P.J., 1980, "Solar Thermal Engineering Space Heating and Hot Water Systems", John Wiley and Sons, N.York, 64-77.
11. Neckel, H. and Labs, D., 1981 , " Improved Data of Solar Spectral Irradiance from 0.33 μm to 1.25 μm ", Solar Physics 74, 231-239.
12. Koronakis, P.S., (to be published in 1986), "On The Choice of the Angle of Tilt for South Facing Solar Collectors in the Athens Basin Area", Solar Energy.
13. Liu, B.Y.H. and Jordan, R.C., 1960, "The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation", Solar Energy 4(3), 1-19.



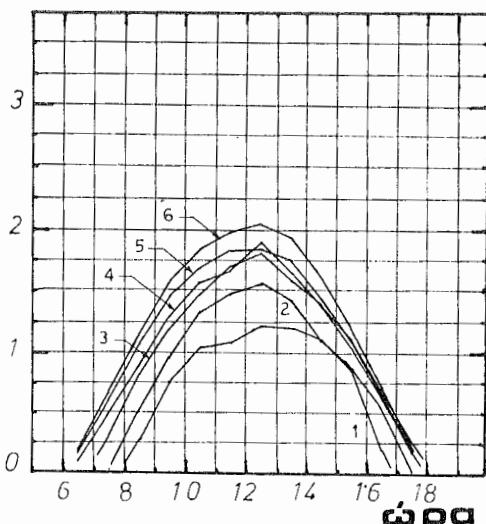
Σχ. Ι. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αλάσματος ολικής και αλάσματος διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας από μετρήσεις δύο ετών στον ακτινομετρικό σταθμό της Δ.Ε.Η. στη Ρόδο.

MET-7I

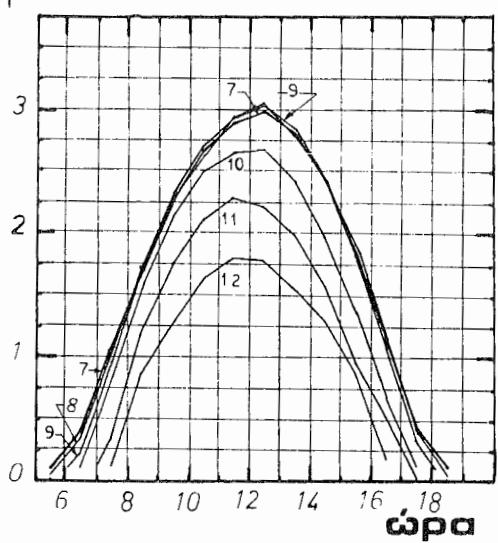
\bar{L}_B



ώρα



ώρα



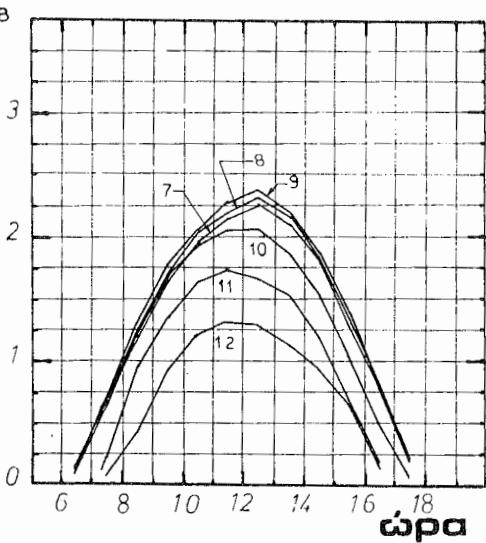
ώρα

\bar{L}_B

ή και

\bar{L}_B

σε $MJ/m^2\text{-ώρα}$



ώρα

Σχ. 2. Ημερήσια κατανομή μέσης ωριαίας άμεσης, \bar{L}_B , και μέσης ωριαίας ολικής, \bar{L}_T , ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορους τους μήνες του έτους και ηλίση συλλέκτη $S = 40^\circ$. Οι ανωτέρω παραστάσεις βασίζονται σε μετρήσεις δύο ετών για τη διάχυτη και έξη ετών για την ολική στον ακτινομετρικό σταθμό της Δ.Ε.Η. στη Ρόδο.

ΜΕΤ-72

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ , Η ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ , ΜΕ ΜΕΣΗΜΒΡΙΝΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ , ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑ ΜΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ,ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΕΚΦΡΑΖΕΤΑΙ ΣΕ MJ/M-ΤΕΤΡ.ΜΗΝΑ ΜΕ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ± 1 MJ/M-ΤΕΤΡ.ΜΗΝΑ , Η ΔΕ ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΕΩΣ ΣΕ ΜΟΙΡΕΣ ΜΕ ΑΚΡΙΒΕΙΑ $\pm 1^\circ$.

ΜΗΝΑΣ	ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ, Η ΦΥΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛΛΟ		ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	
	ΒΕΛΤ ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣ	ΩΔΙΚΗ ΑΚΤΙΝ	ΒΕΛΤ ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣ	ΑΜΕΣΗ ΑΚΤΙΝ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	49	344.2	61	252.6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	43	390.1	53	277.9
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	556.8	39	382.2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	17	614.9	23	398.1
ΜΑΙΟΣ	4	747.5	7	498.9
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	807.3	0	570.8
ΙΟΥΛΙΟΣ	2	839.7	4	607.7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	15	770.7	17	559.2
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	27	681.4	33	515.3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	41	588.2	47	457.1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	51	446.8	57	352.0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	53	350.0	63	269.0
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ		7137		5141

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΠΡΟΣΦΟΡΟΤΕΡΗ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΓΙΑ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΚΑΙ ΤΡΙΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ .

ΤΥΠΟΣ	ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΟΔΟ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ		ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΟ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ Θ.ΜΗΝΕΣ: Ι, Ι, Α		ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΟ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΜΗΝΕΣ: Ν, Δ, Ι, Φ, Μ	
	ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛ.	ΠΡΟΣΠ ΑΚΤ (MJ/M-ΤΕΤΡ ΑΝΑ ΕΤΟΣ)	ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛ.	ΠΡΟΣΠ ΑΚΤΙΝ (MJ/M-ΤΕΤΡ ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ)	ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛ.	ΠΡΟΣΠ ΑΚΤΙΝ (MJ/M-ΤΕΤΡ ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ)
ΕΠΙΠΕ- ΔΟΣ , 'Η ΦΥΤΟΒ/ ΚΟ ΠΑΝΕΛ	25°	6869	4°	2409	45°	2069
ΣΥΓΚ/ ΚΟΣ	29°	4804	6°	1726	53°	1515

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ
ΗΑΙΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Π. Αξαδπουλος
Ι. Δικαιάκος
Μ. Μουτσούλας

ΠΕΡΙΔΙΨΗ

Οι επιδόσεις των ηλιοθερμικών συστημάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό απ' το κλίμα της περιοχής που βρίσκονται. Για να μελετήσουμε την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος και της ταχύτητας του ανέμου στις επιδόσεις αυτών των συστημάτων, συνθέσαμε δύο διαφορετικά έτη για κάθε ηλιακό στοιχείο. Το ένα το καλούμε έτος μεγίστων και το άλλο, έτος ελαχίστων. Για την σύνθεση των αυτών χρησιμοποιήσαμε τα ηλιματολογικά δεδομένα μιας περιόδου 30 ετών (1951-1980) απ' το Αστεροσκοπείο Αθηνών. Στη συνέχεια μελετήσαμε σε προσομοίωση τις επιδράσεις των στοιχείων αυτών στην συμπεριφορά ενός ηλιοθερμικού συστήματος. Μια σειρά από γραφικές παραστάσεις δείχνουν αναλυτικά την συμπεριφορά του συστήματος στις μεταβολές των ηλιακικών στοιχείων που αναφέραμε.

ΔΕΣΣΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

'Ετος μεγίστων, έτος ελαχίστων, ηλιακή θέρμανση, ηλιακή ψύξη, ηλιματολογικά δεδομένα, απόδοση συλλεκτών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προκειμένου να κατανοηθούν οι διαφορετικές επιδόσεις των ηλιοθερμικών συστημάτων για διάφορες ηλιακικές περιοχές, χρειάζεται να είναι γνωστή η μεταβολή των ηλιακικών στοιχείων της αντίστοιχης περιοχής με το χρόνο, καθώς επίσης και η επίδραση των στοιχείων αυτών στις επιδόσεις αυτών των συστημάτων.

Η επίδραση των ηλιακικών στοιχείων στην περίπτωση ηλιακού συλλέκτη έχει ήδη εξετασθεί. Αξαδπουλος και Schieroni (1). Στην περίπτωση ενός συνδυασμένου συστήματος ηλιακής θέρμανσης και ψύξης τα ηλιακικά στοιχεία επηρεάζουν, όχι μόνον τους ηλιακούς συλλέκτες και γενικά το ηλιακό κύκλωμα, αλλά και το ποσό της ενέργειας που καταναλίσκεται στο ηλιακό σπίτι.

Τα κυριότερα ηλιακικά στοιχεία που επηρεάζουν την εισερχόμενη ή εξερχόμενη θερμοροή σε μια ηλιακή κατοικία είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η εξωτερική θερμοκρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Για κάθε ένα απ' τα στοιχεία αυτά συνθέσαμε δύο διαφορετικά έτη και τα χρησιμοποιήσαμε σ' ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για την συνδυασμένη ηλιακή θέρμανση και ψύξη μιας κατοικίας στην Ελλάδα. Αξαδπουλος (2).

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΤΟΥΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ

Προκειμένου να βρεθεί το δυνατό εύρος μεταβολής καθ' ενός χωριστά απ' τα παραπάνω αλιματικά στοιχεία για όλο το έτος, συνθέσαμε δύο διαφορετικά έτη για κάθε αλιματικό στοιχείο. Το έτος με τις μέγιστες τιμές καλούμε έτος μεγίστων ενώ το έτος με τις ελάχιστες τιμές καλούμε έτος ελαχίστων. Για την κατασκευή του έτους της μεγίστης και ελαχίστης ακτινοβολίας, χρησιμοποιήσαμε τις πειραματικές τιμές μιας περιόδου 21 ετών (1960-1980), ενώ για τα έτη της μεγίστης και ελαχίστης εξωτερικής θερμοκρασίας και έντασης ανέμου, χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα μιας περιόδου 30 ετών (1951-1980). Για την σύνθεση του έτους μεγίστων ελάβαμε τους μήνες εκείνους στους οποίους εμφανίζονται οι μεγαλύτερες μέσες τιμές. Αντίστοιχα το έτος ελαχίστων περιλαμβάνει τους μήνες στους οποίους παρατηρήθηκαν οι υψηρότερες μέσες τιμές.

Στα σχήματα 1, 2 και 3 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις για κάθε στοιχείο χωριστά. Είναι εμφανείς απ' τα διαγράμματα αυτά οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των ακραίων μέσων τιμών. Επίσης απ' τα διαγράμματα αυτά μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε τις ακραίες μέσες μηνιαίες τιμές που έχουν παρουσιασθεί για κάθε στοιχείο χωριστά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ

Για να μελετήσουμε την επίδραση της ακτινοβολίας στις επιδόσεις του συστήματος, εκτελέσαμε την προσομοίωση χρησιμοποιώντας το έτος μεγίστων και ελαχίστων ακτινοβολιών, ενώ οι τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας και του ανέμου διατηρήθηκαν εκείνες του αντιπροσωπευτικού έτους που έχουμε χρησιμοποιήσει στην προσομοίωση. Αξαπόσυλος (2).

Παρόμοια έγιναν και για τα δίλλα δύο αλιματικά στοιχεία, την θερμοκρασία και τον άνεμο, για τα οποία εκτελέσθηκε το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα έτη των μεγίστων και ελαχίστων ενώ οι τιμές των υπόλοιπων δύο στοιχείων παρέμειναν όπως εκείνες του αντιπροσωπευτικού έτους της προσομοίωσης.

Παρακάτω αναλύουμε την επίδραση που έχει καθ' ένα στοιχείο χωριστά στο ηλιοθερμικό σύστημα που έχουμε αναπτύξει.

Ακτινοβολία

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του ποσοστού ηλιακής κάλυψης (solar fraction), για κάθε μήνα και για τα δύο ακραία έτη, το έτος των μεγίστων και το έτος των ελαχίστων ακτινοβολιών.

Απ' το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι το ποσοστό ηλιακής κάλυψης γενικά αυξάνει όταν αυξάνει η ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται σε κάθε ματική δύο μέγιστα και ένα ελάχιστο, των οποίων οι τιμές είναι διαφορετικές για κάθε μια απ' αυτές τις καμπύλες.

Η μορφή αυτών των καμπυλών είναι εύκολο να εξηγηθεί αν σκεφθούμε ότι τις ενδιάμεσες εποχές, άνοιξη-φθινόπωρο, το θερμικό φορτίο της κατοικίας είναι ελάχιστο, ενώ τη θερινή περίοδο και ιδίως από Ιούνιο μέχρι Αύγουστο το ψυκτικό φορτίο είναι αρκετά μεγάλο.

Ακόμα μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι χρησιμοποιώντας το έτος των μεγίστων ακτινοβολιών υπάρχουν πέντε μήνες κατά τους οποίους το ποσοστό ηλιακής κάλυψης φθάνει τη μεγαλύτερή του τιμή δηλ. 100%, ενώ με το έτος των ελαχίστων ακτινο-

βολιών για κανένα μήνα δεν έχουμε πλήρη ηλιακή κάλυψη.

Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της απόδοσης των συλλεκτών για το έτος των μεγίστων και ελαχίστων ακτινοβολιών.

Απ' το σχήμα αυτό παρατηρούμε γενικά ότι αύξηση της ακτινοβολίας έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της απόδοσης των συλλεκτών για δύο το έτος εκτός απ' τη περίοδο Ψύξης (Μάϊος - Δεπτέμβριος) που συμβαίνει το αντίθετο.

Αν συγκρίνουμε την μορφή των καμπυλών αυτών με εκείνη του προηγουμένου σχήματος θα δούμε ότι οι καμπύλες αυτές είναι ακριβώς αντίστροφες. Συγκεκριμένα αυτές παρουσιάζουν δύο ελάχιστα και ένα μέγιστο ενώ στο σχήμα 4 έχουμε δύο μεγίστα και ένα ελάχιστο.

Πράγματι τα δύο αυτά μεγέθη σχετίζονται μεταξύ τους δεδομένου ότι, όταν ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται π.χ. από τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο, η απόδοση των συλλεκτών για το ίδιο διάστημα μειώνεται επειδή το θερμικό φορτίο ελαττώνεται και κατά συνέπεια η ζήτηση απ' τη θερμή δεξαμενή είναι μειωμένη.

Εξωτερική Θερμοκρασία

Απ' το σχήμα 6 παρατηρούμε ότι αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αφ' ενός μεν μια αύξηση του ποσοστού ηλιακής κάλυψης για τους μήνες Ιαν., Φεβρ., Μάρτ., Απρίλ., Νοέμβρ. και Δεκέμβρ., αφ' ετέρου δε μια ελάττωση τους υπόλοιπους μήνες.

Αυτό είναι είται απ' το γεγονός ότι αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά τους πρώτους και τελευταίους μήνες του χρόνου έχει σαν συνέπεια μείωση του θερμικού φορτίου της κατοικίας άρα μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής κάλυψης. Το αντίθετο συμβαίνει κατά την περίοδο Ψύξης, όπου αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση του ψυκτικού φορτίου άρα ελάττωση του ποσοστού ηλιακής κάλυψης.

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή της απόδοσης των συλλεκτών για τα δύο ακραία έτη.

Άνεμος

Απ' το σχήμα 8 παρατηρούμε ότι αύξηση της έντασης του ανέμου έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση του ποσοστού ηλιακής κάλυψης, για δύο τους μήνες του έτους. Η ελάττωση αυτή προκύπτει αφ' ενός μεν λόγω αύξησης των θερμικών απωλειών απ' τους συλλέκτες, αφ' ετέρου δε λόγω θερμικών απωλειών απ' την κατοικία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

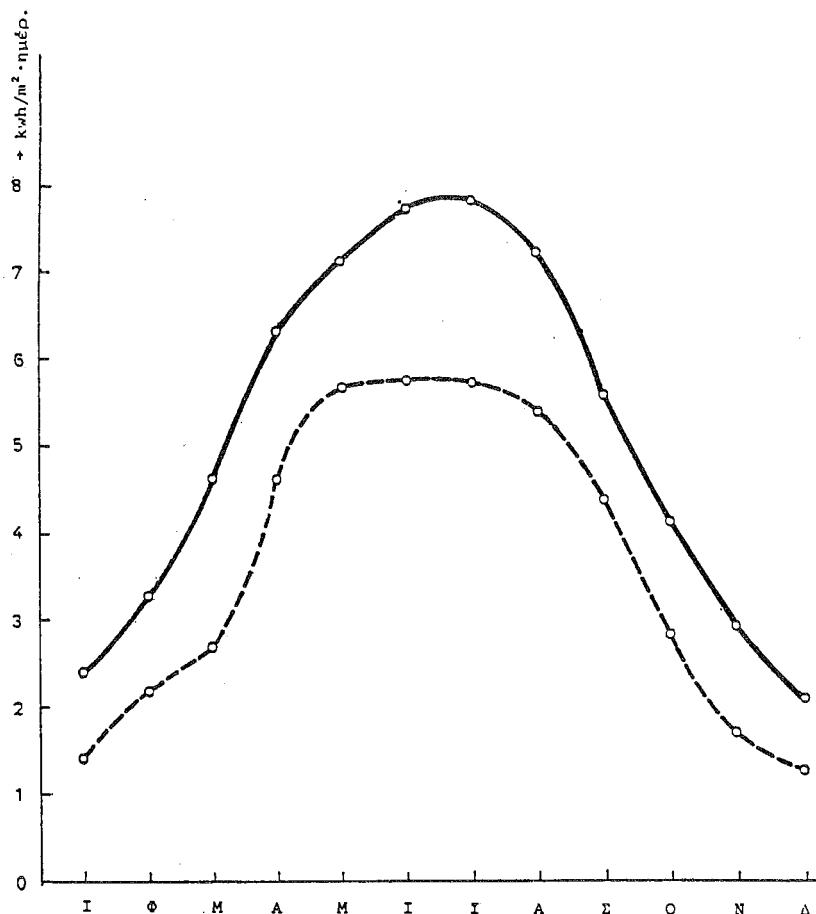
Με τη χρησιμοποίηση έτους μεγίστων και ελαχίστων στις προσομοιώσεις ηλιοθερμικών συστημάτων μπορεί να έχει χρήσιμες πληροφορίες για τις αυξομειώσεις αρκετών παραμέτρων του συστήματος, καθώς επίσης και για το ποσοστό επίδρασης διαφόρων ιλιματικών στοιχείων στις επιδόσεις του συστήματος.

Οι επιδόσεις του συστήματος που εξετάσαμε επηρεάζονται πολύ περισσότερο από τις αυξομειώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας παρά απ' τις αυξομειώσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου.

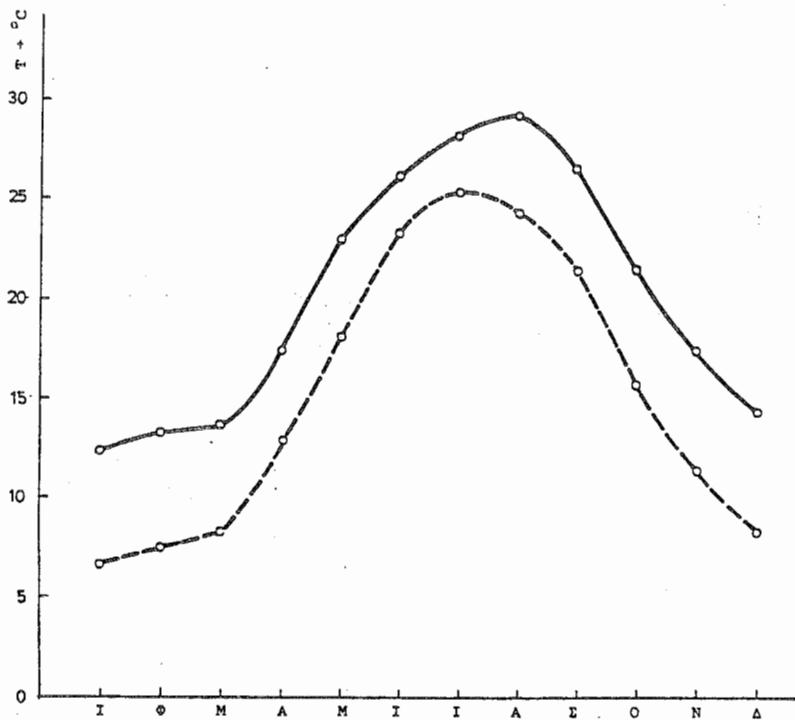
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αξαόπουλος Π., Schieroni A. (1982). Μοντελοποίηση επίπεδου ηλιακού συλλέκτη και παραμετρικές επιδράσεις στην

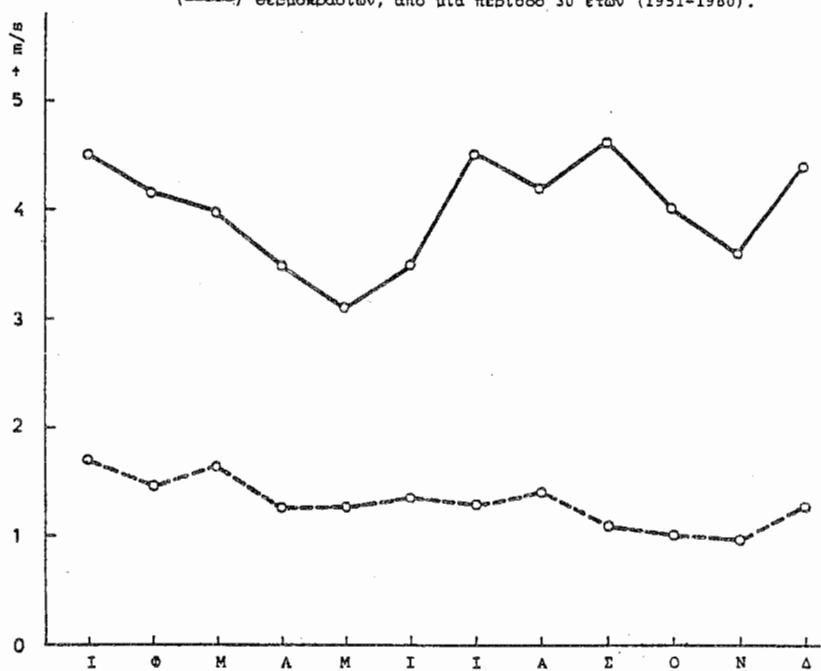
- θερμική του απόδοση. Πρακτικά Α' Εθνικού Συνεδρίου "Η-
πιες μορφές Ενέργειας" Ι.Η.Τ. Παν/μιο Θεσ/νίκης.
 2. Αξαόπουλος Π. (1985). Επιδόσεις ενός ενεργητικού ηλια -
κού συστήματος θέρμανσης και ψύξης στην Ελλάδα. Δεύτερο
Εθνικό Συνέδριο "Ηπιες μορφές Ενέργειας" Ι.Η.Τ. Παν/μιο
Θεσ/νίκης.



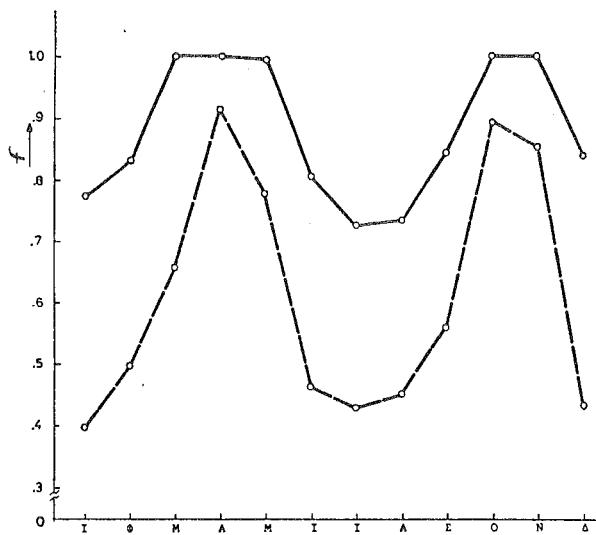
Σχ.1 : Γραφική παρουσίαση έτους μεγίστων (—) και ελαχίστων
 (----) ακτινοβολιών, από μια περίοδο 21 ετών (1960-1980).



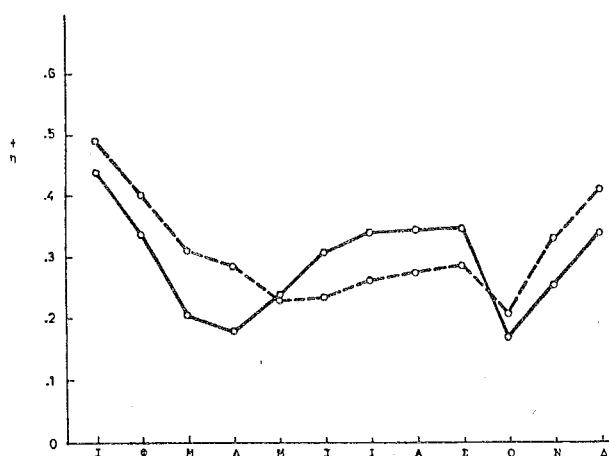
Σχ.2 : Γραφική παραπομπή έτους μεγίστων (—) και ελαχίστων
(- - -) θερμοκρασιών, από μια περίοδο 30 ετών (1951-1980).



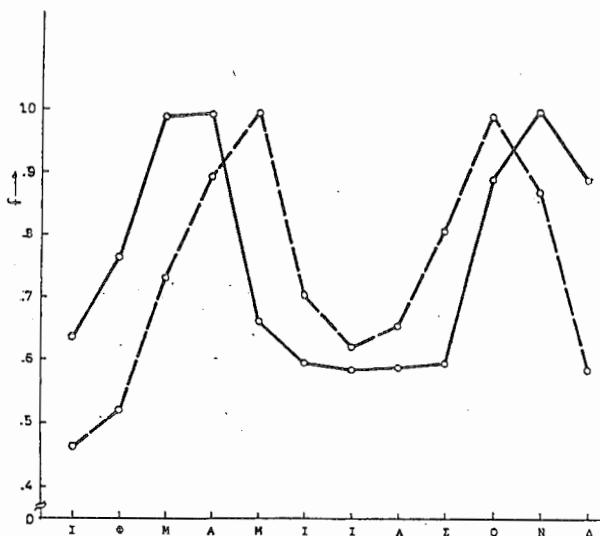
Σχ.3 : Γραφική παρουσίαση έτους μεγίστων (—) και ελαχίστων
(- - -) ανέμων, για μια περίοδο 30 ετών (1951-1980).



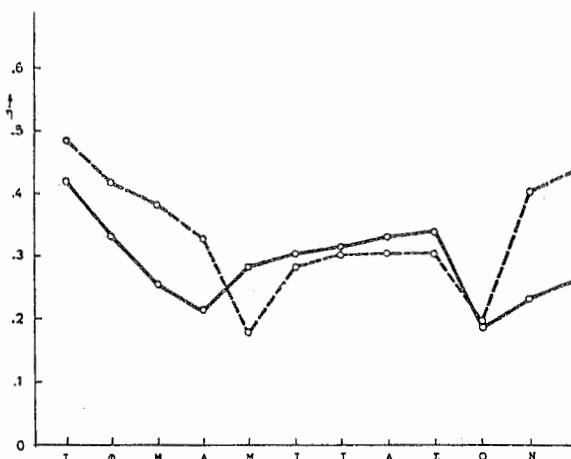
Σχ.4 : Μεταβολή μέσου μηνιαίου ποσοστού ηλιακής κάλυψης για το έτος των μεγίστων (—) και ελαχίστων (----) ακτινοβολιών.



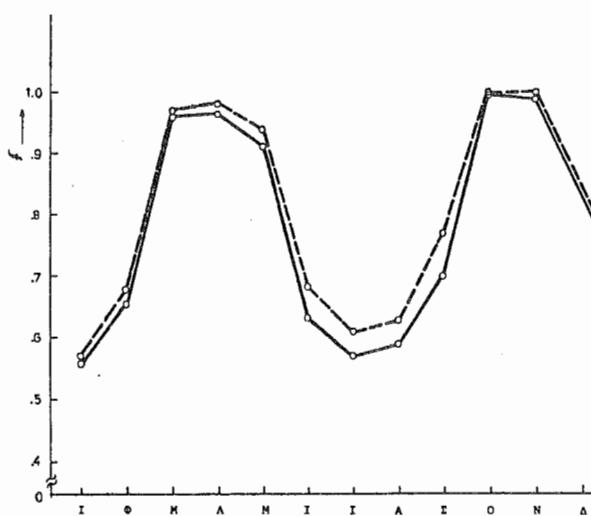
Σχ.5 : Μεταβολή μέσου μηνιαίου απόδοσης συλλεκτών για το έτος των μεγίστων (—) και ελαχίστων (----) ακτινοβολιών.



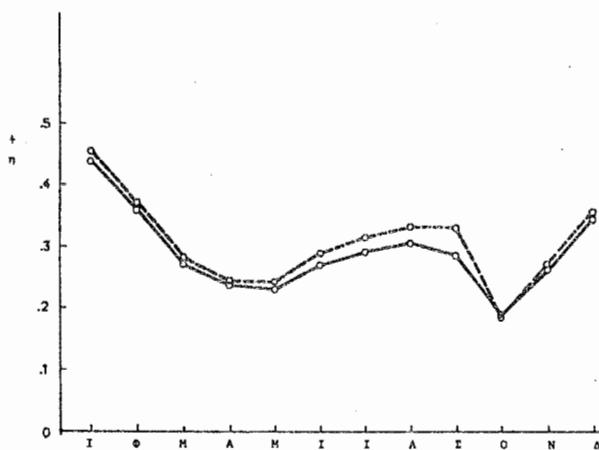
Σχ.6 : Ηεταβολή μέσου υπνιαίου ποσοστού πλιακής κάλυψης για το έτος των μεγίστων (—) και ελαχίστων (----) θερμοκρασιών.



Σχ.7 : Ηεταβολή μέσου υπνιαίας ανδρόπος συλλεκτών για το έτος των μεγίστων (—) και ελαχίστων (----) θερμοκρασιών.



Εχ.8 : Μεταβολή μέσου υπνιαίου ποσοστού ηλιακής κάλυψης για το έτος των μεγάλων (—) και ελαχίστων (----) ανέμων.



Εχ.9 : Μεταβολή μέσης υπνιαίας ανδρόσημης συλλεκτών για το έτος των μεγάλων (—) και ελαχίστων (----) ανέμων.

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΝΤΑΡΣΙΑΝΗ ΡΟΗ ΜΕΣΑ ΣΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟ. ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΙΧΩΝ TROMBE-MICHEL ΚΑΙ ΠΟΡΩΔΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Β.Γ. Στεργιλόπουλος*	Γ. Τσοτρύδης
Docteur d'Etat ès Sciences	Ph.D. London
Docteur-Ingénieur	Dipl. I.V.K.
D.E.A. Mécanique des Fluides	B.S. London
Πολυτ.Μηχανικός Α.Π.Θ.	

Τ.Ε.Ι. Θεσ/νέας , Τμήμα Μηχανολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Παρουσιάζεται μια αναλυτική μέθοδος μελέτης του προβλήματος της νταρσιανής ροής και της μεταφοράς θερμότητας μέσα από ένα τρισδιάστατο πορώδες υλικό. Το συμπλεστό και μεταβλητού λεώδους ρευστό του εσωτερικού χώρου, σταθερής θερμοκρασίας και πίεσης, περνά μέσα από το πορώδες στερεό και βγαίνει στον εξωτερικό χώρο, καθορισμένης αλλά μεγαλύτερης θερμοκρασίας και σταθερής αλλά μικρότερης πίεσης. Η κατάλληλη αδιαστατοποίηση των εξισώσεων και σταθερής αλλά μικρότερης πίεσης. Η κατανομή αδιαστατοποίησης των εξισώσεων και στον προσδιορισμό τόσο της κατανομής θερμοκρασίας στο στερεό, δύσο και της πυκνότητας ροής και θερμορροής στη διατομή εξόδου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Μεταφορά θερμότητας - νταρσιανή ροή - πορώδη υλικά - ηλιακού συλλέκτες θέρμανσης αέρα - τούχος Trombe-Michel

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η βελτιστοποίηση των ηλιακών πορωδών συλλεκτών θέρμανσης αέρα, των συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας και των τούχων Trombe-Michel, απαιτεί μοντελοποίηση της ροής και της μεταφοράς θερμότητας μέσα σε τρισδιάστατα πορώδη σώματα. Υιοθετείται η υπόθεση Clarke (1) και επιλύονται ταυτόχρονα οι αδιαστατοποιημένες εξισώσεις διατήρησης της μάζας και της ενέργειας, ο νόμος του Darcy και η καταστατική εξέσωση του ρευστού. Η κατανομή πιέσεων παρουσιάζεται σαν ολοκληρωματική έκφραση της θερμοκρασίας και του συντελεστού λειδόους. Η κατανομή θερμοκρασιών βασίζεται στην ύπαρξη μιας συνδρήτησης δυναμικού, ανάλογης των αδιαστατοποιημένων πυκνοτήτων ροής και θερμορροής. Οι πυκνότητες αυτές προκύπτουν από την επίλυση μιας εξέσωσης Laplace με σταθερές οριακές συνθήκες. Το δύλο πρόβλημα χωρίζεται σε δύο ανεξάρτητα υποπροβλήματα.

* Περιφερειακής 3, Μελέα, 59031 Ημαθίας.

1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το ρευστό με σταθερές αρχικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, p_0 , t_0 , εισέρχεται σε πορώδες μέσο γνωστής γεωμετρίας, από τη διατομή S_1 , χαρακτηριστικών p_1, t_1 , και εξέρχεται από τη διατομή S_2 με χαρακτηριστικά p_2, t_2 . Υποτίθεται ότι $p_1=p_0, p_2$ και $t_2>t_1, t_2>t_0$. Το υπόλοιπο τμήμα S_3 της επιφάνειας του στερεού θεωρείται αδιατέραστο στη ροή και τη θερμότητα ή είναι απειροστά μικρό. Η υπόθεση Clarke (1) της ισότητας των θερμοκρασιών ρευστού και στερεού οδηγεί σε μια μόνο εξίσωση ενέργειας προσομοιώνοντας τη διάδοση της θερμότητας μόνο με αγωγή στο στερεό και μόνο συναγωγή στο ρευστό. Οι αδρανειακές επιρροές στην είσοδο αμελούνται. Η ταχύτητα του νόμου του Darcy ορίζεται σύμφωνα με τον Combarous (2), (3), σαν το πηλύκο της ογκομετρικής ροής προς τη συνολική επιφάνεια $S_1+S_2+S_3$. Με βάση τις προηγούμενες υποθέσεις οι εξισώσεις, διατήρησης της μάζας, της ενέργειας, του Darcy μαζί με την καταστατική εξίσωση του τέλειου αερίου γράφονται:

$$\text{div} (\rho \bar{V}) = 0 \quad , \quad \text{div} \bar{q} = 0 \quad , \quad \bar{q} = -K_m \cdot \bar{\text{grad}} t + \rho \cdot \bar{V} \cdot c_p \cdot t \quad (1)$$

$$\bar{V} = -k \cdot \bar{\text{grad}} p / \mu(t) \quad , \quad p = \rho \cdot R \cdot t \quad (2)$$

διόν \bar{V} και \bar{q} είναι τα διανύσματα ταχύτητας και πυκνότητας θερμορροής, div και $\bar{\text{grad}}$ η διανυσματική απόκλιση και κλίση, k και K_m διαπερατότητα και η ενεργή θερμική αγωγιμότητα του πορώδους υλικού, ρ και $\mu(t)$ η πυκνότητα και ο συντελεστής δυναμικού λειώδους, c_p η ειδική θερμότητα σταθερής πίεσης και R η παγκόσμια σταθερά των αερών.

Αν \bar{n}_1 και \bar{n}_3 είναι τα μοναδιαία κάθετα διανύσματα των διατομών, ελασσόνων και S_3 , τότε οι οριακές συνθήκες της διατομής S_1 και το αδιαπέραστο της διατομής S_3 περιγράφονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$K_m \cdot \bar{n}_1 \cdot \bar{\text{grad}} t = \rho \cdot c_p \cdot (t - t_0) \cdot \bar{n}_1 \cdot \bar{V} \quad , \quad p = p_1 = p_0 \quad , \quad \bar{n}_3 \cdot \bar{V} = \bar{n}_3 \cdot \bar{q} = 0 \quad (3)$$

Η αδιαστατοποίηση των μηκών, του λειώδους και της θερμοκρασίας με αντίστοιχα γνωστά χαρακτηριστικά μεγέθη 1, μ_0 και t_0 και η χρησιμοποίηση των παρακάτω μεγεθών

$$P = (p/p_0)^2, \bar{Q} = q \cdot 1 / (K_m \cdot t_0), \lambda = (\rho_0 \cdot c_p \cdot k \cdot p_0) / (2 \cdot \mu_0 \cdot K_m) \quad \text{και} \quad T \cdot M, \quad (4)$$

δίνει, μετά από κατάλληλους συνδυασμούς, την ακόλουθη μορφή στις εξισώσεις 1 και 2.

$$\bar{\text{Grad}}^2 P = (\bar{\text{Grad}} (T \cdot M) \cdot \bar{\text{Grad}} P) / (T \cdot M), \text{Div} \bar{Q} = 0 \quad (5)$$

$\bar{Q} = -\bar{\text{Grad}} T - (\lambda / M) \cdot \bar{\text{Grad}} P$
 $\bar{\text{Grad}}$ και Div είναι η νέα διανυσματική βαθμίδα και η απόκλιση, Ανάλογα τροποποιούνται και οι οριακές συνθήκες.

Επειδή έχει υποτεθεί ότι η αδιαστατη πίεση P είναι συνάρτηση μόνο της αδιαστατης θερμοκρασίας T , προκύπτει εύκολα με βάση την οριακή συνθήκη $\Phi=0$ της διατομής S_1 , ότι η πυκνότητα ροής ενέργειας ή θερμότητας, Q , είναι ίση με την αρνητική διανυσματική βαθμίδα μιας αρμονικής συνάρτησης Φ , η οποία υπακονοποιεί μια εξίσωση Laplace τύπου: $\bar{\text{Grad}}^2 \Phi = 0$,

$$\Phi = T - T_1 + \lambda \cdot \int_{T_1}^T \frac{1}{M(T)} \cdot \frac{dT}{dP} \cdot dT, \quad \frac{d^2 T}{dP^2} + \frac{1}{T} \cdot \frac{dT}{d\Phi} \cdot (1 - \frac{dT}{d\Phi}) = 0 \quad (6)$$

$$P-1 = \frac{1}{\lambda} \int_{T_1}^T \frac{M \cdot T}{1-M} \cdot dT, \quad T = 1 + (T_1-1)e^{-\Phi}, \quad \Phi = -\ln((T-1)/(T_1-1)), \quad \bar{Q} = -\bar{\text{Grad}} \Phi \quad (7)$$

Η προηγούμενη εξίσωση Laplace γράφεται σαν $\bar{\text{Grad}}^2 \Phi = 0$, με $\Phi = \Phi / \Phi_2$, οι οριακές συνθήκες πάνω στις επιφάνειες S_1, S_2, S_3 , γίνονται αντίστοιχα: $\Phi = 0$, $\Phi = 1$, $\bar{n}_3 \cdot \bar{\text{Grad}} \Phi = 0$. Με τη βοήθεια της νέας αυτής μεταβλητής οι τοπικές πυκνότητες ροής και θερμορροής αγωγής της πορώδους επιφάνειας S_2 , $\bar{V} \cdot \bar{n}_2 = -k / \mu(t) \cdot \rho \cdot \bar{\text{grad}} p \cdot \bar{n}_2$, $|\bar{q}|_2 = K_m \cdot \bar{n}_2 \cdot \bar{\text{grad}} t$, (8)

γίνοντας ίσες μεταξύ τους στην ακόλουθη αδιάδικτη μορφή τους

$$\frac{c_p \cdot 1}{K_m} \cdot \rho \cdot \bar{V} \cdot \bar{\eta}_2 = \frac{|\Phi_2| \cdot 1}{K_m \cdot (t_2 - t_0)} = |\Phi_2| \cdot |\overline{\text{Grad}} \phi| \quad (9)$$

$$\text{Οι θερμοκρασίες γράφονται: } T = 1 + (T_{2-1}) \cdot e^{\Phi_2 \cdot (1-\varphi)} \quad (10)$$

Η ανηγμένη συνάρτηση δυναμικού φ προσδιορίζεται επιλύοντας την εξίσωση Laplace στο χώρο του πορώδου στερεού. Αντίθετα ο υπολογισμός των τιμών Φ_2 της αρχικής συνάρτησης δυναμικού φ περνά από τις σχέσεις 7. Από αυτές η πρώτη παρέχει, μετά τον υπολογισμό του ολοκληρώματος, την ανηγμένη θερμοκρασία εισόδου T_1 , εάν φυσικά είναι γνωστή η συνάρτηση $M(T)$ του ιξώδους και καθορισμένα τα μεγέθη P_1, P_2, T_2 .

2. ΓΡΑΜΜΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΛΙΜΑΚΩΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

Η αναλυτική τεχνική της προπογύμενης παραγράφου οδηγεί απευθείας στη γραμμικοποίηση του προβλήματος και στην ανεξαρτοποίηση των μεγεθών $\overline{\text{Grad}} \phi$ και Φ_2 τα οποία χαρακτηρίζουν αντίστοιχα το γεωμετρικό σκέλος του προβλήματος και το υποπρόβλημα των ιδιοτήτων του ρευστού.

2.1. Γεωμετρικό υποπρόβλημα.

Για το διαδικαστικό κλιμακωτό τούχο του σχήματος 1, Α είναι ο λόγος των οριζόντιων διαστάσεων των δυο σκελών του. Η ανάλυση επιβάλλει τη χρησιμοποίηση μιας βοηθητικής μεταβλητής β , συνάρτησης του λόγου A και της θέσης Y_2 πάνω στην κατάντη επιφάνεια, και ριζας της εξίσωσης:

$$(\Gamma + 1) \cdot \beta^2 + \beta \cdot (A-1) \cdot (\Gamma-1) - A \cdot (\Gamma+1) = 0, \text{ με } 1 \leq \beta \leq A \text{ και } \log \Gamma = -\pi \cdot Y_2 / A \quad (11)$$

Η μειούστερη διάσταση του τούχου χρησιμοποιείται για την αδιαστατοποίηση της γεωμετρίας του. Το μέτρο της διανυσματικής βαθμίδας $|\overline{\text{Grad}} \phi|$ στην κατάντη πλευρά, δύο $X=1$, προσδιορίζεται εύκολα από την επίλυση της αντίστοιχης εξίσωσης Laplace, με οριακές συνθήκες στις θέσεις $X=0$, $X=1$, ίσες με $\phi=0$ και $\phi=1$. Άλλα η μορφή της γεωμετρίας του τούχου δύνεται απευθείας: $|\overline{\text{Grad}} \phi|_{X=1} = \beta / A$ (12)

Από το σχήμα 2, στο οποίο παρουσιάζονται οι τιμές $|\overline{\text{Grad}} \phi|_{X=1}$ για διάφορες τιμές του A , συμπεραίνεται ότι, οι πυκνότητες ροής και θερμοροής, απευθείας ανάλογες του β , ελαττώνονται δταν αυξάνεται ο λόγος A .

2.2. Υποπρόβλημα των ιδιοτήτων του ρευστού

Εξετάζονται τρείς περιπτώσεις για τή συνάρτηση $M(T)$ του ιξώδους

α) Ο υπολογισμός της T_1 γίνεται με αριθμητική ολοκλήρωση της πρώτης εξίσωσης 7, δταν η συνάρτηση $M(T)$ δεν είναι απλή.

β) Αντίθετα άν η ολοκλήρωση γίνεται χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη από τους Eckert-Drake-Robert (4) γραμμική προσέγγιση του νόμου του Sutherland (5), μορφής $M(T)=a+b \cdot T$ με a και b γνωστά ($a+b=1$ για τον αέρα), τότε προκύπτει:

$$(P_2-1) \cdot \lambda = (T_2-1) \cdot (1-\Delta) - \Phi_2 + 0,5 \cdot b \cdot (T_2-1) \cdot [(T_2+1)-2 \cdot \Delta-(t_2-1) \cdot \Delta^2], \quad (13)$$

$$\text{με } \Delta = e^{\Phi_2}.$$

γ) Οταν $M(T)$ είναι μια σταθερά τότε :

$$(P_2-1) \cdot \lambda = M \cdot [(T_2-1) \cdot (1-e^{\Phi_2}) - \Phi_2] \quad (14)$$

Οι τιμές των T_1 , Φ_2 υπολογίζονται εύκολα και στις τρείς παραπάνω περιπτώσεις από τις εξίσωσεις 7. Αν χρησιμοποιηθεί σαν σταθερή θερμοκρασία αναφοράς κάποια από τις θερμοκρασίες, t_0 , t_2 , $(t_0+t_2)/2$, τότε προκύπτουν οι τιμές Φ_{20} , Φ_{22} , $\Phi_{2\mu}$, και οι λόγοι Φ_2/Φ_{20} , Φ_2/Φ_{22}

κατείναι $\Phi_2/\Phi_{2\mu}$.

3. ΕΦΑΡΜΟΣΗ ΣΕ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΑΠΛΟ ΠΟΡΩΔΗ ΤΟΙΧΟ

Για έναν απλό πορώδη κατακόρυφο τούχο με οριακές συνθήκες $\phi=0$ και $\phi=1$ στις διέσεις $X=0$ και $X=1$ η εξίσωση Laplace της προηγούμενης παραγράφου δέχεται την αναλυτική λύση $\phi = X$. Η εξίσωση 10 παρέχει τις διερμοκρασιακές κατανομές,

$$\frac{t - t_0}{t_2 - t_0} = e^{[(1-X) \cdot \Phi_2]} \quad (15)$$

μέσα στον τούχο, οι οποίες παρουσιάζονται στο σχήμα 3 για διάφορες τιμές του λ . (1-P2). Οι τιμές των t_2 , Φ_2 , έχουν προκύψει από τις τιμές T_2 του υποπροβλήματος των ιδιοτήτων του ρευστού.

Για μικρές τιμές του λ ή των ταχυτήτων της ανάντη ροής, η διάδοση της θερμότητας μὲν αγωγή προθερμαίνει σημαντικά το ρευστό πριν από την είσοδό του στο πορώδες υλικό. Τότε Φ_2 τείνει στην τιμή Φ_{22} με σταθερό Ιξώδες βασισμένο στη θερμοκρασία t_2 . Αντίθετα, για μεγάλες τιμές του λ ή των ταχυτήτων, παρουσιάζεται αύξηση της θερμοκρασίας του στερεού κοντά στην εξωτερική πλευρά του. Τότε Φ_2 τείνει στην τιμή Φ_{20} . Για μέσες τιμές του λ ή των ταχυτήτων, υπάρχει μετάβαση από μια κατάσταση με καθοριστική τη θερμοκρασία της εξωτερικής πλευράς σε μια κατάσταση με καθοριστική τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρουσιάστηκε στην εργασία αυτή μια γενική αναλυτική μέθοδος επέλυσης του προβλήματος της νταρσιανής ροής και της μεταφοράς θερμότητας κατά την κύριη συμπλεστού ρευστού μέσα οποιουδήποτε σχήματος πορώδες υλικό. Το ολικό πρόβλημα, με βάση τις επιβαλλόμενες οριακές συνθήκες και τις χρησιμοποιούμενες υποθέσεις, πήρε τη μορφή επέλυσης μιας εξίσωσης Laplace και προσδιορισμού μιας συνάρτησης δυναμικού. Στη συνέχεια γραμμικοποιήθηκε και χωρίστηκε σε επύ μέρους προβλήματα.

Γενικά ισχύει για διά τα ρευστά στις διαφορετικές τιμές της ροής μέσα από το πορώδες υλικό, τότε το Ιξώδες τείνει σε μια οριακή τιμή, η οποία αντιστοιχεί στο Ιξώδες του ρευστού του εσωτερικού χώρου. Για τον αέρα το Ιξώδες έχει την ελάχιστη τιμή του στο χώρο αυτό δύπον η θερμοκρασία είναι ελάχιστη.

Συγκριτικά με την περίπτωση σταθερού Ιξώδους, μια αύξηση της πτώσης πάνεσης ενισχύει ακόμη περισσότερο τη φυσιολογική αύξηση της πυκνότητας ροής, δημιουργώντας μεταβολής της παροχής ρευστού, εξαιτίας της μικρότερης τιμής του Ιξώδους του μέσα στο στερεό σώμα: Εντελώς αντίθετα αναμένεται να συμπεριφέρονται τα υγρά, ιδίως τα παχύρευστα.

Τα συμπεράσματα της θεωρητικής αυτής μελέτης μπορούν να χρησιμοποιούνται για βελτιστοποίηση συλλεκτών θέρμανσης αέρα, παθητικών συστημάτων με φανόρμενο Trottbe - Michel, συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας και άλλων συστημάτων θερμικών διεργασιών.

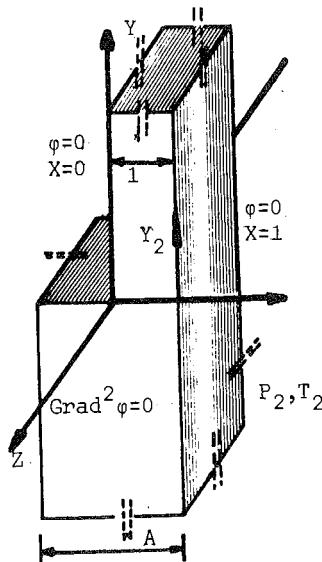
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

A	= λόγος διαστάσεων κλιμακωτού τούχου
a, b	= σταθερές της συνάρτησης μεταβολής του Ιξώδους
c_p	= ειδική θερμότητα σταθερής πάνεσης
div, Div	= διανυσματική απόκλιση, χωρίς και με αδιαστατοποιημένα μήκη
\bar{grad}, \bar{Grad}	= διανυσματική βαθμέδα, χωρίς και με αδιαστατοποιημένα μήκη
k, K_m	= πορώδες και ενεργή θερμική αγωγιμότητα του στερεού
l	= διάσταση αναφοράς για την αδιαστατοποίηση των μηκών
M	= αδιαστατοποιημένος συντελεστής κλιμακωτού Ιξώδους
P, p	= ανηγμένη και μή, πάνεση

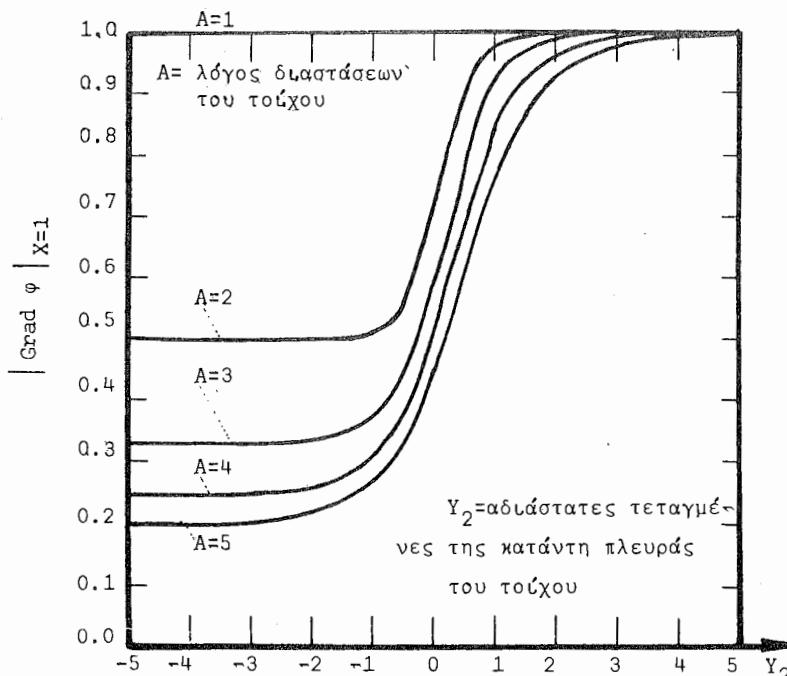
\bar{Q}, \bar{q}	= ανηγμένο και μη , διάνυσμα πυκνότητας θερμορροής(ενέργειας)
R	= παγκόσμια σταθερά των αεράων
S_1, S_2, S_3	= διατομές εισόδου, εξόδου και υπόλοιπης επιφάνειας
T, t	= ανηγμένη και μή, θερμοκρασία
\bar{v}	= ταχύτητα του ρευστού σύμφωνα με το νόμο του Darcy
X, Y	= ανηγμένη τετμημένη και τεταγμένη
\bar{n}	= μοναδιαίο διάνυσμα κάθετο σε μια από τις επιφάνειες S_1, S_2, S_3
λ	= $\rho_0 c_p k_p / (2 \mu_0 K_m)$
ρ	= πυκνότητα του ρευστού
Φ, φ	= ανηγμένη και μή, συνάρτηση δυναμικού
<u>Δείκτες</u>	
0, 1, 2	= μεγέθη εσωτερικού χώρου, διάτομής εισόδου και εξόδου

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

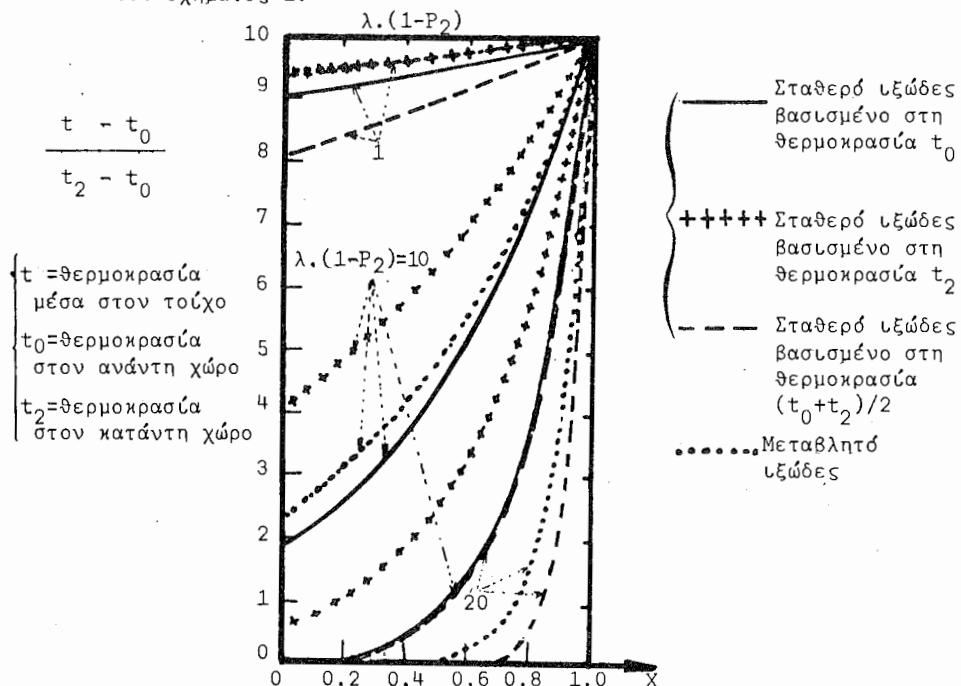
- Clarke V., Lansing F.L.(1979)."A high performance porous flat plate solar collector",J.Energy,Vol.4,pp.685-694.
- Combarnous M.,Le Fur S.(1969)."Transfert de chaleur par convection naturelle dans une couche poreuse horizontale".C.R.Acad.Sc.B, Vol.269,pp.1009-1012.
- Combarnous M.,Bories S.(1975)."Hydrothermal convection in saturated porous media",Advances in Hydrosciences,30p.
- Eckert E.R.G.,Drake Jr.,Robert M.(1959)."Heat and mass transfer", McGraw-Hill Book Co.,Inc.,300p.
- Krasnov N.F.(1978)."Aerodinamika",Vysshaya Shkola Publishers,Moscow ,750p.



Σχ.1. Κλιμακωτός πορώδης τούχος με αδιαστατοποιημένα χαρακτηριστικά.



Σχ.2. Μεταβολή της διανυσματικής βαθμόδας της ανηγμένης συνάρτησης κατά μήκος της κατάντη πλευράς ($X=1$) του κλιμακωτού τούχου του σχήματος 1.



Σχ.3. Κατονομή θερμοκρασίας t , μέσα σε πορώδη απλό κατακρύψιμο τούχο με $A=1$, σε συνάρτηση με την ανηγμένη απόσταση X από την ανάντη πλευρά.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ 5000 ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Α.Ι.Πελεκάνος, Διπλ. Μηχ.-Ηλ. Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Ε.Π.Τσίγκας, Διπλ. Μηχ.-Ηλ. Μηχανικός Ε.Μ.Π. Μέλος της Ομάδας
Εργασίας Παθητικών Ηλιακών Κτιρίων της Ε.Ο.Κ.

1. Περίληψη

Με τη Μέθοδο 5000 που πήρε το όνομα αυτό από το Διαγωνισμό που έκανε η Γαλλική Κυβέρνηση το Γενάρη του 1980 για την κατασκευή 5000 Ηλιακών κατοικιών γίνεται προσπάθεια βελτίωσης του απλοποιημένου υπολογισμού που είχε μελετηθεί από τις υπηρεσίες του Γαλλικού Υπουργείου Χωροταξίας και Οικοικισμού για να χρησιμοποιηθεί στο Διαγωνισμό. Με τη Μέθοδο 5000 αξιολογούνται τα μηνιαία και ετήσια θερμικά φορτία που πρέπει να καλύπτει ένα σύστημα θέρμανσης με την υπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη οι εσωτερικές και οι παθητικές ηλιακές θερμικές πρόσοδοι.

2. Λέξεις Κλειδιά

Μέθοδος 5000, Παθητικά Ηλιακά Κτίρια, Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών στα Κτίρια, Συντελεστής G , Εσωτερικά Κέρδη, Παθητικά Ηλιακά Κέρδη, Συντελεστής B , Βοηθητική Ενέργεια Θέρμανσης, Κανονισμός Θερμομόνωσης.

3. Εισαγωγή

Η Μέθοδος 5000 είναι μιά απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού της βοηθητικής ενέργειας θέρμανσης που απαιτείται για τη θέρμανση ενός κτιρίου με ενσωματωμένα στο κέλυφός του διάφορα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα και αναπτυχθηκε από μιά ομάδα Γάλλων Ερευνητών (1).

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται απλές αριθμητικές πράξεις. Η μέθοδος ικρίζηκε ως η πλέον κατάλληλη για εφαρμογή στους υπολογισμούς Παθητικών Ηλιακών Κτιρίων από την αντίστοιχη Ομάδα Εργασίας της Ε.Ο.Κ.

Ουσιαστικά πρόκειται για μιά από τις μεθόδους υπολογισμού που αναπτύχθηκαν στη Γαλλία για τον υπολογισμό των ορίου βοηθητικής ενέργειας που επιτρέπεται να καταναλώνεται κατά μέγιστο σε κάθε κτίριο που θερμαίνεται σύμφωνα με το Γαλλικό Κανονισμό. Αποτέλεσμα της θέσπισης του ορίου είναι η εφαρμογή αυξημένης θερμομόνωσης και η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι και στη μέθοδο αυτή υπάρχει η ατέλεια που εμφανίζεται σ. όλες τις απλοποιημένες μεθόδους όπου οι υπολογισμοί γίνονται με το χέρι δηλαδή θεωρείται ότι το κτίριο θερμαίνεται 24 ώρες το 24ωρο και ότι ο θερμοστάτης έχει ρυθμιστεί σε μιά σταθερή θερμοκρασία χώρου ίση με t_t .

Εάν πραγματικά υπάρχει μειωμένη υγραερινή θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη τότε σε πρώτη εκτίμηση λαμβάνεται μιά ενδιάμεση θερμοκρασία θερμοστάτη που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς και καθορίζεται από τη σχέση:

$$(1) \quad t_t = ((24-d_s) \cdot t_{t\text{ημέρας}} + d_s \cdot t_{t\text{νύκτας}})/24$$

όπου d_s = η διάρκεια ρύθμισης του θερμοστάτη (σε ώρες) σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Το ίδιο ισχύει και για τη διακοπήμενη λειτουργία θέρμανσης.

4. Περιγραφή της Μεθόδου

Το διάγραμμα του σχήματος 1 δύνει τη ροή υπολογισμού. Έτσι φαίνεται:

Τιμήμα Α: Υπολογίζονται οι κατά μήνα απώλειες θερμότητας του κτιρίου χωρίς ηλιακά ή εσωτερικά κέρδη και υπολογίζεται ο συντελεστής B των κατά μονάδα άγκου του κτιρίου (όσου άγκου θερμαίνεται) θερμικών απωλειών.

Τιμήμα Β. Υπολογίζονται τα χονδρικά ηλιακά κέρδη από τις παθητικές διατάξεις που είναι προσαρμοσμένες στο περίβλημα του κτιρίου. Ως διατάξεις που εξετάζονται είναι:

- Άμεσα ηλιακά κέρδη από τα παράθυρα.
- Θερμοκήπιο, με ή χωρίς προθέρμανση του αέρα αερισμού.
- Συλλέκτες αέρα ανοικτού βρόχου.
- Τούχοι ΤΡΟΜΒΕ.
- Ηλιακοί τούχοι ανοικτού βρόχου.
- Ηλιακοί τούχοι μάζας.

Τιμήμα C: Υπολογίζονται τα ωφέλιμα κέρδη ως ποσοστό των χονδρικών ηλιακών και των εσωτερικών κερδών του κτιρίου και στη συνέχεια το μηνιαίο φορτίο της βιοηθητικής θέρμανσης. Έτσι υπολογίζεται ο συντελεστής B των κατά μονάδα άγκου του κτιρίου καθαρών θερμικών απωλειών μετά την αφαίρεση των εσωτερικών και ηλιακών κερδών.

Η είσωση που συνδέει τα παραπάνω στάδια υπολογισμού είναι:

$$Q_{aux} = Q_{ng} - (\Sigma \Phi_s + \Phi_i) \cdot n \cdot N \quad (2)$$

όπου :

Q_{aux} = Μηνιαία ζήτηση βιοηθητικής ενέργειας.

Q_{ng} = Μηνιαίο φορτίο θέρμανσης χωρίς ηλιακά και εσωτερικά κέρδη.

$\Sigma \Phi_s$ = Ημερήσιο σύνολο ηλιακών κερδών για κάθε μήνα.

Φ_i = Ημερήσιο σύνολο εσωτερικών κερδών του κτιρίου.

n = Μηνιαίος παράγοντας χρησιμοποίησης των ηλιακών και εσωτερικών κερδών.

N = Αριθμός ημερών κατά μήνα.

Τα στοιχεία που είναι αναγκαία για τον υπολογισμό είναι :

- Κλιματολογικά: Μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα.
- Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία για κάθε μήνα.
- Περιβαλλοντολογικά: Εμπόδια γύρω από το κτίριο που προέρχονται από δένδρα, από διπλανά κτίρια κλπ.
- Στοιχεία χρήσης από ενοίκους: Αριθμός ατόμων που μένουν στο κτίριο, συσκευές, φωτισμός κλπ.
- Στοιχεία κατασκευής κτιρίου: Επιφάνειες τούχων, παραθύρων, δάπεδα, οροφές, υλικά κατασκευής, νυκτερινή μόνωση, αερισμός κλπ.

5. Υπολογισμός της ζήτησης θέρμανσης χωρίς ηλιακά και εσωτερικά κέρδη Q_{ng} .

Για τον υπολογισμό της μηνιαίας ζήτησης θέρμανσης, χωρίς κέρδη, χρησιμοποιούνται τα έντυπα υπολογισμού A1, A2; A3, A4, A5, A6 και A7 που περιλαμβάνονται στο Σχέδιο Ευρωπαϊκού Εγχειριδίου για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια (2).

Στο κάτω μέρος κάθε εντύπου υπάρχουν οι σχετικές εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό. Η έννοια των συμβόλων στους τύπους που έχει κάθε έντυπο δίνεται στον Πίνακα Συμβόλων του Εγχειριδίου.

Στο έντυπο υπολογισμού A1, των απώλειών θερμότητας από τους εξωτερικούς τοίχους, περιλαμβάνονται και οι απώλειες από τυχόν υπάρχοντες τοίχους TROMBE, τοίχους Μάζας ή Ηλιακούς τοίχους προθέρμανσης του εξωτερικού αέρα. Δεν περιλαμβάνονται οι απώλειες από θερμοκήπια ή άλλους χώρους ανάσχεσης.

Στο έντυπο υπολογισμού A4, των απώλειών θερμότητας από χώρους ανάσχεσης, υπολογίζονται οι απώλειες του κτιρίου προς τον εξωτερικό χώρο, μέσω θερμοκηπίου ή άπό άλλους μη θερμαίνοντας χώρους που είναι ενσωματωμένοι στο περίβλημα του κτιρίου.

Στο έντυπο υπολογισμού A6 υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες και οι τιμές του G, που είναι οι συνολικές απώλειες θερμότητας σε Watts/m³ θερμαίνοντας κτιρίου και για διαφορά θερμοκρασίας 1 Κέλβιν μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Στο σημείο αυτό πριν προχωρήσουμε στους υπολογισμούς θα πρέπει να γίνει οπωδήποτε σύγκριση του G που υπολογίστηκε με το συντελεστή K_η (W/m²K) που δίνει ο ελληνικός κανονισμός για τη θερμομάνση των κτιρίων (ΦΕΚ 362Δ | 4.7.79) όπως συσχετίζονται στο διάγραμμα 2.

Στο έντυπο υπολογισμού A7 υπολογίζεται το μηνιαίο φορτίο θέρμανσης, Q_η, χωρίς τα ηλιακά και εσωτερικά κέρδη για κάθε μήνα και με βάση τις βαθμομέρες κάθε μήνα.

6. Υπολογισμός της Ηλιακής Ενέργειας που συλλέγεται από διάφορες Παθητικές Ηλιακές Διατάξεις, ΣΦ:

Με τα έντυπα υπολογισμού της σειράς B, που επίσης περιλαμβάνονται στο Σχέδιο Ευρωπαϊκού Εγχειριδίου για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια, (B_{dg}, B_{s1}, B_{s2}, B_{s3}, B_{s4}, B_{ac}, B_{sw}, B_{tw}, B_{mw}, B) υπολογίζονται τα ολικά ηλιακά κέρδη από τις διάφορες παθητικές ηλιακές διατάξεις που είναι προσαρμοσμένες στο περίβλημα του κτιρίου.

Στο έντυπο υπολογισμού B_{dg} με βάση τη μέση ημερήσια ηλιακή ενέργεια που περνά από τα παράθυρα για κάθε μήνα γίνεται ο υπολογισμός των άμεσων ηλιακών κερδών Φ_{dg} (Kwh/ημέρα).

Στα έντυπα υπολογισμού B_{s1}, B_{s2}, B_{s3}, B_{s4}, υπολογίζονται τα ημερήσια ηλιακά κέρδη από το θερμοκήπιο για κάθε μήνα, Φ_{sb}, Φ_{sa} (Kwh/ ημέρα).

Στο έντυπο υπολογισμού B αθροίζονται όλα τα ηλιακά κέρδη από τις διάφορες παθητικές διατάξεις και βρίσκεται το συνολικό ημερήσιο ηλιακό κέρδος για κάθε μήνα, ΣΦ_s (Kwh/ημέρα).

Η έννοια των διαφόρων συμβόλων στους τύπους, που έχει κάθε έντυπο υπολογισμού, δίνεται στον Πίνακα Συμβόλων του Εγχειριδίου της Ε.Ο.Κ.

7. Υπολογισμός των ωφελίμων Ηλιακών και Εσωτερικών κερδών και του φορτίου βιοθητικής θέρμανσης.

Με το έντυπο υπολογισμού C υπολογίζονται τα ωφέλιμα κέρδη και το φορτίο της βιοθητικής θέρμανσης, για κάθε μήνα (σχέση 2).

Για να βρεθούν τα ωφέλιμα κέρδη, βρίσκεται πρώτα ο μηνιαίος παράγοντας χρησιμοποίησης των ηλιακών και εσωτερικών κερδών, η, που εξαρτάται από την κατηγορία του κτιρίου (θερμική αδράνεια) και από τη διαφορά X = t_t - t_{nh}, (Σχήμα 3), όπου:

$$t_t = \text{Η θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη}$$

$$t_{nh} = \text{Η θερμοκρασία που θα είχε η κατοικία αν η μόνη της θέρμανση ήταν τα ηλιακά και τα εσωτερικά κέρδη.}$$

Η θερμοκρασία t_{nh} υπολογίζεται από τον τύπο:

$$t_{nh} = t_o + (\Sigma \Phi_s + \Phi_i) : (0,024 \cdot G_m \cdot V_h) \quad (3)$$

όπου t_o = η μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία αέρα, για κάθε μήνα.

Οι τιμές των $\Sigma \Phi_s$, Φ_i , G_m και V_h δίνονται στα έντυπα υπολογισμού Β Σ, Α6 και Α7 αντίστοιχα.

Η τιμή της θερμικής μάζας, I, υπολογίζεται ανάλογα με τα υλικά κατασκευής του κτιρίου και κατατάσσεται σε μιά από τις πέντε κατηγορίες. Στο σχήμα 4 δίνονται οι πέντε κατηγορίες κτιρίων ανάλογα με τη θερμική μάζα I. Η θερμική μάζα κυμαίνεται από 60 $\text{χλγ}/\mu^2$ εμβαδού διπέδου που θερμαίνεται για την κατηγορία 1 και φθάνει τα 400 $\text{χλγ}/\mu^2$ και άνω για την κατηγορία 5.

Με βάση την εξίσωση (2) υπολογίζεται στο έντυπο Σ το φορτίο βοηθητικής θέρμανσης για κάθε μήνα.

Η λεπτομερής περιγραφή της Μεθόδου 5000 δίνεται στο βιβλίο των P.CLAUX ιλπ (1). Στα ελληνικά η λεπτομερής περιγραφή της Μεθόδου 5000 περιλαμβάνεται στην ελληνική μετάφραση του Σχεδίου Ευρωπαϊκού Εγχειριδίου για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια και διδάχθηκε σε σχετικά Σεμινάρια.

8. Συμπεράσματα

8.1. Με τη Μέθοδο 5000 εύναι δυνατό να γίνει ο υπολογισμός της θερμικής προσόδου που παρέχεται από την ηλιακή ενέργεια και επιδρά στο κτίριο στο οποίο έχουν κατασκευαστεί ένα ή περισσότερα από τα Παθητικά Ηλιακά στοιχεία που αναφέρονται στην παράγραφο 4 Τμήμα Β.

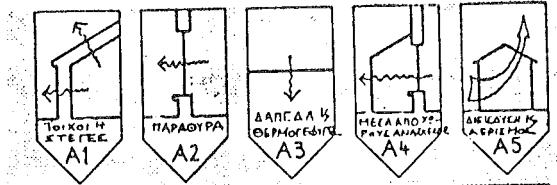
8.2. Ο υπολογισμός των εσωτερικών κερδών και των ηλιακών κερδών που προέρχονται από τα παθητικά στοιχεία του κτιρίου και επηρεάζει την εκτίμηση της κατανάλωσης βοηθητικής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων στη Γαλλία, ο καθορισμός στο Γαλλικό Κανονισμό των ορίων βοήθητικής ενέργειας που επιτρέπεται κατά μέγιστρο στις διαφορες κλιματικές ζώνες, της Γαλλίας, παρέχει στο Γάλλο Αρχιτέκτονα ελευθερία σχεδιαστικών επιλογών, τον υποχρεώνει να χρησιμοποιήσει αυξημένη θερμομόνωση και προωθεί την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση κτιρίων με Παθητικά Ηλιακά συστήματα.

8.3. Προτείνεται όπως Ομάδα Εργασίας του Τ.Ε.Ε. συνδυάσει τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης με τους Γαλλικούς Κανονισμούς ώστε να προωθηθεί και στην Ελλάδα η χρήση Παθητικών Ηλιακών συστημάτων στα κτίρια.

9. Βιβλιογραφία

- (1). CLAUX P. ιλπ ,1982, METHODE 5000, PYC EDITION, σελ.160
- (2). Ομάδα Εργασίας Παθητικών Ηλιακών Κτιρίων της Ε.Ο.Κ. 1983, Σχέδιο Εγχειριδίου για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια. Γ.Δ. XII Επιστήμη, Έρευνα, Ανάπτυξη. Ελληνική Μετάφραση Ε.Π.Τσύγκας και Ι.Ε.Τσύγκας Διπλ. Μηχ.-Ηλ., 1984, Σελ. 400

Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



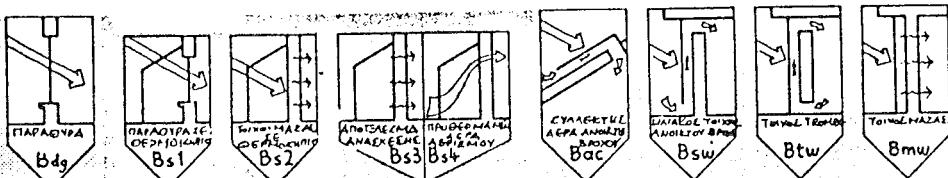
Αθροισμα απωλειών και τιμή G

A6

Μηνιαίο φορτού θερμότητας
κυρίως Εσωτερικά κέρδη: Qng

A7

Β. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΟΝΔΡΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ



Σύνολο Ηλιακών κέρδων ΣΦ3

B

C. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΦΕΛΙΜΩΝ ΚΕΡΔΩΝ

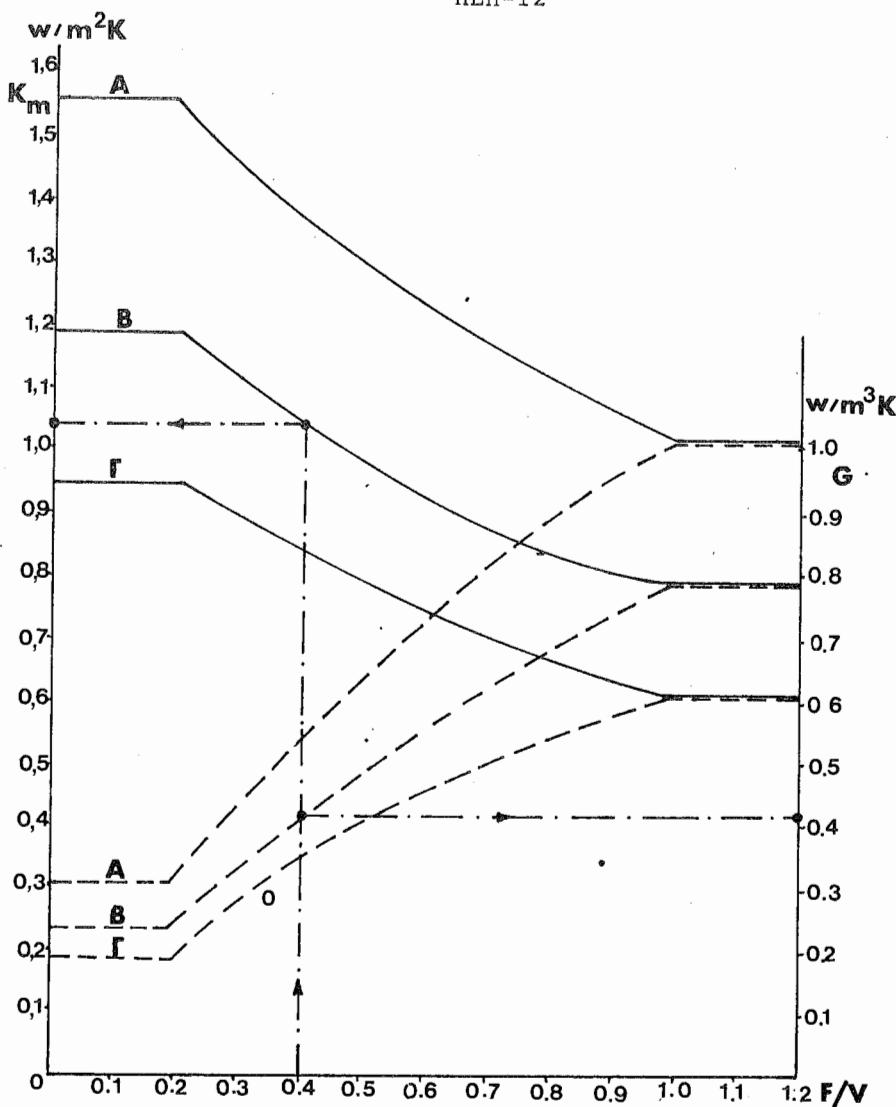
Υπολογίζονται τα Εσωτερικά κέρδη : φί λογικό χονδρικό
Υπολογίζονται τα Μηνιαία Ηλιακά κέρδη : φί λογικό
Υπολογίζεται η Καπιγορία θερμικής ένοχας και από το
διόγραφο βρίσκεται ο παρόντας χρήσης (η)

Οφέλικα κέρδη = Χονδρικά κέρδη × Παρόντα χρήσης
Μηνιαίο φορτού δοκιματικής θέρμανσης = Qng - Οφέλικα κέρδη

C

ΦΟΡΤΙΟ ΔΟΚΙΜΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής υπολογισμού με τη μέθοδο 5000.



Διάγραμμα 2. Συνδυασμός Καμπυλών K_m , G .

Επεξηγήσεις:

Από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης είναι γνωστή η σχέση: $K_m = \frac{Q_T}{F \cdot \Delta_t}$ (1)

Η σχέση αυτή δίνει τον μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας K_m ενός κτιρίου.

Ο συντελεστής ειδικών απωλειών ανά μονάδα όγκου και βαθμό Κέλβιν δίνεται από την σχέση:

$$G = \frac{Q_T}{V \cdot \Delta_t} \quad (2)$$

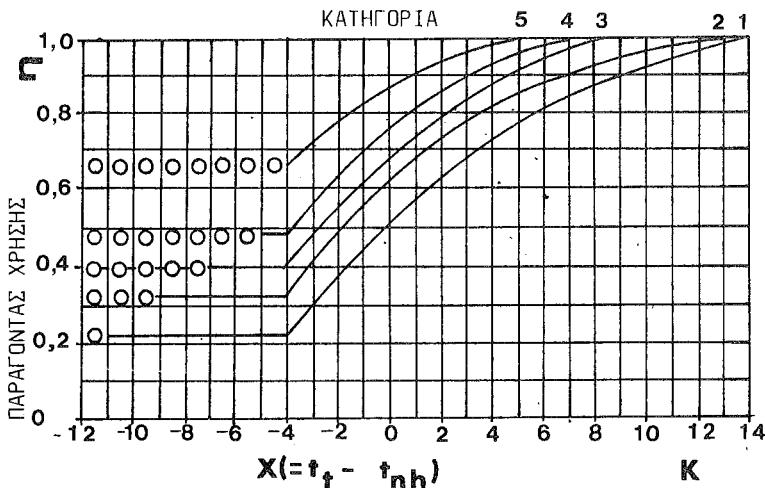
Με διαίρεση κατά μέλη των σχέσεων (2) και (1) προκύπτει:

$$G = K_m \left(\frac{F}{V} \right)$$

Σε αντιστοιχία των καμπυλών που δίνουν το K_m (συνεχής γραμμή) σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης βγαίνουν οι καμπύλες που δίνουν το G (διακοπτόμενη γραμμή) σε σχέση με το F/V .

Σε παράδειγμα φαίνεται ότι για την περίπτωση που το $F/V = 0.4$ το K_m είναι μικρότερο ή ίσο με 1.03. Για την περίπτωση αυτή φαίνεται

ότι το G πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με το 0.42 (Ζώνη B). Στην περίπτωση που θα εξηγούντο και οι απώλειες αερισμού ανά κ.μ. του ατιρίου τότε θα ισχύει η σχέση:
 $G_{\text{αερισμού}} = 0.34 \times \text{αριθμός αλλαγών αέρα ανά όγκο χώρου σε μια ώρα}$
 $\pi \cdot \chi \cdot \text{για } 0.5 \text{ αλλαγές του όγκου αέρα το } G_{\text{αερισμού}} = 0.34 \times 0.5 = 0.17$
 Ωι ολικές απώλειες ανά κ.μ. είναι έτσι: $0.42 + 0.17 = 0.59 \text{ W/m}^3 \text{ K}$.



Σχήμα 3. Καμπύλες απόδοσης (παράγοντας χρήσης) για τις διάφορες κατηγορίες ατιρίων. Όταν η καμπύλη είναι αριστερά από το $-4K$ το η είναι το ίδιο με το $\chi = -4$. Όπου οι καμπύλες παριστάνονται με κύκλους τότε δεν υπάρχει ζήτηση βοηθητικής θέρμανσης ($Q_{\text{βοηθ.}} = 0$).

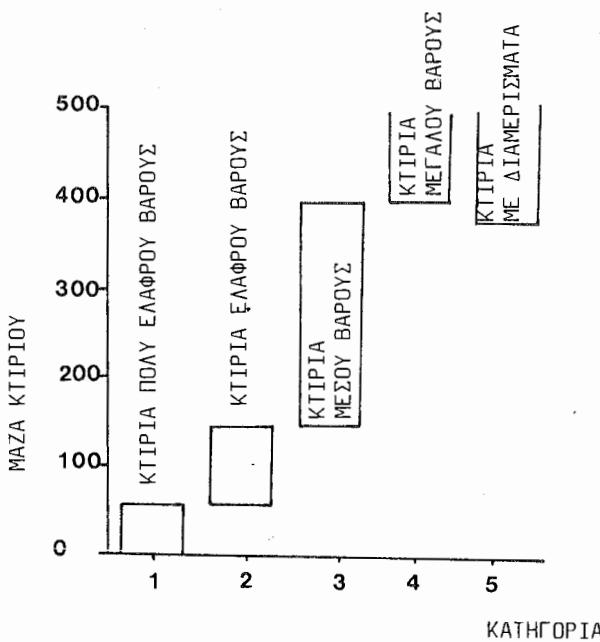
Κατηγορία 5: Κτίρια διαμερισμάτων - το I πλησιάζει τα 400 ή είναι μεγαλύτερο.

Κατηγορία 4: Κατοικίες μεγάλου βάρους - το I είναι 400 ή είναι μεγαλύτερο.

Κατηγορία 3: Κατοικίες μέσου βάρους - το I είναι μεταξύ 150 και 400.

Κατηγορία 2: Κατοικίες ελαφρού βάρους - το I είναι μεταξύ 60 και 150.

Κατηγορία 1: Κατοικίες πολύ ελαφρού βάρους - το I είναι 60 ή λιγότερο.



Σχήμα 4. Οι κατηγορίες κτιρίων ως προς τη θερμική μάζα I

OSCAR : ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ.

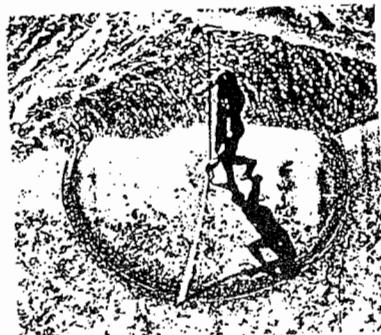
Θάνος Ν. Στασινδόπουλος, αρχιτέκτων
 Τμήμα Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Αθήνα
 ARCHITECTURAL ASSOCIATION, Δονδίνο.

Περίληψη:

Το OSCAR είναι ένα πρόγραμμα μικρούπολογιστή που προσφέρει μία γρήγορη και ευέλικτη μέθοδο για τον υπολογισμό της επιφάνειας ενδιαφέροντος ανοίγματος που σκιάζεται από οριζόντια και κατακρύψα στοιχεία, και για την απεικόνιση είτε της σκιάς σε δύο, είτε της διεύσυνσης των ηλιακών ματιών στο εσωτερικό ενδιαφέροντος, κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα.

Λέξεις-κλειδιά:

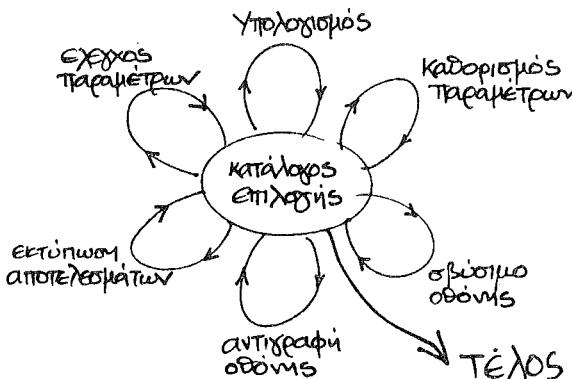
Σκιά, μικρούπολογιστής, ηλιοπροστασία.

Εισαγωγή:

Η μελέτη των διμικών στοιχείων που ελέγχουν την ηλιακή ακτινοβολία (σκιαστρα) είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, μια και οι σχετικές παράμετροι είναι πολυάριθμοι και μεταβαλλόμενες. Για τον σκοπό αυτό υπάρχουν ποικίλα βοηθήματα που συνεισφέρουν στον παθητικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό με διάφορους τρόπους. Δυστυχώς τα περισσότερα δεν παρέχουν ταχνητά, ευελιξία, ακρίβεια, και αριθμητικά αποτελέσματα που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ακριβή υπολογισμό της ηλιακής προσδόσου. Τα μειονεκτήματα αυτών μπορούν να αρθούν με την αξιοποίηση των δυνατότήτων που δύνονται οι μικρούπολογιστές. Προϊόν μίας προσπάθειας προς αυτή τη κατεύθυνση είναι το πρόγραμμα OSCAR που αφορά τον καθορισμό του βαθμού ηλιοπροστασίας κατακρύψων επιφανειών από οριζόντια και καταιρυφα δρθυγωνικά στοιχεία.

Γενική περιγραφή:

Το OSCAR (OPENINGS SHADING CALCULATION AND REPRESENTATION - Υπολογισμός και αναπαράσταση της σκίασης ανοιγμάτων) είναι γραπτό μένο σε γλώσσα BASIC για τον μικρούπολογιστή SINCLAIR QL (128K), καθστούς περίπου 75.000 δρχ. Στόχος του είναι ο υπολογισμός του ποσοστού της επιφάνειας ενδιαφέροντος που δεν δέχεται άμεση ακτινοβολία κατά τη διάρκεια καθορισμένων ημερών και σε ταχτική φριάλα διαστήματα. Κεντρικό τμήμα του προγράμματος είναι μία ρουτίνα επιλογής (MENU) με τη βοήθεια της οποίας κατευθύνεται η διεδικασία εφαρμογής του. Η διάρθρωση του OSCAR και οι επιμέρους λειτουργίες εμφανίζονται στο σχήμα I, με τη μορφή μαργαρίτας. Σημαντική ιδιότητα του προγράμματος -έπειρα από το χαμηλό καθστούς του εξοπλισμού- είναι η ευκολία και η ταχύτητα με την οποία τροποποιείται οποιαδήποτε παράμετρος και επαναλαμβάνεται ο υπολογισμός.

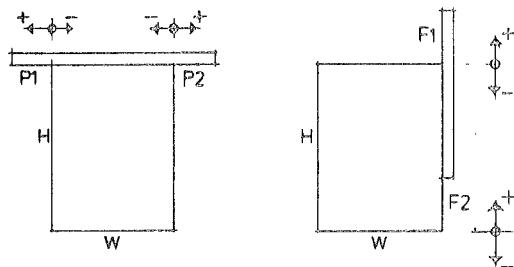
Δεδομένα:

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς του OSCAR είναι 4 ειδών:

- θέση του ανοίγματος,
- χρόνος της μελέτης,
- γεωμετρικά στοιχεία του ανοίγματος και του σκιάστρου, και
- τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων.

Ειδικότερα:

- α) Η θέση προσδιορίζεται με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας (αριθτικό για το νότιο πρισφαλίο) και τον πρωσανατολισμό του ανοίγματος (δεξιότροφη γιανίσκα μεταξύ του Βορρά και της εξωτερικής καθέτου στο εκπέδο του ανοίγματος).
- β) Ο χρόνος της μελέτης ορίζεται με τις προς εξέταση ημερομηνίες (στις οποίες αντέματα προστίθενται τα δύο ηλιοστάσια, 2I/6 & 2I/12), και εκτίσης με την φριάλα συχνότητα των υπολογισμών (ακό I έως 20 ανά ώρα, ή αντίστοιχα ανά 60 έως 5 λεπτά).
- γ) Το ένοιγμα και το σκιάστρο καθορίζονται με τη βοήθεια σκαριφημάτων στην οθόνη. Κάθε κατωφλυφή επιφάνεια του κτιρίου μπορεί να θωρηθεί ως "ένοιγμα", ενώ το σκιάστρο μπορεί να είναι είτε ένα οριζόντιο προστέγασμα, είτε κατωφλυφές λωρίδες αριστερά και δεξιά από το άνοιγμα, είτε συνδιασμός τους. Μόνο ορθογωνικά σχήματα, κάθετα στο εκπέδο του ανοίγματος, μπορούν να εξεταστούν προς το παρόν. Τα στοιχεία που πρέπει να δοθούν είναι:
 - Ύφος και πλάτος του ανοίγματος, και
 - τόπος, βάθος, και θέση του σκιάστρου.

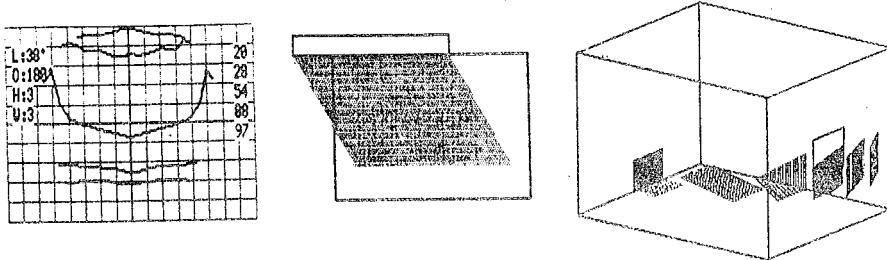


Σχ. 2 : Παράμετροι ανοίγματος & σκιάστρου

Το σκίαστρο μπορεί να τοποθετηθεί όπουθήποτε κατά μήκος της αντίστοιχης πλευράς του ανοίγματος, αφού να καλύψει τουλάχιστον ένα τμήμα της. Η θέση του ορίζεται με τη θετική ή αρνητική προεξοχή των αριστερών/δεξιών ή άνω/κάτω διαφορών του ακό τα άκρα της αντίστοιχης πλευράς (σχ. 2). Μία παραλλαγή του προγράμματος αντιμετωπίζει την περίπτωση στοιχείων που δεν εφόπονται στο άνοιγμα. Σε ακόμη βήμα του καθορισμού των μεγεθών εμφανίζεται στην οθόνη ένα σκαρίφημα υπό κλίμακα, και δίνεται η δυνατότητα για τροποποιήσεις πριν συνεχιστεί η διαδικασία.

δ) Η καρουσίση των αποτελεσμάτων μπορεί να έχει 3 μορφές (σχ. 3):

- Καρτεσιανό διάγραμμα, δικου εμφανίζεται η ωριαία μεταβολή του σκιασμένου ποσούστοβ.
- Ορθη του ανοίγματος και της σκιάς σε κάθε στιγμή.
- Ισομετρική παρουσίαση της διελόσυνης των ηλιακών αιτίων από το άνοιγμα σε ένα δωμάτιο. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ο καθορισμός των διεστάσεων του δωματίου και της θέσης του ανοίγματος στον εξωτερικό τοίχο.



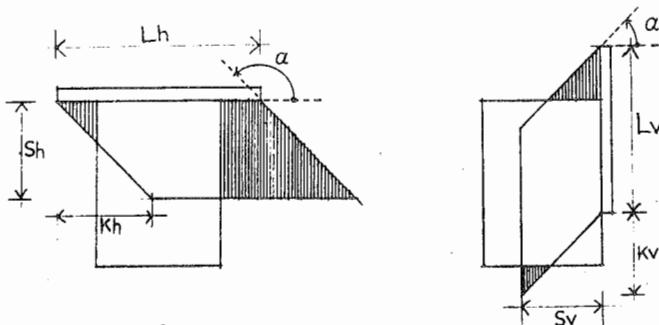
Σχ. 3 : Τρόποι παρουσίασης αποτελεσμάτων.

Υπολογισμός:

Το OSCAR υπολογίζει 3 μεταβαλλόμενα μεγέθη σε κάθε καθερισμένη στιγμή, από την ανατολή έως τη δύση κάθε εξεταστέας ημέρας:

- Το υφέμετρο και το αξιμούθισθ του ήλιου, με βάση τον αλγόριθμο που περιγράφεται από τους PAGE & LERENS (I). Αν ο ήλιος βρίσκεται πέσω από το άνοιγμα παραλείπονται οι φιδίουσθοι υπολογισμοί και εξετάζεται η επέμενη στιγμή.
- Το συνολικό εμβαθύν (St) της σκιάς που δημιουργεί το σκίαστρο, δηλ. το γινόμενο L-S (σχ. 4), δικου το πλάτος S της σκιασμένης λωρίδας είναι συνάρτηση της θέσης του ήλιου και του βάθους του σκίαστρου.

(I) PAGE J. & LERENS R.: "U.K. DATA FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS", 1984.



Σχ. 4 : Μεγέθη της σκιάς.

γ) Το τμήμα (S_0) που βρίσκεται έξω από το δνοιγμα. Για τον υπολογισμό αυτό διαφέρουνται διάφορες περιπτώσεις, ανάλογα με το είδος του σκιάστρου και τη μετατόπιση K που εξαρτάται από το πλάτος S και τη γωνία α (προβολή του ηλιακού υφομέτρου στο επίπεδο του ανοίγματος).

Η διαφορά $S_t - S_0$ είναι το εμβαδόν του τμήματος του ανοίγματος που σκιάζεται, ενώ το πηλίκον $(S_t - S_0)/(H \cdot W)$ δίνει το ποσοστό του ανοίγματος (σ) που δεν δέχεται διεση ακτινοβολία. Στην περίπτωση που το σκίαστρο αποτελείται από 2 ή 3 τμήματα, το ολικό σε είναι το άθροισμα των επιμέρους. Κάθε στιγμιαία τιμή του σκρατείται σε ένα πλανακά στη μνήμη του υπολογιστή, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την επόμενη στιγμή. Στο τέλος των υπολογισμών για κάθε ημέρα εξάγεται ο μέσος δρος των στιγμιαίων σ , που αποτελεί τον "μέσο ημερήσιο συντελεστή σκιασμού" (σ_M). (Ο συντελεστής αυτός έχει γεωμετρική σημασία μόνο, και δεν ανταποκρίνεται στη μέση ημερήσια μείωση της διεσης ακτινοβολίας, επειδή η ένταση της μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, και συνεπώς π.χ. ίδιες τιμές του σ το πρωί και το μεσημέρι ανακρίπτονται διαφορετική ποσότητα της προσπίπτουσας ενέργειας. Η μέση μείωση της ενέργειας εκφράζεται με τον "μέσο ημερήσιο συντελεστή μείωσης ακτινοβολίας" (σ_R). Είναι

$$\sigma_R = \frac{\Sigma(\sigma_n \cdot I_n)}{I_v} / I_v$$

δημο το γινόμενο $\sigma \cdot I$ εκφράζει τη μείωση της στιγμιαίας έντασης της ακτινοβολίας βάσει του στιγμιαίου συντελεστή σ κατά τη στιγμή n , ενώ I είναι η ολική ημερήσια προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Για τους υπολογισμούς αυτούς χρειάζεται η προσθήκη μεθόδου για τον καθορισμό της ωριαίας έντασης της ακτινοβολίας, πρόγραμμα που προβλέπεται σε επόμενη παραλλαγή του OSCAR).

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών μπορούν να παρουσιαστούν σε διάλυληρη την οθόνη ή σε ένα από τα 4 τεταρτημέρια της, με μία ή δύο ακό τις δυνατές μορφές: Διάγραμμα, δόφη, ή ισομετρική άποψη.

α) Το διάγραμμα αποτελεί μία καρτεσιανή αναπαράσταση των τιμών του σκαρός μεταβάλλονται στη διάρκεια της ημέρας. Οι τετρημένες αντιστοιχούν στην ώρα (από 4 έως 21:00), και οι τεταρημένες στις τιμές του σ (από 0 έως 100 ο/ο). Για κάθε ημέρα σχεδιάζεται μία καρπόλη, και αναγράφεται ο μέσος συντελεστής σ_M .

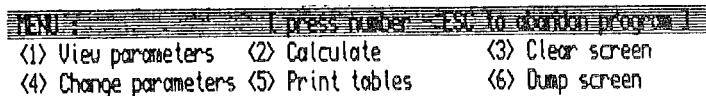
β) Η δόφη περιλαμβάνει ένα σκαρίφημα του ανοίγματος και του σκιάστρου, με τη σκιά που δημιουργείται κάθε στιγμή. Οταν ο ήλιος βρίσκεται πίσω από την δόφη το σκαρίφημα αντικαθίσταται από την υπόμνηση οτι δεν υπάρχει διεση ακτινοβολία.

γ) Η ισθμετρική απεικόνιση δίνει μία άποφη του ανοίγματος και του διωματίου δύκου ανήκει, με το τημήμα του ανοίγματος που δεν σκιάζεται προβαλλόμενο στους εσωτερικούς τοίχους και το πάτωμα. Η προβολή αυτή αποτελείται από δέσμη παραλλήλων γραμμών της οποίας η πυκνότητα ρυθμίζεται κατά βούληση. Με αυτό το είδος της παρουσίασης είναι εύκολη η διερεύνηση της διείσδυσης των ηλιακών ακτίνων στο εσωτερικό διάδρομο καθώρισμένες ημέρες.

Είναι δυνατή η ταυτόχρονη παρουσία στην οθόνη αποτελεσμάτων από διαφορετικούς υπολογισμούς, για τη σύγκριση διαφόρων παραλλαγών.

Χρήση:

Η χρήση του προγράμματος είναι αρκετά εύκολη και υποβοηθείται από οδηγίες στην οθόνη που καθοδηγούν κάθε βήμα. Στην αρχή της εφαρμογής εμφανίζεται ο κατάλογος των δυνατών ενεργειών από τις οποίες επιλέγεται η επιθυμητή με την πίεση του αντίστοιχου αριθμού (σχ. 5). Εκτός από τον προσδιορισμό των δεδομένων (4) και τη διενέργεια των υπολογισμών (2), είναι δυνατός ο έλεγχος των παραμέτρων που έχουν δοθεί στη μνήμη του υπολογιστή (1), το σβήνιμο δλης της οθόνης (3), η εκτύπωση των αριθμητικών αποτελεσμάτων στην οθόνη ή τον εκτυπωτή (5), και επίσης η καταγραφή της τρέχουσας εικόνας της οθόνης σε αρχείο για την αντιγραφή της στον εκτυπωτή σε επόμενη φάση (6). Με την περάτωση κάθε ενέργειας ο κατάλογος εμφανίζεται και πάλι για την επιλογή της επόμενης φάσης. Σε περίπτωση εκκύσιας ή ακούσιας διακοπής, η συνέχιση της εφαρμογής μπορεί να γίνει με την εντολή "MENU".



Σχ. 5 : Κατάλογος επιλογής.

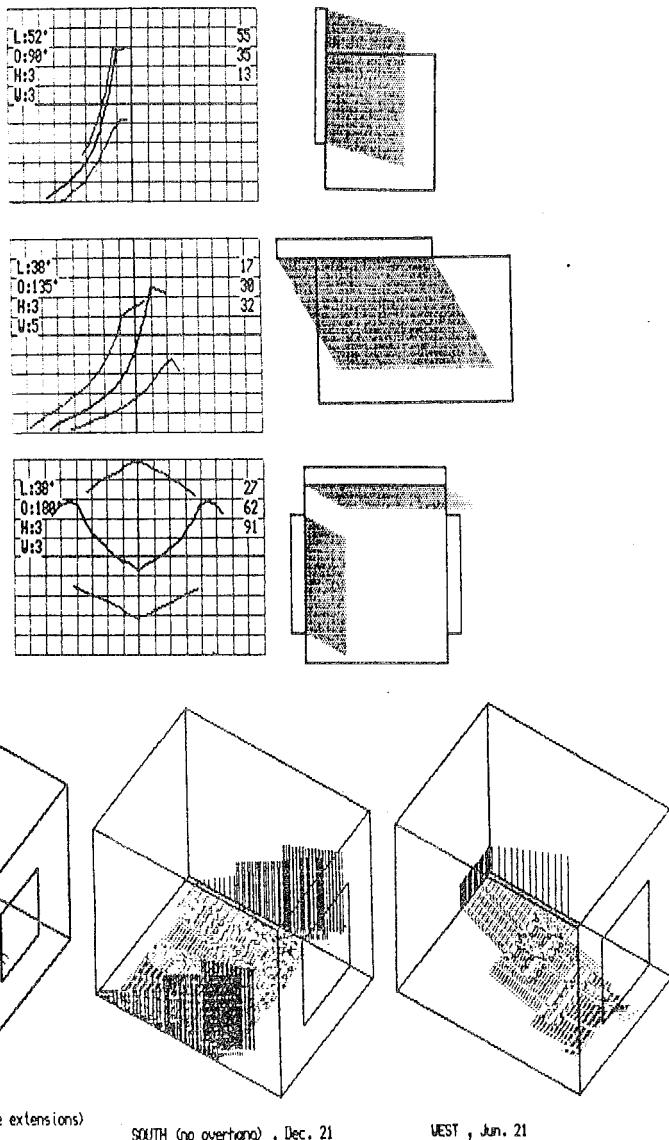
Παρατηρήσεις & συμπεράσματα:

- Η ανάπτυξη του OSCAR δεν έχει πάρει την πλήρη της έκταση, καθώς συνέχώς γίνονται βελτιώσεις και εμπλουτισμός της αρχικής έκδοσης. Ο στόχος είναι η δημιουργία μιάς σφράδας προγραμμάτων με πυρήνα την βασική ρουτίνα υπολογισμού της σκιάσμαντης επιφάνειας, με την οποία θα διευκολύνεται και θα επιταχύνεται η διερεύνηση ποικίλων θεμάτων που σχετίζονται με την ηλιοπροστασία κτιρίων. Για το λόγο αυτό μελετάται:
 - Η εξέταση ανοιγμάτων και σκιάστρων που έχουν τυχαίο σχήμα και θέση.
 - Ο συνυπολογισμός της διάχυτης ακτινοβολίας, καθώς και της ενέργειας που αντανακλάται από το σκίαστρο.
 - Η εύρεση της βέλτιστης ηλιοπροστασίας ενός δεδομένου ανοίγματος, με τη σύγκριση του βαθμού σκίασης κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο.

Το OSCAR, στη τρέχουσα μορφή ή με τις μελλοντικές παραλλαγές του, έχει πεδίο εφαρμογής σε διάφορες περιπτώσεις:

- Στον κλιματικό σχεδιασμό και την ενεργειακή ανάλυση κτιρίων, για τη γρήγορη γραφική παρουσίαση της απόδοσης ενός σκιάστρου, για τη σύγκριση διαφόρων περιπτώσεων, και για την παροχή αριθμητικών στοιχείων που απαιτούνται στον υπολογισμό της ηλιακής προσδόσου. Ενδεχομένως θα μπορούσε να συνδιαστεί με υφιστάμενα προγράμματα (π.χ. SCRIBE).

- Στην αρχιτεκτονική επαλλίσευση, ως απλό και εύχρηστο βοήθημα για την ανάπτυξη θεμάτων του παθητικού σχεδιασμού, αξιοποιώντας την ταχύτητα, την ευκολία στη χρήση, και την ελκυστική γραφική παρουσίαση που προσφέρει.
- Σε ερευνητικές εργασίες, για τη μελέτη διαφόρων θεμάτων σχετικών με τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχ. 6 : Παραδίγματα εφαρμογής του OSCAR.
 Τα διαγράμματα δείχνουν την πλερότατη μεταβολή του σκιασμένου ποσοστού στις 21/12, 21/3, και 21/6. Ο παράλληλος και ο προσανατολισμός αναγράφονται με τις ενδείξεις "L" & "O". Οι δέσις δείχνουν τα αντίστοιχα σκίαστρα και στιγμιαίες θέσεις της σκιάς. Τα ισομετρικά σκαριτψήματα αφορούν όλα δεδομένα.

SCIA : ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΟΙΚΩΝ.

Θάνος Ν. Στασινδρουλός, αρχιτέκτων
Τμήμα Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Αθήνα
ARCHITECTURAL ASSOCIATION, Λονδίνο.

Περίληφη:

Το SCIA είναι ένα πρόγραμμα μικρούπολογιστή με το οποίο σχεδιάζεται η σκιά στερεών δγκων σε καθορισμένη χρονική στιγμή. Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται για πολύπλοκες συνθέσεις και για καμπύλες επιφάνειες, σε κάτοφη ή δρη.

Δέξιες-κλειδιά:

Σκιά, μικρούπολογιστής.

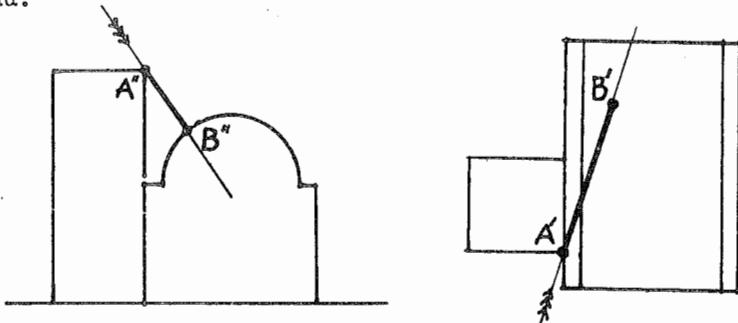


Εισαγωγή:

Η σκιά έχει ιδιαίτερη σημασία στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, είτε απλά για τη τρισδιάστατη απόδοση σχεδίων, είτε ως αισθητικό στοιχείο, είτε ακόμια ως μέσον για τον έλεγχο του ηλιασμού. Η μελέτη της γίνεται συνήθως με γραφικές μεθόδους της Παραστατικής Γεωμετρίας, ή με τον κατάλληλο φωτισμό προπλασμάτων. Ενας τρίτος τρόπος είναι η αξιοποίηση της ακρίβειας και ταχύτητας που προσφέρουν οι μικρούπολογιστές. Ήδη υπάρχουν πολυάριθμα σχετικά προγράμματα, τα περισσότερα δύνανται να λαμβάνουν υφηλούς κόστους, ή δεν παρέχουν ποικιλία στις μορφές που εξετάζουν. Ενα πρόγραμμα που επιχειρεί να συνδιασει το χαμηλό κόστος με τη δυνατότητα πολύπλοκων συνθέσεων είναι το SCIA.

Περιγραφή:

To SCIA (SHADING COMPUTATION IN ARCHITECTURE) είναι γραμμένο για τον μικρούπολογιστή SINCLAIR QL (128K) σε γλώσσα BASIC. Με το πρόγραμμα αυτό σχεδιάζεται μία μάτοφη ή δφη, και αφού καθοριστούν οι στάθμες διαφόρων σημείων σχεδιάζεται η σκιά των δγκων του σχεδίου σύμφωνα με τον προσανατολισμό και τη θέση του ήλιου κατά τη καθορισμένη χρονική στιγμή. Η κεντρική ιδέα του SCIA είναι διαφορετική από εκείνη της Δικαιαγραφίας και των περισσοτέρων από τα συναφή προγράμματα, όπου το περίγραμμα της αυτοσκιάς ενδέιξει προβάλλεται στις γειτονιές επιφάνειες για να δώσει το περίγραμμα της ερριμμένης σκιάς. Αντίθετα, το SCIA σαρώνει, δια τα σημεία της επιφάνειας του σχεδίου, και σχεδιάζει το τμήμα μάθε φωτεινής ακτίνας που ανακρίπτεται από ένα σημείο μέχρις διου η πρόσκτασή της συναντήσει και δόλο σημείο (σχ. I). Με αυτό τον τρόπο η σκιασμένη επιφάνεια εμφανίζεται σαν δέσμη ευθείων παραλλήλων προς τη διεύθυνση των ηλιακών ακτίνων με ρυθμιζόμενη πυκνότητα.



Σχ. I : Το SCIA σχεδιάζει το τμήμα της ακτίνας που βρίσκεται μεταξύ δύο σημείων της επιφάνειας - και έξω από αυτή.

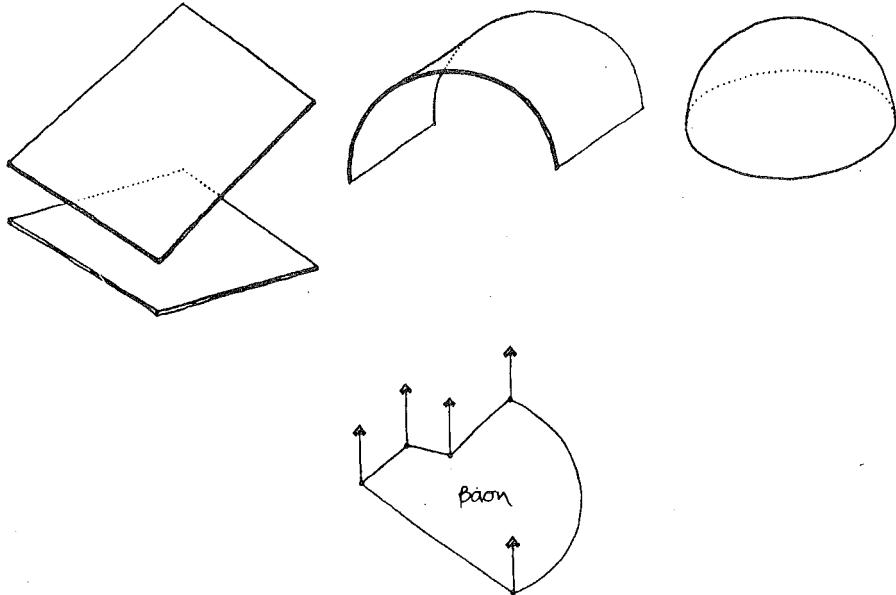
Χρήση:

Η εφαρμογή του SCIA περιλαμβάνει 3 φάσεις: Τη σχεδίαση της σύνθεσης, τον υπολογισμό της στάθμης των σημείων του σχεδίου, και τη σχεδίαση της σκιάς.

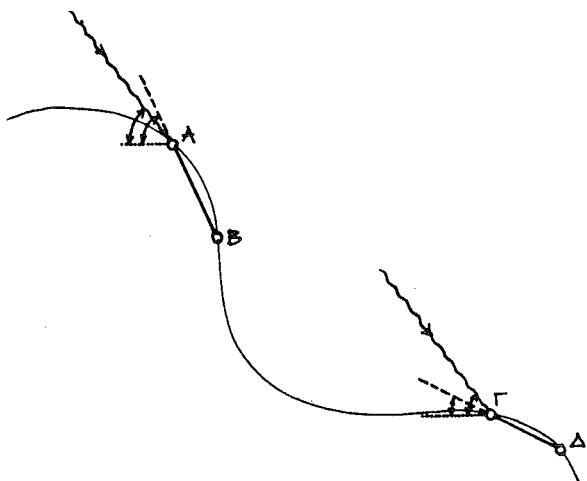
- Η αρχική σχεδίαση γίνεται κινδυνατας ένα δείκτη στην οθόνη, και επιλέγοντας διάφορα είδη γραμμών με την πίεση των αντίστοιχων πλήκτρων. Κάθε κλειστή γραμμή του σχεδίου που αποτελεί την προβολή ενδέιξει καλύπτεται από μία επιφάνεια (επίβρη, κυλινδρική, κωνική, ή σφαιρική) που ορίζεται ανάλογα με το είδος της. (σχ. 2).
- Το υφόμετρο κάθε σημείου της επιφάνειας υπολογίζεται με τη βοήθεια μεθόδων της Αναλυτικής Γεωμετρίας, και δίνεται σε ένα πίνακα στη μνήμη του υπολογιστή, που αποτελεί ένα είδος αριθμητικού ανάγλυφου χάρτη της οθόνης. Το σχέδιο και ο "χάρτης" μπορούν να καταχωριθούν σε αρχείο για μελλοντική χρήση.
- Η σκιά σχεδιάζεται σημείο προς σημείο, αφού καθοριστούν το γεωγραφικό πλάτος, ο προσανατολισμός, και η προς εξέταση χρονική στιγμή. Με βάση τον αλγόριθμο των PAGE & LEBENS (I) υπολογίζεται η θέση του ήλιου, και στη συνέχεια ελέγχεται η στάθμη κάθε σημείου σε σχέση με εκείνη του αμέσως επόμενου κατά τη φορά των ηλιακών ακτίνων. Αν η κλίση μεταξύ των δύο σημείων είναι μεγαλύτερη από το σχετικό ηλιακό υφόμετρο, τότε τα δύο σημεία ενώνονται με μία γραμμή που αντιπροσωπεύει ένα τμήμα σκιάς (σχ. 3), και ο έλεγχος προχωρά στο επόμενο σημείο.

(I) PAGE J. & LEBENS R.: "U.K. DATA FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS", 1984.

Οι 3 φάσεις, καθώς και όλες βοηθητικές λειτουργίες (αντιγραφή της οθόνης, καταχώρηση σε αρχείο, κ.λπ.) συνδέονται με μία ρουτίνα επιλογής (MENU), που εμφανίζεται στο τέλος κάθε φάσης ή όταν δοθεί η εντολή "MENU". Το πρόγραμμα επιτρέπει τη σχεδίαση της σκιάς που δημιουργείται σε διαφορετικές στιγμές πάνω στο ίδιο σχέδιο, ώστε να είναι εφικτή η διαχρονική διερεύνηση της σκιάσης (σχ. 4).



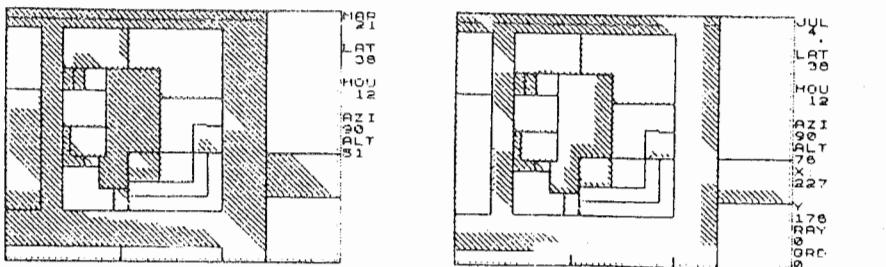
Σχ. 2 : Σχήματα καλ επιφάνειες του SCIJA. Οι δύκοι είναι ορθές κρίσματα με βάση οποιοδήποτε σχήμα, που καλύπτονται από επιλεξέδη (οριζόντια ή λοξή), κυλινδρική, ή σφαιρική επιφάνεια.



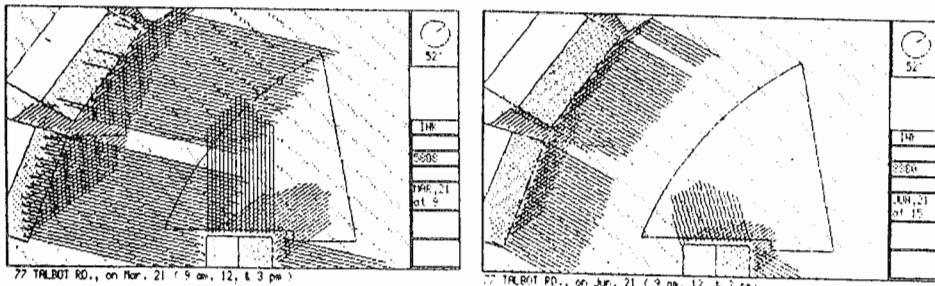
Σχ. 3 : Ελεγχός σημείων: Η κλίση του AB είναι μεγαλύτερη από τη κλίση των ακτίνων, έτοιμη σκιάζεται. Το ΓΔ δύμας φωτίζεται, αφού η κλίση του είναι μικρότερη.

Προσπτικές:

Κυριώτερος στόχος του SCIA είναι η δυνατότητα θεώρησης πολύπλοκων και καμπύλων επιφανειών με σχετικά πολύ απλά μέσα. Αναπόφευκτα υπάρχουν μερικοί περιορισμοί (δπως η ταχύτητα στη φάση υπολογισμού των υφομέτρων, τα αποδεκτά είδη των δγιων, και η πυκνότητα των σημείων της οθόνης), που υπορούν να αοδούν είτε με τη μετάφραση του προγράμματος σε γλώσσα ταχύτερη της BASIC, είτε με την επανέγεση της μνήμης του υπολογιστή. Η ολοκλήρωση της προσπάθειας για προσπτική παρουσίαση της σκιάς είναι το τελευταίο βήμα για την παροχή ενός εύχρηστου βοηθήματος στη μελέτη του σκιασμού.

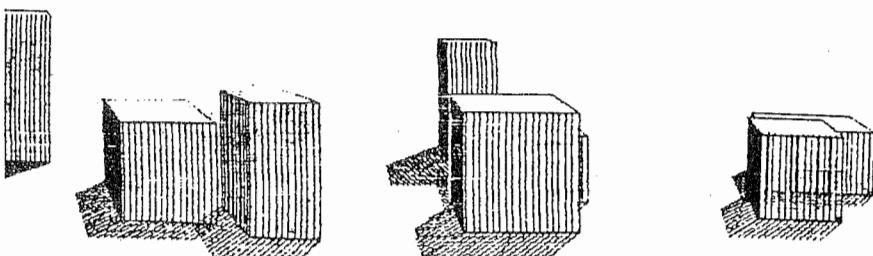


(α)



(β)

Σχ. 4 : Παραδείγματα εφαρμογής του SCIA για τη διερεύνηση του ηλιασμού οικοπέδων στην Αθήνα (α) και στο Λονδίνο (β).
(Το α έγινε με τη βοήθεια ZX SPECTRUM)



Σχ. 5 : Προσπτική αναπαράσταση της σκιάς απλών δγιων με το SCIA.

**ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ
ΗΛΙΑΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ**

Πέτρος Ι. Αξανδρουλός
Commission of the European Communities
Joint Research Centre - Ispra
B. Τσαμπούρη - Αρχιτέκτων Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΑΝΨΗ

Προκειμένου να μελετηθεί η δυναμική θερμική συμπεριφορά ενός παθητικού ηλιακού οικίσκου, που βρίσκεται εγκατεστημένος στο Κοινό Κέντρο Ερευνών, πραγματοποιήθηκε μια μαθηματική προσομοίωση του. Στο μαθηματικό μοντέλο που έχουμε κατασκευάσει χρησιμοποιούμε τη μέθοδο πεπερασμένων διαφορών, λαμβάνοντας υπόψη και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και την ταχύτητα του ανέμου. Ο οικίσκος αυτός έχει ένα δύκο $45m^3$ και στη ώρα πλευρά του υπάρχει ένα παράθυρο με διπλά τζάμια. Σ' αυτόν έχουν τοποθετηθεί ωρισμένα θερμοστοιχεία, ακτινόμετρα και ένα ανεμόμετρο. Αυτά είναι συνδεδεμένα μ' ένα υπολογιστή που παίρνει και επεξεργάζεται τις μετρήσεις. Μια πρώτη σειρά από πειραματικές τιμές που έχουμε πάρει, βρίσκονται σε συμφωνία με τις αντίστοιχες θεωρητικές που υπολογίζονται από την προσομοίωση.

ΔΕΣΣΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Παθητική ηλιακή κατοικία, θερμικό μοντέλο, μέθοδος πεπερασμένων διαφορών, προσομοίωση, ηλιακό θερμικό κέρδος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δύγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που έχει δημιουργηθεί για τις ηλιακές εφαρμογές και προκειμένου να βρεθούν οι επιδόσεις των ηλιακών αυτών συστημάτων και οι επιδράσεις διαφόρων παραμέτρων σ' αυτές τις επιδόσεις, έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται διάφοροι μέθοδοι προσομοίωσης.

Αυτές μπορούν να διακριθούν γενικά, ανάλογα με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνουν, τον απαιτούμενο χρόνο υπολογισμού και το είδος των αναγκαίων αλιματολογικών δεδομένων (μηνιαία, ωριαία ή λ.π.).

Στο μαθηματικό μοντέλο που αναπτύξαμε χρησιμοποιούμε τη μέθοδο πεπερασμένων διαφορών για τη λύση της διαφορικής εξίσωσης της αγωγής. Το μοντέλο αυτό περιγράφεται από ένα υποπρόγραμμα που εκτελείται από ένα κύριο πρόγραμμα (1). Στο μοντέλο αυτό λαμβάνονται υπόψη, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ηλιακή ακτινοβολία, η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από τον ουρανό και το περιβάλλον, η ταχύτητα του ανέμου, οι θερμοψυκικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής του οικίσκου, ο προσανατολισμός καθε εξωτερικής του επιφάνειας καθώς επίσης και η θερμική του αδράνεια. Μια σειρά από πειραματικές μετρήσεις λαμβάνονται κάθε πρώτο λεπτό με τη βοήθεια ενός υπολογιστού στον οποίο έχει γραφεί ένα ανάλογο πρόγραμμα.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Ενεργειακό Ισοζύγιο

Για την μαθηματική περιγραφή της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς του οικίσκου έχουν γίνει ωρισμένες υποθέσεις. Οι κυριώτερες απ' αυτές είναι ότι:

- η μετάδοση θερμότητος είναι μονοδιάστατη.
 - το υλικό κάθε επιφάνειας θεωρείται ότι είναι ομογε - νές, ισότροπο και οι θερμικές ιδιότητές του είναι α - νεξάρτητες της θερμοκρασίας.
 - ο αέρας μέσα στον οικίσκο έχει υποτεθεί να είναι πλήρως αναμειγμένος οπότε μπορούμε να θεωρούμε μια ενιαία εσωτερική θερμοκρασία.
 - η διάχυτη ακτινοβολία του ουρανού είναι ισότροπος.
- Προκειμένου να υπολογισθεί το θερμικό ισοζύγιο του οι - κίσκου απαιτείται να βρεθεί η θερμοροή που οφείλεται:
- στην αγωγή - μεταφορά από τοίχους, οροφή, δάπεδο και παράθυρα, \dot{Q}_{COND}
 - στην ηλιακή ακτινοβολία δια μέσου των παραθύρων, \dot{Q}_{SHG}
 - στις ανανεώσεις του αέρα, \dot{Q}_{INF} και τέλος
 - στις εσωτερικές πηγές θερμότητος \dot{Q}_{INT}

Κατόπιν αυτού το ενεργειακό ισοζύγιο του οικίσκου μπο - ρεί να γραφεί ως:

$$\sum_i (M C_p)_i \cdot \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_{COND} + \dot{Q}_{SHG} + \dot{Q}_{INF} + \dot{Q}_{INT} \quad (1)$$

όπου:

$$\sum_i (M C_p)_i \text{ είναι το άθροισμα της θερμικής αδράνειας δλων των στοιχείων από τα οποία αποτελείται ο οικίσκος.}$$

Απ' την παραπάνω εξίσωση υπολογίζεται σε κάθε χρονικό βήμα η επικρατούσα εσωτερική θερμοκρασία.

Αγωγή Θερμότητος

Η βασική εξίσωση της μονοδιάστατης μετάδοσης θερμότη - τος με αγωγή έχει την μορφή:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \quad (2)$$

όπου:

- $T(x,t)$: θερμοκρασιακή κατανομή στο υλικό ($^{\circ}\text{C}$)
- x : θέση στο υλικό (m)
- t : χρόνος (s)
- α : θερμική διαχυτότητα του ύλικου (m^2/s)

Η εξίσωση αυτή λύνεται με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, Adams and Rogers (2). Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο η παραπάνω εξίσωση παίρνει τη μορφή

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \frac{\alpha \cdot \Delta t}{(\Delta x)^2} \cdot \left[T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n \right] \quad (3)$$

όπου T_i^{n+1} είναι η νέα θερμοκρασία στον κόμβο $n+1$ έπει - τα από ένα χρονικό διάστημα Δt . Έτσι η αύξηση $n+1$ αναφέρεται σε μια χρονική αύξηση Δt , ενώ η αύξηση $i+1$ αναφέρεται

σε μια χωρική αύξηση Δx. Κατόπιν αυτών οι εκθέτες στο δε - Ειδούμενος αυτής της εξίσωσης δείχνουν ότι οι αντίστοιχες θερμοκρασίες υπολογίζονται κατά την ίδια χρονική στιγμή.

Το μέγεθος $\alpha \cdot \Delta t / (\Delta x)^2$ είναι ο αριθμός Fourier ο οποίος πρέπει να είναι < 0.5

Στις οριακές συνθήκες για την λύση της εξίσωσης (2) έχουν ληφθεί υπόψη όχι μόνον η μετάδοση θερμότητος με μεταφορά και ακτινοβολία αλλά και η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτές μπορούν να γραφούν ως εξής:

$$-\lambda \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=0} = h_i(T_i - T_{(0,t)}) \quad (4)$$

$$-\lambda \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=L} = h_e(T_{(L,t)} - T_e) + \epsilon \Delta R - \alpha I \quad (5)$$

όπου:

h_i : εσωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητος

h_e : εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητος

T_i : εσωτερική θερμοκρασία

T_e : εξωτερική θερμοκρασία

λ : συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

ϵ : συντελεστής ημισφαιρικής εκπομπής

α : συντελεστής απορρόφησης της εξωτερικής επιφ. για την ηλιακή ακτινοβολία

I : ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια

ΔR : διαφορά μεταξύ ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που δέχεται η επιφάνεια απ' τον ουρανό και το γύρω περιβάλλον και της εκπεμπής ακτινοβολίας από ένα μέλαν σώμα στην εξωτερική θερμοκρασία

Για ιδιότητες επιφάνειες που δέχονται ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από το έδαφος και τα γύρω ατίρια ιαθώς και από τον ουρανό είναι δύσκολο να προσδιορισθεί με ακρίβεια η τιμή της διαφοράς ΔR .

Ηλιακή ακτινοβολία

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια ιαθεί τοίχου χρησιμοποιείται η πειραματικά μετρηθείσα ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, σε συνδυασμό με την ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας που υπολογίζεται μέσα αλγόριθμο δόμοιο μέκενο που προτείνει ο Duffie and Beckman (3).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Προκειμένου να γίνουν οι πειραματικές μετρήσεις τοποθετηθήκαν ωρισμένα θερμοστοιχεία, ακτινόμετρα και ένα ανεμόμετρο. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και ωρισμένα θερμοροδόμετρα για την μέτρηση της θερμοροής από τους τοίχους.

Τα θερμοστοιχεία που είναι τύπου Copper - Constantan τοποθετήθηκαν στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες του οικίσκου ενώ ένα άλλο τοποθετήθηκε σ' ένα μετεωρολογικό αλωβό, που βρίσκεται δίπλα στον οικίσκο, για την μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας.

Τα ακτινόμετρα που χρησιμοποιούνται είναι Kipp and Zonen και έχουν τοποθετηθεί στην οροφή στο νότιο και ανατολικό τοίχο.

Βάσει ενός προγράμματος (BASIC) που έχουμε γράψει ένας μικροϋπολογιστής (H.P. 85) μαζί μένα βολτόμετρο και scanner πάίρνει μετρήσεις της ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και ανέμου κάθε πρώτο λεπτό τις επεξεργάζεται και τυπώνει τις αντίστοιχες τιμές τους.

Οι ανανεώσιμες του αέρα υπολογίσθηκαν πειραματικά χροσιμοποιώντας τη τεχνική μετρησης της μεταβολής της πυκνότητος αερίου. Έτσι μετρώντας τις θερμοκρασιακές μεταβολές εσωτερικού-εξωτερικού αέρα έχουμε πάρει δείγματα του εσωτερικού αέρα που έχει προαναμιχθεί με ειδικό αέριο (SF_6).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι πρώτες πειραματικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για μια μικρή χρονική περίοδο. Σ'αυτή τη περίοδο η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται ελεύθερα επειδή κανένας έλεγχος δεν έχει προς το παρόν πραγματοποιηθεί προκειμένου να την διατηρεί σε μια επιθυμητή τιμή.

Η μεταβολή των πειραματικών και θεωρητικών τιμών της εσωτερικής θερμοκρασίας για ωρισμένες ημέρες παρουσιάζεται στα σχήματα 1 και 2.

Απ'τα σχήματα αυτά παρατηρούμε γενικά μια καλή σύμπτωση των θερμοκρασιών. Οι διαφορές που εμφανίζονται οφείλονται κυρίως στο ότι αφ'ενός μεν η υπολογισμένη τιμή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στους τοίχους είναι λίγο μεγαλύτερη απ'την πειραματικά μετρούμενη αφετέρου δε ότι η κατασκευή των τοίχων είναι ανομοιογενής.

Έτσι λόγω της ανομοιογένειας των τοίχων η θερμοροή δεν είναι παντού η διαφορά. Από πειραματικές μετρήσεις που έχουμε κάνει χρησιμοποιώντας θερμορούμετρα έχουμε βρει ότι για μια μέση θερμοκρασιακή διαφορά 22°C η θερμοροή στις ενώσεις των τμημάτων απ'τα οποία αποτελείται κάθε τοίχος είναι $0.9 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, στον κανονικό τοίχο είναι $0.28 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ενώ στο νότιο τοίχο ποικίλει με $0.7 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ για το ξύλινο τμήμα, $1.5 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ για το άνω τμήμα μέσα στο οποίο βρίσκεται μαζεμένο το πλαστικό ρολό του παραθύρου και $2 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ για τον σκελετό του παραθύρου που είναι από αλουμίνιο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προτεινόμενη προσομοίωση δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα ιδίως όταν εφαρμοσθεί σε παθητικούς πειραματικούς οικίσκους με ομογενείς τοίχους.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στους τέσσερεις κάθετους τοίχους δίνει λίγο υπερεκτιμημένες τιμές.

Η μέτρηση της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε τοίχο και η χρησιμοποίηση των τιμών αυτών στην προσομοίωση θάναι η καλύτερη λύση.

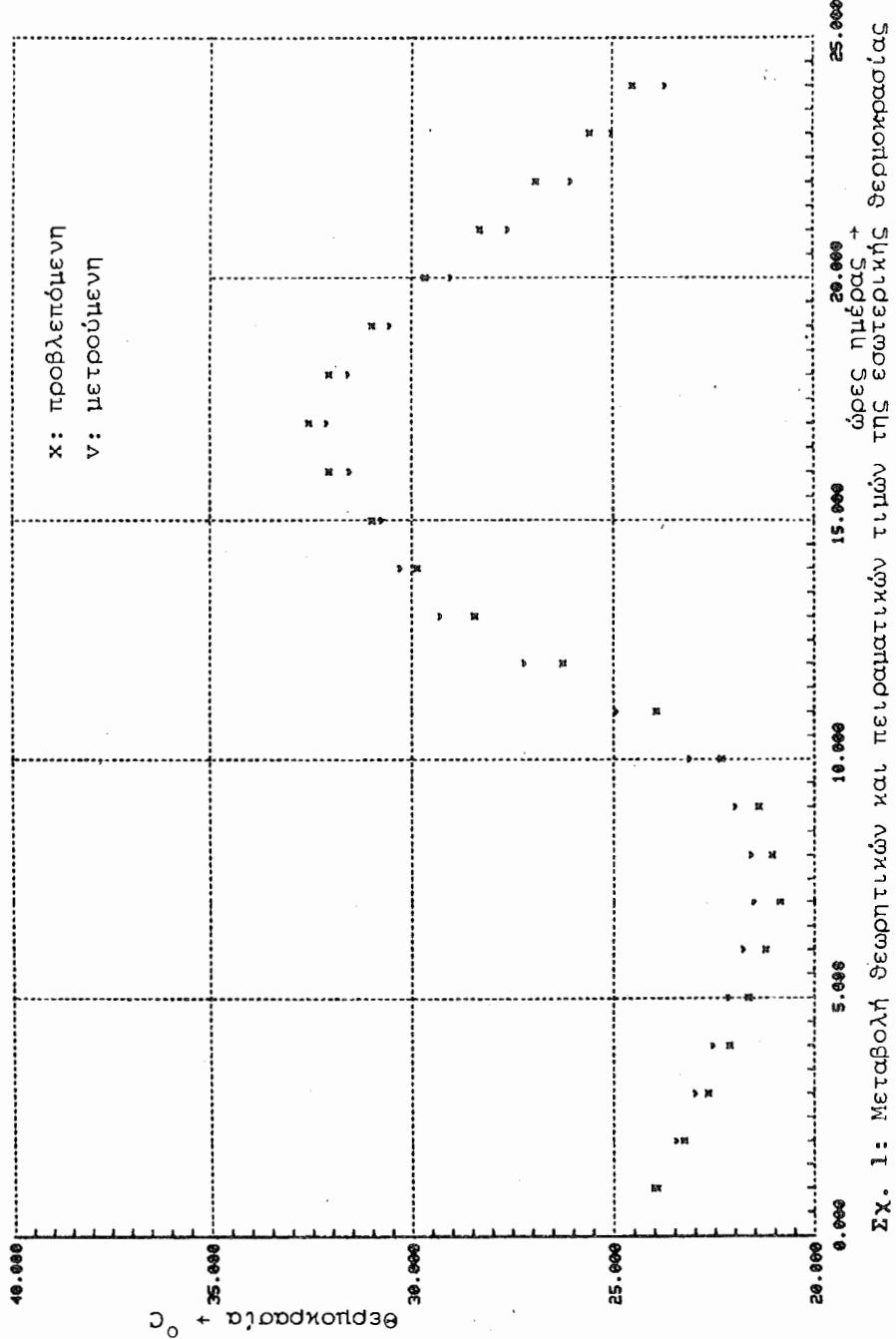
Μια πολύ μεγαλύτερη σειρά από πειραματικές μετρήσεις απαιτείται προκειμένου να εξετασθεί η δυναμική θερμική συμπεριφορά σε διαφορετικές εποχές του έτους.

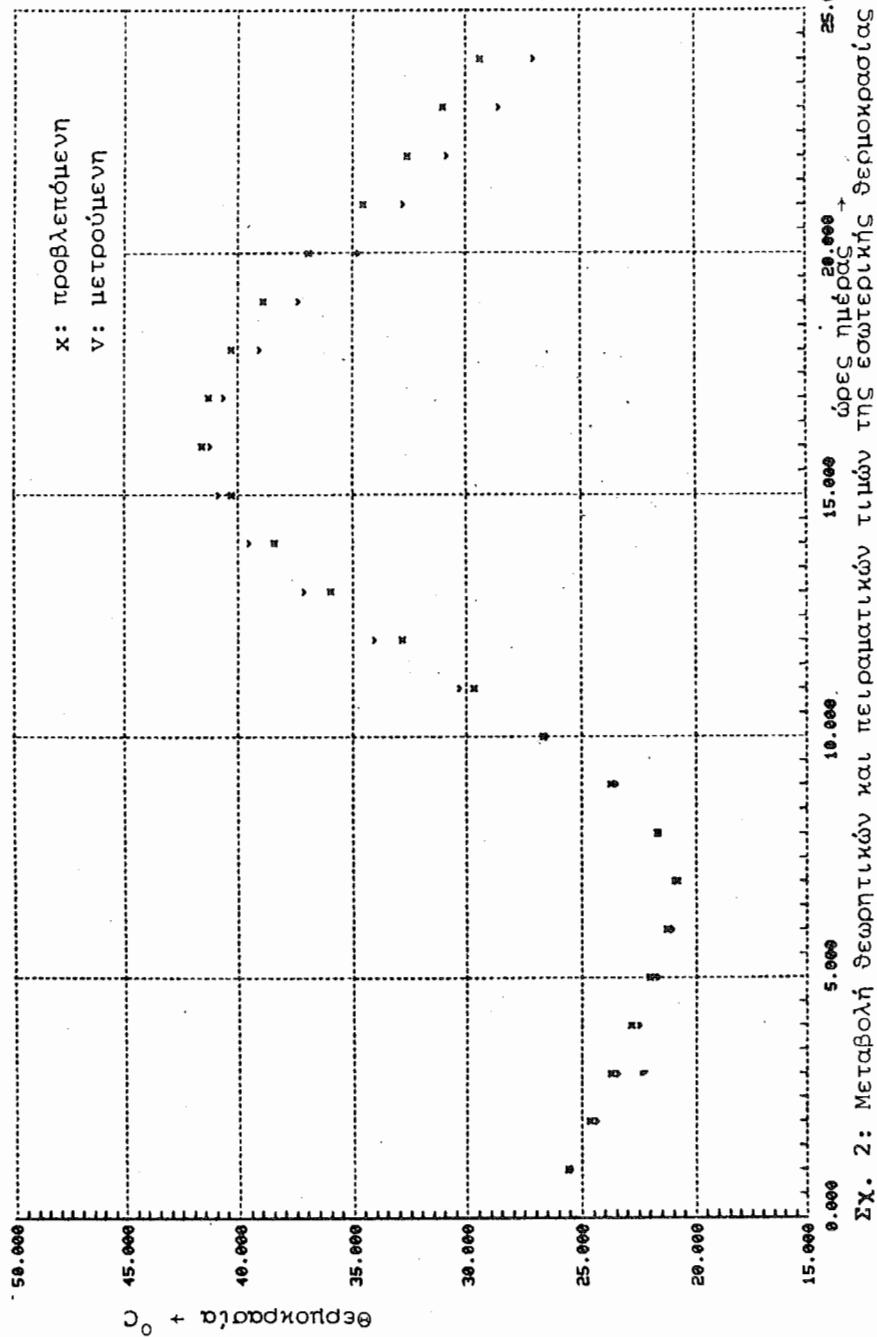
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A transient simulation program. (1981). Report 38-11, Solar energy Laboratory, University of Wisconsin Madison.

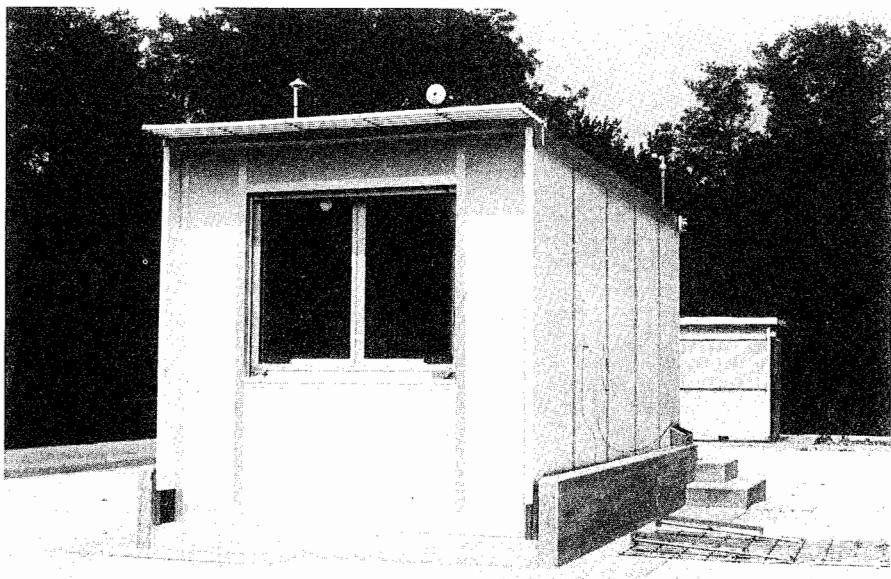
HEP-29

2. J.A. Adams and D.F. Rogers. (1973). Computer - Aided heat transfer analysis. Mc Graw-Hill Inc.
3. J.A. Duffie and W.A. Beckman. (1980). Solar engineering of thermal processes, ed. Willey, New York.

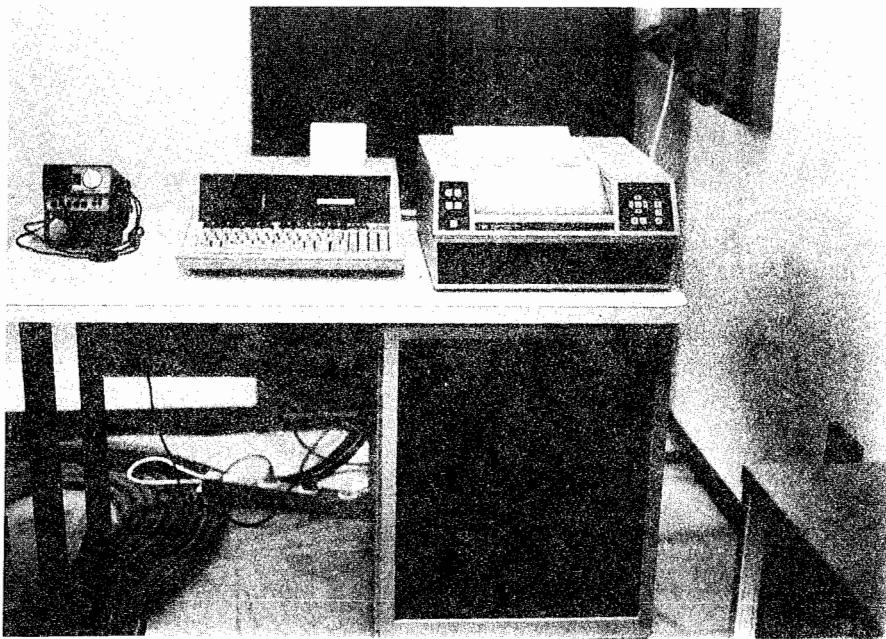




Σχ. 2: Μεταβολή Θεριονάπαλα και πειραιωτικών τιμών της εσωτερικής θεριονάπαλας



Σχ.3 Ο πειραιατικός ηλιακός οικίσκος.



Σχ.4 Σύστημα υπολογιστού για λήψη και επεξεργασία μετρήσεων.

ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑ
ΧΑΝΙΑ

Γιάννης Καλλιγέρης, Αρχιτέκτονας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η μελέτη στηρίζεται στη χρησιμοποίηση διαφόρων παθητικών ηλιακών συστημάτων σε συνδυασμό μεταξύ των για την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των αναγκών σε θέρμανση και δροσισμό μιάς τριόροφης μονοκατοικίας στην πόλη των Χανίων. Τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι: α.άμεσου κέρδους β. ηλιακός τοίχος (trombe) γ. Rock-bed δ. αεροσυλλέκτης ε. ανακλαστήρες.

ΑΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Άμεσο κέρδος, Τοίχος Trombe, Rock-bed, Αεροσυλλέκτης, Ανακλαστήρας, Παθητική αποθήκη θερμότητας-ψύχους, θερμομόνωση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Σκοπός της κατασκευής είναι η εφαρμογή διάφορων παθητικών ηλιακών συστημάτων χωρίς την χρησιμοποίηση εξειδικευμένων τεχνιτών και η αξιολόγηση αυτών των συστημάτων σε συνδυασμό μεταξύ των.

Αξιοποιώντας τις καλές κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής έγινε προσπάθεια κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε θέρμανση και δροσισμό του κτιρίου κοντά στο 100% και την διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου όλη την διάρκεια του χρόνου χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Το κτίριο βρίσκεται σε επίπεδο οικόπεδο και δεν σκιάζεται από άλλα κτίρια. Αποτελείται από 5 επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο εδράζεται στο έδαφος και χρησιμεύει σαν χώρος garage-πλυντήριο-αίθουσα παιχνιδιών και αποθήκη. Το δεύτερο επίπεδο είναι υπερυψωμένο 1,5 μ. από το έδαφος και περιλαμβάνει το γραφείο, τον ξενώνα και λουτρό. Το τρίτο επίπεδο βρίσκεται πάνω από το πρώτο και περιλαμβάνει το σαλόνι-καθιστικό-τραπεζαρία και κουζίνα. Το τέταρτο επίπεδο βρίσκεται πάνω από το δεύτερο και περιλαμβάνει τα υπνοδωμάτια των παιδιών και λουτρό. Το πέμπτο επίπεδο βρίσκεται πάνω από το τρίτο και περιλαμβάνει το δωμάτιο των γονιών και λουτρό. Η νότια όψη του δεύτερου και τέταρτου επιπέδου αποκλίνει από τον νότο 15° ανατολικά. Το συνολικό εμβαδό της κατοικίας (χωρίς το πρώτο επίπεδο) είναι 248 τ.μ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Θερμομόνωση:

Όλες οι μονώσεις έγιναν με εξηλασμένη πολυυστυρόλη. Το δάπεδο του τρίτου επιπέδου μονώθηκε με 3 εκ. Τα τοίχεία που περικλείουν το Rock-bed (κάτω από το δεύτερο επίπεδο) μονώθηκαν με 3 εκ. Η εξωτερική τοιχοποιία κατασκευάστηκε από μπατική οπτοπλινθοδομή. Όλες οι κάθετες εξωτερικές επιφάνειες μονώθηκαν εξωτερικά με 5 εκ. μόνωση που προστατεύεται από μια δρομική οπτοπλινθοδομή που τοποθετήθηκε σε απόσταση 5 εκ. από την μόνωση. Η οροφή μονώθηκε με 5 εκ.

Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου κατασκευάστηκαν από ξύλο, διπλό υαλοπίνακα και έχουν εσωτερικά θερμομονωτικά πατζούρια.

Άμεσο κέρδος:

Όλα τα δωμάτια έχουν νότια ανοίγματα. Το σαλόνι φωτίζεται από νότιους φωταγωγούς και το νοτιοδυτικό πορτοπαράθυρο.

Ανακλαστήρες:

Για την αύξηση της ροής της ηλιακής ακτινοβολίας προς το σαλόνι που έχει σχετικά μικρά νότια ανοίγματα, τοποθετούνται κάτω από τους φεγγίτες κινητοί ανακλαστήρες από φύλλο "Mylar".

Τοίχοι Trombe:

Κατασκευάστηκαν από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25 εκ. και θα χρωματιστούν με τσιμεντόχρωμα. Η διαφανή επικάλυψη θα είναι από πολυανθρακικό φύλο πάχους 8 χιλιοστών. Όλοι οι τοίχοι έχουν θυρίδες και κινητές περσίδες για τον έλεγχο της κυκλοφορίας του αέρα. Την καλοκαιρινή περίοδο ανοίγει το πάνω μέρος της διαφανούς

επικάλυψης για την απόρριψη του ζεστού αέρα στο περιβάλλον.

Αεροσυλλέκτης:

Αποτελείται από φύλλο αλουμινίου τραπεζιοειδούς διατομής. Η διαφανής επικάλυψη είναι από πολυανθρακικό φύλλο. Ο αέρας κινείται με φυσική κυκλοφορία μεταξύ της μόνωσης και του φύλλου αλουμινίου.

Rock-bed

Βρίσκεται κάτω από το δάπεδο του δεύτερου επιπέδου και έχει όγκο 1,5 κ.μ. Αποτελείται από ποταμοχάλικο και έχουν δημιουργηθεί κανάλια κυκλοφορίας του αέρα. Στην νότια και βόρεια πλευρά του υπάρχουν πάνω και κάτω θυρίδες που ανοίγουν ή κλείνουν εποχιακά.

Το Rock-bed θερμαίνεται από ένα θερμοκήπιο που βρίσκεται στην νότια πλευρά του. Η επικάλυψη του θερμοκηπίου είναι από πολυανθρακικό φύλλο πάχους 8 χιλιοστά, έχει κλίση 60° και μπορεί να ανοίγει.

Σκίαση:

Τα ανοίγματα και οι τοίχοι Trombe προστατεύονται από την ηλιακή ακτινοβολία την περίοδο του καλοκαιριού. Γι αυτό το λόγο έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα οι εξώστες και τα Erker του κτιρίου και θα τοποθετηθούν σταθερές περσίδες πάνω από τα ανοίγματα του τρίτου και πέμπτου επιπέδου.

Δροσισμός:

Όλοι οι χώροι του κτιρίου έχουν βόρεια ρυθμιζόμενα ανοίγματα.

ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ:

Αποτελείται από ένα θερμοδυναμικό τζάκι ανοικτής-κλειστής εστίας που τοποθετήθηκε στο κέντρο του τρίτου επιπέδου. Το τζάκι τροφοδοτεί με ζεστό αέρα και το υποδωμάτιο των γονέων. Ηλεκτρικά σώματα υπάρχουν καὶ σε όλα τα λουτρά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Για τον υπολογισμό του θερμικού κέρδους χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος UNITILIZABILITY. Στα αποτελέσματα που φαίνονται στον πίνακα 2 δεν υπολογίστηκε η συνεισφορά του συστήματος Rock-bed και των ανακλαστήρων, επειδή ο υπολογισμός του θερμικού κέρδους από αυτά δεν συμπεριλαμβάνεται στην παραπάνω μέθοδο. Θεωρώντας το σύστημα Rock-bed σαν ένα θερμοκήπιο και υπολογίζοντας την προσαύξηση της ηλιακής ροής από τους ανακλαστήρες σε σταθερή θέση φαίνεται ότι το κτίριο είναι αυτοδύναμο ενεργειακά για

τις ανάγκες του σε θέρμανση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Από τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνεται ότι τα Η.Π.Σ. στον χώρο της Κρήτης μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες μιάς κατοικίας σε θέρμανση. Ο περιορισμός της επιφάνειας του περιβλήματος του κτιρίου σε σχέση με τον όγκο του και η προσεκτική θερμομόνωση επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα και δίδουν την δυνατότητα μόνωσης των γυάλινων επιφανειών με σημαντικό οικονομικό όφελος. Το σύστημα Rock-bed στο συγκεκριμένο κτίριο ήταν πολυδάπανο και αρκετά δύσκολο στην κατασκευή του σε σχέση με τα άλλα Π.Η.Σ. χωρίς να δικαιολογεί τε κόστος του η συμμετοχή του στο ενεργειακό κέρδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. W.A. Monsen, S.A.Klein.W.A.Beckman: "prediction of direct gain solar heating system performance" solar Energy 27,2,143,2.(1982).
- 2.J.Cook: "Rock bed design and constriction for heating and cooling " Second international PLEA conference:361 (1983).
- 3.E.Mazria: "The passive Solar Energy Book" (1980).

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (μ^2)

ΝΟΤΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ	12.9
ΝΟΤΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ 15° A	11.8
ΝΟΤΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ 30° A	3.2
ΤΟΙΧΟΙ ΤΡΟΜΒΕ ΝΟΤΙΟΙ	12.2
ΤΟΙΧΟΙ ΤΡΟΜΒΕ ΝΟΤΙΟΙ 15° A	9.1
ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ	1.8
ΑΕΡΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	3.4
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ (ROCK-BED)	9.0

ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ 500 W/C°

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 18°C

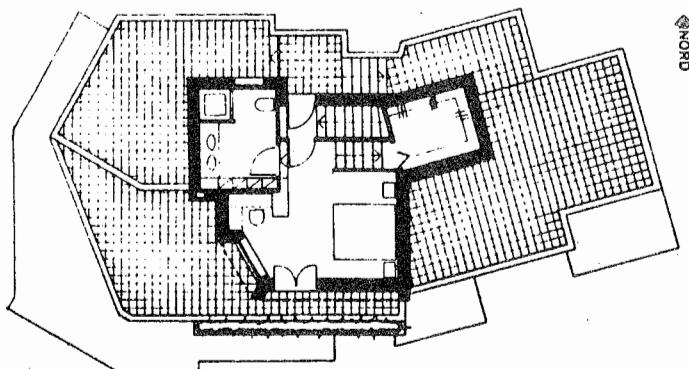
ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 24°C

ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 34.7MJ

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2ΑΠΟΔΟΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

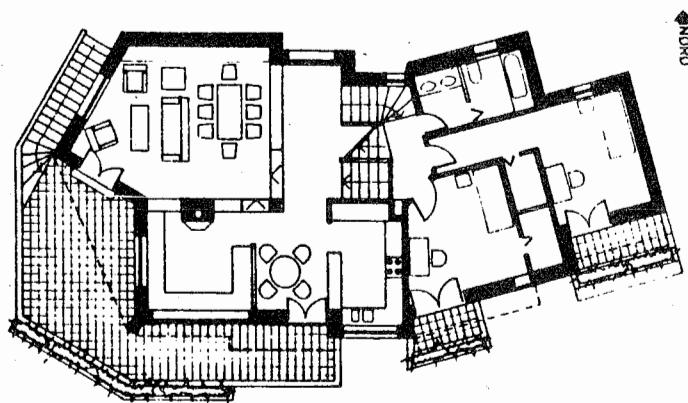
MΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (GJ/ΜΗΝΑ)	ΤΟΙΧΟΙ TROMBE (GJ/ΜΗΝΑ)	ΑΕΡΟΣΥΛΜΕΚΤΗΣ (GJ/ΜΗΝΑ)	ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ GJ/ΜΗΝΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΛΥΨΗΣ GJ/ΜΗΝΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗ %
I	8.92	1.2	0.18	6.14	7.52	84.3
Φ	7.49	1.18	0.17	6.06	7.42	99.0
Μ	7.00	1.03	0.20	5.46	7.00	-
Α	3.21	1.18	0.20	1.82	3.21	-
Ο	0.53	0.53	-	-	0.53	-
Ν	3.12	1.43	0.21	1.47	3.12	-
Δ	6.82	1.18	0.17	5.47	6.82	-
ΕΤΗΣΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ	37.10			35.6	96.0	

ΗΕΠ-39



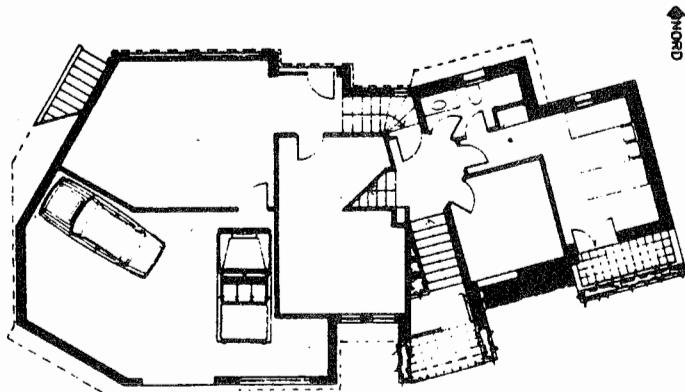
ΚΑΤΟΨΗ ΕΠΤΙΠΠΕΔΟΥ 5

0 1 2 3 4 5



ΚΑΤΟΨΗ ΕΠΤΙΠΠΕΔΩΝ 3-4

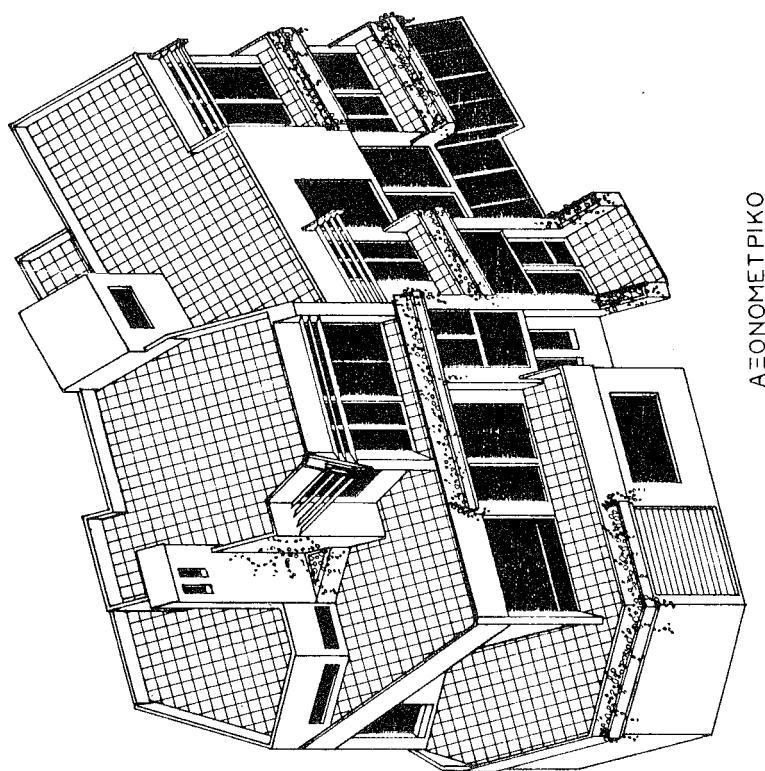
0 1 2 3 4 5



ΚΑΤΟΨΗ ΕΠΤΙΠΠΕΔΩΝ 1-2

0 1 2 3 4 5

НЕП-40



AEONOMET PIKO

ΠΑΙΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΤΟ ΧΟΛΑΡΓΟ Α.Τ.Π.Σ.Υ.Τ.Ε.

Αλέξανδρος Ν. Τομπάζης, αρχιτέκτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Πρόκειται περί Παιδικού Σταθμού στο Χολαργό με πέντε μονάδες για 340 παιδιά στον σχεδιασμό του οποίου έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα παθητικά συστήματα όπως αμέσων προσόδων, τοίχοι Trombe και θερμοσιφωνικά πανέλλα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

ανεξάρτητες μονάδες παιδιών, κεντρική αυλή, οκταγωνική κάτοψη, αλίμανα παιδιού, ηυξημένες μονάσεις, άμεσοι πρόσοδοι, τοίχοι Trombe, θερμοσιφωνικά πανέλλα, φεγγίτες οροφής, αποδόσεις, δαπεδοθέρμανση.

ΚΕΙΜΕΝΟ:

Ο σταθμός θα εξυπηρετήσει περίπου 340 παιδιά ηλικίας από 3 μηνών μέχρι 5,5 ετών των υπαλλήλων της Τράπεζας της Ελλάδος.

Το οικόπεδο βρίσκεται στο Χολαργό, έχει έκταση περίπου 22.000m² με μικρή αλίση προς τον βορρά και ενώ έχει πρόσωπο επί της λεωφόρου Μεσογείων έχει είσοδο από παράλληλο δρόμο από τον βορρά.

Ο σταθμός είναι μονόροφος (εκτός από περιωρισμένο υπόγειο) και αποτελείται από 6 ανεξάρτητες μονάδες που αναπτύσσονται γύρω από την ανοικτή προς νότο κεντρική αυλή και συνδέονται όλες με ανοικτό σκεπαστό διάδρομο που περιβάλλει τις μονάδες από την εξωτερική τους πλευρά. Από τον κεντρικό υπόστεγο χώρο που βρίσκεται στην αρχή του συγκροτήματος και κλείνεται από τον βορρά έχει κανείς άμεση προσπέλαση προς την μονάδα διοίκησης και τον βρεφικό σταθμό για 36 βρέφη "ηλικίας 3 μηνών μέχρι 2,5 ετών". Οι τέσσερεις μονάδες των 72 νηπίων 2,5-5,5 ετών τοποθετούνται δύο προς την ανατολική και δύο προς την δυτική πλευρά της κεντρικής αυλής. Ο λόγος για την ανάπτυξη του σταθμού σε ανεξάρτητες μονάδες - η κάθε μία και με ανεξάρτητο υπαίθριο χώρο - είναι για να δημιουργήσει μιά σωστότερη αλίμανα χώρου και οργάνωση λειτουργίας δεδομένου τον μεγάλο αριθμό παιδιών τόσο

μικρής ηλικίας. Έτσι κάθε μονάδα είναι αυτοτελής, αυτοδιοικείται και εξαρτάται από την κεντρική μονάδα διοίκησης μόνο για θέματα κεντρικής διοίκησης - συντονισμού, την χρήση της αίθουσας πολλαπλής χρήσης 150 ατόμων, την τροφοδοσία (που γίνεται από την κεντρική κουζίνα με τροχήλατα αμαξίδια) το πλυντήριο και τις κεντρικές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Η ιδέα της ιεράρχισης και κατανομής του χώρου σε μικρότερες ενότητες στην αλίμανα του μικρού παιδιού επεκτείνεται και μέσα στην μονάδα των 72· νηπίων όπου προβλέπονται 3 τάξεις των 24 παιδιών η κάθε μία πλήρης με την είσοδο της όπου βρίσκονται τα παλτά, τους χώρους υγιεινής και μια αποθήκη υλικού. Το παιχνίδι, το μάθημα, ο λίγος ύπνος που προβλέπεται για όσα παιδιά το επιθυμούν αλλά και το φαγητό γίνεται για λόγους παιδαγωγικούς μέσα στην ίδια την τάξη. Έτσι τα παιδιά "ανήκουν κάπου", ο χώρος τους είναι οικείος. Η έννοια αυτή εκτείνεται με την οργάνωση του χώρου της τάξης που είναι οκταγωνική σε κάτοψη και καλύπτεται με ξύλινη στέγη με φεγγίτη στη μέση. Η επίπλωση είναι ιινητή ευέλικτη και δημιουργεί γωνίες για τις διάφορες δραστηριότητες των παιδιών όπως παραμύθι, βιβλιοθήκη, σπίτι, νοσοκομείο, μουσική, ζωγραφική, νερό, άμμο, επιτραπέζια παιγνίδια, έιδικου ενδιαφέροντος εκθέσεις αλπ.

Κάθε μονάδα συμπληρώνεται με ένα ακόμη οκτάγωνο κοινής χρήσης για μεγάλα παιγνίδια χώρο υποδοχής - καθιστικό γονέων και τους απαραίτητους χώρους προσωπικού.

Κάθε μονάδα έχει την δική της αυλή (χωριστό τμήμα της γενικώτερης αυλής) όπου προβλέπεται χώρος τρεξίματος, ένα σύμπλεγμα σκαρφαλώματος τσουλήθρας - κούνιας, υπόστεγη γωνιά, άμμος, νερό, αποθήκη υλικού, χώρος με χώμα για τα παιδιά και τέλος γωνιά φυτεμμένη. Κάθε αυλή έχει την εξώπορτά της που οδηγεί από το κεντρικό μονοπάτι στο κοινόχρηστο τμήμα της αυλής με τα μεγαλύτερα παιχνίδια, ένα μικρό θέατρο, ένα κουκλόσπιτο και αλουβιά ζώων.

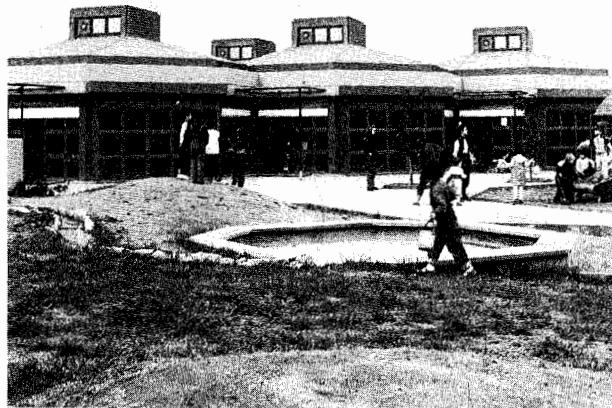
Κάθε μονάδα χαρακτηρίζεται από ένα ζώο και κάθε τάξη από ένα χρώμα. Έτσι ο συνδυασμός των διαφόρων σχημάτων και χρωμάτων μαζί με την χρήση βελών και αριθμών σε μεγάλο μέγεθος στους τοίχους οδηγεί τα παιδιά μεταξύ μονάδων και τάξεων.

Τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι η λευκή ξυλεία κυρίως στις στέγες των τάξεων, το ανεπίχρηστο σκυρόδεμα, το λευκό διακοσμητικό τούβλο για τους εξωτερικούς τοίχους, τα ζωηρά πράσινα μεταλλικά κουφώματα, ο άσπρος σοβάς στους τοίχους όπου αυτοί δεν επενδύονται με φελλό σε φυσικό χρώμα, τα ζωηρά χρώματα στα εσωτερικά ξύλινα κουφώματα, μιά γκρίζα μοιέττα όπου δεν προβλέπεται πλαστικό δάπεδο, τα σιμεντένιοι κυβόλιθοι στους εξωτερικούς διαδρόμους και το πλαστικό κεραμιδί χρώματος δάπεδο των αυλών. Οι ξύλινες στέγες εξωτερικά επενδύονται με φύλλο χαλκού.

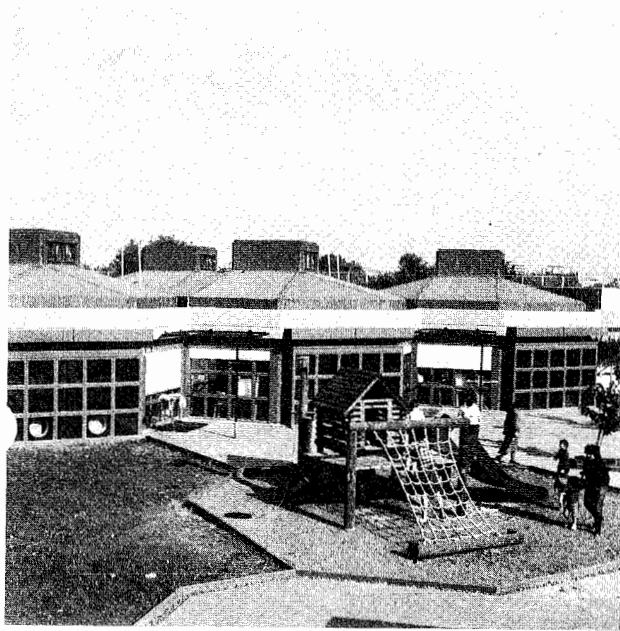
Από ενεργειακή άποψη έχει διθεί ιδιαίτερη μέριμνα στην εξοικονόμηση ενέργειας τόσο στις μονάδεις, τον σχεδιασμό και την παθητική χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας.



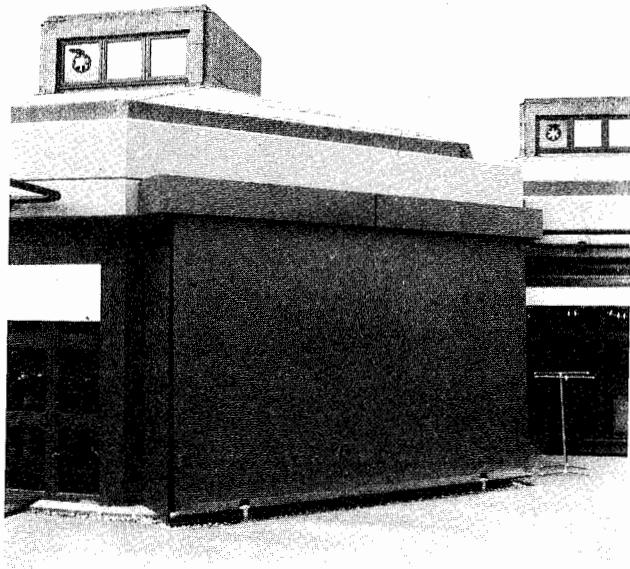
1. Γενική άποψη από τον αέρα



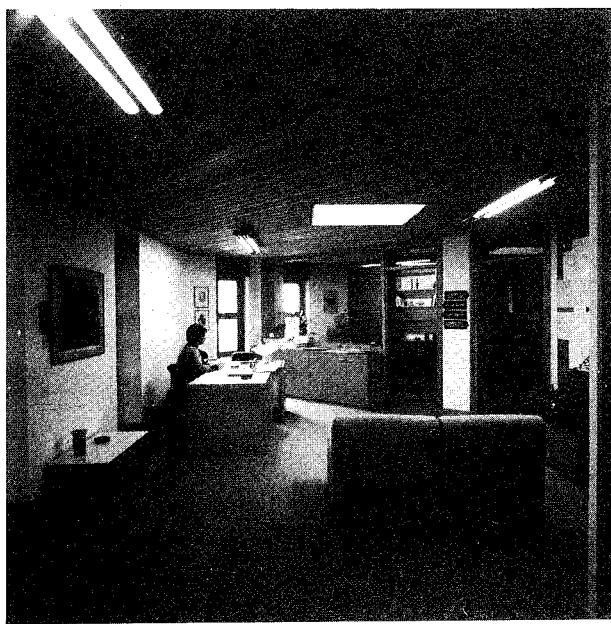
2. Άποψη τριών τάξεων με τοίχους Trombe και αμέσους προσόδους. Διακρίνονται οι φεγγίτες οροφής



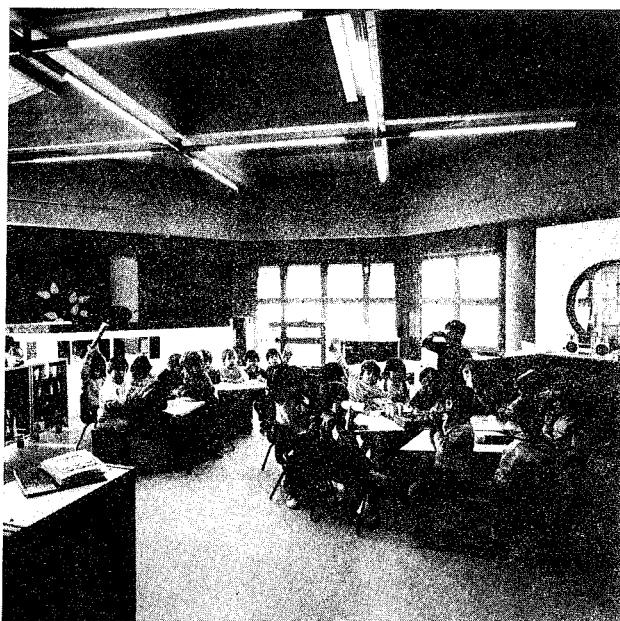
3. Μερική άποψη αυλής και τάξεων



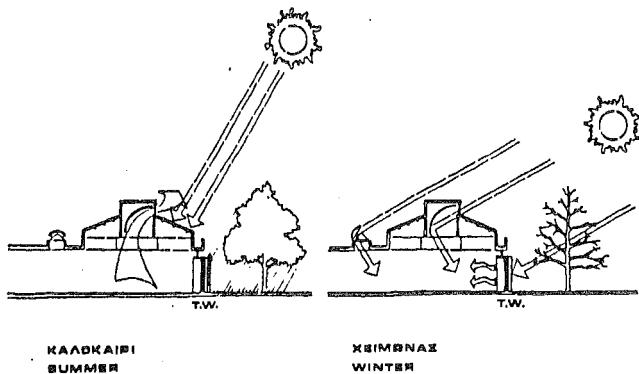
4. Τοίχος Trombe σκιασμένος με τέντα



5. Εσωτερική άποψη διοίκησης με φυσικό φωτισμό



6. Άποψη μιάς τυπικής τάξης



7. Σχηματική τομή στην τάξη

Από πλευράς μόνωσης έχουν προβλεφθεί:

- τοίχοι με $K = 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (6 εκ PU)
- διπλά παράθυρα $K = 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ με νυκτερινή μόνωση με μονωμένα ρολλά και εσωτερική ειδική κουρτίνα στους φεγγίτες
- στέγες $K = 0,22 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (8 εκ PU)
- δάπεδα και περιμετρική μόνωση με 5 εκ ειδικής πολυστερίνης

Οι υπολογισμοί έγιναν με 1,5 αλλαγές αέρα ανά ώρα.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που έχουν προβλεφθεί είναι:

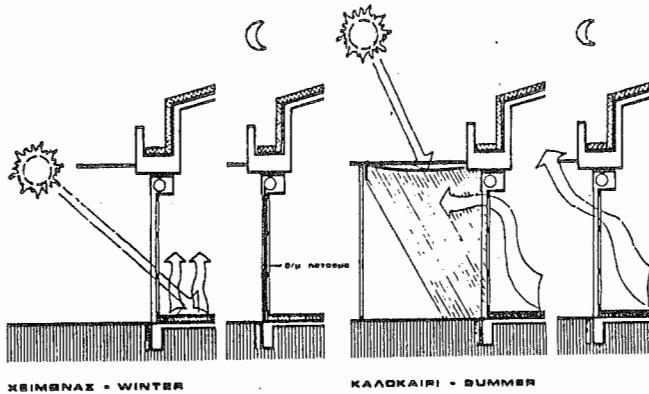
- νότια παράθυρα και φεγγίτες για άμεσους προσόδους (direct gains) με νυκτερινή μόνωση στις τάξεις και την αίθουσα πολλαπλής χρήσης. Σκιάζονται με τέντα ή ρολλό το καλοκαίρι.
- τοίχοι μάζας (Trombe walls) με ΝΔ προσανατολισμό και επιλεκτικές επιφάνειες στις τάξεις. Σκιάζονται με κατακόρυφη τέντα το καλοκαίρι.
- Θερμοσιφωνικά πανέλλα αέρος (T.A.P.) με ΝΑ και ΝΔ προσανατολισμό σε δύο ακραίες τάξεις.
- εσωτερικοί ανακλαστήρες στους φεγγίτες οροφής.

Οι υπολογισμένες αποδόσεις % (Solar Savings) είναι:

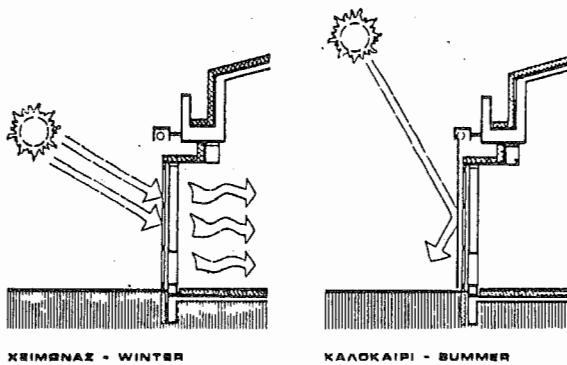
	TW	DG	TAP
Δεκ.	78	87	90
Ιαν.	50	55	62
Φεβρ.	56	65	70
Μαρτ.	87,5	93	95

Μετά από υπολογισμούς οι απαιτούμενες βαθμοημέρες θέρμανσης μειώνονται από 1187 σε 350 λόγω της συνεισφοράς σε εσωτερικούς προσόδους (internal gains) από τα 72 παιδιά ήάθε μονάδας οπότε η θερμοκρασία βάσης μειώνεται από 18°C σε 13°C (ιδέ σχετικό πίνακα).

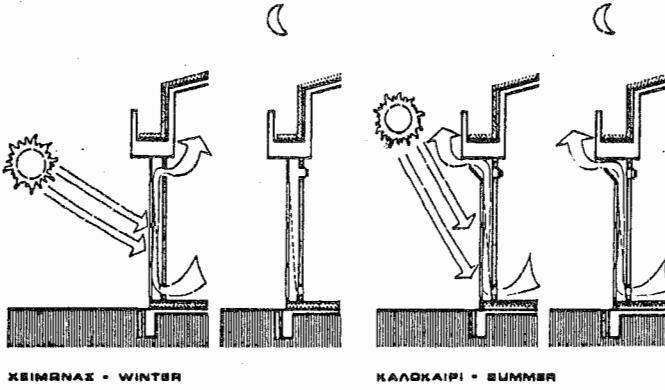
**AMERICAN PROSPECTIVE
DIRECT GAINS**



**TOIXDE TROMBE
MASS WALL**



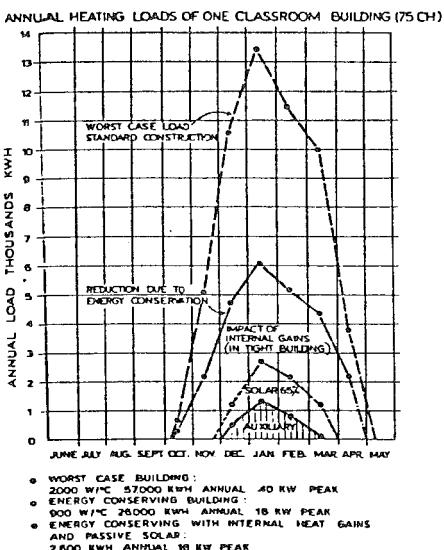
**ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΟ ΠΑΝΕΛΛΟ ΑΕΡΟΣ
THERMOVIRPHONING AIR PANEL**



8. Σχηματικές τομές διαφόρων συστημάτων

Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι για μιά τυπική μονάδα των 72 παιδιών τα φορτία αυμαίνονται ως εξής:

	ΕΤΗΣΙΟ ΦΟΡΤΙΟ KWH
- Ατίριο με τυπικές μονώσεις	57.000
- Ατίριο με ηυξημένες μονώσεις	26.000
- με παθητικά συστήματα και εσωτερικούς προσόδους	2.600



9. Υπολογισμός ηλιακής συνεισφοράς για τυπική τάξη

Η εφεδρική θέρμανση προβλέφθηκε με δαπεδοθέρμανση με νερό που θερμαίνεται από κεντρικό λέβητα πετρελαίου.

Λόγω του εκτεταμένου χώρου δεν προέκυψαν προβλήματα στον ηλιακό σχεδιασμό του ατιρίου από σκίαση από γειτονικά ατίρια. Η μεγάλη έκταση μόνο του ατιρίου σε κάλυψη, λόγω του γεγονότος ότι πρόκειμένου περί νηπιαγωγείου είναι προτιμότερο το ατίριο ν' αναπτυχθεί σε ισόγειο χρειάστηκε οι τοίχοι Trombe να έχουν NA και ND προσανατολισμό αντί νότιο.

Επειδή όλα τα ηλιακά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι παθητικά και έτσι αποτελούν μέρος του ατιρίου είναι δύσκολο να υπολογιστεί το επί πλέον κόστος του έργου. Πάντως στον βαθμό που υπάρχει, τούτο οφείλεται στην χρησιμοποίηση των τοίχων Trombe και στην ειδική μορφή των στεγών των τάξεων για να επιτευχθεί φυσικός φωτισμός από τον κεντρικό για να κάθε τάξη φεγγίτη οροφής.

Η κατασκευή του έργου έγινε με γενική εργολαβία από την ATEK A.E. Για όλα τα παθητικά συστήματα δόθηκαν σχέδια λεπτομερειών από την μελέτη όπως δόθηκαν άλλωστε για το σύνολο του ατιρίου. Η κατασκευή τους δεν παρουσίασε κανένα επί πλέον ιδιαίτερο πρόβλημα.

"ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΗΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ"

Ε. Στούρνα - Τριάντη, αρχιτέκτων¹, Μ. Σανταμούρης, φυσικός²,
Θ. Μέτοπης Δρ Η/Μ³, Μ.-Βαλληνδράς Η/Μ²

1. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα
2. Πανεπιστήμιο Πάτρας, Φυσικό Τμήμα, Πάτρα
3. Ενεργειακή Τεχνολογία Α.Ε., Αθήνα

ΠΕΡΙΔΙΗΝΗ: Η εργασία αυτή αναφέρεται στον σχεδιασμό ενός ενεργειακού συστήματος που συνδιάζει παθητικά ηλιακά συστήματα συλλογής και αποθήκευσης ενέργειας, σε ημερήσια και διεποχική βάση, για την κάλυψη μέρους των αναγκών σε θέρμανση και δροσισμό των νέων κτιρίων της Φιλοσοφικής σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Το πρόγραμμα, που προβλέπεται να κατασκευασθεί σαν "Πρόγραμμα επίδειξης" της Ε.Ο.Κ. στον τομέα της ηλιακής ενέργειας χρηματοδοτείται από την Ε.Ο.Κ. και το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΑΕΙΔΙΑ: Παθητικά ηλιακά συστήματα, αποθήκευση ενέργειας, ηλιακός ανασχεδιασμός κτιρίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η χρησιμοποίηση παθητικών ηλιακών συστημάτων σε συνδιασμό με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας έχει αποδειχθεί σαν μία από τις επιτυχέστερες μεθόδους μείωσης της εξάρτησης ενός κτιρίου από συμβατικά καύσιμα για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του. Επειδή όμως οι μέθοδοι αυτές έχουν μέχρι τώρα χρησιμοποιηθεί κύρια σε εφαρμογές μικρής κλίμακας (ιδιωτικής κατοικία) υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία από αντίστοιχες περιπτώσεις εφαρμογών μεγαλύτερης κλίμακας και ιδιαίτερα στο δημόσιο τομέα.

Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η χρησιμοποίηση συνδυασμού παθητικών ηλιακών συστημάτων και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε ημερήσια και εποχιακή βάση για την κάλυψη μέρους των αναγκών σε θέρμανση και δροσισμό του νέου κτιρίου της Φιλοσοφικής σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στη Δουρούτη.

I. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

α) Το κτίριο της Φιλοσοφικής σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων βρίσκεται στη φάση κατασκευής και περιέχει αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία και συναφείς εξυπηρετήσεις που είναι κατανεμημένα γύρω από ένα αίθριο (σχ. 1).

Η συνολική επιφάνεια του τμήματος της Φ.Σ. που αφορά το πρόγραμμα είναι 4.100 μ² περίπου σε τμήματα 2 ή 3 ορόφων ενώ η επιφάνεια του αιθρίου είναι περίπου 700 μ².

Η Η/Μ μελέτη του κτιρίου που έγινε πριν από την "ενεργειακή κρίση" προέβλεπε κλιματισμό του μεγαλύτερου ποσοστού των χώρων - κάτι που στη συνέχεια καταργήθηκε σαν αντιοικονομικό στη λειτουργία και συντήρηση του συστήματος, και αντικαταστάθηκε από "συμβατικό" σύστημα θέρμανσης.

β) Βασική αρχή του ηλιακού συστήματος είναι ο συνδυασμός παθητικών ηλιακών συστημάτων με πρωτότυπα συστήματα αποθήκευσης θερμότητας σε ημερήσια και διεποχική βάση.

γ) Το σύστημα αποτελείται από τα εξής μέρη:

1) **Σύστημα συλλογής** της ηλιακής ακτινοβολίας από συνδυασμό ενός ειδικά σχεδιασμένου ηλιακού θερμοκηπίου που καλύπτει το κεντρικό αίθριο και συστήματος αεροσυλλεκτών επιφανείας περίπου 20% αυτής του θερμοκηπίου.

2) **Σύστημα μεταφοράς** της θερμότητας με αεραγωγούς που θα μεταφέρουν την θερμότητα από το θερμοκήπιο προς τους χώρους αποθήκευσης και στην συνέχεια θα την διανέμουν στις αίθουσες που θα θερμαίνονται ή δροσίζονται με την ηλιακή ενέργεια. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι για τους κάθετους αεραγωγούς χρησιμοποιούνται τα κενά που είχαν ήδη κατασκευασθεί στο κτίριο και προορίζονται για το συμβατικό σύστημα κλιματισμού που καταργήθηκε.

3) **Σύστημα αποθήκευσης** της θερμότητας με :

α) αποθήκευση στο έδαφος κάτω από τα αίθρια για διεποχική χρήση και
 β) αποθήκευση με σύστημα "λανθάνουσας θερμότητας" (LATENT HEAT STORAGE MATRIX) για ημερήσια χρήση.

II. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αναλυτικότερα η λειτουργία του συστήματος είναι η παρακάτω:

1. Λειτουργία του συστήματος το καλοκαίρι (σχ. 2,4)

Ενώ τα διαφανή τμήματα του θερμοκηπίου ανοίγουν εξασφαλίζοντας

έτσι τον εξαερισμό του χώρου του αιθρίου, ο αέρας του κτιρίου διοχετεύεται στους αεραγωγούς όπου θερμαίνεται και στη συνέχεια προσθέται προς το έδαφος του αιθρίου όπου έχει τοποθετηθεί πλέγμα σωλήνων από P.V.C. σε βάθος 1,5 μ. περίπου κάτω από την επιφάνεια.

'Έτσι μεγάλο ποσοστό της θερμότητας του αέρα μεταδίδεται στο χώρο γύρω του και ο αέρας ψύχεται οπότε και μέρος του διοχετεύεται πίσω στο κτίριο, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, εξασφαλίζοντας έτσι τον δροσισμό του. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο καλύπτουμε τις ανάγκες του κτιρίου για κλιματισμό, αλλά ταυτόχρονα αποθηκεύουμε στο έδαφος ενέργεια που σημαντικό της ποσοστό μπορούμε να επανακτήσουμε στο τέλος του φθινοπώρου ή στις αρχές του χειμώνα.

Συγχρόνως ο εισερχόμενος εξωτερικός αέρας ακολουθεί ανάλογη διαδικασία διοχετεύοντας μέρος της θερμότητάς του στο έδαφος ενώ τελικά η θερμοκρασία του στο έδαφος μειώνεται ακόμη περισσότερο, αν χρειαστεί, μέσω ενός εναλλάκτη αέρα που βρίσκεται σε επαφή με τον χαμηλής θερμοκρασίας εξερχόμενο αέρα.

2. Λειτουργία συστήματος το χειμώνα (σχ. 3,5)

Το χειμώνα το "θερμοκήπιο" διατηρείται κλειστό με αποτέλεσμα ο αέρας του να προθερμαίνεται και στη συνέχεια αφού περάσει από τους αεροσυλλέκτες που είναι ενσωματωμένοι στην οροφή του να διοχετεύεται στο σύστημα αποθήκευσης "λανθάνουσας θερμότητας" (ημερήσια αποθήκη) από σωλήνες παραφρίνης (Σημείο τήξεως 33°C).

Ο αέρας του περιβάλλοντος αντίθετα κυκλοφορεί μέσα στο δίκτυο των σωλήνων P.V.C. στο έδαφος του αιθρίου, όπου και προθερμαίνεται. 'Όπως έχουν δείξει σχετικά πειράματα, για σωλήνες μήκους 20 μ. η αύξηση θερμοκρασίας του αέρα στο σωλήνα είναι της τάξης των $3\text{-}4^{\circ}\text{C}$.

Στη συνέχεια ο προθερμασμένος αέρας περνάει από έναν εναλλάκτη θερμότητάς όπου ανακτά μέρος από τη θερμότητά του απορριπτομένου αέρα από τα κρύα, που κι αυτός έχει με τη σειρά του περάσει από την ημερήσια αποθήκη όπου έχει αφήσει άλλο ένα τμήμα της θερμότητάς του. Τελικά ο προθερμασμένος αέρας διοχετεύεται στο κτίριο αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 19°C ($T > 19^{\circ}\text{C}$) ή στην "αποθήκη λανθάνουσας θερμότητας" αν η θερμοκρασία του είναι μικρότερη των 19°C ($T < 19^{\circ}\text{C}$).

'Ένα δεύτερο πλέγμα σωλήνων P.V.C. χρησιμοποιείται για την αποθήκευση στο έδαφος πλεονάζοντα αέρα από το κτίριο κατά τις ενδιάμεσες εποχές (άνοιξη και φθινόπωρο).

Το σύστημα αυτό αποθήκευσης ενέργειας έχει λοιπόν δύο κύριες συνιστώσες:

α) Η "διεποχική" συνιστώσα εξασφαλίζει την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 3-4° C κατά την κυκλοφορία του μέσα από 20 μ. αωρήνα P.V.C. Αυτή η συνιστώσα ξίναι απόλυτα εξασφαλισμένη λόγω βέβαια της αποθήκευσης θερμότητας στο έδαφος που γίνεται και όλο το καλοκαίρι.

β) Η δεύτερη συνιστώσα είναι της ημερήσιας αποθήκης ενέργειας που λειτουργεί μόνο όταν υπάρχει "απορριπτόμενη" θερμότητα είτε από το περιβάλλον (ζεστή ημέρα...) είτε από το κτίριο.

Οι δύο "συνιστώσες" της αποθήκης λειτουργούν συμπληρωματικά όπως φαίνεται στο σχ. 5. Βοηθητική πηγή ενέργειας θα είναι το συμβατικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου.

III. ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

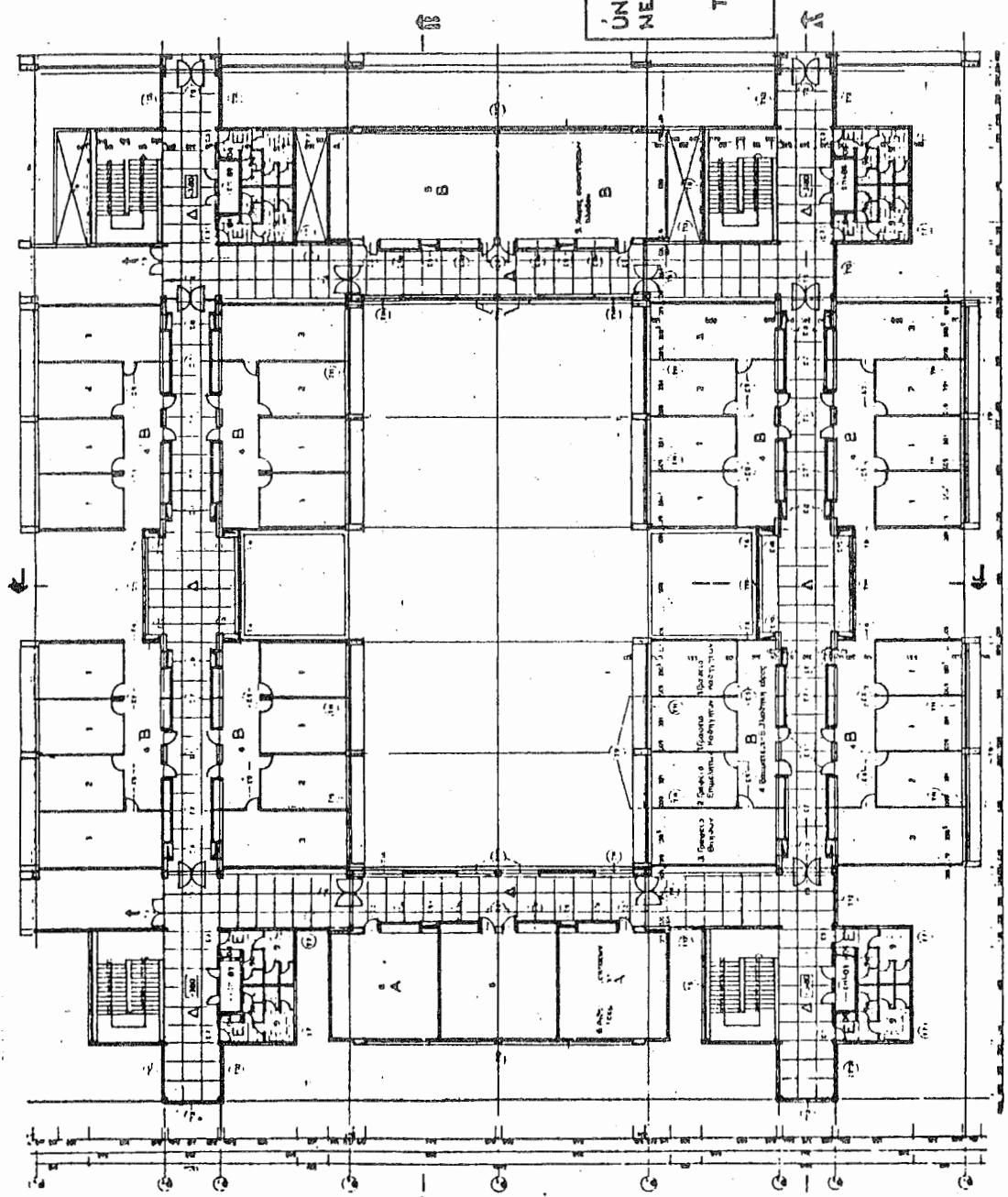
Με βάση τις μηνιαίες θερμικές απολαυσές για κάθε ένα από τα επί μέρους ηλιακά συστήματα (βλέπε σχ. 6) υπολογίστηκε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφαλίζει το σύστημα καλύπτει περίπου 70-80% των αναγκών για δροσισμό το καλοκαίρι και 30% περίπου των αναγκών για θέρμανση το χειμώνα εξασφαλίζοντας έτσι περίπου 50% των μέσων ενέργειακών αναγκών του κτιρίου για όλη τη διάρκεια του χρόνου που αντιστοιχεί σε οικονομία 4-5.000.000 δρχ. το χρόνο σε συμβατικά καύσιμα.

Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται μερικά από την ΕΟΚ σαν "πρόγραμμα επίδειξης στον τομέα της ηλιακής ενέργειας" και προβλέπεται ότι μετά την κατασκευή θα ακολουθήσει φάση πειραματικής παρακολούθησης του συστήματος για 1-2 χρόνια.

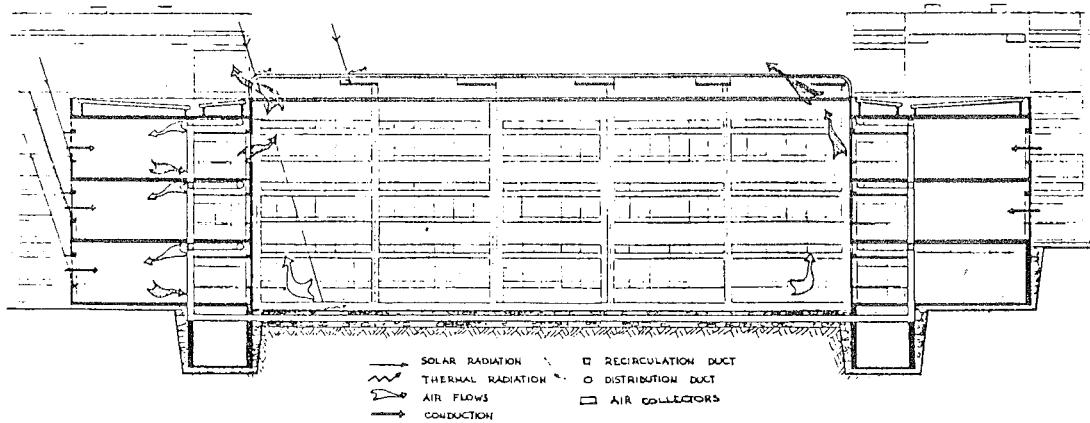
HEP-53

UNIVERSITY OF IOANNINA
NEW SCHOOL OF
PHILOSOPHY BUILDING
TYPICAL FLOOR PLAN
PART A

Σχήμα 1

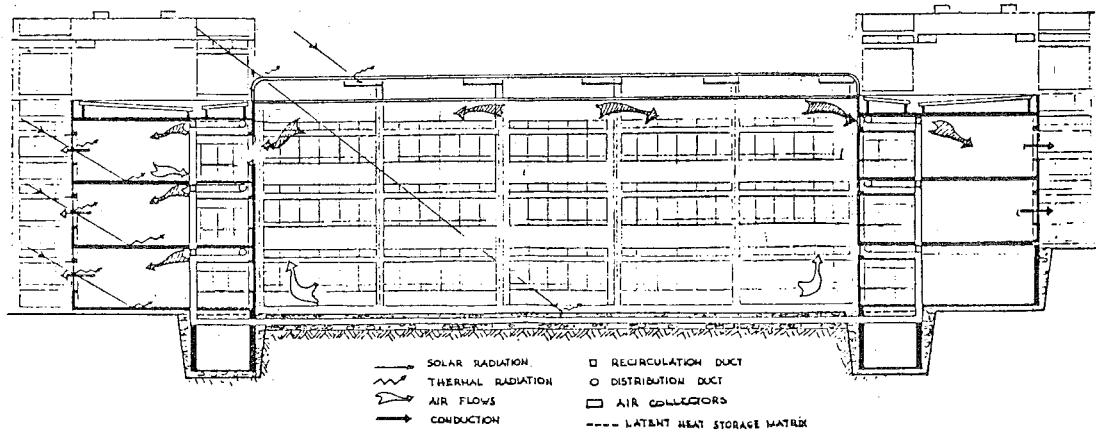


ENERGY FLOW DIAGRAM - SUMMER OPERATION



Σχήμα 2

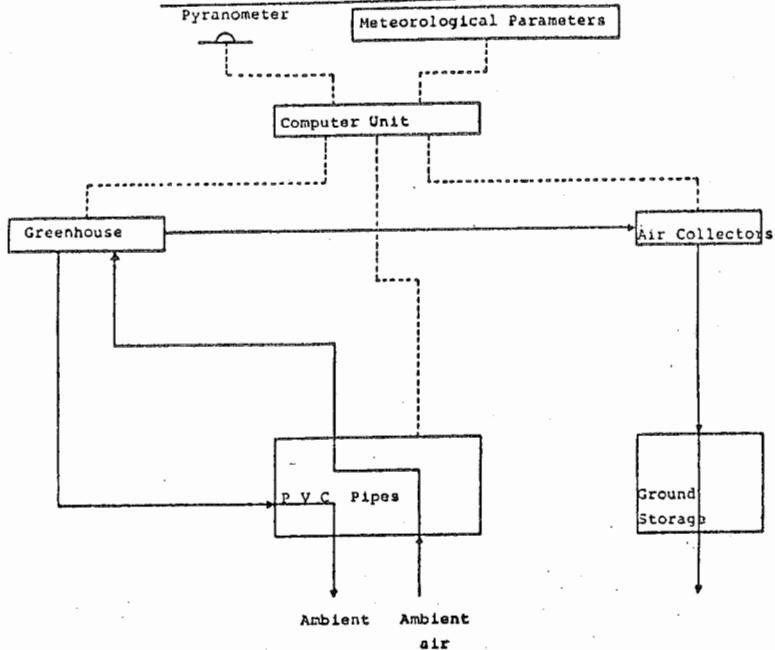
ENERGY FLOW DIAGRAM - WINTER OPERATION



Σχήμα 3

HEP-55

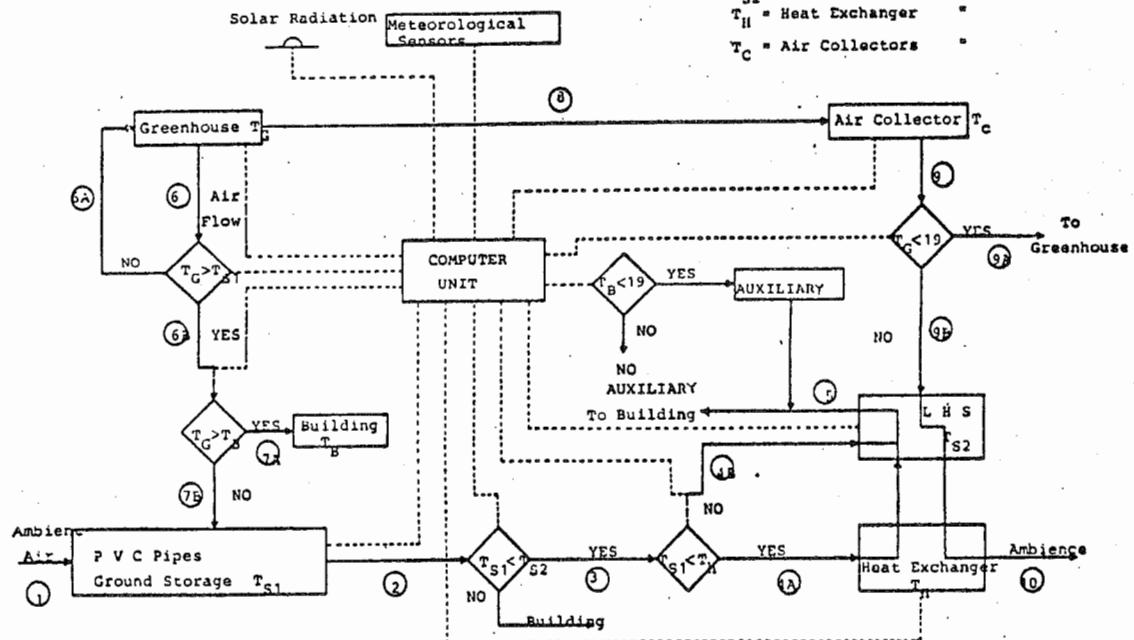
SYSTEM DIAGRAM - SUMMER OPERATION



Σχήμα 4

T_G = Greenhouse	Temperature
T_B = Building	"
T_{S1} = Ground Storage	"
T_{S2} = L.H.S.	"
T_H = Heat Exchanger	"
T_A = Air Collectors	"

SYSTEM DIAGRAM - WINTER OPERATION



સ્ક્રિપ્ટ ૫

* ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΓΑΛΛΙΑ *

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: Α.ΚΑΛΑΝΤΙΔΟΥ- J.F.CAPEILLE

Αρχιτέκτονες d.p.1.g.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η "ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ" πραγματοποιήθηκε από τον Δημόσιο Οργανισμό της Εργατικής Κατοικίας του νομού AUDE της Ν.Δ.ΓΑΛΛΙΑΣ. Το έργο ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 1981 και προέβλεπε την κατασκευή 400 βιοκλιματικών κατοικιών διεσπαρμένων σ' όλο τον νομό, απαντώντας στις τοπικές ανάγκες κατοικίας των αγροτικών κοινοτήτων. Οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν από τους τοπικούς αρχιτέκτονες με την θοήθεια της "Ομάδας Πιλότος" από ειδικευμένους επιστήμονες. Τα ειδικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν από τους τελευταίους, όπως και ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος που απέκτησε ο Οργανισμός, ειδικά για το έργο, είχαν τεθεί στην διάθεση όλων των συμμετεχόντων μηχανικών-μελετητών. Το έργο αποτέλεσε παράδειγμα για τις νέες προδιαγραφές της εξοικονόμησης ενέργειας του Υπουργείου Πολεοδομίας και Κατοικίας. Σήμερα, συνολικά 305 κατοικίες με μια έξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 50% με 60% ήδη κατοικούνται και άλλες 118 βρίσκονται στο τελείωμα. Παράλληλα, η βιοκλιματική ανακάλυψη ενές συνόλου 348 κατοικιών ανεβάζει το τελικό σύνολο σε 771 κατοικίες που αφορούν την Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας. Μετά την επί τόπου επίσκεψη τον Ιούνιο του '84 ο Γάλλος Υπουργός Πολεοδομίας και Κατοικίας κ. ΚΙΛΕΣ εξέφρασε την επιθυμία να διαδοθεί αυτή η εμπειρία και σε εθνική κλίμακα.

ΛΕΞΕΙΣ "Κ Λ Ε Ι Δ Ι Α"

Απάντηση στις ανάγκες Λαϊκής κατοικίας, Προσαρμογή στο κλίμα, Βιοκλιματική κατοικία, Παιδαγωγικό Έργο, Ειδικά Εργαλεία, Συμβολή σε δλες τις κατευθύνσεις, Αναδημιουργία τοπικής δραστηριότητας στην οικοδομή, Βελτίωση της Αρχιτεκτονικής και Τεχνικής ποιότητας, Διάδοση γνώσης.

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

Τον Σεπτέμβριο του 1981, ο Δημόσιος Οργανισμός H.L.M. του νομού AUDE ξεκίνησε την "Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας" (Π. Ε.Β.Κ.) με την συμπαράσταση του Υπουργείου Πολεοδομίας και Κατοικίας, της A.F.M.E., Επιτροπή για τον 'Ελεγχο της Ενέργειας και την Τοπική Αυτοδιοίκηση. Υόρι τον τίτλο "Μια Βιοκλιματική Κατοικία ανά χωρίδιο" επρόκειτο να συντονιστούν μικρά έργα, καλά προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες, με εξοικονόμηση στην ενέργεια και χωρίς μεγάλο κόστος. Η πρόταση αυτή είχε επίσης το πλεονέκτημα ότι επαναχεινούσε την τοπική δραστηριότητα στον τομέα της οικοδομής: οι κατοικίες θα πραγματοποιηθούν από τους μελετητάς και τους εργολάβους του νομού μέσα σε ένα κλίμα όπου όλοι συμβάλλουν. Τελικά, η ενέργεια αυτή συμμετείχε στην εθνική προσπάθεια εξοικονόμησης της ενέργειας στα πλαίσια του προγράμματος H2E85(1) και στο πρόγραμμα για την ανανέωση της παραγωγής της οικοδομής μέσα στην προοπτική της Κατοικίας '88. Σήμερα η "Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας" φθάνει στο τέλος. Συνολικά είναι λοιπόν 423 κατοικίες που θα έχουν κατασκευασθεί σε 3 χρόνια και των οποίων οι μέσες θερμικές ανάγκες είναι του επιπέδου των 3 ή 4 ηλιακών αστέρων της νέας ποιοτικής κατάταξης H.P.E. (Υψηλή Ενεργειακή Επίδοση). 'Οσον αφορά το επί πλέον κόστος θα φθάσει ένα μέσο όρο της τάξης των 10% τον πρώτο χρόνο, για να εξαληφθεί προσδευτικά τον δεύτερο χρόνο. Το 1984 εμφανίστηκαν προγράμματα τα οποία κατόρθωσαν 4 ηλιακούς αστέρες για ένα 90% της τιμής αναφοράς της κατασκευής. Στο αποτέλεσμα αυτό φάσαμε δια μέσου μιάς καλλίτερης συνοχής της φάσης "σύλληψη, μελέτη" χάριν του ηλεκτρονικού εγκεφάλου που χρησιμοποιήθηκε και μιάς βελτίωσης της φάσης "εκτέλεση" βοηθούμενη από την χρησιμοπόληση νέων υλικών όπως ξύλινες κατασκευές, τα τούβλα ύψους ορόφου, τον τσιμεντόλιθο με ενσωματωμένη μόνωση.

Σημ: 1. H2E85, κατοικία 2 φορές πιο οικονομική για τον ορίζοντα 1985.

2. Οι ηλιακοί στέρες υποδεικνύουν το επίπεδο της ενεργειακής επίδοσης π.χ. οι 4 ηλιακοί αστέρες αντιπροσωπεύουν μια οικονομία της τάξης του 60%.

**

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

**

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

Το Γαλλικό παράδειγμα με την "Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας" στο νομό Οντ της Ν.Δ. Γαλλίας.

Μια πρωτότυπη ενέργεια, και η μοναδική προς στιγμή στη Γαλλία, προορισμένη να υποδείξει τις ωφέλειες αυτού που ονομάζουμε "Βιοκλιματική Κατοικία" πραγματοποιήθηκε στα νότια της χώρας με την καθαρή πρωτοβουλία του τοπικού Οργανισμού Λαϊκών Κατοικιών, Η.Λ.Μ., του Προέδρου του, σοσιαλιστή Βουλευτή και συγχρόνως Προέδρου στην Βουλή της ομάδας "Ηλιακή Ενέργεια και Βιομάζα", κου Βιντάλ, πλαισιωμένου από ειδικευμένους επιστήμονες, αρχιτέκτονες και μηχανολόγους.

ΝΑ ΚΤΙΣΟΥΜΕ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΟΧΙ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΤΟΥ

Η Βιοκλιματική κατοικία - ελληνικός όρος από το βιώ και κλίμα - χρησιμοποιεί στο μέγιστο τα στοιχεία του περιβάλλοντος, και στο ελάχιστο δυνατό την ενέργεια για να παραμείνει δροσερή το καλοκαίρι και ζεστή τον χειμώνα.

Επιλογή οικοπέδου, προσανατολισμό του σπιτιού, προστασία ανέμου, δημιουργία μικροκλίματος, ανοίγματα κατάλληλα τοποθετημένα και υπολογισμένα, παγίδευμα ηλιακών θερμίδων, καλή μόνωση, κατάλληλα δομικά υλικά, αρχιτεκτονικές απλές λύσεις για τη θέρμανση των χώρων κατ'ευθείαν από τον ήλιο και για την ηλιοπροστασία κατά την θερμή περίοδο.

Με τον τρόπο αυτό φτάνουμε σε μία οικονομέα καυσίμων της τάξεως των 60%, ήτοι 1 ΤΙΠ (τόννος ισοδυνάμου πετρελαίου) ετησίως, που παρουσιάζει σημαντικό οικονομικό ώφελος ακόμη και στην κλίμακα ενός νομού, όταν άκομη γνωρίζουμε ότι στην περιφέρεια Λανκεντόκ-Ρουσσιγιόν, ένα σπίτι δέχεται περίπου 2.700 ώρες ήλιου ετησίως, που ισοδυναμεί με 1,6 ΤΙΠ.

Το θέμα του ηλίου λοιπόν γίνεται ουσιαστικό. Άλλα και εκεί τα πράγματα δεν προχωρούν μόνα τους. Ο κόσμος, οι αρχές και οι τεχνικοί πρέπει να πληροφορηθούν.

Ο Προέδρος του Τοπικού Οργανισμού Λαϊκής Κατοικίας κινήθηκε ήδη από την αρχή της ενεργειακής κρίσης 1974-75 υποστηρίζοντας μια σημαντική εκστρατεία της τεχνολογίας για την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση της εισαγωγής πετρελαίου.

Στην καινούργια πόλη ΤΡΕΜΠ, από το 1974, 20 λαϊκές κατοικίες εφοδιάστηκαν με ηλιακούς συλλέκτες, αντλίες θερμότητας και μηχανικούς αερισμούς.

Στην πρωτεύουσα του νομού, ΚΑΡΚΑΣΩΝ, το 1975 πενήντα λαϊκά διαμερίσματα θερμαίνονται από 400 μ² ηλιακών συλλεκτών τοποθετημένων στο γκαράζ της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, με 30 μ³ αποθήκευση.

Στο ΜΟΝΠΕΝΤΟΝ, 30 σπίτια συγχωνεύουν στην αρχιτεκτονική τους ηλιακούς συλλέκτες για ζεστό νερό (1979).

Αυτές οι πρώτες απόπειρες, πολύ αξιέπαινες, κόστισαν αρκετά, τόσο στην επένδυση όσο και στη συντήρηση. Ήταν η εποχή των ηλιακών συλλεκτών λίγο ή πολύ καλά εμβολιασμένων στα κτίρια. Εν τω μεταξύ διάφοροι επιστήμονες, γνωστοί στον τομέα, εγκαθίστανται στο νομό, κατασκευάζοντας "ηλιακά σπίτια" και προσθέτοντας έτσι ένα νέο δυναμισμό.

Το 1981 εμφανίζεται σαν μία χρονιά σταθμός. Κατά πρώτον υπάρχει μία αυξημένη πολιτική θέληση για το μετρίασμα της ενέργειας. Εν συνεχεία μία αλλαγή της ζήτησης των κοινοτήτων, που παρατηρήθηκε ήδη από αρκετό καιρό.

Πρόκειται για την προοδευτική εγκατάλειψη των μεγάλων συνόλων, που προκαλούν κοινωνικά προβλήματα προς δύφελος των μικρών συνόλων ενοικιασμένων διαμερισμάτων.

Ο διαγωνισμός τελικά των 5.000 σπιτιών: το κοινό ανακαλύπτει ότι μία ηλιακή κατοικία δεν έχει υποχρεωτικά μόνο συλλέκτες. Για το Δημόσιο Οργανισμό Κατοικίας του Οντ αυτό ερμηνεύεται με την κατασκευή του πρώτου κτιρίου 14 βιοκλιματικών διαμερισμάτων στο Πενταλέ, συμβολίζοντας αυτό το "καινούργιο" στη μελέτη αφού επιτρέπουν μιά πρώτη σύνθεση μέσα από διάφορες τεχνικές. Η ηλιακή Αρχιτεκτονική λοιπόν φαίνεται πιθανή στον τομέα των Η.Λ.Μ. το καλοκαίρι του 1981.

Το καλοκαίρι του 1981 διπλός ο ρόλος, που μας ανατέθηκε από τον Πρόεδρο του Οργανισμού κον ΒΙΝΤΑΛ. Ο τελευταίος ήταν ακόμη εισηγητής, με τους Π.ΚΙΛΕΣ (σημερινό Υπουργό Πολεοδομίας και Κατοικίας) και Φ.ΜΑΡΣΑΝ, του νόμου που κατέθηκε στη Βουλή από τη σοσιαλιστική ομάδα για την ανάπτυξη της Ηλιακής Ενέργειας, τον Οκτώβριο του 1980.

'Επρεπε σε πρώτο στάδιο, να διανεμηθεί ένα κατατοπιστικό φυλλάδιο σ' όλους τους δήμους και κοινότητες, αρχιτέκτονες και μηχανικούς προς ενημέρωση πάνω στο "βιοκλιματισμό".

Σε δεύτερο στάδιο, να συσταθεί ομάδα μελετητών ειδικευμένων για την επιμέλεια ενός προγράμματος προς βοήθεια των τεχνικών.

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

ΜΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΑΝΑ ΧΩΡΙΟ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ

Επρόκειτο για τον συντονισμό μικρών προγραμμάτων κατοικιών στον αγροτικό τομέα, καλλίτερα προσαρμοσμένων στη ζήτηση και στις τοπικές δυνατότητες, δηλαδή τελικά, για κατασκευή κατοικιών οικονομικών στην ενέργεια, ευχάριστων στη ζωή, και με χαμηλό κόστος.

Αφορά την κατασκευή ή αναπαλαίωση μιάς ή περισσότερων κατοικιών για ενοικίασμα, "βιοκλιματικού τύπου", κατ' αρχάς σε κάθε κοινότητα από τις 437 του νομού, και εν συνεχείᾳ των 5 νομών της περιφέρειας. Το έργο προορίζόταν να πραγματοποιηθεί σε 2 περίπου χρόνια με τη χρηματοδότηση των κρατικών δανείων Π.Λ.Α., και την δωρεάν παραχώρηση του οικοπέδου από τις κοινότητες, έχοντας σκοπό την εξέλιξη της κατοικίας στην περιφέρεια με την χρησιμοποίηση των ανανεώσιμων ενέργειών.

Δίνεται δυνατότητα συμμετοχής σ'όλους τους τοπικούς αρχιτέκτονες και μηχανικούς, με την υποχρέωση να τηρήσουν τους κανόνες της βιοκλιματικής μελέτης, όπως αναφέρονται στον τεχνικό φάκελλο που τους δίνεται. Δεν υπάρχει διαγωνισμός ούτε εκλογή εκ των προτέρων.

Να γίνει πριν απ'όλα "Παιδαγωγικό 'Έργο". Ο όρος μπορεί να θεωρηθεί σαν την φράση κλειδί εκφράζοντας τον βασικό χαρακτήρα του τρόπου εργασίας. Αφήνεται να κατανοθεί το πνεύμα των υπευθύνων που πρότειναν την συμβολή σαν τον καλύτερο τρόπο για να φθάσουμε σε μια μελέτη με συνοχή, αποτέλεσμα μιάς άμιλλας πιο πολύ, παρά ενός ανταγωνισμού.

ΤΡΕΙΣ ΣΚΟΠΟΙ

1. Η προώθηση της ανάπτυξης μιας λαϊκής κατοικίας, βιοκλιματικού τύπου, διεσπαρμένη σ'όλο το νομό.

Ανάγκη διεσπαρμένης Αγροτικής κατοικίας προς αποφυγή της ερήμωσης, σπίτια οικονομικά στο κόστος και μείωση κοινοχρήστων.

2. Η αναδημιουργία της τοπικής δραστηριότητας στον τομέα της Οικοδομής

Η κατασκευή ενός σπιτιού σ'ένα χωριό αποφέρει νέους κατοίκους, εδραιώνει την τοπική οικονομία. Το μέγεθος των οικοδομών και ο έλεγχος των τιμών επιτρέπουν στους τοπικούς τεχνίτες και εργολάβους να πάρουν μέρος ανάλογα με τις δυνατότητές τους. Τα εκατοντάδες βιοκλιματικά σπίτια δίνουν στους τεχνίτες την δυνατότητα να αποκτήσουν εμπειρία των τελευταίων τεχνικών εξελίξεων, που διαφορετικά θα καθυστερούσαν να διαδοθούν.

3. Η βελτίωση της Αρχιτεκτονικής και Τεχνικής ποιότητας στην τοπική λαϊκή κατοικία.

Μια κάποια αρχιτεκτονική μετριότητα πάει να εξαπλωθεί στις οικοδομές, συχνά μεγάλες καταναλώστριες ενέργειες και μερικές φορές κακοψιαγμένες. Η Π.Ε.Β.Κ. προωθεί την βελτίωση ποιότητας των λαϊκών σπιτιών προστρέχοντας σε μια βιοκλιματική μελέτη, την οποία αντιμετωπίζει σαν ένα τρόπο, μια λογική και όχι σαν ένα στυλ ή απλή εφαρμογή συνταγών και τεχνικών όρων.

ΤΑ ΔΙΑΤΕΘΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η προσφορά του Προέδρου του Τοπικού Οργανισμού και των μελετητών της συντονιστικής ομάδας "πιλότος", συντελούν στην ερμηνεία μιάς καθαρά πολιτικής θέλησης που αποτελεί το απού αυτού του έργου. Το αντικείμενο ήταν να κατασκευασθούν 400 κατοικίες σε 2 χρόνια.

Για τη μελέτη του όλου προγράμματος συστάθηκε μια μικρή συντονιστική ομάδα χρηματοδοτούμενη κατά το μεγαλύτερο μέρος από το Μ.Υ.Λ., Υπουργείο Πολεοδομίας και Κατοικίας, από την Α.Φ.Μ.Ε., ο Γαλλικός φορέας για τον έλεγχο της ενέργειας, και το Πειριφερειακό Συμβούλιο του Λανκεντοκ-Ρουσσιγιόν. Η αποστολή της ήταν να ασχοληθεί με όλα συγχρόνως μια επί τόπου πράξη και ένας θεωρητικός συλλογισμός. Ήταν ο συλλογισμός επιτρέπει την δημιουργία εργαλείων παιδαγωγικών, βοηθημάτων μελέτης χρηστ-

μοποιούμενα από όλους. Διότι μια από τις δυνάμεις του προγραμματισμένου έργου είναι η συνεχής σύνθεση και διάδοση της γνώσης.

Η συντονιστική ομάδα εξασφαλίζει την βοήθεια στις ομάδες μελέτης, που περιλαμβάνουν στο εξής τον μηχανολόγο, τους αντιπροσώπους της διοίκησης και τις τοπικές εκλεγμένες.

Ο τοπικός οργανισμός εφοδιάστηκε με ένα ηλεκτρονικό εγκέφαλο, όπως και μια ειδικευμένη βιβλιοθήκη, που έθεσε στη διάθεση όλων. Η εξουκείωση με τον τύπο αυτό των μηχανών δίνει την δυνατότητα συστηματικής συνεργασίας αρχιτεκτονα-μηχανολόγου σ'όλα τα επίπεδα επεξεργασίας μιάς ιδέας.

Γίνεται λοιπόν μια διάδοση γνώσης, όμως διατηρείται κάθε ελευθερία στο επίπεδο της αρχιτεκτονικής μελέτης.

Ο τρόπος που διαλέχητε για την πραγματοποίηση αυτού του έργου, παρουσιάζεται σαν μια ευχάριστη εναλλαγή απέναντι στους κλασσικούς άρχιτεκτονικούς διαγωνισμούς Ηλιακής Ενέργειας, των οποίων γνωρίζουμε τα ωφέλη αλλά και τα δρια.

Μόνο με τέτοιες παραδειγματικές ενέργειες η χρησιμοποίηση της Ηλιακής Ενέργειας θα κερδίσει έδαφος πριν πάρει τελειωτική θέση στην καθημερινή ζωή.

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

227 κατοικίες, ξεκίνησαν,
182 κατοικίες, υπό μελέτη.

Το 1982 οι πρώτες μελέτες βλέπουν το φως. Σύνολο 23 προγράμματα που αναλογούν σε 254 κατοικίες. Τα αποτελέσματα αυτού του χρόνου ξεπερνούν όλες τις προσδοκίες. Η μέση θερμική επίδοση δείχνει βελτίωση 40% του ελαχίστου επιβαλλόμενου, για ένα επί πλέον κόστος γενικώς μικρότερο του 1/3 του προδιαγραφέντος ορίου.

Με την ευκαιρία του πρώτου απολογισμού του 'Έργου τον Γενάρη του 1983 παρουσία όλων των 40 αρχιτεκτόνων, μηχανικών και μηχανολόγων του νομού, παραβρέθηκε ο Γενικός Γραμματέας και Διευθυντής της Τεχνικής Πολιτικής του Υπουργείου Πολεοδομίας και Κατοικίας εκδηλώνοντας έτσι το ενδιαφέρον του για την προώθηση και καλή λειτουργία του 'Έργου.

Στη χρονιά του 1983, 11 ξεκινούν, που αναλογούν σε 187 κατοικίες. Μπροστά στα αποτελέσματα του περαιμένου χρόνου ο Οργανισμός καλλιτερεύει το αντικείμενό του : προσαρμοζόμενος στις νέες διατάξεις χρηματοδότησης του επί πλέον κόστους, απαιτεί να έχουν όλες οι κατοικίες το λιγότερο 3 αστέρες της ποιοτικής κατάταξης "Υψηλή Ενέργειακή Επίδοση".

Εν όψει του Προγράμματος "Κατοικία '88", θα ψάξει να μειώσει μέχρι να μηδενίσει, το επί πλέον κόστος που επιτρέπει αυτές τις επιδόσεις. Θα προσπαθήσει να καλλιτερεύσει την γενική ποιότητα των προγραμμάτων χωρίς να τροποποιήσει το κόστος.

Είναι δυνατόν να φτάσουμε σ' αυτό το αποτέλεσμα κάνοντας τη σύνθεση των προγονουμένων εμπειριών και πέροντας υπόψη ότι τα θερμικό αποτέλεσμα έχει βελτιωθεί χωρίς επί πλέον κόστος χάριν μιάς καλής αρχιτεκτονι-

κής μελέτης, αλλά επίσης χάριν μιάς απλοποίησης και μιάς μεγαλύτερης συνοχής μεταξύ των παραδεχομένων τεχνικών λύσεων.

Το να πάμε προς το μέγιστο των ενεργειακών οικονομιών κοστίζει ακριβά και συχνά αποφέρει λίγα.

Αυτός ο νέος τρόπος απαιτεί περισσότερο από ποτέ μια καλή συνοχή των ομάδων και αν απαιτεί μια επεξεργασία των μελετών, πιο προσεκτική και περισσότερο ολοκληρωμένη, προϋποθέτει επίσης μια πιο ενεργητική συμμετοχή των εργολάβων.

'Ομως αυτό το νέο ανθρώπινο στόχημα θα κερδιθεί και το 1983 τελειώνει με το αποτέλεσμα που είναι ένα πραγματικό δίδαγμα για όλο το επάγγελμα. Έτσι το μέσο θερμικό αποτέλεσμα είναι 4 ηλιακοί αστέρες της ποιοτικής κατάταξης "Υψηλή Ενεργειακή Επίδοση". Το επί πλέον κόστος είναι μηδέν και σε μερικές περιπτώσεις το κόστος κατασκευής είναι και μικρότερο της τιμής αναφοράς, που προβλέπει ο νόμος, όπως το μικρό πρόγραμμα της Λατραντέλ Πυλωρένς, όπου οι 4 ηλιακοί αστέρες πραγματοποιήθηκαν για ένα μόνον 97% της τιμής αναφοράς.

Το 1984 η προσπάθεια συνεχίζεται, υποβοηθείται η εμφάνιση κατασκευαστικών συστημάτων, που δίνουν τη δυνατότητα μοντερνίζοντας την παραγωγή, να μειωθεί το κόστος της κατασκευής, όπως κατασκευή με ξύλο (ΑΞΑΤ 17 κατοικίες), η προκατασκευή (ΤΡΕΜΠ 40 κατοικίες). Έπισης και με τούβλα ύψους ορόφου.

Αυτή η σταθερή προσπάθεια αποφέρει τους καρπούς της αφού το 1984 οι θερμικές ανάγκες των κατοικιών μένουν κατώτερες των 50% από τους υσχύοντας κανόνες, αλλά το επί πλέον κόστος εξαλείφτηκε εφόσον το κόστος κατασκευής είναι τώρα μικρότερο των 10% του κόστους αναφοράς της κατασκευής.

Ο γενικός ισολογισμός του Προγραμματισμένου Έργου μετά από λειτουργία τριών χρόνων είναι ως εξής:

- * 15 προγράμματα κατοικούνται, ήτοι 162 κατοικίες.
- * 7 προγράμματα είναι στο τελείωμα, ήτοι 143 κατοικίες.
- * 6 προγράμματα είναι στη κατασκευή, ήτοι 118 κατοικίες.

Συνολικά θα είναι 423 κατοικίες που θα κατασκευασθούν σε 3 χρόνια και των οποίων οι θερμικές ανάγκες είναι του επιπέδου 3 ή 4 ηλιακών αστέρων της νέας ποιοτικής κατάταξης "Υψηλή Ενεργειακή Επίδοση".

Επί πλέον, στην συνέχεια της Πειραματικής Ενέργειας Βιοκλιματικής Ανακαίνισης των 20 κατοικιών στο σύνολο Saint-jacques στην Καρκασόν 348 ακόμη κατοικίες επωφελήθηκαν τους ανάλογους κανόνες της ανακαίνισης, ανεβάζοντας έτσι το τελικό σύνολο σε 771 κατοικίες που αφορούν την Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας.

Για παράδειγμα, θα είναι ενδιαφέρον να συγκρίνουμε το κόστος της κατασκευής του 1ου προγράμματος: 12 κατοικίες στο Alzonne, όπου το έργο, συμβατικό σύστημα κατασκευής, άρχισε τον Ιούνιο 1982, με το τελευταίο πρόγραμμα: 38 κατοικίες στο Lezignan που κατασκευάσθηκαν με τούβλα ύψους ορόφου (προέδρον PIP) και η κατασκευή του άρχισε τον Οκτώβριο του 1984.

Οι ενεργειακές τους ανάγκες είναι όμοιες (3 ηλιακοί αστέρες) και τα δύο προγράμματα έχουν δευτερεύον ατομικό σύστημα, με γκάζι από μικτό καυστήρα. Οι αριθμοί είναι ως εξής:

	Κόστος με φόρους κατοικιών	αριθμός κατοικιών	Τιμή	Κόστος με φόρους στα μ2 με γκαράζ	Κόστος αναπροσαρμοζόμενο χωρίς γκαράζ
Alzonnie Lezignan	3.255.664	12	06.82	3.961 Φ.	4.634 Φ.
		38	10.84	3.306 Φ.	3.016 Φ.

Τιμή Γαλλικού Φράγκου = 14 δραχμές

Ήδη τώρα, είναι δυνατόν να θεωρήσουμε ότι συνεχής παιδαγωγική προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε κατά τα 3 αυτά χρόνια που χωρίζουν αυτά τα δύο προγράμματα έπαιξε ρόλο σε αυτό το αποτέλεσμα.

Η πείρα είναι ανεκτίμητη διότι κατορθώθηκε να πέσει το "τείχος" της Βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Έτσι καλλιτερεύτηκε η αρχιτεκτονική και η θερμική ποιότητα των λαϊκών κατοικιών χωρίς να έχουμε επί πλέον κόστος αφού κατορθώθηκε να ελεγχθούν οι τιμές. Ορισμένες μελέτες πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια ηλεκτρονικού εγκεφάλου.

Στην κλίμακα του νομού η επιτυχία δεν είναι μικρή, διότι η πολύ παιδαγωγική πλευρά του έργου έδωσε την δυνατότητα να ποικίλλει και να αυξήσει τις μελετητικές ομάδες πράγμα που θα δώσει την δυνατότητα στο μέλλον να συνεχισθούν οι προσπάθειες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι τώρα. Παρατηρείται μία αποτελεσματική πρόοδος της περιφερειακής δραστηριότητας αφού εκατό τουλάχιστον τοπικοί εργολάβοι πήραν μέρος στο έργο με την συνεργασία των μισών Αρχιτεκτόνων και Μελετικών γραφείων του Aude.

Ο Οργανισμός κατέχει σήμερα μία γνώση μοναδική, συνοδευόμενη με στοιχεία εργασίας και πολύτιμα εργαλεία που δημιούργησε με αυτή την ευκαιρία και που θα τα καλλιτερεύσουν στο μέλλον με την ανάλυση και με την παρακολούθηση τόσο ενεργειακή όσο και χρηματική των προγραμμάτων.

Αυτό του δίνει ενδιαφέρουσες προοπτικές που θα προσπαθήσει να αναπτύξει με τους νέους συνεργάτες. Αυτή η διάνοιξη του Οργανισμού θα είναι στην περιφέρεια Λανκεντόκ-Ρουσσιγιόν μέσα στο πλαίσιο "Κατοικία '88", όπως και με πολλούς Δημόσιους Τοπικούς Εργοδότες πού συνεργάζονται μαζί του στα πλαίσια των μικτών προγραμμάτων. Υπάρχει ακόμη η ανανέωση των συνόλων La Conte - Joliot Curie, με 629 κατοικίες που αποτέλεσαν το αντικείμενο ενός διαγωνισμού ιδεών, στον οποίο 19 ομάδες απαντήσανε από τις οποίες 38 τοπικοί αρχιτέκτονες.

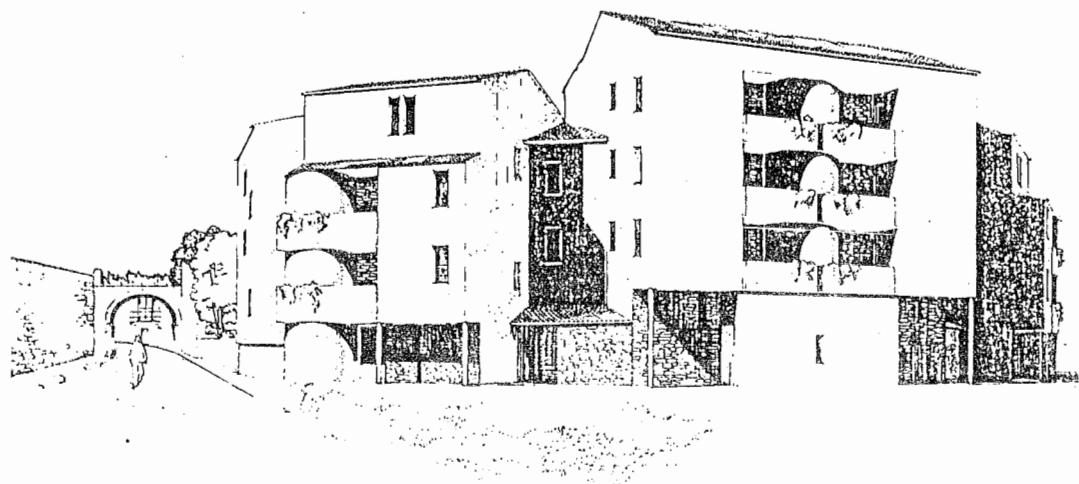
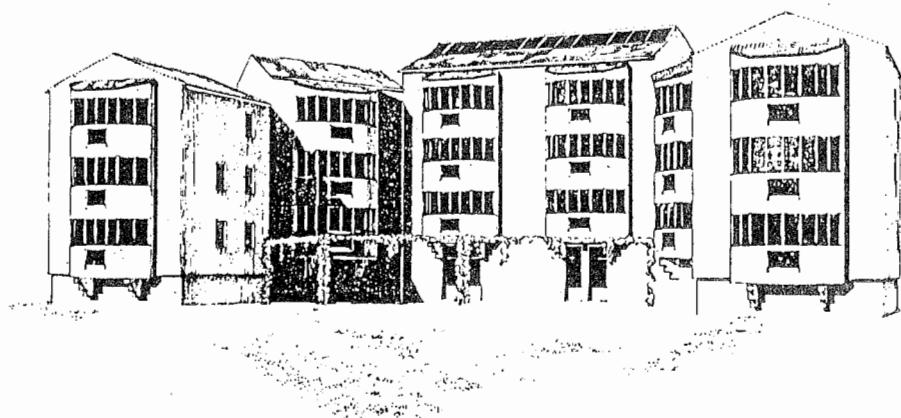
Το ότι μία τοπική πρωτοβουλία όπως η Προγραμματισμένη Ενέργεια της Βιοκλιματικής Κατοικίας στο νομό Οντ μπορεί να παρουσιάσει τέτοιες προοπτικές είναι μία πραγματική ενθάρρυνση για όλο το επάγγελμα και για όλους όσους προσπαθούν να καταδείξουν ότι μπορούμε σήμερα, μέσα σε ένα

Σημ: 3 ηλιακοί αστέρες αντιπροσωπεύουν ένα 50% ενεργειακής εξοικονόμησης.
4 ηλιακοί αστέρες αντιπροσωπεύουν ένα 60% ενεργειακής εξοικονόμησης.

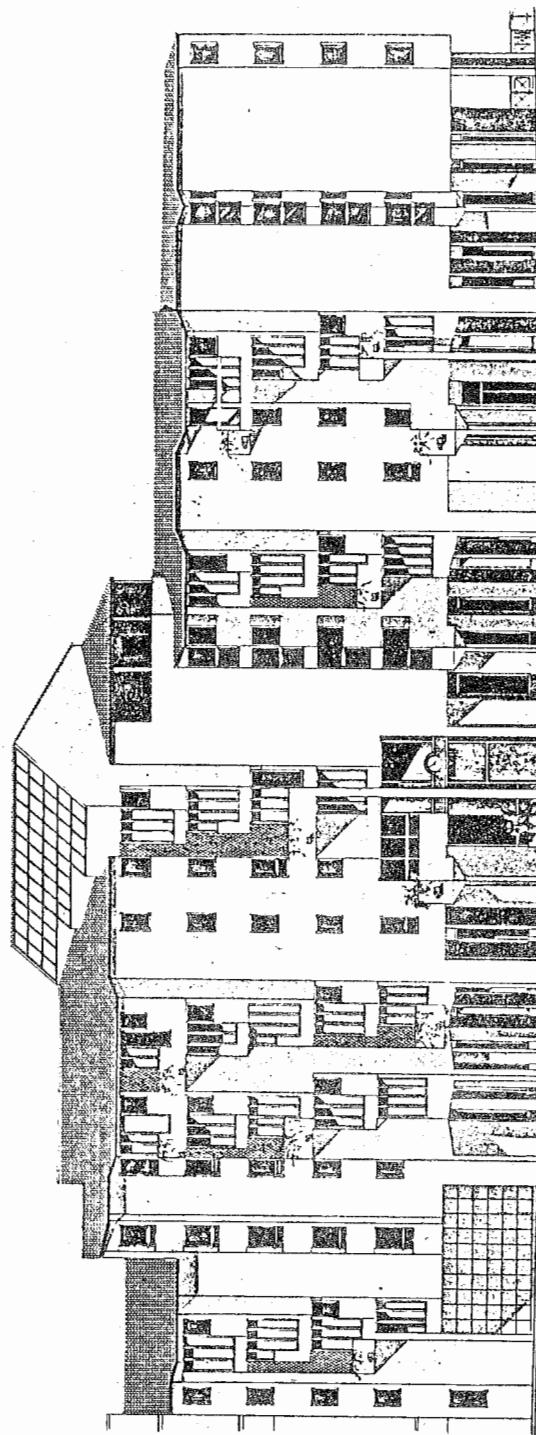
πολύ επεξεργασμένο κλίμα τοπικής συνεννόησης να αναπτυχθεί μια λαϊκή κατοικία ποιότητας, χωρίς επί πλέον κόστος, οικονομική στην ενέργεια και ευχάριστη στην ζωή.

Ένα βιβλίο κυκλοφόρησε από την Α.Φ.Μ.Ε. και το Υπουργείο Πολεοδομίας και Κατοικίας, με πρόλογο του κου Κιγιό, πρώην Υπουργού Πολεοδομίας και Κατοικίας. Με τον τίτλο "ΕΝΑΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΟΝΤ" παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά του έργου, όπως και τις πρώτες 14 μελέτες του 1982.

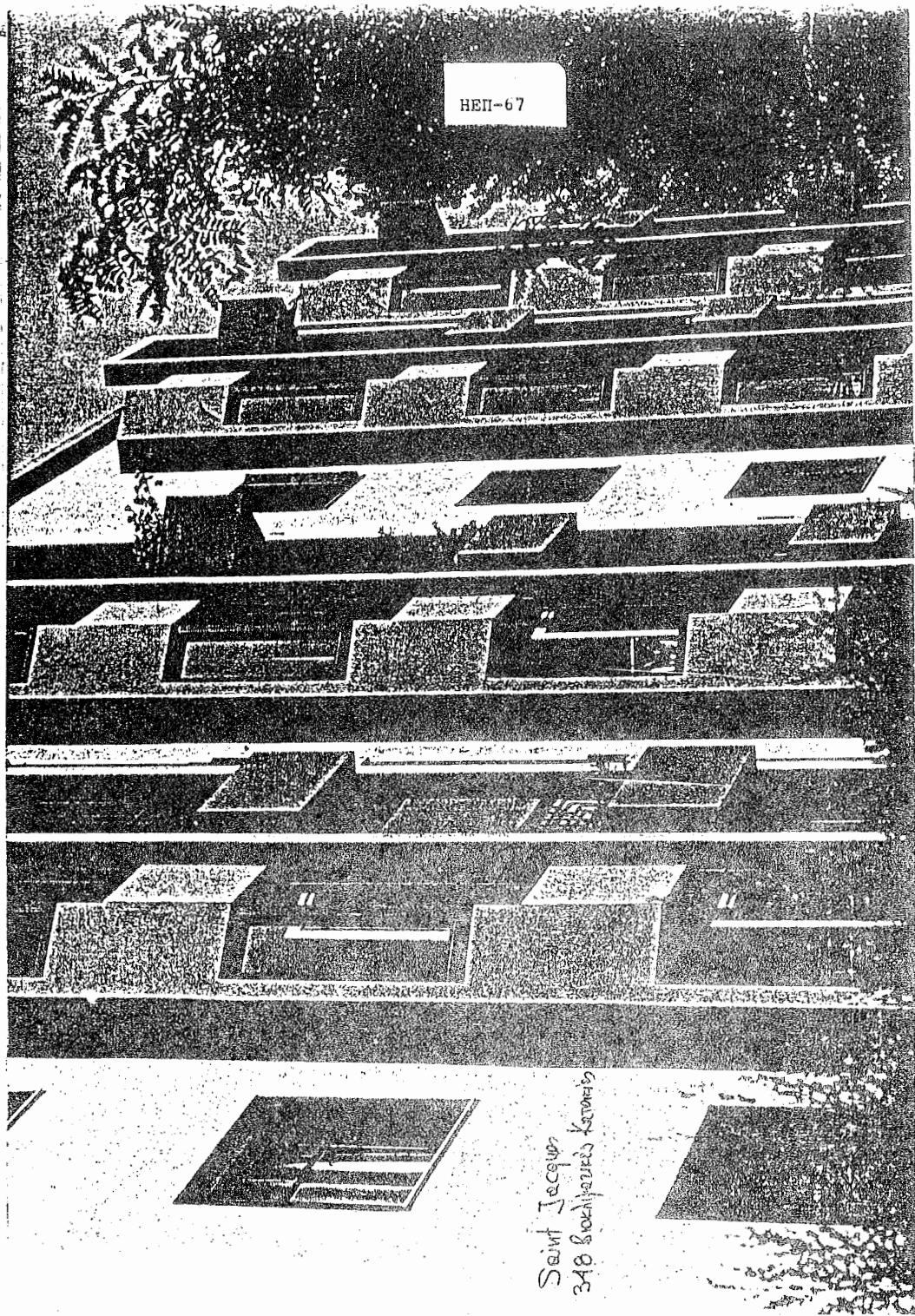
ΗΕΠ-65



PENNAUTIER 1980
Αίθουσα Δημαρχείου και 14 Βιοκλιματικές κατόικες



CERBERE 1984
Δημαρχείο και 26 Blokların kütçü katolik ec



**ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ: ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΟΥ**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Αλέξανδρος Μαραντάς
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Ξάνθη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος της διπλωματικής που άρχισα να εκπού σαν φοιτητής του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Δ.Π.Θράκης εδώ και ένα χρόνο με την επίβλεψη του τότε καθηγητή του Δ.Π.Θράκης Γ.Βαχτσεβάνου. Οι μετρήσεις διεξάγονται στο εργαστήριο Ανάλυσης Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων του Δ.Π.Θράκης όπου εργάζομαι και σαν τεχνικός.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας τοποθετείται στον ελεύθερο χώρο και οι μετρήσεις γίνονται κάτω από πραγματικές καιρικές και λειτουργικές συνθήκες του θερμοσιφώνου. Κάθε ηλιακός θερμοσίφωνας χρησιμοποιείται δυό φορές το χρόνο (Γενάρης, Απρίλιος) για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις. Εξετάζεται ο θερμοσίφωνας σαν ένα κλειστό σύστημα με μιά είσοδο (νερό ύδρευσης) μια έξοδο (ζεστό νερό για χρήση) και την προσπίπτουσα σαυτό ακτινοβολία. Οι μετρήσεις απαιτούν δύο συνεχόμενες μέρες με αίθριο σχετικά καιρό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Απόδοση ηλιακού θερμοσίφωνα με πραγματικές και λειτουργικές συνθήκες. Ανάστροφη ροή, απώλεια συστήματος τη νύχτα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην απόδοση ηλιακών θερμοσιφώνων, φυστικής κυκλοφορίας που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως. Οι δοκιμές και οι μετρήσεις διεξάγονται σε κατάλληλο εξοπλισμένο εργαστήριο της Πολυτεχνικής Σχολής του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης στην Ξάνθη.

Σκοπός της εργασίας είναι ο προσδιορισμός του βαθμού απόδοσης ηλιακών θερμοσιφώνων όπως αυτοί διατίθενται στο εμπόριο σε πραγματικές καιρικές και λειτουργικές συνθήκες.

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας στον οποίο θα γίνουν οι μετρήσεις είναι όπως διατίθεται στο εμπόριο (καθορισμένη κλήση, προσανατολισμό, βάση κ.λ.π.). Μπορεί να είναι ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος με μιά είσοδο κρύου νερού και μιά έξοδο ζεστού. Το εμβαδό του συλλέκτη δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4 m^2 και η χωρητικότητα του δοχείου αποθήκευσης τα 300 λίτρα.

Η μονάδα προς δοκιμή συναρμολογείται και τοποθετείται στον εξωτερικό χώρο, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

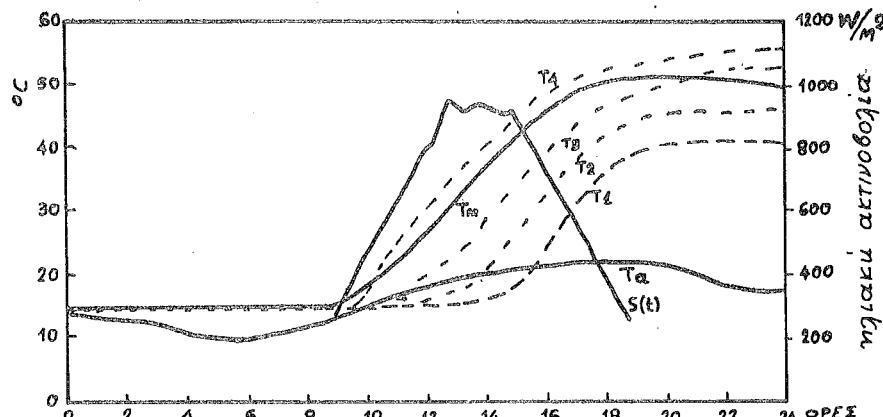
Τα βασικά μεγέθη που ενδιαφέρουν και συνεπώς μετρούνται και καταγράφονται με δραγανά σύμφωνα με τις προδιαγραφές των προτύπων ΕΛΟΤ 388.1 και ΕΛΟΤ 388.2 είναι η θερμοκρασία (T_6) εισόδου του κρύου νερού στο σύστημα από την ύδρευση της πόλης, η θερμοκρασία (T_5) του ζεστού νερού που λαμβάνεται από το σύστημα, η θερμοκρασίες ($T_1..T_4$) του νερού κατά μήκος του δοχείου από κάτω προς τα επάνω, η θερμοκρασία (T_a) περιβάλλοντος, η ένταση $S(t)$ της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη, η ταχύτητα του ανέμου, καθώς και οι θερμοκρασίες στην είσοδο (T_1) και έξοδο (T_o) του συλλέκτη. Μια μέτρηση διαρκεί δύο συνεχόμενες μέρες αρχίζοντας από την 8η πρωτηνία της πρώτης μέρας και τελειώνει την 8η πρωτηνία της τρίτης κατά σερά μέρας.

Να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις θερμοκρασιών του νερού κατά μήκος του δοχείου επιτυγχάνονται με την εισαγωγή αισθητηρίων θερμοκρασίας μέσα στο δοχείο.

2.1 Πρώτη μέρα δοκιμής

Την 8η πρωτηνία της πρώτης μέρας το σύστημα είναι έτοιμο προς λειτουργία. Έχει πληρωθεί με νερό ύδρευσης και με απαραίτητα υγρά σε όποιο σύστημα απαιτείται. Καταγράφουμε τη θερμοκρασία εισόδου του νερού ύδρευσης την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τις θερμοκρασίες νερού κατά μήκος του δοχείου και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο παράθυρο του συλλέκτη.

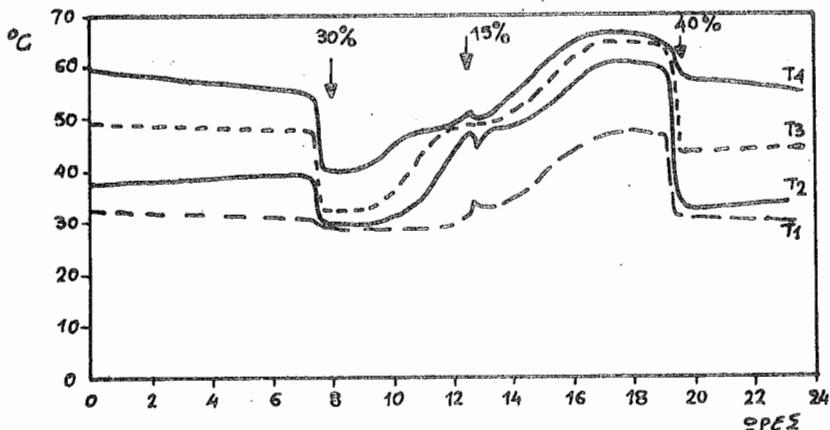
Οι καταγραφές των παραπάνω μεγεθών φαίνονται στο σχήμα 2.1 που έχουν γίνει κατά την περίοδο της πρώτης μέρας και αναφέρονται σε ηλιακό θερμοσίφωνα με εμβαδό συλλέκτη $A_c = 1,5 \text{ m}^2$ και δοχείο αποθήκευσης 110 λίτρων.



Σχήμα 2.1 Καταγραφή θερμοκρασιών δοχείου, περιβάλλοντος, ηλιακής ακτινοβολίας, που έγιναν την πρώτη μέρα δοκιμής.

2.2 Δεύτερη μέρα δοκιμής

Την ογδόη πρωΐνη της δεύτερης μέρας λαμβάνουμε από την έξοδο του συστήματος το 30% του νερού του δοχείου και καταγράφουμε τη νέα μέση (T_m) θερμοκρασία του νερού δοχείου με τη συμπλήρωσή του με γερό της ύδρευσης. Αν η μέση θερμοκρασία (T_m) είναι μικρότερη των 40°C τότε ακολουθείται η διαδικασία της πρώτης μέρας. Αν και μετά από αυτό δεν αυξάνεται η θερμοκρασία απορρίπτεται το σύστημα. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 40°C συνεχίζουμε τις μετρήσεις της δεύτερης μέρας. Στις 12 το μεσημέρι καταγράφουμε τη μέση θερμοκρασία του νερού του δοχείου και λαμβάνουμε από την έξοδο του συστήματος το 15% του νερού του δοχείου. Η μέτρηση της ποσότητας του νερού που λαμβάνουμε γίνεται με κατάλληλα βαθμονομημένο και μονωμένο δοχείο. Επίσης μετρείται και η θερμοκρασία του νερού (T_5) που λαμβάνουμε από το σύστημα. Άμεσως μετά καταγράφεται η μέση (T_m) θερμοκρασία του νερού στο δοχείο ενώ συνεχίζονται οι μετρήσεις των διαφόρων μεγεθών που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Στις επτά το απόγευμα γίνεται η λήψη του 40% του νερού του δοχείου και η δεύτερη μέρα τελειώνει την ογδόη πρωΐνη της τρίτης μέρας μέ τη λήψη τόσης ποσότητας νερού έτσι ώστε η θερμοκρασία η μέση (T_m) του νερού του δοχείου να γίνει ίση με εκείνη που είχε την ογδόη πρωΐνη της δεύτερης μέρας μετά τη λήψη του 30% του νερού του δοχείου. Στο σχήμα 2.2 φαίνονται οι διακυμάνσεις των θερμοκρασιών του νερού του δοχείου με τις ποσότητες που λαμβάνουμε κατά περιόδους.

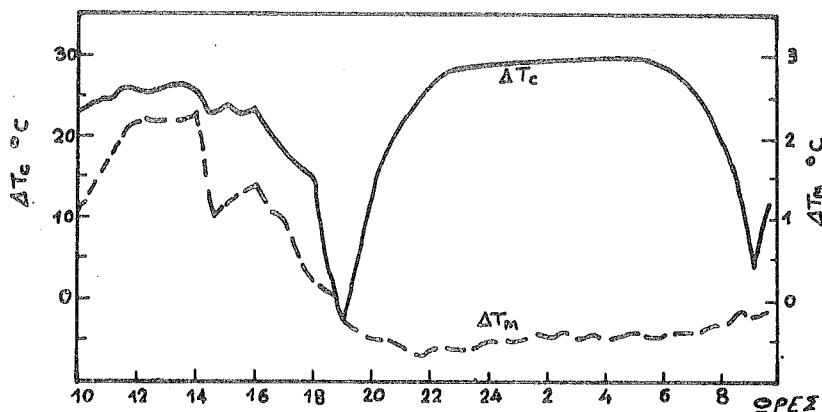


Σχήμα 2.2 Μεταβολές των θερμοκρασιών του νερού της αποθήκης με τις λήψεις νερού που έγιναν κατά την διάρκεια του 24ώρου.

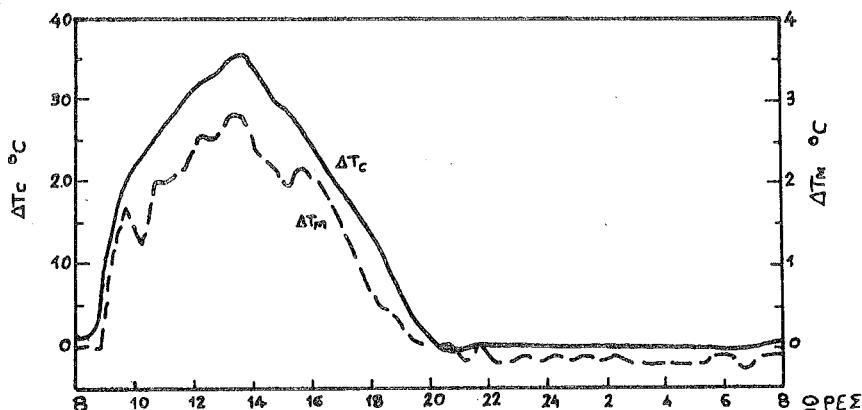
3. Ανάστροφη ροή και πώς επιδρά στον ηλιακό θερμοσίφωνα.

Το φαινόμενο της ανάστροφης ροής που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας φαίνεται στα σχήματα 3.1 και 3.2. Στο σχήμα 3.1 οι βάνες είναι ανοικτές. Οι διαφορές θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της νύχτας $\Delta T_c = T_0 - T_1$ μεταξύ εισόδου και εξόδου στο συλλέκτη φθάνουν τους 35°C ενώ η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του νερού της αποθήκης φθάνει τους $3-4^{\circ}\text{C}$.

Στο σχήμα 3.2 όπου οι βάνες είναι κλειστές η ΔT_c είναι γύρω στους 0°C ενώ η ΔT_m περίπου $0,2^{\circ}\text{C}$.



Σχήμα 3.1 Μεταβολές της θερμοκρασίας στο συλλέκτη και στο δοχείο απόθήκευσης όταν οι βάνες στο σύστημα είναι ανοικτές.

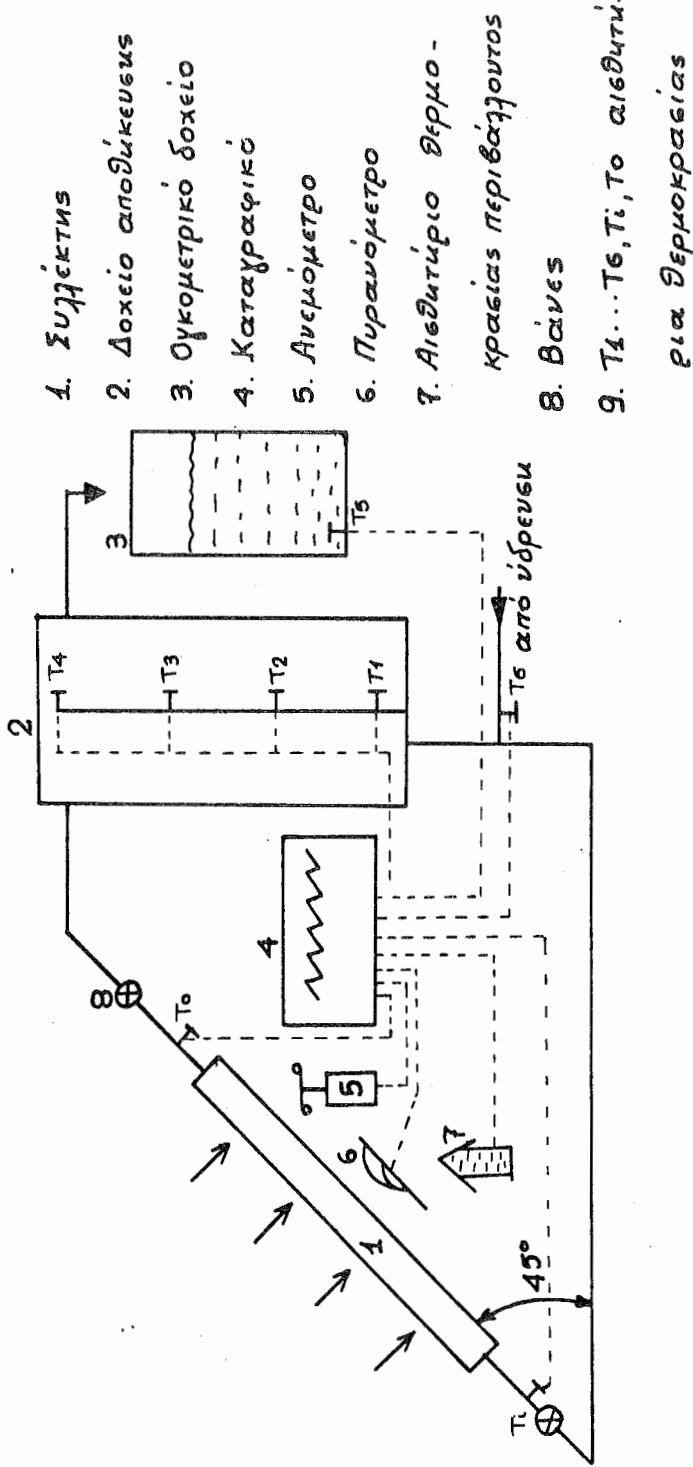


Σχήμα 3.2 Μεταβολές της θερμοκρασίας στο συλλέκτη και στο δοχείο απόθήκευσης όταν οι βάνες στη σύστημα είναι κλειστές.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.

Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης του ηλιακού θερμοσίφωνα γίνεται από την εξίσωση:

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{A_c \left[\int_{8}^{12} S(t) dt + \int_{12}^{19} S(t) dt \right]}$$



Σχήμα 4.1: Πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της απόδοσης ηλιακού θερμοσίφωνα.

Όπου Q1: η ενέργεια που περικλείεται στην ποσότητα του 15% του νερού του δοχείου που λάβαμε στις 12 το μεσημέρι.

Q2: η ενέργεια που περικλείεται στην ποσότητα του 40% του νερού του δοχείου που λάβαμε στις 7 το απόγευμα

Q3: η ενέργεια που περικλείεται στην ποσότητα που αναφέρεται στην παράγραφο 2.2 που λάβαμε στις 8 το πρωί.

Ac: Εμβαδό παραθύρου συλλέκτη.

$S(t) \cdot dt$: ενέργεια που προσπίπτει στο συλλέκτη.

Οι ποσότητες ενέργειες Q1, Q2, Q3 υπολογίζονται από τον τύπο

$$Q = M \cdot cp \cdot \Delta T_{\text{pi}}$$

Όπου M: μάζα νερού που λάβαμε

Cp: συντελεστής θερμοχωρητικότητας που αντιστοιχεί στη μέση θερμοκρασία του νερού που πήραμε.

ΔT_{pi} : Η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του νερού του δοχείου πριν την λήψη και μετά την λήψη ή η μέση θερμοκρασία του ζεστού νερού που πήραμε.

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της απόδοσης του ηλιακού θερμοσίφωνα φαίνεται στο σχήμα 4.1

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε σύνολο δύο θερμοσιφωνικών μονάδων όπου έγιναν μετρήσεις σύμφωνα με την μέθοδο που αναφέρθηκε έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Η μεγίστη μέση θερμοκρασία του νερού της αποθήκης κυμαίνεται γύρω στους 55°C. Η απόδοση κατά την διάρκεια του 24ώρου είναι 40-42% και 44-46% κατά την διάρκεια της ημέρας. Η πώση της μέσης θερμοκρασίας του νερού αποθήκης είναι 40°C κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η επί της % θερμική απώλεια κατά την διάρκεια της νύχτας με τις βάνες κλειστές ανέρχεται στο 10% ενώ με βάνες ανοιχτές φτάνει και το 20%. Η ελάχιστη θερμοκρασία του νερού που λάβαμε κατά τη λήψη νερού ήταν 53°C και η υψηλότερη 65°C. Στον ηλιακό θερμοσίφωνα με 1,5 m² συλλέκτη και 110 λίτρα αποθήκη με θερμοκρασία εισόδου του νερού ύδθευσης 15°C για να φτάσει η μέση θερμοκρασία του νερού του δοχείου στους 40°C απαιτείται μέση ηλιακή ενέργεια 500 W/m² επί έξι ολόκληρες ώρες.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν και οι δοκιμές για τον προσδιορισμό του βαθμού απόδοσης μέχρι τώρα αποτελούν μικρό ποσοστό των ηλιακών θερμοσιφώνων που κυκλοφορούν στο εμπόριο τα συμπεράσματα της μεθόδου που ακολουθήθηκε είναι ενθαρρυντικά. Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες έγιναν οι μετρήσεις επειδή είναι ακριβώς οι ίδιες με εκείνες που υπάρχουν σε κανονική λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα καθιστούν την μέθοδο αυτή αρκετά προσγειωμένη και προστιή στα Ελληνικά δεδομένα. Με τη μέθοδο δοκιμής εκτός από την εύρεση του βαθμού απόδοσης εξάγονται αρκετά συμπεράσματα για την ποιότητα του συστήματος και για τις τυχόν βελτώσεις που μπορούν να γίνουν πάνω στο σύστημα για την αύξηση της απόδοσής του.

Ολοκληρωμένα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν μετά από δοκιμή ικανοποιητικού αριθμού ηλιακών θερμοσιφώνων και αυτό θα επιτευχθεί με την εθελοντική προσφορά ηλιακών θερμοσιφώνων από τους Έλληνες κατασκευαστές.

7. ΣΥΜΒΟΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Σύμβολα	Ονοματολογία	Μονάδες
Ac	Εμβαδό παραθύρου συλλέκτη	m ²
Cp	Συντελεστής θερμοχωρητικότητας	Kj/kgK
Ta	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	°C

HEE-7

T_m	Μέση θερμοκρασία νερού δοχείου	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_c	Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξόδου και εισόδου του συλλέκτη	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_m	Διαφορά θερμοκρασίας του νερού του δοχείου	$^{\circ}\text{C}$
T_i	θερμοκρασία εισόδου του υγρού στο συλλέκτη	$^{\circ}\text{C}$
T_o	θερμοκρασία εξόδου του υγρού από το συλλέκτη	$^{\circ}\text{C}$
$S(t)$	Ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας	$\frac{\text{W.h}}{\text{m}^2}$
M	Μάζα νερού	Kgr
η	Απόδοση ηλιακού θερμοσίφωνα	%

**ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

ΠΑΦΥΛΙΑΣ Θ. Δρ. Μηχ/γος - Ηλ/γος, ΒΡ Ελλάδος
 (ΒΡ CALPAK)
 ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ Π. Μηχ/γος-Ηλ/γος Ε.Μ.Π. ΒΡ Ελλάδος
 (ΒΡ CALPAK)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με τη βοήθεια ειδικής αυτομάτου μετρητικής διατάξεως, που συμπεριλαμβάνει και πλεκτρονικό υπολογιστή (data processor), έγινε παρακολούθηση και καταγραφή (σενάρια) δύον των παραμέτρων λειτουργίας μιας θερμοσιφωνικής μονάδας με αποδημευτική δεξιότητα 150 λίτρων και συλλεκτική επιφάνεια 3 τ.μ.. Η παρακολούθηση έγινε σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της μονάδας στη κατοικία όπου αυτή έχει εγκατασταθεί και εξυπρετεί τις ανάγκες μιας εξαμελούς οικογένειας.

Έγιναν μετρήσεις για χρονικό διάστημα επτά μηνών. Οι μετρήσεις επεκτάθηκαν (υπόθεση) για τους υπόλοιπους πέντε μήνες ώστε να καλυφθεί ένας ολόκληρος χρόνος.

Βρέθηκε ότι, στην συγκεκριμένη εφαρμογή, ο ήλιος κάλυψε το 84% (1320 KWH) των αναγκών σε ζεστό νερό της οιγένειας ενώ το υπόλοιπο 16% (251 KWH) καλύφθηκε από πλεκτρική ενέργεια. Η μέση ετήσια ενεργειακή απολαβή, ανηγμένη στη μονάδα συλλεκτικής επιφάνειας, βρέθηκε στο προς 440 KWH/M2.

ΔΕΣΣΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Θερμοσιφωνική Μονάδα, Μετρήσεις, Απόδοση, Κάλυψη Φορτίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι η απόδοση ενός συλλέκτη μπορεί να μετρηθεί βάσει καθωρισμένων προτύπων όπως το ASHRAE 93/77, ELOT 388-1 και 2, και άλλα. Σήμερα όμως δεν υπάρχουν ακάμα διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της αποδόσεως μιας θερμοσιφωνικής μονάδας.

Γενικά η συνολική ενεργειακή απολαβή από μια θερμοσιφωνική μονάδα εξαρτάται τόσο από τα κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά, όσο και από τον τρόπο χρήσεώς της και συνεπώς δεν είναι εύκολο να προσδιορισθεί αναλυτικά.

Η εργασία αυτή έχει σκοπό την αξιολόγηση θερμοσιφωνικής μονάδας σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας με την αυτόματη μέτρηση, καταγραφή και επεξεργασία διαφόρων μεγεθών για μεγάλο χρονικό διάστημα (μήνες, έτος).

1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σχηματική διάταξη τής θερμοσιφωνικής μονάδας και των οργάνων μετρήσεως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Παρανονταί μετρήσεις από τον πλεκτρονικό υπολογιστή των εξής μεγεθών (με την βοήθεια των οργάνων που φαίνονται στις παρενθέσεις):

- πλιακής ενέργειας στο επίπεδο των συλλεκτών (πυρανόμετρο KIPP & ZONEN CM-6),
- παροχής ζεστού νερού χρήσεως (μετρητής παροχής LITRE METER TYPE LM220 SS),
- θερμοκρασίας του ζεστού νερού χρήσεως (θερμοστοιχείο αντιστάσεως),
- θερμοκρασίας του κρύου νερού χρήσεως (θερμοστοιχείο αντιστάσεως),
- θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (θερμοστοιχείο αντιστάσεως),
- πλεκτρικής ενέργειας (RELAY CONTACT RS348-841).

Οι μετρήσεις των μεγεθών αυτών γίνονται ανά ωρισμένα χρονικά διαστήματα. Στην συνέχεια γίνεται επεξεργασία αυτών από το σύστημα και ανά ώρα εκτυπώνονται τα ακόλουθα μεγέθη:

- ΩΗ Όρα και πμέρα των στοιχείων μετρήσεως.
- I Μέση ένταση πλιακής ακτινοβολίας που έπεσε στο συλλέκτη την τελευταία ώρα (Watts/m²).
- EE Ηλεκτρική ενέργεια που δόθηκε στο νερό χρήσεως την τελευταία ώρα (Watt Hours).
- EO Ενέργεια σε μορφή ζεστού νερού που χρησιμοποιήθηκε για ανάγκες της οικογένειας την τελευταία ώρα. Αυτή είναι (στη μέτρη τό σλοκλήρωμα την ροής ζεστού νερού επι την διαφορδιθερμοκρασία (εξόδου - εισόδου) του νερού χρήσεως (Watt Hours).
- V Ογκος νερού που χρησιμοποιήθηκε την τελευταία ώρα (liters).
- Ta Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την διάρκεια της τελευταίας ώρας (o C).
- To Μέση θερμοκρασία του ζεστού νερού που καταναλώθηκε την τελευταία ώρα (o C).

Επιπλέον των πιο πάνω στοιχείων εκτυπώνονται και τά σλοκλήρωματα ωρισμένων ενεργειακών μεγεθών από την αρχή των μετρήσεων και τα οποία είναι:

- It Συνολική πλιακή ενέργεια στο συλλέκτη (Kilowatt Hours).
- Et Συνολική πλεκτρική ενέργεια (Kilowatt Hours).
- Qt Συνολική ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για ανάγκες της οικογένειας (Kilowatt Hours).
- Dt Συμβολή της πλιακής ενέργειας στις ενεργειακές ανάγκες ζεστού νερού της οικογένειας (Dt=Qt-Et) (Kilowatt Hours).
- Ht Συνολική απόδοση του συστήματος $Ht=Dt/It$.

Είναι προφανές ότι τα στοιχεία αυτά παρέχουν όλα τα δεδομένα για μια πλήρη αξιολόγηση της λειτουργίας μιας θερμοσιφωνικής μονάδας όπως αυτή ακριβώς χρησιμοποιείται από τη συγκεκριμένη οικογένεια, δηλαδή κάτω από πραγματικές συνθήκες.

Τυπικός πίνακας με αποτελέσματα μετρήσεων μιας ημέρας δίνεται πιο κάτω στο Πίνακα 2.

2. ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Το μετρητικό σύστημα τοποθετήθηκε σε θερμοσιφωνική μονάδα στην περιοχή Χαλανδρίου Αττικής που εξυπορετεί τις ανάγκες σε ζεστό νερό (μπάνια, νεροχύτης, όχι πλυντήριο ρούχων) μιάς ειδικευόμενής οικογένειας (4 ενήλικες και 2 παιδιά προσχολικής ηλικίας) η οποία κατοικεί σε δύο διαμερίσματα (80 τ.μ και 100 τ.μ) διάρροιψης οικοδομής.

Η μονάδα αποτελείται από αποθηκευτική δεξαμενή 150 λίτρων και δύο συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 3 τ.μ. σε 45 μοίρες κλίση. Οι συλλέκτες έχουν απόδοση που δίνεται από την εξισώση πρώτου βαθμού

$$\text{Η} = 0,83 - 10 [(T_i - T_a) / I]$$

Η δεξαμενή έχει συλλογικό εναλλάκτη με επιφάνεια 0.6 τ.μ. και συνολικό συντελεστή απωλειών 1.17 W/οC.

Η εργασία των VAZEOS κ.ά. (1) περιέχει αναλυτικά και πειραματικά δεδομένα για τη λειτουργία της μονάδας.

Ο Πίνακας 1 περιέχει μονιμά στοιχεία ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδο με κλίση 45 μοιρών και τη μέση θερμοκρασία του νερού του δικτύου υδρεύσεως Αθηνών [Πελεκάνος κ.ά. (2)].

3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μετρήσεις έγιναν από 6/4/1981 μέχρι 31/7/1981 και από 16/9/1981 μέχρι 15/12/1981. Στην ενδιάμεση περίοδο από 1/8/1981 μέχρι 15/12/1981 η οικογένεια έλειπε σε διακοπές και το σύστημα δε λειτούργησε. Δηλαδή υπάρχουν μετρήσεις για επτά μήνες.

Ο Πίνακας 2 περιέχει αποτελέσματα των μετρήσεων όπως αυτά εκτυπώνονται από το σύστημα μια συγκεκριμένη ημέρα (16/4/1981).

Ο Πίνακας 3 περιέχει συγκεντρωτικά ενεργειακά στοιχεία για τις δύο περιόδους που έγιναν μετρήσεις. Δίζονται αποτελέσματα μετρήσεων ανά μήνα. Βα πρέπει να σημειωθεί ότι ο μικρός βαθμός αποδόσεως κατά τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο οφείλεται στο γεγονός ότι έλειπαν μέλη της οικογένειας και επομένως δεν χρησιμοποιήθηκε όλο το διαθέσιμο ζεστό νερό.

Βα πτώμα σκόπιμο να μπορούσαμε να διάψευσμε να ένα στοιχεία για ένα ολόκληρο χρόνο. Με ωριμένες παραδοχές αυτό περιέχεται

στο Πίνακα 4. Έγινε η παραδοχή ότι ο μήνας Αύγουστος είναι μήνας που η οικογένεια θρέσκεται στο σπίτι (αντιστοιχεί στην περίπτωση ενός μηνός αβεβαιότητας). Στο κάτω μέρος του πίνακα δίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τους μήνες Απρίλιο, Σεπτεμβρίο και Δεκέμβριο όπως και για το ολόκληρο το έτος 1981. Σχάλια πάνω στα αποτελέσματα γίνονται στην παράγραφο 5.

4. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.

Ο Πίνακας 5 δίνει στοιχεία καταναλώσεως ζεστού νερού ανά ώρα της ημέρας όπως αυτά μετρήθηκαν. Οι τιμές που δίνονται είναι οι μέσες τιμές ανά μήνα. Δίνονται επίσης μέσες ωριαίες τιμές για την όλη περίοδο μετρήσεως και αντιστοιχείς "σχετικές" τιμές (διαφέση με την μεγίστη).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα δεδομένα των προηγουμένων σελίδων Βγαίνουν ωριαίμενα συμπεράσματα. Πιστούμενα από τον Πίνακα 4 φαίνεται ότι η απόδοση της θερμοσιφωνικής μονάδας είναι της τάξεως του 30% παρόλο που υπήρχαν παρατεταμένες περιόδοι όπου η μονάδα δεν εχρησιμοποιείτο στην πλήρη της δυναμικότητα.

Άλλο ένα χρήσιμο στοιχείο είναι ότι στη συγκεκριμένη εφαρμογή σε ένα ολόκληρο χρόνο ο ήλιος κάλυψε το 84% (1320 KWH) των αναγκών σε ζεστό νερό της οικογένειας (1571 KWH), ενώ το υπόλοιπο 16% (251 KWH) καλύφθηκε από πλεκτρική ενέργεια.

Η ενέργεια την οποία απέδωσαν οι συλλέκτες ήταν 1320 KWH δηλαδή 440 KWH ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας ανά έτος. Η τιμή αυτή θεωρείται συντηρητική.

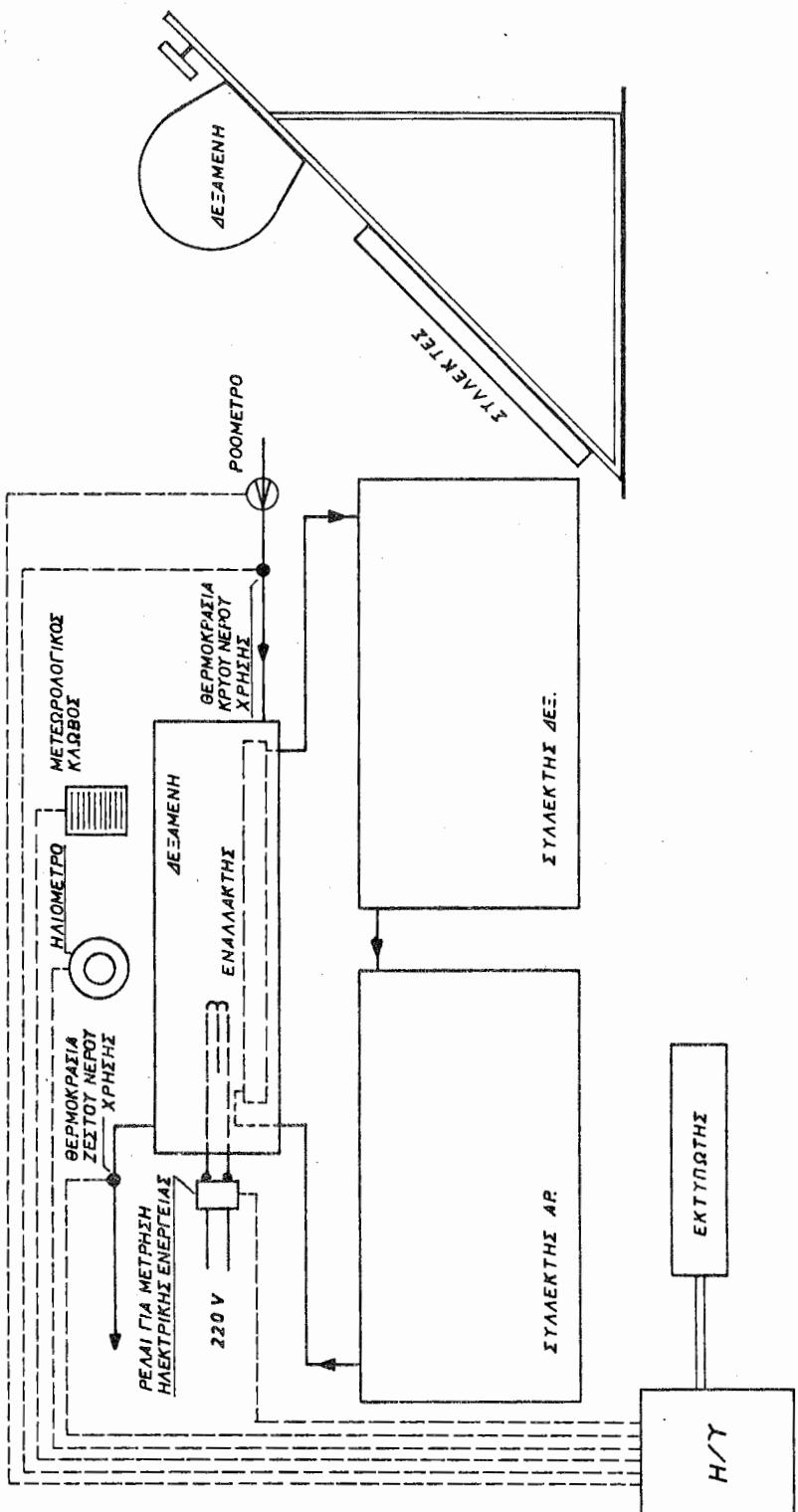
Τα στοιχεία καταναλώσεως του Πίνακα 5 είναι χρήσιμα για μελέτες προσομοιώσεως (simulation), με πλεκτρογραφικά υπολογιστή, λειτουργίας θερμοσιφωνικής μονάδας.

6. ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Η μετρητική μονάδα μελετήθηκε και κατασκευάσθηκε από το Κέντρο Ερευνών της BP στο Sunbury, Αγγλίας με προβιαγραφές της BP Calpak.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Vazeos E., CANELLOPOULOS P., 1984 First E.C. Conference on Solar Heating, Amsterdam, Proceedings, pages 203 - 207.
2. ΠΕΛΕΚΑΝΟΣ Α., ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Κ., 1982, Ι.Η.Τ., Πρώτο Εθνικό Συνέδριο, Ηπιες Μορφες Ενέργειας, Πρακτικά, Τόμος Α σελίδες MET 41 -75



ΠΙΝΑΚΑΣ_1

Μέση Ολική Ακτινοβολία (KWH/M2) σε Επίπεδο με Κλίση 45
Μοιρών και Μέση Θερμοκρασία (οC) του Νερού Υβρεύσεως. Αθήνα

ΜΗΝΑΣ	ΑΚΤ/ΛΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ	ΜΗΝΑΣ	ΑΚΤ/ΛΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ
ΙΑΝ	95	9.3	ΙΟΥΛ	179	20.8
ΦΕΒ	104	9.4	ΑΥΓ	188	22.7
ΜΑΡ	128	10.0	ΣΕΠ	167	21.5
ΑΠΡ	144	12.2	ΟΚΤ	142	18.5
ΜΑΙ	162	15.3	ΝΟΕ	115	14.7
ΙΟΥΝ	163	18.7	ΔΕΚ	94	12.1

ΠΙΝΑΚΑΣ_2

Τυπικές Μετρήσεις δύος Δύνοντας από το Σύστημα (16/4/1981)

ΩΡΑ	ΜΕΡΑ	Α Ν Α Ω Ρ Α						ΑΠΟ ΑΡΧΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ					
		I	EE	EO	V	Tα	To	It	Et	Qt	Dt	Ht	%
		W/M2	WH	WH	L	οC	οC	KWH	KWH	KWH	KWH		
01 010	0	0	2	0	12	28	123	4	43	39	32		
02 010	0	0	1	0	11	27	123	4	43	39	32		
03 010	0	0	0	0	11	0	123	4	43	39	32		
04 010	0	0	0	0	10	0	123	4	43	39	32		
05 010	0	0	1297	35	10	44	123	4	45	40	33		
06 010	56	0	267	8	13	40	123	4	45	41	33		
07 010	218	0	505	19	19	37	125	4	45	41	33		
08 010	407	0	52	2	21	34	125	4	45	41	33		
09 010	602	0	50	3	23	36	128	4	46	41	32		
10 010	754	0	278	12	23	41	129	4	46	41	32		
11 010	852	0	1	0	23	34	131	4	46	41	32		
12 010	881	0	179	6	23	47	134	4	46	42	31		
13 010	824	0	95	2	23	52	137	4	46	42	31		
14 010	703	0	377	9	23	58	138	4	46	42	30		
15 010	539	0	34	0	22	52	140	4	46	42	30		
16 010	329	0	3	0	22	37	140	4	46	42	30		
17 010	127	0	57	2	21	48	141	4	47	42	30		
18 010	4	0	1239	29	19	56	141	4	48	43	31		
19 010	0	0	338	7	17	58	141	4	48	44	31		
20 010	0	0	850	18	16	56	141	4	49	45	32		
21 010	0	0	163	4	15	50	141	4	49	45	32		
22 010	0	0	94	2	15	47	141	4	49	45	32		
23 010	0	0	0	0	14	0	141	4	49	45	32		
24 010	0	0	0	0	13	0	141	4	49	45	32		

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Κατανάλωση Ενέργειας (Μετρήσεις, 1981)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	It KWH	Et KWH	Dt KWH	Qt KWH	Ht %	ΣΧΟΛΙΑ
6/4 - 30/4	339	7	84	91	25	(1)
ΜΑΪΟΣ	444	1	180	181	41	
ΙΟΥΝΙΟΣ	440	0	152	152	35	
ΙΟΥΛΙΟΣ	465	0	75	75	16	(2)
-	-	-	-	-	-	
16/9 - 30/9	230	0	78	78	34	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	398	17	124	141	31	(3)
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	326	45	73	118	22	(3)
1/12 -15/12	113	28	28	56	25	(3)
ΣΥΝΟΛΟ	2753	98	794	892	29	

(1) Λειπουν δύτομα λόγω διακοπών Πάσχα.

(2) Λειπουν δύο ενήλικες και δύο παιδιά.

(3) Λειπουν δύο ενήλικες (μέρος του μήνα)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Παραδοχές για την Κατανάλωση Ενέργειας κατά τους
 Χρόνους πού δεν Υπάρχουν Μετρήσεις.
 Συνολικό Στοιχεία για Όλοκληρο το Έτος 1981.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	It KWH	Et KWH	Dt KWH	Qt KWH	Ht %	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	233	58	60	118	26	Δεκέμβριο
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	233	45	73	118	22	Νοέμβριο
ΜΑΡΤΙΟΣ	398	17	124	141	31	Οκτώβριο
1/4 - 5/4	68	3	17	20	33	Απρίλιο
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	440	0	152	152	35	Ιούνιο
1/9 -15/9	201	0	68	68	34	Σεπτέμβριο
16/12 -31/12	120	30	32	62	27	Δεκέμβριο
ΣΥΝΟΛΟΝ	1693	153	526	679	31	

ΣΥΝΟΛΟ

ΑΠΡΙΛΙΟΥ	407	10	101	111	25
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ	431	0	146	146	34
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ	233	58	60	118	26

ΣΥΝΟΛΟ

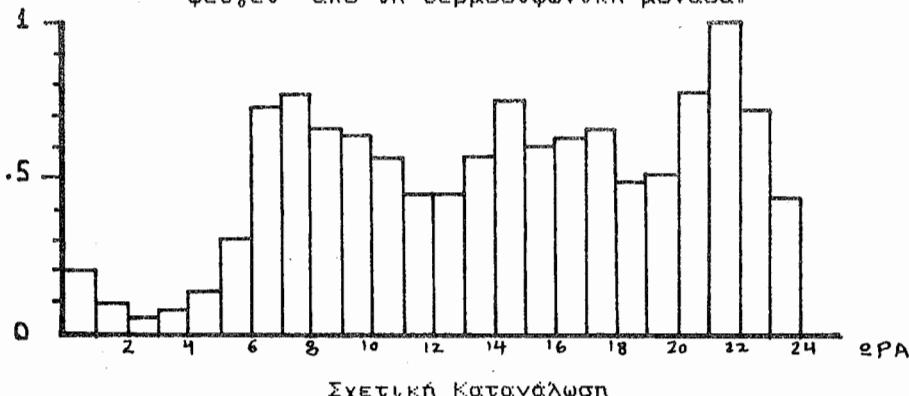
ΕΤΟΥΣ 1981	4446	251	1320	1571	30
------------	------	-----	------	------	----

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Μέσοι Ρυθμοί Κατανάλωσεως Ζεστού Νερού σε λιτρα ανά ώρα της Ημέρας (Μέσες Τιμές Μήνα και Περιόδου) και ανά Ημέρα (Μέσες Τιμές Μήνα).

ΩΡΑ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΙΜΗ
01	0.0	3.0	3.7	1.3	4.6	3.4	5.9	3.1	0.21
02	0.0	1.4	1.9	3.8	1.4	2.0	0.3	1.5	0.10
03	0.0	0.0	0.9	1.2	0.3	0.8	1.5	0.7	0.05
04	0.0	0.5	0.9	1.9	0.0	2.7	2.1	1.2	0.08
05	0.0	0.6	3.7	1.1	0.0	3.6	2.5	1.6	0.11
06	0.0	7.4	10.6	6.5	0.5	4.8	2.0	4.5	0.30
07	12.4	13.1	15.4	5.5	22.0	4.3	4.2	11.0	0.73
08	5.2	12.9	11.7	3.9	22.4	15.1	10.3	11.6	0.77
09	6.1	10.3	6.8	1.9	13.1	13.3	18.5	10.0	0.66
10	5.1	17.7	9.0	1.6	16.7	7.4	10.6	9.7	0.64
11	5.7	12.4	10.8	1.1	8.9	12.3	7.9	8.4	0.56
12	3.4	12.7	4.9	2.4	6.8	8.8	9.7	7.0	0.46
13	2.3	10.0	5.7	3.7	10.1	9.6	7.9	7.0	0.46
14	6.0	18.0	8.1	6.6	7.5	6.8	8.1	8.7	0.58
15	6.4	21.1	19.3	9.5	9.1	7.5	7.1	11.4	0.75
16	7.4	12.4	11.4	6.6	9.2	8.3	8.0	9.0	0.60
17	3.5	14.0	14.4	6.1	11.7	8.0	6.4	9.2	0.61
18	7.4	16.0	9.1	3.4	17.1	6.7	9.0	9.8	0.65
19	7.8	13.2	9.6	2.5	4.9	7.7	5.1	7.3	0.48
20	4.7	17.3	10.1	4.3	7.8	4.8	6.3	7.9	0.52
21	7.6	19.4	13.0	5.5	15.3	11.2	10.7	11.8	0.78
22	18.4	23.2	17.8	5.4	21.9	9.0	10.3	15.1	1.00
23	6.9	11.0	17.0	4.0	15.9	11.2	9.7	10.8	0.72
24	0.4	8.6	6.9	5.5	8.3	9.8	4.4	6.3	0.42
ΗΜΕΡΑ	117	276	223	95	235	179	168	185	

Σημείωση: Η κατανάλωση στην κάθε ώρα αναφέρεται στη προηγούμενη ωριαία χρονική περίοδο. Είναι το νερό που "φεύγει" από τη θερμοσιφωνική μονάδα.



ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΕΡΟΗΛΙΟΘΕΡΜΟΥ

Ντούνας Θεοχάρης, Πολύτης Χαϊμ, Σωτηριάδης Μανώλης
 Μήτσογλου Αλέξανδρος, Μηχανολόγοι Μηχανικοί
 Βλάσης Α.Σωτηρόπουλος, Καθηγητής ΑΠΘ, Ενεργειακού
 Τομέα, Τμήματος Μηχανολόγων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με βάση αλγόριθμο, που περιλαμβάνει μέθοδο υπολογισμού έντασης ακτινοβολίας, σχέσεις μεταφοράς θερμότητας και σχέσεις ροής αέρα σε αγωγούς, διερευνήθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργία του αεροηλιοθέρμου. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό ηλιοθέρμου με βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας, το οποίο κατασκευάστηκε και έγιναν πειραματικές μετρήσεις.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αλγόριθμος προσομοιάζει με ικανοποιητική ακρίβεια τη λειτουργία του αεροηλιοθέρμου.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Αεροηλιόθερμα, Μοντέλα προσομοίωσης, παράμετροι αεροηλιοθέρμου

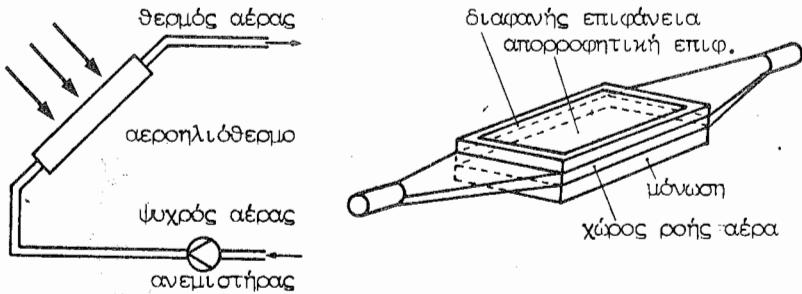
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν εψαρμογές αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας δύον ο αέρας σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας έχει πολλά προσόντα δπως πχ. η θέρμανση χώρων.

Η χαμηλή θερμοκρασία του αέρα θέρμανσης ($20-24^{\circ}\text{C}$) σημαίνει για το ηλιοθέρμο υψηλό βαθμό απόδοσης.
 Για τα ηλιοθέρμα με νερό σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας υπάρχουν σήμερα ένα πλήθος από θεωρητικές εργασίες, μοντέλα προσομοίωσης και πειραματικά δεδομένα. Τα αεροηλιόθερμα δεν έχουν ακόμη μελετηθεί διεξοδικά. Στην εργασία αυτή δύνεται ένα μοντέλο προσομοίωσης του αεροηλιοθέρμου εξαναγκασμένης υπολογοφορίας και μελετάται η επέδραση των διαφόρων παραμέτρων στη λειτουργία του.

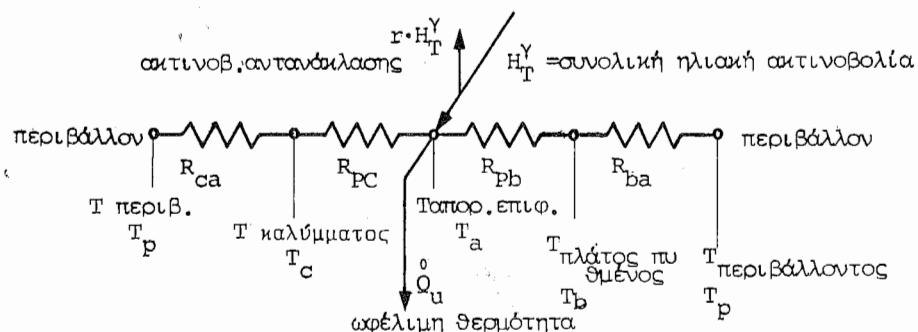
1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΗΛΙΟΘΕΡΜΟΥ

Στην εικόνα 1 δίνεται η αρχή λειτουργίας του αεροηλιοθέρμου που μελετήθηκε.



Εικόνα 1. Αρχή λειτουργίας και κατασκευή αεροηλιοθέρμου

Για την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα και τη μεταφορά της θερμότητας από την απορροφητική επιφάνεια στον αέρα πάρθηκε το ηλεκτρικό ισοδύναμο αντιστάσεων του αεροηλιοθέρμου δηλαδή δίνεται στην εικόνα 2.



Εικόνα 2. Ηλεκτρικό ισοδύναμο αεροηλιοθέρμου

2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Η ολική ένταση ακτινοβολίας στο επίπεδο του ηλιοθερμού H^Y προσομοιάζεται με ένα σύστημα εξισώσεων που παίρνει υπόψη τα μετεωρολογικά και γεωγραφικά δεδομένα του τόπου καθώς και τον προσανατολισμό. Ο αλγόριθμος αυτός δίνεται σε μια άλλη εργασία που παρουσιάζεται σ' αυτό το συνέδριο. [1]. Ο συντελεστής διέλευσης της ακτινοβολίας τ δίνεται από τις σχέσεις (2).

$$\tau = (1-r) \exp\left\{-Kb/\cos\left[\arcsin\left(\frac{\sin\theta}{\eta_{12}}\right)\right]\right\} \quad \text{για } \theta < 30^\circ \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \tau = & \left[(1-r) - 0,06283 \left(\frac{\theta-30}{10}\right) + 0,04117 \left(\frac{\theta-30}{10}\right)^2 \right. \\ & \left. - 0,00917 \left(\frac{\theta-30}{10}\right)^3 \right] \cdot \exp\left\{-Kb/\cos\left[\arcsin\left(\frac{\sin\theta}{\eta_{12}}\right)\right]\right\} \quad (2) \end{aligned}$$

όπου:

$K = 20 \text{ m}^{-1}$ συντελεστής απορρόφησης ακτινοβολίας
(του γιαλιού)

$b = \text{πάχος του γιαλιού}$

$\eta_{12} = \text{σχετικός δείκτης διάθλασης του γιαλιού}$

$r = \text{συντελεστής αντανάκλασης}$

$\theta = \text{γωνία πρόσπτωσης ακτινοβολίας (κάθετη πρόσπτωση: } \theta=0)$

Το ωφέλιμο ποσό θερμότητας \dot{Q}_u που δίνει το ηλιοθερμό είναι:

$$\dot{Q}_u = F_1 \left[H^Y \tau_a p - \frac{T_p - T_a}{R_{ca} - R_{pc}} - \frac{T_b - T_a}{R_{ba}} \right] \quad (3)$$

όπου:

$$\begin{aligned} F_1 = & \frac{1}{K_H} \quad (4) \\ & 1 + \frac{1}{h_r + \frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_r}} \end{aligned}$$

$$K_H = \frac{1}{R_{ca} + R_{pc}} + \frac{1}{R_{ba}} \quad (5)$$

$$R_{ca} = 1/(1/a_{cac} + 1/a_{car}) \quad (6)$$

$a_{cac} = \text{συντελεστής συναγωγής καλύμματος - περιβάλλοντος αέρα}$

$a_{car} = \text{ισοδύναμος συντελεστής συναγωγής για την ακτινοβολία καλύμματος - περιβάλλοντος}$

$$R_{pc} = 1/(1/a_{pcc} + 1/a_{pcr}) \quad (7)$$

a_{pcc} = συντελεστής συναγωγής μεταξύ απορροφητικής πλάκας και διαφανούς καλύμματος

a_{pcr} = ισοδύναμος συντελεστής συναγωγής για την ακτινοβολία μεταξύ απορροφητικής επιφάνειας και διαφανούς καλύμματος

$$R_{ba} = \sum \frac{\lambda_i}{s_i} + \frac{1}{a_{cac}} \quad (8)$$

$$\sum \frac{\lambda_i}{s_i} = \text{θερμοαντίσταση οπισθίου μέρους του αερο-ηλιοθέρμου (θερμομόρνωση με καλύμματα)}$$

$h_1 = a_{ptc}$ = συντελεστής συναγωγής απορροφητικής επιφάνειας-ροής αέρα

$h_2 = a_{tbc}$ = συντελεστής συναγωγής εσωτερικής επιφάνειας-ροής αέρα

$h_r = a_{pbr}$ = ισοδύναμος συντελεστής συναγωγής για την ακτινοβολία της εσωτερικής επιφάνειας (αγωγός ροής αέρα)

a_p = συντελεστής απορρόφησης επιφάνειας ηλιοθέρμου

Η σημασία των θερμοκρασιών T_a , T_b , T_p παίρνεται από την εικόνα 2.

Οι συντελεστές συναγωγής πάρθηκαν από τον Wärmeatlas [3].

Οι πιέσεις πίεσης παίρνονται από την γενική σχέση:

$$\Delta_p = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad \zeta = \xi (Re, \frac{K}{d}) \quad (9)$$

όπου

v = ταχύτης ροής και ρ = πυκνότης αέρα

K = τραχύτης και d = διαστομή αγωγών ροής

Οι τιμές των συντελεστών ξ για τα διάφορα εύδη αγωγών πάρθηκαν από την σχετική βιβλιογραφία [4].

3. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Με βάση τον παραπάνω αλγόριθμο έγινε το πρόγραμμα προσομοίωσης H/Y σε γλώσσα FORTRAN.

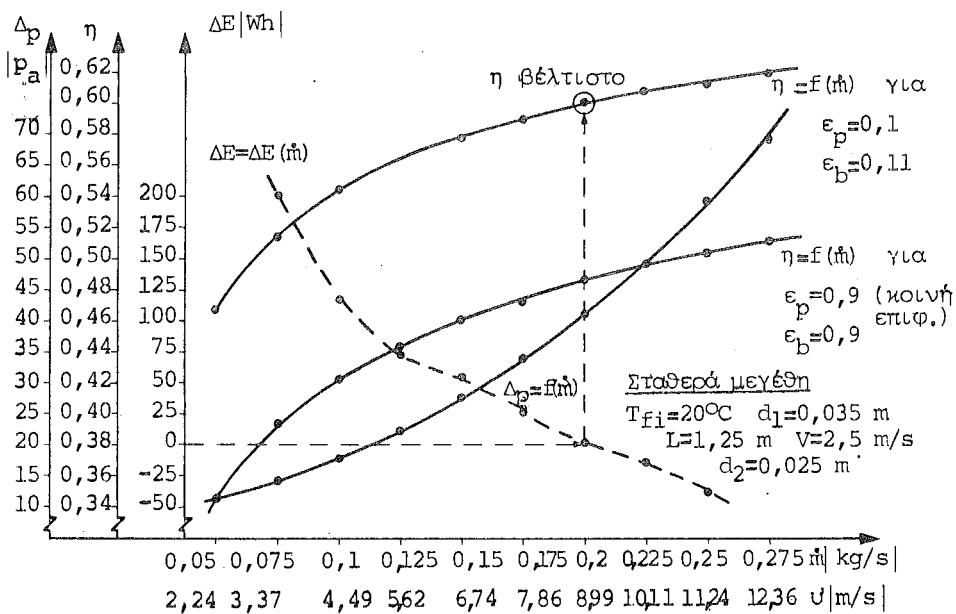
Διερευνήθηκαν οι μεταβλητές:

1. Κατασκευαστικά μεγέθη: μήκος ηλιοθέρμου L , απόσταση διαφανούς καλύμματος από την απορροφητική πλάκα d_1 , πλάτος αγωγού ροής a , διαστομή d_2 , συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας απορροφητικής επιφάνειας ϵ και οπέσθιας πλάκας e_b .

2. Ταχύτητα ανέμου: V

3. Λειτουργικές μεταβλητές Θερμοκρασία εισόδου αέρα T_{fi} , ροή μάζας αέρα, m .

Στην εικόνα 3 δίνονται τα αριθμητικά αποτελέσματα για την λειτουργία ενός συγκεκριμένου ηλιοθέρμου για την 21-Ιανουαρίου στη Θεσσαλονίκη. Προσανατολισμός νότιος, γωνία ηλίσης $\gamma = 58^\circ$.



Εικόνα 3. Επιδραση της ροής μάζας στη λειτουργία αεροηλιοθέρμου

Το βέλτιστο σημείο λειτουργίας για το δεδομένο ηλιοθέρμο καθορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta E = H_T^Y (\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_1) - (\Delta p_1 \dot{m}_1 - \Delta p_2 \dot{m}_2) \rho \cdot Z \frac{1}{\eta_A} \quad (10)$$

όπου:

η = βαθμός απόδοσης ηλιοθέρμου

Z = ώρες λειτουργίας

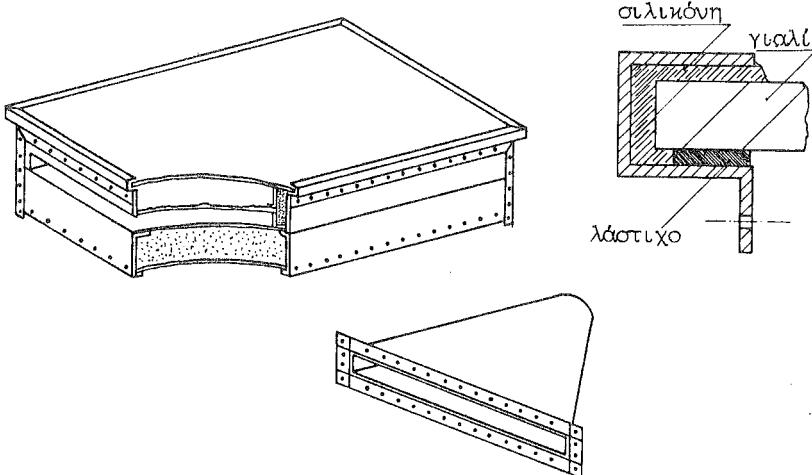
η_A = βαθμός απόδοσης του ανεμιστήρα

Για δύο διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας 1,2 η εξίσωση 10 δίνει μία διαφορά ενέργειας ΔE . Το ΔE δίνει την διαφορά μεταξύ της ενέργειας που κερδίζεται λόγω της αύξησης του βαθμού απόδοσης του ηλιοθέρμου και της ενέργειας που δαπανάται για την υπερνίκηση των τριβών ροής.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Προκειμένου να επιβεβαιωθεί και πειραματικά το μοντέλο προσμοίωσης σχεδιαστηκε και κατασκευάστηκε ένα αεροηλιοθέρμο με τις ακόλουθες διαστάσεις:

Μήκος: $l=2,0$ m. Πλάτος $b = 0,95$ m. Απόσταση μεταξύ διαφανούς επιφάνειας και απορροφητικής πλάκας $d_1 = 3,5$ cm. Πλάτος αγωγού ροής $d_2 = 2,5$ cm. Στην εικόνα 4 δύνονται μερικές χαρακτηριστικές λεπτομέρειες της κατασκευής.



Εικόνα 4. Κατασκευή αεροηλιοθέρμου

Ο ανεμιστήρας που χρησιμοποιήθηκε είναι ισχύ 100W. Με ρεοστάτη ρυθμίζεται ο αριθμός των στροφών του και η παροχή αέρα από 0-0,12 m³/s.

Τα μερικά που μετρήθηκαν είναι:

- α. Προσπέπτουσα ολική ακτινοβολία στο επέπεδο του συλλέκτη (με καταγραφικό δργανό)
- β. Ταχύτητα ροής και θερμοκρασία στην έξοδο του ηλιοθέρμου
- γ. Θερμοκρασία στην είσοδο του ηλιοθέρμου
- δ. Ταχύτητα και θερμοκρασία του πνέοντος ανέμου

Οι ταχύτητες ροής και θερμοκρασίες του αέρα και ανέμου μετρήθηκαν με ηλεκτρονικό ανεμόμετρο και ενσωματωμένο θερμόμετρο ακριβείας.

Οι μετρήσεις έγιναν κατά τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο και σε ημέρες με πλήρη ηλιοφάνεια.

Τα πειραματικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του μοντέλου προσωμούσας.

Η πρώτη σύγκριση έδειξε ότι τα υπήρχαν ορισμένες διαφορές μεταξύ θεωρίας και πράξης. Τα πειραματικά αποτελέσματα ήταν ευνοϊκότερα απότι προέβλεπε η θεωρία. Χρειάστηκε να γίνει μιά διερεύνηση του προβλήματος δύσον αφορά τις σχέσεις που δένονται συντελεστές συναγωγής.

Για τον συντελεστή συναγωγής καλύμματος-ανέμου πάρθηκε:

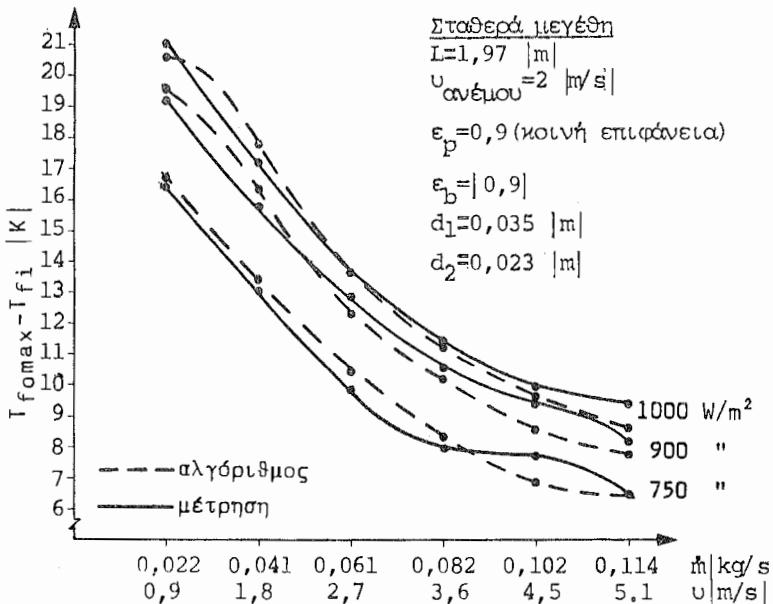
$$a_{cac} = a_w = 2,8+3V \quad (11)$$

$$\text{αντί των αρχικών} \quad a_w = 5,7+3,8V \quad (12)$$

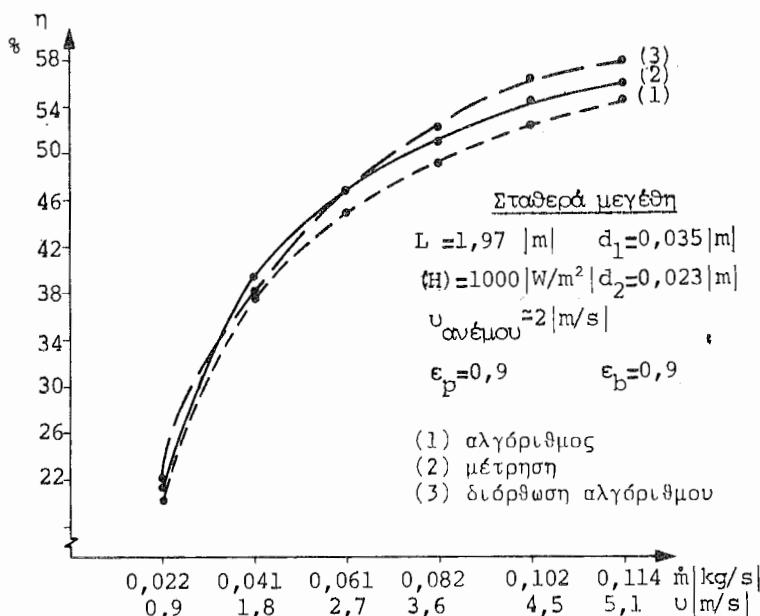
Για τους συντελεστές συναγωγής καλύμματος στη μετάδοση θερμότητας από την απορροφητική επιφάνεια στη ροή του αέρα παρθήκαν οι σχέσεις του αριθμού Νu για αγωγό αντί της επέπεδης πλάκας (όπως είχαν παρθεί στο αρχικό μοντέλο).

Στην εικόνα 5 δύνεται η διαφορά θερμοκρασίας εξόδου-εισόδου αέρα στο ηλιοθέρμο σε συνδρηση της παροχής μάζας με πα-

ράμετρο την ολική ένταση ακτινοβολίας. Στην εικόνα 6 δύνονται οι καμπύλες του βαθμού απόδοσης του ηλιοθεραπευτικού.



Εικόνα 5. Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων σε αεροηλιοθερμό. Διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου.



Εικόνα 6. Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων καμπύλες βαθμού απόδοσης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την σύγκριση των θεωρητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων φαίνεται ότι το προτεινόμενο μοντέλο προσδοκούσε σημαντικά περισσότερα από τα πραγματικά αποτελέσματα. Η διάφορη επιτροπή συμβιβάεται με την αρχική θέση του προτεινόμενου μοντέλου.

Η διάφορη επιτροπή συμβιβάεται με την αρχική θέση του προτεινόμενου μοντέλου. Εάν αλλάζει η κατασκευή θα πρέπει να παρθούν και οι αντίστοιχες σχέσεις που δύνονται τους συντελεστές συναγωγής σε συνάρτηση της νέας γεωμετρίας.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- | 1 | B.A.Σωτηρόπουλου, 1985, "Εκτίμηση της έντασης της Ηλιακής ακτινοβολίας σε τυχόν επίπεδο", 2^ο Συνέδριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Θεσ/νίκη
- | 2 | B.A.Σωτηρόπουλου, "Σχεδιασμός και κατασκευή ηλιοθέρμων" Σημειώσεις ΑΠΘ
- | 3 | VDI-Wärmeatlas, Ελληνική μετάφραση από τον K.N.Πάττα με τύπο "Μετάδοση Θερμότητας", έκδοση ΑΠΘ
- | 4 | B.A.Σωτηρόπουλου, 1983, "Στοιχεία αλιματισμού", έκδοση ΑΠΘ

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑ ΝΕΡΟΥ ΜΕ
ΦΥΣΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ

Ε.ΒΑΖΑΙΟΣ , Π.ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ :Μ-Η ΕΜΠ
ΒΡ ΕΛΛΑΔΟΣ (Calpak BP)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στη παρούσα εργασία αποδεικνύεται ότι ο ημερήσιος βαθμός απόδοσης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα φυσικής κυκλοφορίας μπορεί να εκφρασθεί σαν εξίσωση ίου βαθμού συναρτήσει μέσων ημερήσιων δεδομένων. Αυτό γίνεται δυνατό λόγω της μεγάλης μάζας και κατά συνέπεια του μεγάλου χρόνου απόκρισης μιας τέτοιας συσκευής. Η επιβεβαίωση της θεωρίας γίνεται με εκτέλεση σειράς δοκιμών στο εργαστήριο της BP. Η καμπύλη απόδοσης που προκύπτει μπορεί να χρησιμεύσει σαν κριτήριο αξιολόγησης τών συσκευών και σαν εργαλείο πρόβλεψης της απόδοσης για διάφορες συνθήκες.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακός θερμοσίφωνας, Φυσική κυκλοφορία, Καμπύλη απόδοσης, Ημερήσιος βαθμός απόδοσης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η στιγμιαία απόδοση του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη περιγράφεται από την γνωστή εξίσωση Hottel-Whillier-Bliss που έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη τυποποιημένων μεθόδων δοκιμής και αξιολόγησης συλλεκτών [1, 2]. Εργασίες για την απόδοση ολοκληρων ηλιακών θερμοσίφωνων έχουν παρουσιαστεί από πολλούς ερευνητές, στην πλειονότητά τους δημος, στηρίζονται στην αναλυτική έκφραση της απόδοσης καθενός από τα επί μέρους τμήματα που συνθέτουν το σύστημα [3, 4, 5]. Έχουν προταθεί επίσης, σχέδια προτύπων για δοκιμή και αξιολόγηση συστημάτων που δημος προσανατολίζονται στην χρήση πολύπλοκων και δαπανηρών μετρητικών διατάξεων (χρήση ηλιακού προσομοιωτή, προσέγγιση σταθερών συνθηκών περιβάλλοντος κ.α) [6, 7]. Από τον D.Faiman έχει επιχειρηθεί η προσεγγίση της απόδοσης ολοκληρωμένων ηλιακών θερμαντήρων υερού, με εξίσωση ανάλογη της των Hottel-Whillier-Bliss [8].

Προς την κατεύθυνση αυτή προσανατολίζεται η παρούσα εργασία. Αποδίδεται, μέσω εξίσωσης ίου βαθμού, το μέγεθος "ημερήσιος βαθμός απόδοσης" ηλιακού θερμοσίφωνα σαν συνάρτηση μέσων ημερήσιων δεδομένων και στη συνέχεια αναπτύσσεται μια μέθοδος μετρήσεων, συγκριτικά απλή, για την πειραματική προσέγγιση της εξίσωσης αυτής.

2. ΑΝΑΛΥΣΗ

Θεωρούμε ένα ηλιακό θερμοσίφωνα που συναλλάσσει ενέργεια με το περιβάλλον του. Ο θερμικός ισολογισμός της συσκευής εκφράζεται ως εξής:

$$MC \frac{dT}{dt} = A_C F_R' [I(\tau_a) - U_L(T - T_a)] - (UA)_S(T - T_a) \quad (1)$$

Στην εξίσωση αυτή ο παραγοντας MC παριστά το άθροισμα της ενεργού θερμομάζας της συσκευής και του περιεχόμενου νερού : $MC = (MC)_C + (MC)_W$. Τι είναι η θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής που θεωρείται ομοιόμορφη για το σκοπό της παρούσας ανάλυσης, Ας η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, I η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο του συλλέκτη, (τ_a) το γινόμενο των συντελεστών διαπερατότητας και απορροφητικότητας του συλλέκτη που εκφράζεται σαν συνάρτηση του η ο που είναι το (διο γινόμενο αλλά για κάθετη ακτινοβολία:

(τ_a) = Κηρ. Ο συντελεστής αναγωγής K εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας. U_L είναι ο συντελεστής θερμικών απωλειών του συλλέκτη, Τα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, $(UA)_S$ ο συντελεστής θερμικών απωλειών της δεξαμενής. Με τόν συντελεστή F_R' οι πραγματικές απώλειες του συλλέκτη ανάγονται προς αυτές που θα συνέβαιναν υποθετικά αν η θερμοκρασία του απορροφητήρα ήταν ομοιόμορφη και ίση με την μέση θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής. Ο συντελεστής F_R' έχει τιμές μικρότερες της μονάδας και εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συλλέκτη, την μορφολογία του εναλλάκτη θερμότητας και την παροχή του θερμικού φορέα μέσα στο σύστημα. Η εξίσωση (1) μπορεί να επαναδιαταχθεί σε σχέση με τον χρόνο απόκρισης του συστήματος T , ως εξής:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\tau} \left[\frac{K \eta I}{U_L + \frac{(UA)_S}{F_R' A_C}} - (T - T_a) \right] \quad (2)$$

όπου $\tau = MC / (A_C F_R' U_L + (UA)_S)$. Για θερμοσιφωνικά συστήματα συνήθους σχεδιασμού, το τ λαμβάνει τιμές της τάξεως των 10-15 ωρών. Π.χ. για $M=138kg$, $C=4190 J/Kg^{\circ}C$, $A_C=2m^2$, $F_R' U_L = 7 W/m^2^{\circ}C$ και $(UA)_S = 1.5 W^{\circ}C$, είναι $\tau = 10,4$ h. Αντίθετα ο χρόνος μεταβολής για την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την ηλιακή ακτινοβολία είναι της τάξεως λεπτών ή το πολύ λίγων ωρών. Εποιητική εξάρτηση και οι μεταβολές των T και I δεν προκαλούν σημαντικές μεταβολές στην θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής. Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται και από την μελέτη του T. Munroer κ.α. [5] στα σχήματα 5 και 6 της οποίας αποδεικνύεται ότι η απότομη μεταβολή στην ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί πολύ μικρή διατάραξη στη θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής. Το γεγονός λοιπόν ότι η χρονική απόκριση του συστήματος είναι μεγαλύτερη από το χρόνο διακύμανσης των κλιματολογικών στοιχείων στα οποία υπόκειται κατά τη διάρκεια μιας περιόδου λειτουργίας του, επιτρέπει να αντικατασταθούν οι μεταβλητές της εξίσωσης (1) από τις μέσες τιμές τους.

ΕΙΔΙΚΩΤΕΡΑ οι υποθέσουμε ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την ολική συλλεγόμενη ενέργεια μεταξύ ανατολής ηλίου και του χρόνου που η θερμοκρασία μέσα στη δεξαμενή θα φθάσει την μέγιστη τιμή της, T_{max} . Η εξίσωση (1) γίνεται:

$$Q = MC(T_{max} - T_0) = Ac \Delta t \left[\bar{F}_{RK} K_{no} - \bar{F}_{RU} L (\bar{T} - \bar{T}_a) \right] - (UA)_s \Delta t (\bar{T} - \bar{T}_a) \quad (3)$$

όπου Το είναι η αρχική θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής. Η παύλα πάνω από ορισμένα μεγέθη σημαίνει ότι έχει ληφθεί ο μέσος δρος των αντίστοιχων μεγεθών για το χρονικό διάστημα Δt , που είναι περίπου 5-10 h. Αν ορίσουμε σαν ημερήσιο βαθμό απόδοσης του συστήματος το πηλίκο :

$$n = \frac{(MC)_w(T_{max} - T_0)}{Ac \bar{I} \Delta t} \quad (4)$$

αποδεικνύεται από την εξίσωση (3) ότι:

$$n = F \bar{F}_{RK} K_{no} - F \left[\bar{F}_{RU} L + \frac{(UA)_s}{Ac} \right] \frac{\bar{T} - \bar{T}_a}{\bar{I}} \quad (5)$$

ή

$$n = A + B \frac{\bar{T} - \bar{T}_a}{\bar{I}} \quad (6)$$

F είναι ο λόγος $(MC)_w/MC$ που δείχνει το ποσοστό της χρήσιμης ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο σύστημα. Η εξίσωση (5) είναι παρόμοια με την εξίσωση των Hottel - Whillier-Bliss για τον επίπεδο συλλέκτη, με την διαφορά ότι οι μεταβλητές της είναι μέσες τιμές για το χρονικό διάστημα μιας περιόδου λειτουργίας, παρά στιγμιαίες τιμές.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την πειραματική επιβεβαίωση της ισχύος των εξισώσεων 5 ή 6 χρησιμοποιήθηκαν δύο δμοίς εμπορικές θερμοσιφωνικές μονάδες με τα εξής χαρακτηριστικά:

$Ac = 2 \text{ m}^2$, $\bar{F}_{RU} L = 7 \text{ W/m}^{-2}\text{C}$, $n_0 = 0,82$, $M_w = 120 \text{ lt}$ και $MC = 502 \text{ KJ}/\text{oC}$. Επί πλέον χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρια PT100 και καταγραφικό 6 εισόδων ULTRAKUST 7291/6 για την καταγραφή των θερμοκρασιών καθώς και πυρανόμετρο KIPP & ZONEN CM-6 σε συνδυασμό με πυ-ολοκληρογράφο LINTRONIC για την καταγραφή και ολοκλήρωση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας. Τα πειράματα έγιναν κατά το χρονικό διάστημα 14.8.85 μέχρι 28.8.85.

Οι μονάδες εγεμίζοντο κάθε πρωί με νερό και παρεκολουθείτο η μεταβολή των θερμοκρασιών του νερού της δεξαμενής και του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συγχρόνως παρεκολουθείτο και η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο των συλλεκτών. Η μέτρηση σταματούσε όταν η θερμοκρασία στη δεξαμενή έπαινε να αυξάνεται (έφτανε την τιμή T_{max}).

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα πειραματικά στοιχεία από τις μετρήσεις που έγιναν και που αποτυπώνονται στο διάγραμμα του σχήματος 1 σαν ζεύγη η και $(\bar{T} - \bar{T}_a)/\bar{I}$.

Η ευθεία που ταιριάζει στα σημεία αυτά, με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, δίνει πάραμέτρους:

$A=0.534$

$B=-4.45 \text{ W/m}^2\text{C}$

Η μορφή της καμπύλης του σχήματος 1 είναι παρόμοια σε εμφάνιση με τις καμπύλες (στιγμιαίας) απόδοσης των επίπεδων συλλεκτών, πράγμα που ήταν εξ αρχής και ο αντικειμενικός στόχος της παρούσας εργασίας. Η διαφορά είναι ότι η απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα που παρίσταται στό σχήμα 1 είναι ημερήσια και όχι στιγμιαία και έχει προκύψει από μετρήσεις που έγιναν κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Το γεγονός ότι οι δοκιμές του ηλιακού θερμοσίφωνα έγιναν κάτω από όχι επιλεγμένες ή πρότυπες συνθήκες, συνεπάγεται αρκετά μεγάλη διασπορά των σημείων του σχήματος 1. Αυτό σημαίνει ότι για να υπάρξουν στατιστικά αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει οι δοκιμές να διεξάγονται για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απεδείχθει θεωρητικά και πειραματικά ότι ο ημερήσιος βαθμός απόδοσης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα μπορεί να παρασταθεί με ευθεία γραμμή συναρτήσει του συντελεστή $(T-T_0)/T$. Η καμπύλη ημερήσιας απόδοσης του ηλιακού θερμοσίφωνα μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα με όχι ιδιαίτερα ακριβές μετρητικές διατάξεις. Οι μετρήσεις διεξάγονται στο ύπατθρο κάτω από πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Η καμπύλη απόδοσης του ηλιακού θερμοσίφωνα μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο χρησιμοποιούμενη είτε σαν μέτρο αξιολόγησης και σύγκρισης των συσκευών, είτε για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του ηλιακού θερμοσίφωνα κάτω από διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες.

ΣΥΜΒΟΛΑ

A, B	Συντελεστές εξίσωσης καμπύλης απόδοσης
A_C	Συλλεκτική επιφάνεια (m^2)
Δt	Χρονική περίοδος (s)
F	Ποσοστό χρήσιμης ενέργειας (MC_w/MC)
F_R	Συντελεστής θερμικής απολαβής συνδυασμού συλλέκτη -εναλλάκτη
I	Ενταση ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2)
MC	Θερμομάζα συστήματος ($\text{J}/\text{°C}$)
$(MC)_c$	Θερμομάζα συσκευής ($\text{J}/\text{°C}$)
$(MC)_w$	Θερμομάζα νερού ($\text{J}/\text{°C}$)
K	Συντελεστής $(\tau_a)/(\tau_a)_0$
η_o	$(\tau_a)_0$ για κάθετη πρόσπτωση
T	Χρόνος απόκρισης (s ή h)
T	Θερμοκρασία νερού δεξαμενής
T_{α}	Θερμοκρασία περιβάλλοντος
T_0	Αρχική θερμοκρασία νερού δεξαμενής
T_{max}	Μέγιστη θερμοκρασία νερού δεξαμενής
(τ_a)	Γινόμενο συντελεστή διάθασης και συντελεστή απορρόφησης συλλέκτη

UL	Συντελεστής (W/m ² .°C)	ενεργειακών απωλειών	συλλέκτη
(UA)s	Συντελεστής (W/°C)	θερμικών απωλειών	δεξαμενής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASHRAE, Standard 93-1977, Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors, New York.
- ΕΛΟΤ, Ελληνικό Πρότυπο 388-1 (1979), Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας-Θερμική Απόδοση Επίπεδων Συλλεκτών με Υγρό-Προσδιορισμός Στιγμιαίου Βαθμού Απόδοσης.
- Vazeos E., P.Canellopoulos, Dr. C.D.Rakopoulos (1984), Experience in Modelling and Experimenting of Thermosyphonic Solar Water Heaters with Heat Exchanger. 1st E.C.Conf. on Solar Heating, Amsterdam, p.p. 203-207.
- Metrol A., W.Place and T.Webster (1981), Detailed Loop Model Analysis of Liquid Solar Thermosiphons with Heat Exchangers. Solar Energy, vol. 27, No5, p.p. 367-386
- Munner E., M.M. Hawas and Y.Khalifa (1983), Experimental and Analytical Performance Study of a Thermosiphon Water Heater. Energy Conversion Management, vol. 23, No 2, p.p. 119-124
- ASHRAE, Standard 95-1981, Method of Testing to Determine Thermal Performance of Packaged Solar Domestic Water Heating Systems.
- ΕΛΟΤ, Ελληνικό Πρότυπο (Σχέδιο) 879 (1985), Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας-Θερμική Συμπεριφορά Ηλιακού Θερμοσίφωνα Φυσικής Κυκλοφορίας - Προσδιορισμός του Θερμικού Βαθμού Απόδοσης.
- Faiman D., (1984), Towards a Standard Method for Determining the Efficiency of Integrated Collector-Storage Solar Water Heaters. Solar Energy, vol. 33, No5, p.p. 459-463

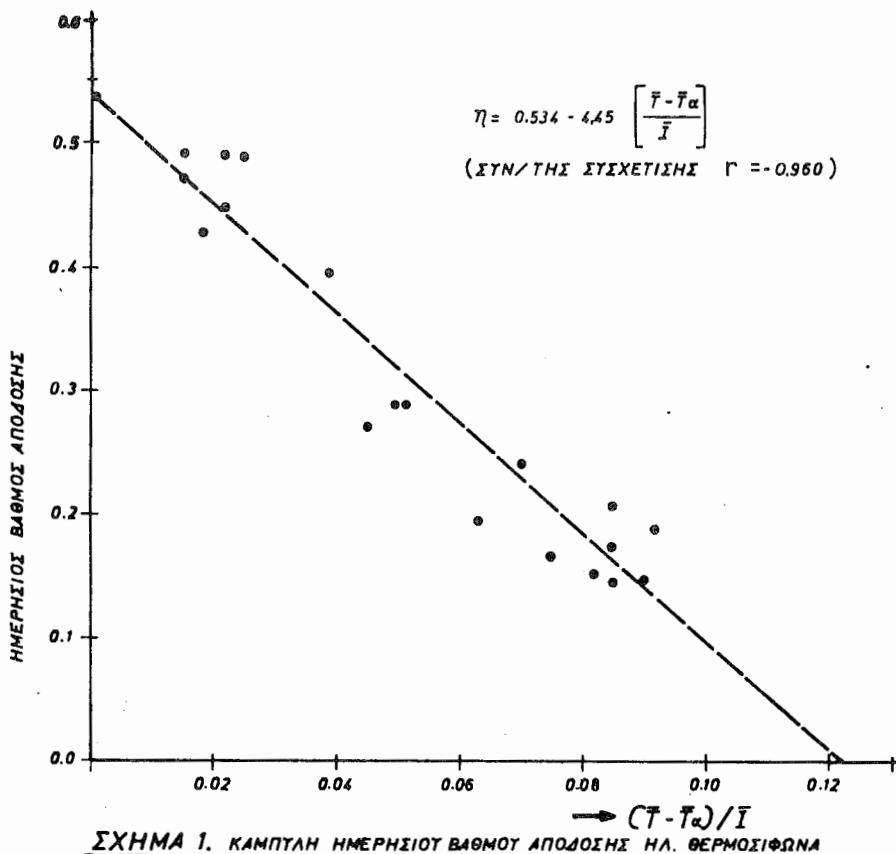
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Τα μεγέθη $\bar{F'_R K}$ και $\bar{F'_R}$ ορίζονται ως εξής:

$$\bar{F'_R K} = \frac{\int_{\Delta t} F'_R K dt}{\Delta t} \quad (7)$$

$$\bar{F'_R} = \frac{\int_{\Delta t} F'_R (T - T_a) dt}{(T - T_a) \Delta t} \quad (8)$$

- Ευχαριστούμε τον συνάδελφο Δρ. Θ.Παφύλια για τις ενστοχες υποδείξεις του.



ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

DATE	START TIME	FINISH TIME	Δt (h)	\bar{I} (W/m^2)	To T_{max} °C	To \bar{T} °C	To Start T_a °C	Finish T_a °C	$\frac{\bar{T}-T_a}{T_a}$	n
14.8.85	7.00	14.00	7.00	537	29	52	40,5	26	35	30,5
16.8.85	7.00	14.00	7.00	533	68	79	73,5	23	32	28
19.8.85	7.00	16.30	9.50	578	72	83	77,5	23	34	28,5
20.8.85	7.00	14.40	7.67	601	73	83	78	20	36	28
21.8.85	7.00	13.50	6.83	555	65	74	69,5	20	36	28
22.8.85	8.00	14.00	6.00	650	54	70	62	24	33	28,5
23.8.85	10.00	14.00	6.00	819	32	54	43	28	33	30,5
26.8.85	9.00	14.00	5.00	664	36	59	47,5	27	35	31
27.8.85	8.00	14.00	6.00	662	63	74	68,5	22	31	26,5
28.8.85	8.00	15.00	7.00	717	47	66	56,5	21	27	24
14.8.85	7.00	14.00	7.00	537	30	54	42	26	35	30,5
16.8.85	7.00	14.00	7.00	533	72	82	77	24	32	28
19.8.85	7.00	16.30	9.50	578	75	86	80,5	23	34	28,5
20.8.85	7.00	14.40	7.67	601	74	85	79,5	20	36	28
21.8.85	7.00	13.50	6.83	555	60	73	66,5	20	36	28
22.8.85	8.00	14.00	6.00	650	52	68	60	24	33	28,5
23.8.85	10.00	14.00	4.00	819	31	54	42,5	28	33	30,5
26.8.85	9.00	14.00	5.00	664	35	58	46,5	27	35	31

**ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΧΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΣ**

**Πέτρος Ι. Αξαδπουλος
Commission of the European Communities
Joint Research Centre - Ispra**

ΠΕΡΙΔΙΨΗ

Το ενεργητικό ηλιακό σύστημα που εξετάζουμε αποτελεί - ταυ κυρίως απ' τους ηλιακούς συλλέκτες, δύο δεξαμενές θερμότητος, υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού, ψυκτική μηχανή με απορρόφηση LiBr-H₂O και το φορτίο. Προκειμένου δε να μελετηθεί η δυναμική του συμπεριφορά και να πραγματοποιηθεί παραμετρική του ανάλυση έγινε για το σύστημα αυτό μια λεπτομερής προσομοίωση για τη διάρκεια ενός έτους. Το έτος που χρησιμοποιήσαμε στην προσομοίωση είναι ένα αντιπροσωπευτικό έτος που κατασκευάσαμε χρησιμοποιώντας ωριαία πειραματικά ηλιακά δεδομένα απ' τη περιοχή Αθηνών. Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, που είναι Ελληνικής κατασκευής, μπορούν να λειτουργήσουν αρκετά αποδοτικά στο συνδυασμένο αυτό σύστημα. Έτσι για ένα ποσοστό ηλιακής κάλυψης 80% η ετήσια χρήσιμη ηλιακή ενέργεια είναι 530 Kwh/m².

ΔΕΣΜΕΙΣ - ΚΑΕΙΔΙΑ

Ηλιακή Ψύξη, ηλιακή Θέρμανση, ψυκτική μηχανή απορρόφησης, βρωμιούχο λίθιο, συλλέκτης σωλήνων κενού, θερμική αδράνεια, ηλιακό θερμικό κέρδος, αντιηλιακή προστασία, μεταβλητό ποσοστό σκίασης, προσομοίωση, δυναμική θερμική συμπεριφορά.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα απ' τα βασικώτερα προβλήματα για την σωστή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας σε θερμικές εφαρμογές είναι, η παραγώμενη ενέργεια απ' το ηλιακό σύστημα, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όλο το χρόνο. Έπειτα απ' αυτό και δεδομένου ότι σε μια μεσογειακή χώρα όπως είναι η Ελλάδα υπάρχει ανάγκη θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι, η σχεδιάση ενός συνδυασμένου συστήματος ηλιακής θέρμανσης και ψύξης καθώς και παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης φαίνεται αρκετά ενδιαφέρουσα. Έτσι αναπτύξαμε ένα παρόμοιο σύστημα κι εξετάσαμε λεπτομερώς την δυναμική συμπεριφορά του για περίοδο ενός έτους. Αναλυτική περιγραφή του συστήματος καθώς επίσης και της λειτουργίας του έχει ήδη δοθεί. Ακαο-poulos and Van Hattem (1). Για την προσομοίωση του συστήματος έχουν αναπτυχθεί ωρισμένα υποπρογράμματα που περιγράφουν την λειτουργία διαφόρων τυμημάτων του καθώς επίσης και τον έλεγχο λειτουργίας του και αυτά εκτελούνται από ένα κύριο πρόγραμμα. TRNSYS (2). Το έτος που χρησιμοποιήσαμε για την προσομοίωση είναι ένα αντιπροσωπευτικό έτος που κατα-

σκευάσαμε χρησιμοποιώντας πραγματικούς μήνες των οποίων τα πειραματικά κλιματικά δεδομένα είναι ωριαία απ' το Αστερο - σκοπεύο Αθηνών.

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το διάγραμμα του συνδυασμένου ηλιακού ενεργητικού συστήματος φαίνεται στο σχήμα 1. Τα κυριώτερα τμήματά του είναι:

- Ηλιακός συλλέκτης
- Δεξαμενή θερμότητος υγρού υψηλής θερμοκρασίας
- Υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού
- Δεξαμενή θερμότητος υγρού χαμηλής θερμοκρασίας
- Ψυκτική μηχανή με απορρόφηση LiBr-H₂O
- Φορτίο

Ηλιακός συλλέκτης

Δύο τύποι ηλιακών συλλεκτών έχουν θεωρηθεί στην προσομοίωση. Ο πρώτος είναι επίπεδος ελληνικής κατασκευής. Η απορροφητική του επιφάνεια είναι επιλεκτική και την θερμική του απόδοση έχουμε μετρήσει πειραματικά στο ηλιακό εργαστήριο του Κοινού Κέντρου Ερευνών της Ε.Ο.Κ. και δίδεται απ' τη σχέση:

$$\eta = 0.782 - 4.04 \cdot T^*$$

όπου:

$$T^* = \frac{T_m - T_\alpha}{G} \quad (K \cdot m^2 / w)$$

T_m : Μέση θερμοκρασία υγρού

T_α : Θερμοκρασία περιβάλλοντος

G : Ολική ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του συλλέκτη
Ο δεύτερος τύπος είναι συλλέκτης σωλήνων κενού. Την απόδοσή του έχουμε μετρήσει πειραματικά και δίδεται απ' την σχέση:

$$\eta = 0.685 - 1.478 \cdot T^*$$

Οι συλλέκτες έχουν νότιο προσανατολισμό και κλίση 38°.

Δεξαμενή θερμότητος

Το σύστημα αποτελείται από δύο δεξαμενές θερμότητος μία θερμή και μία ψυχρή. Όταν γράφουμε "θερμή δεξαμενή" και "ψυχρή δεξαμενή" θεωρούμε μια δεξαμενή που περιέχει ζεστό νερό και μια άλλη που περιέχει κρύο νερό.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο πιο ικανάλληλος τρόπος θα ήταν να χρησιμοποιηθεί ο όρος της "εξέργειας" όπου η θετική ή αρνητική απόκλιση απ' τη θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει ουσιαστική σημασία. Ένας σπουδαίος λόγος για την χρησιμόποιηση δύο δεξαμενών είναι το υψηλό ιδόστος της ψυκτικής μηχανής. Μ' αυτόν τον τρόπο η ψυκτική μηχανή μπορεί να λειτουργεί αρκετές ώρες ημερησίως. Έτσι μια σχετικά μικρή ψυχρή δεξαμενή μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό ψυκτικό φορτίο.

Η θερμή δεξαμενή έχει ένα όγκο 12 m³ ενώ η ψυχρή 20 m³. Ο μεγαλύτερος όγκος της ψυχρής δεξαμενής είναι αναγκαίος επειδή το θερμοκρασιακό εύρος με το οποίο μπορεί να λειτουρ-

γεί είναι περιωρισμένο. Πράγματι προκειμένου η ψυκτική μηχανή να διατηρήσει ένα υψηλό, C.O.P. θα πρέπει η θερμοκρασία εξόδου της να μην είναι χαμηλότερη από 10°C, ενώ είναι δύσκολο να ψυχθεί μια κατοικία με νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης από 16°C.

Υποσύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης

Το υποσύστημα αυτό λειτουργεί με προθέρμανση απ' την θερμή δεξαμενή μέσω ενός εναλλάκτη. Η κατανάλωση έχει θεωρηθεί 1.250 litr ανά ημέρα στην θερμοκρασία των 50°C ενώ η θερμοκρασία παροχής νερού του δικτύου, έχει ληφθεί μεταβλητή αντί μιας ενιαίας σταθερής θερμοκρασίας που λαμβάνεται συνήθως.

Ψυκτική μηχανή

Για την ηλιακή ψύξη θεωρήσαμε τον ψυκτικό κύκλο με απορρόφηση. Στον κύκλο αυτό δύο συνδυασμοί υγρών εργασίας (απορροφητικού και ψυκτικού μέσου) έχουν βρει μια εκτεταμένη εφαρμογή. Ο πρώτος είναι νερό-αμμωνία και ο δεύτερος βρωμιούχο λίθιο-νερό. Αυτός ο δεύτερος συνδυασμός εμφανίζεται πιο πλεονεκτικός για τις ηλιακές εφαρμογές γιατί:

1. Δίνει συντελεστές λειτουργίας πιο μεγάλους για τυπικές θερμοκρασίες λειτουργίας ενός ηλιακού συστήματος.
2. Απαιτεί πιέσεις λειτουργίας πιο χαμηλές, επιτρέποντας έτσι μικρή ισχύ για τις αντλίες.
3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμό μέσα στα ητήρια.

Ο τύπος της ψυκτικής μηχανής είναι ARKLA WF-36 και για τον προσδιορισμό των επιδόσεών της έχουν γίνει αρκετές πειραματικές μετρήσεις.

Φορτίο

Το κτίριο έχει μια επιφάνεια 537 m² και αποτελείται από δύο ορόφους. Τα παράθυρά του έχουν διπλά τζάμια. Μπροστά απ' τα παράθυρα και απ' την εξωτερική πλευρά βρίσκεται ένα σύστημα κινητών περσίδων ηλιοπροστασίας, για την αποφυγή υπερθέρμανσης τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό το σύστημα δεν παίζει ρόλο μονωτικού.

Η θέρμανση και η ψύξη του κτιρίου γίνεται από ένα δικτυο θερμαντικών συσκευών με ανεμιστήρα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται με τη βοήθεια διαγραμμάτων. Σ' αυτά τα διαγράμματα εμφανίζονται οι μεταβολές των διαφόρων μεγεθών σε εβδομαδιαία κλίμακα καλύπτοντας έτσι την περίοδο ενός έτους.

Απ' το σχήμα 2 παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα χρήσιμης ενέργειας παρουσιάζεται τους καλοκαιρινούς μήνες όπου έχουμε σύμπτωση υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας και μεγάλης ζήτησης απ' το φορτίο.

Στο σχήμα 3 διαπιστώνουμε μια βελτίωση της απόδοσης των συλλεκτών για τους χειμερινούς μήνες (Ιαν., Φεβρ., Δεκ. 40.6%) και για τους καλοκαιρινούς (Ιούνιος μέχρι Δεκέμβριος 37%), όπου οι απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια είναι υψηλές, ενώ για τις ενδιάμεσες εποχές υπάρχει μια αισθητή ελάττωση.

Κατά τη θερινή περίοδο καταναλώθηκε το 58% της ολικής

βοηθητικής ενέργειας (σχήμα 4). Απ' αυτό το ποσό, μόνον το 2,5% καταναλώθηκε για θέρμανση νερού χρήσης.

Απ' το σχήμα 5 διαπιστώνουμε τη βασική αντίθεση που υπάρχει ανάμεσα στην χρήσιμη ηλιακή ενέργεια και στην ηλιακή κάλυψη, αυτά τα δύο μεγέθη μεταβάλλονται αντίστροφα το ένα απ' το άλλο. Χρήσιμη ηλιακή ενέργεια θεωρούμε εδώ την ηλιακή ενέργεια που παρέχεται απ' τη θερμή δεξαμενή. Απ' το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι για να έχουμε ποσοστό κάλυψης των αναγκών απ' τον ήλιο 80%, απαιτείται μια επιφάνεια συλλογής 90 m^2 επίπεδων συλλεκτών ή 66 m^2 συλλεκτών κενού, δηλαδή 27% λιγότερη επιφάνεια συλλογής. Για το ίδιο ποσοστό κάλυψης των αναγκών απ' τον ήλιο, η ετήσια χρήσιμη ηλιακή ενέργεια ανά m^2 συλλέκτη είναι 530 Kwh, ενώ για τους συλλέκτες κενού είναι 40% περισσότερο.

Προκειμένου να εξετάσουμε το ρόλο των διπλών και απλών παραθύρων στο ενεργειακό ισοζύγιο της κατοικίας που μελετήσαμε, υπολογίσαμε την μηνιαία βοηθητική ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση - ψύξη απ' αυτή την κατοικία, λαμβάνοντας υπ' όψη την ενέργεια που διέρχεται σ' αυτή δια μέσου των παραθύρων. Τα αποτελέσματα που λάβαμε φαίνονται στον πίνακα I. Συγκρίνοντας την περίπτωση 1 και 2 διαπιστώνουμε μια σημαντική κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας για τους χειμερινούς μήνες στην δεύτερη περίπτωση, ενώ μεταξύ των περιπτώσεων 1 και 3 υπάρχει επιπλέον μια αύξηση αυτής της ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό το τελευταίο εξηγείται λόγω της μεγάλης τιμής του συντελεστού θερμικών απωλειών του απλού παραθύρου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσομοίωση του συνδυασμένου ηλιακού συστήματος που θεωρήσαμε, έδειξε ότι για την περιοχή Αθηνών ένα τέτοιο σύστημα δίνει σημαντικό ποσό χρήσιμης ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη.

Η δεξαμενή θερμότητος χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά, σε συνδυασμό βέβαια με την ψυκτική μηχανή απορρόφησης. Η λειτουργία αυτής της δεξαμενής φαίνεται έντονα ιδίως αργά τις απογευματινές ώρες, όπου υπάρχουν μεγάλες αιχμές στο φορτίο. Επί πλέον ευνοεί την χρησιμοποίηση ψυκτικής μηχανής μικρής ονομαστικής ισχύος για την κάλυψη του ίδιου φορτίου.

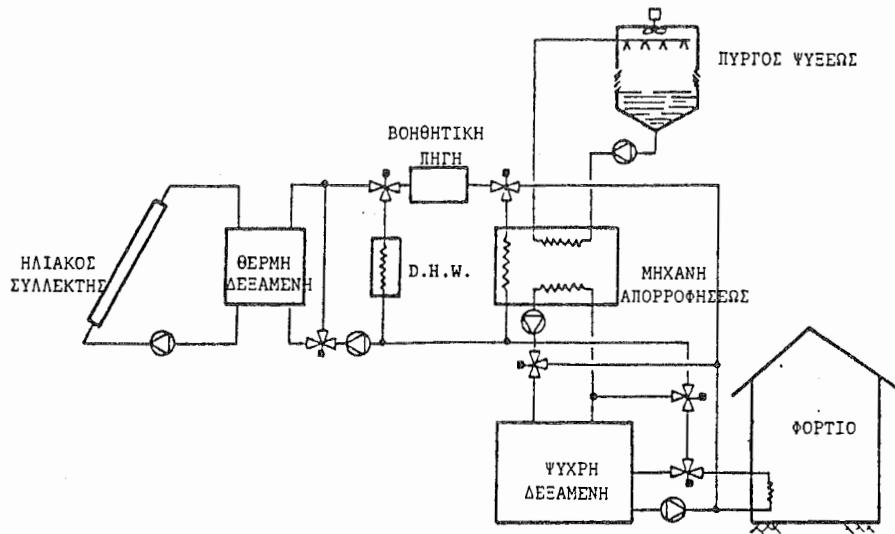
Η άμεση ηλιακή συνεισφορά κατά την χειμερινή περίοδο είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη.

Για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών στο εσωτερικό της κατοικίας, επιβάλλεται η χρησιμοποίηση μιας αντιηλιακής προστασίας, ολικής μεν στην περίοδο ψύξης, μερικής δε κατά τις μεταβατικές περιόδους.

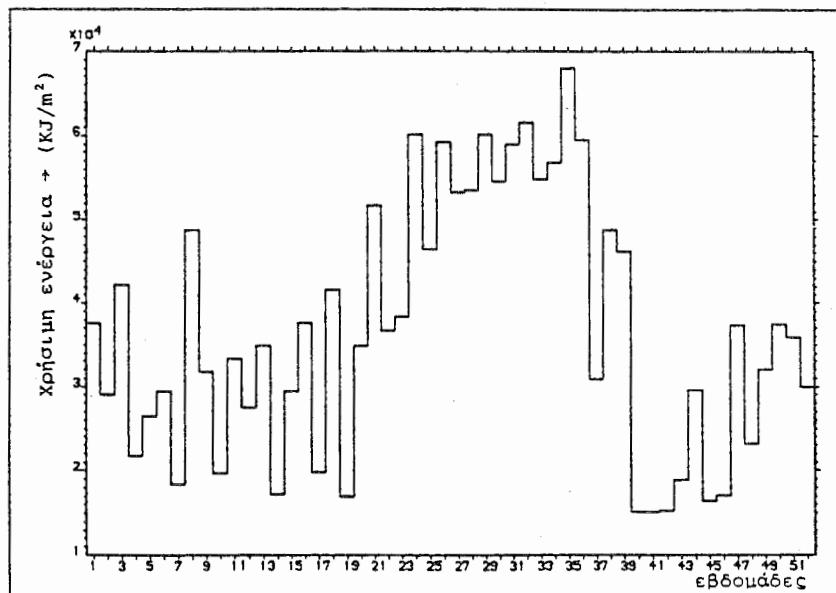
Η χρήση διπλών παραθύρων υπερτερεύει έναντι των απλών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

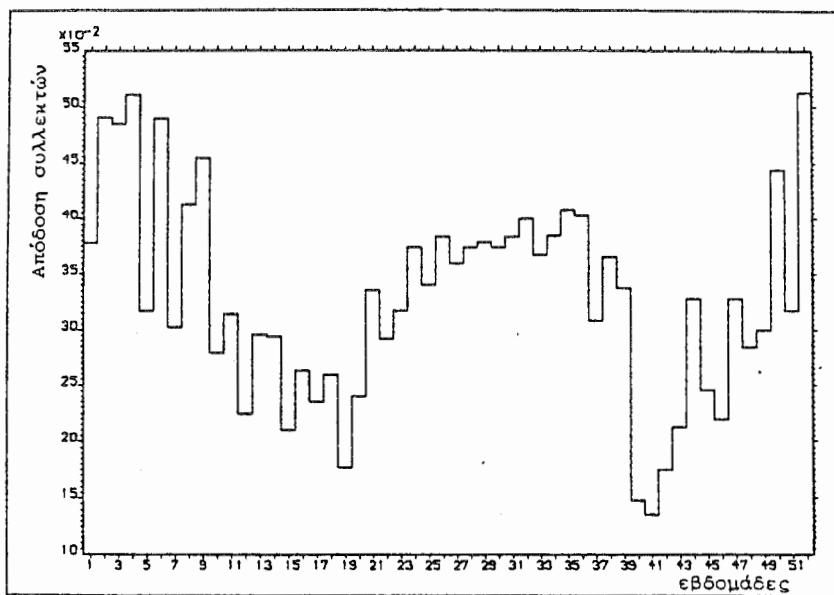
1. Axaopoulos P. and Van Hattem D. (1983). Simulation of a combined solar heating and cooling system for a middle size building in Greece. International conference on Passive and Low energy Architecture, Greece, Pergamon Press, pp. 649-657.
2. A transient simulation program. (1981). Report 38-11, Solar energy Laboratory, University of Wisconsin Madison.



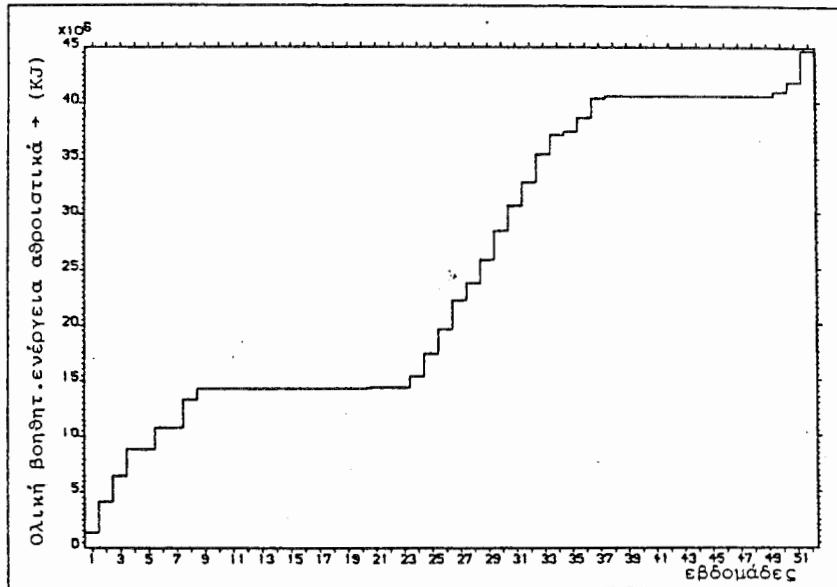
Σχήμα 1: Διάγραμμα ηλιακού συστήματος θερμάνσεως - ψύξεως καθώς και παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσεως.



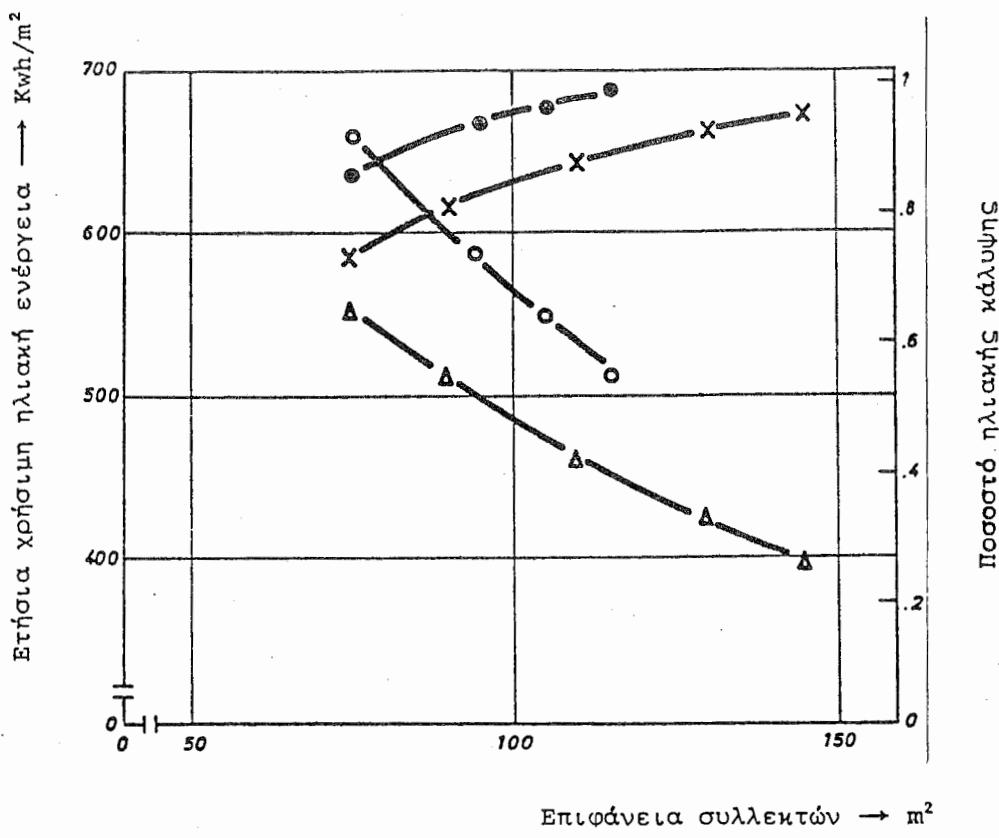
Σχ. 2 Μέση εβδομαδιαία μεταβολή της χρήσιμης ηλιακής ενέργειας που παρέχεται ανά m^2 συλλέκτη.



Σχ. 3 Μεταβολή μέσης εβδομαδιαίας απόδοσης συλλεκτών.



Σχ. 4 Μεταβολή βοηθητικής ενέργειας που απαιτείται για θερμαση, ψύξη, καθώς και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αθροιστικά.



Σχ. 5 : Χρήσιμη ηλιακή ενέργεια που παρέχεται ανά m^2 συλλέκτη και ανά έτος και ποσοστό ηλιακής κάλυψης γιά διάφορες επιφάνειες ηλιακών συλλεκτών.

- ✖ Δ Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες
- ○ Συλλέκτες σωλήνων κενού

	ΤΙΓΡΙΣ ΠΑΡΑΒΟΥΡΟΥ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΣΥΝΟΛΟ
1	Διπλός τρύγος με ηλιασμένη συνεύστρωση	3.9	2.6	0.0	0.0	4.4	9.5	8.5	3.2	0.0	0.0	1.9	34.0	
2	Διπλός τρύγος χωρίς ηλιασμένη συνεύστρωση	9.7	7.5	0.5	0.0	4.4	9.5	8.5	3.2	0.0	0.0	6.5	49.8	
3	Απλός τρύγος με ηλιασμένη συνεύστρωση	7.6	5.1	0.0	0.0	5.6	11.5	10.5	4.4	0.0	0.0	3.9	48.6	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μηνιαία καταγόδωση βοηθητικής ενεργείας για διάφορα και ψήφη της θεωρουμένης κατοικίας, σε GJ.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ

Ελένη Παπασταθοπούλου* Χ-Μ ΕΜΠ

Χρήστος Κορρές Χ-Μ ΕΜΠ, ΚΠΕ Δημόκριτος
Αγ. Παρασκευή Αττικής

Νικόλαος Κουμούτσος Καθηγητής, Τμήμα Χ-Μ ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Στην εργασία αυτή μελετάται η επίδραση της δεξαμενής αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας στην αποδοτικότητα ενός ηλιακού συστήματος που αποτελείται από τυπικό επίπεδο συλλέκτη και δεξαμενή και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση νερού χρήσης.

Η μελέτη δείχνει ότι η αποθήκευτική δεξαμενή επιβαρύνει την αποδοτικότητα του συστήματος σε βαθμό ώστε τελικά να γίνεται ελαχιστικός ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων με δόσο το δυνατό μικρότερο αποθηκευτικό δύκο..

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : Ηλιακό θερμικό σύστημα, Αποδοτικότητα, Μέγεθος δεξαμενής αποθήκευσης θερμικής ενέργειας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ : Η ηλιακή ακτινοβολία είναι γνωστό ότι αποτελεί μία χρονικά υμαινόμενη πηγή ενέργειας. Σε ότι αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις μιας μεγάλης ποικιλίας εφαρμογών που θα μπορούσαν να καλυφθούν από την ηλιακή ενέργεια, παρουσιάζεται χρονική διακύμανση με τελείως διαφορετική δύναμης μορφή από αυτήν της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το δεδομένο αυτό οδήγησε πολλούς ερευνητάς στο συμπέρασμα ότι για να ικανοποιηθούν από την ηλιακή ενέργεια απαιτήσεις μιας ποικιλίας εφαρμογών επιβάλλεται η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που ανακτάται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Παράλληλα δόθηκαν εμπειρικές συσχετίσεις μεταξύ δύκου αποθήκευσης και συνολικής συλλεκτικής επιφάνειας /1,2/. Έγιναν ποιοτικές αναφορές στην ανάγκη σύνδεσης του απαιτούμενου δύκου της αποθήκευσης προς τη μορφή και τη διακύμανση του φορτίου και τέλος καταστρώθηκαν υπολογιστικά μοντέλα με τη βοήθεια των οποίων είναι δυνατή η εκτίμηση του ποσοστού κάλυψης του φορτίου από τη σχεδιαζόμενη ηλιακή εγκατάσταση.

Η προηγούμενες παρατηρήσεις σε συνδυασμό και με τις διαπιστώσεις :

- η ηλιακή ενέργεια παρέχεται στα συνήθη συστήματα εφαρμογών για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης με τη μορφή ενέργειας χαμηλής ποιότητας (με μικρό δηλαδή εξεργειακό περιεχόμενο)
- η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας γενικά έχει ως συνέπεια τόσο την ποιοτική (ελάττωση του εξεργειακού περιεχόμενου) όσο και την ποσοτική υποβάθμιση της αποθήκευσης ποσότητας ενέργειας λόγω των θερμικών απωλειών μέσα από το μονωμένο τούχωμα της δεξαμενής

αποτέλεσαν τα ερεθίσματα για τη διαμόρφωση της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της θερμοδυναμικής (ποιοτικής και ποσοτικής) επίδρασης της δεξαμενής αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας στη διαμόρφωση του ποσοστού κάλυψης του φορτίου μιας ηλιακής εγκατάστασης παραγωγής νερού χρήσης.

* Chem. Eng. Dept. Lehigh U. Bethlehem PA 18015 USA

ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η μελέτη της αποδοτικότητας του συστήματος συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας συνδυασμένου με δεξαμενή αποθήκευσης της ενέργειας έγινε για τη διάταξη του σχήματος 1.

Χρησιμοποιήθηκε τυπικός επίπεδος συλλέκτης ηλιακής ακτινοβολίας, ενεργού συλλεκτικής επιφάνειας πλάτους 1 μ. και μήκους 2 μ.

Η δεξαμενή αποθήκευσης της ενέργειας ήταν 1 κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο με σχέση ύψους προς τη διάμετρο 3:1, εξωτερικά δε ήταν θερμικά μονωμένη με μονωτικό υλικό πάχους 15-20 cm. Η χωρητικότητα της δεξαμενής συσχετίσθηκε με τη συλλέκτική επιφάνεια. Εξετάσθηκε διακύμανση του μεγέθους της δεξαμενής από 25 lt έως 100 lt αποθηκευτικού χώρου ανά m^2 συλλεκτικής επιφάνειας.

Η παροχή της βοηθητικής ενέργειας τοποθετήθηκε ανάμεσα στη δεξαμενή και το φορτίο. Ενεργοποιείται δε δταν το ενεργειακό περιεχόμενο της θερμικής ροής προς το φορτίο δεν επαρκεί για την ικανοποίηση των απαιτήσεών του.

Το σύστημα ρύθμισης της διάταξης επίπεδος συλλέκτης-δεξαμενής αποθήκευσης περιλαμβάνει τα εξής δύο τμήματα : ρυθμιστικό μηχανισμό ο οποίος επιτρέπει ρευστό να κυκλοφορεί στο συλλέκτη μόνο εφόσον η θερμοκρασία του στην έξοδο του συλλέκτη είναι τουλάχιστον κατά 1 °C υψηλότερη από τη θερμοκρασία εισόδου του σε αυτόν και ακόμη ρυθμιστικό μηχανισμό ο οποίος ενεργοποιεί το σύστημα παροχής της βοηθητικής ενέργειας δταν οι απαιτήσεις του φορτίου δεν καλύπτονται από το ηλιακό σύστημα.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Το υπολογιστικό μοντέλο (πρόγραμμα SOLAR) /4/ που διαμορφώθηκε για τη μελέτη της αποδοτικότητας της διάταξης απαιτεί να είναι διαθέσιμα τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και οι λειτουργικές συνθήκες του συστήματος δύως και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής δύον η διάταξη βρίσκεται εγκατεστημένη /3/.

Η διεξαγωγή των υπολογισμών /1,2/ με τη βοήθεια του προγράμματος SOLAR ακολουθεί τα εξής 3 στάδια :

- Εκτίμηση του ποσού της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κεκλιμένη επίπεδη συλλέκτική επιφάνεια για την περίπτωση που παρέχονται ωριαίες τιμές της συνολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επίπεδη επιφάνεια.
- Προσομοίωση της λειτουργίας του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη (με τη βοήθεια του μοντέλου μηδενικής θερμοχωρητικότητας Hottel-Willier- Bliss).
- Προσομοίωση της λειτουργίας της αποθήκης θερμότητας.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της ημέρας μετά την ανάγνωση των δεδομένων και τον προσδιορισμό των απαραίτητων παραμέτρων υπολογίζεται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του συλλέκτου και στη συνέχεια το ποσόν αυτής που απορροφάται από τη συλλέκτική πλάκα. Γίνεται έλεγχος αν οι διάφορες παράμετροι του συστήματος έχουν τιμές κατάλληλες για τη λειτουργία του συλλέκτη και ανάλογα η διαδικασία συνεχίζεται είτε με τον υπολογισμό της ωφέλιμης από τον συλλέκτη θερμότητας και της μέσης θερμοκρασίας της απορροφητικής πλάκας για τις ώρες λειτουργίας του συλλέκτη είτε απλώς με τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας της πλάκας στις μεταβατικές συνθήκες. Στη συνέχεια υπολογίζεται η θερμοκρασία λειτουργίας της αποθηκευτικής δεξαμενής, οι ενεργειακές απαιτήσεις του φορτίου /5/, το τμήμα αυτών των απαιτήσεων

που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια καθώς και το αναγκαίο ποσόν της βοηθητικής ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια της υύκτας μετά την ανάγνωση των δεδομένων και τον προσδιορισμό των απαραίτητων για τους υπολογισμούς παραμέτρων υπολογίζεται η θερμοκρασία λειτουργίας της αποθηκευτικής δεξαμενής, οι ενεργειακές απαιτήσεις του φορτίου /5/, το τμήμα αυτών που είναι δυνατό να καλύψει η αποθήκευση όπως και το αναγκαίο ποσόν της βοηθητικής ενέργειας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται γραφικά η εξάρτηση :

- της συλλεγόμενης θερμικής ενέργειας σε ετήσια βάση (καμπύλη 1),
- του ποσού αυτής που διατίθεται για την κάλυψη των απαιτήσεων του φορτίου (καμπύλη 2),
- καθώς επίσης και του εξεργειακού περιεχόμενου των δύο προηγούμενων ποσοτήτων ενέργειας (καμπύλες 3,4)

ως συνάρτησης του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής.

Διαπιστώνεται ότι αύξηση του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής επιφέρει σε συνολική ετήσια βάση :

- αύξηση του ανακτώμενου από τον συλλέκτη ποσού θερμικής ενέργειας και μικρή ελάττωση του εξεργειακού περιεχόμενου αυτής
- ελάττωση του ποσού της θερμικής ενέργειας και του εξεργειακού περιεχόμενου αυτής που διατίθεται για την κάλυψη των απαιτήσεων του φορτίου.

Η διαφορά τεταγμένων των καμπυλών 1-2 εκφράζει ποσοτικά τις θερμικές απώλειες της δεξαμενής μέσα από το μονωμένο τοίχωμά της, ενώ η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των καμπυλών 3-4 τις απώλειες εξέργειας εξαιτίας της αποθηκευτικής δεξαμενής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μέγεθος της αποθηκευτικής δεξαμενής είναι καθοριστικός παράγοντας της αποδοτικότητας του ηλιακού συστήματος που εξετάστηκε σε αυτή την εργασία.

Καθώς το μέγεθος της δεξαμενής αυξάνεται, αυξάνει παράλληλα και η θερμοχωρητικότητά της, με συνέπεια ποσόν θερμότητας ΔQ που προσφέρεται στην αποθήκευση να προκαλεί διαρκώς και μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας του αποθηκευόμενου ρευστού. Παράλληλα η θερμοκρασία του αποθηκευτικού χώρου είναι αυτή που κυρίως καθορίζει τη θερμοκρασία εισόδου του νερού στο συλλέκτη. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο βελτιώνεται η αποδοτικότητά του.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνουν σε συμφωνία με τις προηγούμενες παρατηρήσεις ότι ουδέτερη αυξάνει το μέγεθος της δεξαμενής τόσο αυξάνει και το συλλεγόμενο ποσό της ηλιακής ενέργειας ενώ ελαττώνεται το εξεργειακό περιεχόμενό του (συλλογή μεγαλύτερου ποσού θερμικής ενέργειας χαμηλότερης θερμοκρασίας).

Αυξημένη χωρητικότητα της αποθήκης συνεπάγεται και αυξημένη εξωτερική επιφάνεια αυτής, μέγεθος το οποίο είναι κρίσιμο για τον καθορισμό των απωλειών θερμότητας του αποθηκευτικού χώρου. Πράγματι αύξηση του όγκου της δεξαμενής επιφέρει αύξηση των θερμικών απωλειών με συνέπεια την ελάττωση του ποσού της θερμικής ενέργειας και της ποιότητάς του που τελικά διατίθεται για την κάλυψη των απαιτήσεων του φορτίου. Επιπλέον η απώλεια ποσού θερμότητας q από δεδομένη ποσότητα θερμικής ενέργειας Q επιφέρει όχι

μόνο ποσοτική υποβάθμιση της αρχικά διατιθέμενης ποσότητας ή αλλά επηρεάζει σημαντικά (ελαττώνει) το βαθμό αποδόσεως κύκλου CARNOT μέσω του οποίου θα ήταν δυνατόν το υπόλοιπο ποσό Q-q να παράγει μηχανικό έργο. Η αρνητική επίδραση των απωλειών της θερμότητας τόσο στο διατιθέμενο ποσό θερμικής ενέργειας όσο και στο βαθμό αποδόσεως κύκλου CARNOT καθιστά τη (ποσοστιαία) ποιοτική υποβάθμιση της αποθηκευμένης θερμικής ενέργειας μεγαλύτερη της ποσοτικής.

Πράγματι σε όλες τις περιπτώσεις διαπιστώνεται ότι το συλλεγόμενο ποσόν ενέργειας που διατίθεται για την κάλυψη των απαιτήσεων του φορτίου υποβαθμίζεται εξαιτίας της αποθηκευτικής δεξαμενής εντονότερα ποιοτικά παρά ποσοτικά.

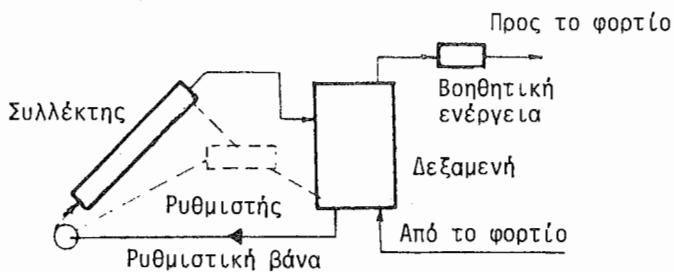
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εισαγωγή της αποθηκευτικής δεξαμενής ως παραμετρικής συσκευής στα συστήματα ηλιακής εκμετάλλευσης κρίθηκε αρχικά, αναγκαία σε μια προσπάθεια αποδοτικότερης χρήσης της ηλιακής ενέργειας. Από την εργασία αυτή προκύπτει ότι προκειμένου για διεργασίες συνεχούς λειτουργίας σε βιομηχανικές εφαρμογές αύξηση του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής επιφέρει ελάττωση της αποδοτικότητας του συστήματος, με συνέπεια ο σχεδιασμός να φαίνεται ότι πρέπει να κατευθύνεται προς συστήματα με όσο το δυνατό μικρότερο αποθηκευτικό όγκο.

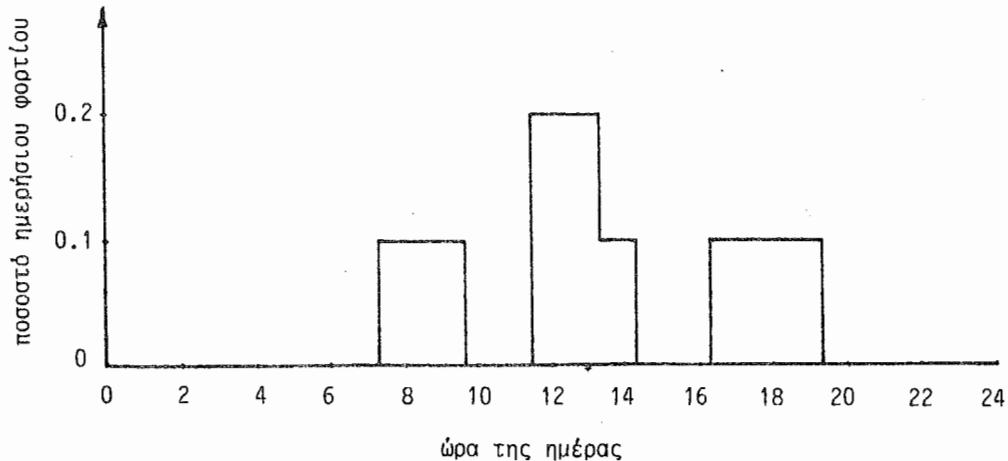
Το πρόβλημα εκτός από τεχνικό είναι και οικονομικό. Ο όγκος της αποθηκευτικής δεξαμενής επηρεάζει καθοριστικά το ποσοστό κάλυψης των απαιτήσεων του φορτίου δοσμένης εγκατάστασης από την ηλιακή ενέργεια, με συνέπεια να διαμορφώνεται το κόστος της ηλιακής ενέργειας ως συνάρτηση και του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής. Τελικά θα πρέπει να διερευνάται η χρήση της ηλιακής ενέργειας για εφαρμογές όχι ανεξάρτητα από το κόστος της, αλλά για τις περιπτώσεις όπου η τιμή της ανακτόμενης από τον ήλιο θερμικής ενέργειας παρουσιάζεται οικονομικά συμφέρουσα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

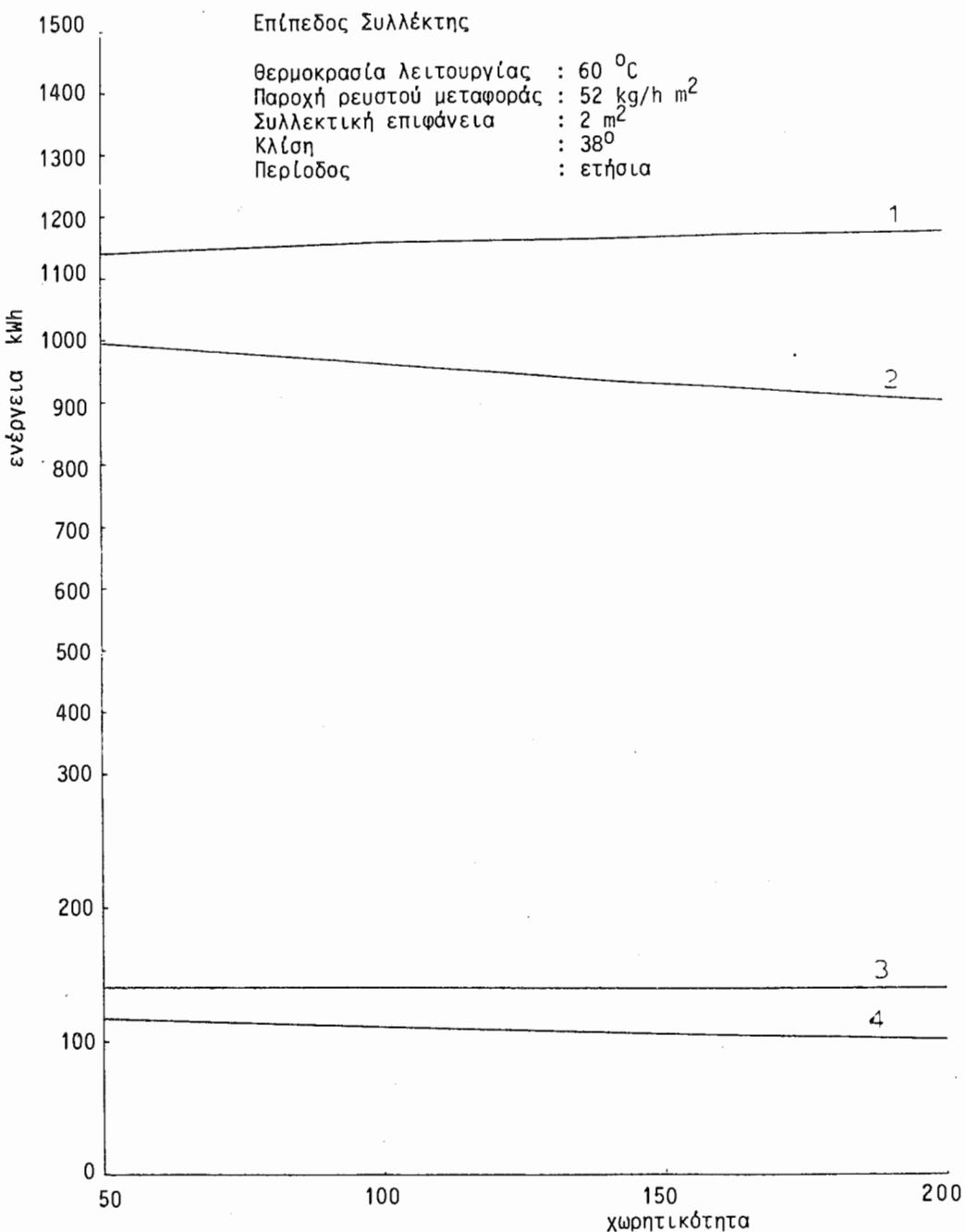
1. Kreider, J.F., and F.Kreith, 1978 "Principles of solar engineering" Mc Graw Hill
2. Duffie, J.A. and W.A. Beckman, 1980 " Solar Engineering of thermal processes", J. Wiley
3. Climatological Bulletin of 1980.National Observatory of Athens.Meteorological Institute.
4. Παπασταθοπούλου Ε., "Η συμπεριφορά βασικών και παραμετρικών συσκευών σε συστήματα ηλιακής εκμετάλλευσης", Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 1985
5. Kenna, J.P., 1984 "A parametric study of closed loop solar heating systems", Solar Energy, 32, 707.



Σχήμα 1. Το ηλιακό σύστημα



Σχήμα 2. Προφίλ κατανάλωσης του φορτίου



Σχήμα 3. Ωφέλιμη Θερμότητα (καμπύλη 1,2) και εξέργεια (καμπύλες 3,4) που διατίθενται από επίπεδο ηλιακό συλλέκτη για την κάλυψη του φορτίου σαν συνάρτηση του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά ηλιακού συλλέκτη

Συλλέκτης :	τύπος μήκος πλάτος	επίπεδος 2 m 1 m
Απορροφητική πλάκα	πάχος πυκνότητα θερμική αγωγιμότητα ειδική θερμότητα συντελεστής απορροφητικότητας	0.5 mm 8900 kg/m^3 $26 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ $450 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ 0.9
Σωλήνωση	υλικό τύπος ονομαστική διάμετρος απόσταση κέντρων σωλήνων	χαλκός L $3/8"$ 10cm
κάλυμμα	πάχος πυκνότητα ειδική θερμότητα	2.5 mm 2500 kg/m^3 $880 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
Μόνωση	πάχος πυκνότητα θερμική αγωγιμότητα	5 cm 100 kg/m^3 $0.45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Πίνακας 2 : Χαρακτηριστικά αποθήκευτικής δεξαμενής

Δεξαμενή	Σχήμα Τοποθέτηση 'Υψος: διάμετρο	κυλινδρικό κατακόρυφη 3:1
Μόνωση	πάχος υλικό	15-20cm δμοιο με αυτό του συλλέκτη

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Ε.ΒΑΖΑΙΟΣ, Α.ΜΑΚΡΥΛΛΟΣ : Μ-Η ΕΜΠΙ, ΒΡ ΕΛΛΑΔΟΣ
(Calpak ΒΡ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στη παρούσα εργασία περιγράφονται οι διάφοροι τρόποι διασύνδεσης των ηλιακών συλλεκτών που απαρτίζουν μία συστοιχία, και για κάθε περίπτωση διερευνάται πώς διαμορφώνεται το μήκος σωληνώσεων ανά τ.μ. συλλεκτικής επιφάνειας. Η επίπτωση στη θερμική συμπεριφορά του συνολικού συστήματος προσδιορίζεται με τη βοήθεια αναλυτικών σχέσεων και μοντέλου που καταστρώθηκε και επεξεργάστηκε με Η/Υ. Η μέθοδος πού αναπτύσσεται είναι αποτελεσματικό εργαλείο για τον βέλτιστο σχεδιασμό ηλιακών εγκαταστάσεων στα σημεία που αφορούν την διάταξη των συλλεκτών και την διατομή και μόνωση των σωληνώσεων.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ : Ηλιακός συλλέκτης, Σύνδεση συλλεκτών, σωληνώσεις.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η διάταξη των σωληνώσεων διασύνδεσης μιας συστοιχίας συλλεκτών πρέπει να εξασφαλίζει την κατά το δυνατόν καλύτερη απόδοση του συνόλου των συλλεκτών με το μικρότερο δυνατό κόστος. Οι συλλέκτες διατάσσονται συνήθως στο δώμα, κάποιου κτιρίου σε παράλληλες σειρές. Οι συλλέκτες κάθε σειράς συνδέονται μεταξύ τους είτε παράλληλα, είτε εν σειρά, είτε σε συνδυασμό των δύο (μικτή σύνδεση). Σε κάθε άλλη σύνδεση εκτός από την παράλληλη, τα θερμικά χαρακτηριστικά F_g (τα) και F_{RL} της συστοιχίας διαφέρουν από αυτά που ισχύουν για ένα συλλέκτη. Οι Dunkle και Davey (1970), [1] απέδειξαν ότι η μικτή σύνδεση συνεπάγεται πιο ομοιόμορφη κατανομή της ροής και θερμοκρασίας στους συλλέκτες. Οι διαδοχικές σειρές συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα κατά το τρισωλήνειο σύστημα (Tichelman ή Reverse Return system). Πάντως οι Culham και Sauer (1984), [2], απέδειξαν ότι μικρές ανομοιομορφίες στη ροή μεταξύ των σειρών των συλλεκτών ελάχιστα επηρρεάζουν την συνολική απόδοση του συστήματος. Πέρα από τον βέλτιστο τρόπο σύνδεσης των συλλεκτών, στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσει επίσης η βέλτιστη διατομή και το πάχος μόνωσης των σωληνώσεων.

2. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Για την ανάλυση που ακολουθεί θεωρείται συλλέκτης συγκεκριμένης μορφής και διαστάσεων (Σχ.4). Η κλίση των συλλεκτών και οι αποστάσεις μεταξύ σειρών συλλεκτών θεωρούνται οι λειτουργικά κατάλληλες για τον Ελληνικό χώρο: 45° και 1.40 π αντίστοιχα.

Οι πιθανοί τρόποι διασύνδεσης συλλεκτών σε κάθε σειρά φαίνονται ενδεικτικά στο Σχ. 1. Είναι προφανές ότι στις περιπτώσεις της μικτής σύνδεσης Σχ.1γ και 18 ο αριθμός των συλλεκτών που συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα ή εν σειρά και αποτελούν την βασική ομάδα, μπορεί να μεταβάλλεται. Όσο ο αριθμός των συλλεκτών κάθε σειράς αυξάνει, τόσο πολλαπλασιάζεται ο αριθμός των πιθανών τρόπων διασύνδεσης των συλλεκτών της σειράς. Από την πράξη δημιουργίας της συστοιχίας των συλλεκτών, που χαρακτηριστικά διατυπώνονται ως εξής:

- α. Η συστοιχία των συλλεκτών απαρτίζεται μόνο από δμοις σειρές
- β. Ο αριθμός κάθε σειράς κυμαίνεται από 1 μέχρι και 12.
- γ. Κάθε σειρά απαρτίζεται από επανάλειψη της ίδιας βασικής ομάδας.

Στο σχήμα 5 φαίνεται πώς ολοκληρώνεται το σύστημα σωληνώσεων μιας συστοιχίας συλλεκτών.

Είναι φανερό ότι το συνολικό μήκος των σωληνώσεων μιας συστοιχίας συλλεκτών εξαρτάται (πέραν από τον συνολικό αριθμό συλλεκτών) τόσο από τον αριθμό συλλεκτών κάθε σειράς όσο και από τον τρόπο σύνδεσης των συλλεκτών σε κάθε σειρά. Η σχέση αυτή φαίνεται παραστατικά στα σχήματα 2 και 3. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο λόγος : Μήκος σωληνώσεων/π² συλλεκτών, δεν εξαρτάται πρακτικά από το συνολικό αριθμό των συλλεκτών της συστοιχίας.

Από τα παραπάνω σχήματα είναι προφανή τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- α. Οσο αυξάνεται ο αριθμός των συλλεκτών που συνδέονται ''εν σειρά'', σε μια σειρά συλλεκτών τόσο μειώνεται το συνολικό μήκος σωληνώσεων.
- β. Ο μεγάλος αριθμός συλλεκτών σε κάθε σειρά μειώνει το συνολικό μήκος σωληνώσεων στην παράλληλη, την εν σειρά και μικτή σύνδεση τύπου 1γ., στη μικτή τύπου 18 ισχύει το αντίστροφο.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Τα αποτελέσματα των δοκιμών των ηλιακών συλλεκτών αφορούν μία συσκευή, και η εφαρμογή τους σε συστοιχία πολλών συλλεκτών πρέπει να γίνεται με προσοχή. Οταν οι συλλέκτες συνδέονται εν σειρά η απόδοση των συλλεκτών διαφέρει από τον ένα στον άλλο, καθώς η θερμοκρασία εισόδου του θερμικού μέσου σε κάθε συλλέκτη είναι αυτή που αντιστοιχεί στην έξοδο του προηγούμενου.

Στη περίπτωση αυτή και με την παραδοχή ότι η παροχή μέσα από κάθε συλλέκτη είναι η ίδια με αυτή των δοκιμών (αυτό σημαίνει ότι με δύο συλλέκτες συνδεδεμένους εν σειρά η παροχή ανά μονάδα συλλεκτικής επιφάνειας θα είναι η μισή από αυτή των δοκιμών), τα χαρακτηριστικά μεγέθη της συστοιχίας μπορούν να καθοριστούν συναρτήσει των χαρακτηριστικών $F_R(\tau_a)$ και F_{RUL} που αντιστοιχούν σε ένα συλλέκτη ως εξής, [3]:

$$F_R(\tau_a) = F_{RUL} \left[\frac{1 - (1-K)^{Ns}}{NsK} \right] \quad (1) \quad F_{RUL} = F_{RUL} \left[\frac{1 - (1-K)^{Ns}}{NsK} \right] \quad (2)$$

$$\text{όπου } K = \frac{A_1 F_{RUL}}{2mC_p} \quad (3)$$

Ns ειναι ο αριθμός συλλεκτών εν σειρά και όη παροχή δοκιμών για ένα συλλέκτη.

3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝΣΕΩΝ

Οι θερμικές απώλειες των σωληνώσεων ενός ηλιακού συστήματος μπορεί να είναι σημαντικές και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της απόδοσης του συστήματος. Ο Beckman (1978) [4] απέδειξε ότι ο συνδυασμός συλλεκτών-σωληνώσεων είναι ισοδύναμος, δύον αφορά την θερμική απόδοση, με ηλιακούς συλλέκτες με διαφορετικές χαρακτηριστικές τιμές $F_R(\tau_a)$ και F_{RUL} :

$$F_R(\tau_a)'' = \frac{F_R(\tau_a)}{1 + \frac{UsL}{2mC_p}} \quad (4)$$

$$F_{RUL}'' = F_{RUL} \frac{1 - \frac{UsL}{2mC_p} + \frac{UsL}{A_1 F_{RUL}}}{1 + \frac{UsL}{2mC_p}} \quad (5)$$

όπου L το συνολικό μήκος των σωληνώσεων (προσαγωγή και επιστροφή) μέχρι και την δεξαμενή αποθήκευσης και Us ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των σωληνώσεων.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για μονωμένο σωλήνα με εξωτερική/εσωτερική διάμετρο μόνωσης da/di αντίστοιχα μπορεί να εκφραστεί με αρκετά μεγάλη προσέγγιση ως εξής:

$$Us = \pi / [1/(2k) \ln(da/di) + 1/(h_da)] \quad (6)$$

όπου k η θερμική αγώνιμότητα του μονωτικού υλικού και h_a ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα προς το περιβάλλον.

Ο συντελεστής h_a εκφράζεται κατά Schack [5] συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου ως εξής:

$$h_a = 6.7 u^{0.61} / da^{0.39} \quad (7)$$

4. ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Εστω ότι για μια συγκεκριμένη εφαρμογή (π.χ. θέρμανση νερού χρήσεως) αποφασίζεται η χρήση Ν ηλιακών συλλεκτών με ενεργό επιφάνεια A_1 και θερμικά χαρακτηριστικά $F_R(\tau\alpha)$ και F_{RUL} , δύος προέκυψαν από δοκιμές όπου η παροχή για κάθε συλλέκτη ήταν $\dot{m} \cdot Z$. Ζητείται ο βέλτιστος τρόπος σύνδεσης των συλλεκτών (σειρά, παράλληλα ή ο πιο πρόσφορος συνδυασμός), καθώς και η βέλτιστη διατομή του κεντρικού κλάδου και το βέλτιστο πάχος μόνωσης.

Για κάθε εξεταζόμενη λύση υπολογίζεται η συνολική παροχή των συλλεκτών ($M = \dot{m}N/Ns$) και, αφού εκλεγεί η επιθυμητή πτώση πίεσης ανά τρέχον μέτρο, η διατομή του κεντρικού κλάδου και η ισχύς της απαιτούμενης αντλίας.

Οι χαρακτηριστικοί αριθμοί $F_R(\tau\alpha)$ και F_{RUL} διορθώνονται ανάλογα με τον αριθμό των εν σειρά συνδεομένων συλλεκτών (εξισώσεις 1,2) αφ' ενδός και λόγω απωλειών σωληνώσεων (εξισώσεις 4,5) αφ' ετέρου. Υστερα υπολογίζεται για κάθε μήνα το φορτίο, η μέση κάλυψη του φορτίου σύμφωνα με την μέθοδο f-chart και ο μέσος χρόνος λειτουργίας της αντλίας σύμφωνα με τη μέθοδο που υπέδειξαν οι Mitchell κ.α. (1980) [6].

Μετά και τον διαδέκτο μήνα υπολογίζεται συνολική οικονομία που προκύπτει από την λειτουργία της ηλιακής εγκατάστασης σαν διαφορά μεταξύ του κόστους της ετήσιας εξοικονομούμενης θερμικής ενέργειας και του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για την κίνηση της αντλίας. Τέλος υπολογίζεται το κόστος της ηλιακής εγκατάστασης σύμφωνα με τις τρέχουσες μέσες τιμές (Αυγούστος 1985) των χρησιμοποιούμενων υλικών. Σαν δείκτης σύγκρισης της οικονομικότητας κάθε εξεταζόμενης λύσης χρησιμοποιείται ο χρόνος αποτήρωμής σε σταθερές τιμές που είναι το πηλίκον του κόστους του συστήματος προς την ετήσια εξοικονόμηση που προκύπτει από τη λειτουργία του.

Όλη η παραπάνω διαδικασία γίνεται για οικονομία χρόνου, με χρήση προσωπικού μικρουπολογιστή (personal computer) με τη βοήθεια προγράμματος που καταστρώθηκε γιαυτό το λόγο.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σαν εφαρμογή των προηγούμενων θα εξετασθεί μια συγκεκριμένη περίπτωση ηλιακής εγκατάστασης θέρμανσης νερού. Δεδομένα: κτίριο στη ζώνη 2, [7] με ανάγκη 16000 λίτρων ζεστού νερού ημερησίως, θερμοκρασίας 45°C . Η κατανάλωση του ζεστού νερού είναι σταθερή δύο το χρόνο. Θα χρησιμοποιηθούν 120 ηλιακοί συλλέκτες με χαρακτηριστικά: $A_1 = 2,0 \text{ m}^2$, $F_R(\tau\alpha) = 0,77$, $F_{RUL} = 6.36 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$, $\dot{m} = 0.015 \text{ kg/s}$. Το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης είναι 50 lt/m^2 και ο βαθμός χρησιμοποίησης του εναλλάκτη θερμότητας 0.60. Τό μήκος του κύριου κλάδου των σωλήνων που συνδέονται συστοιχία των συλλεκτών με το μηχανοστάσιο είναι 50 m (προσαγωγή + επιστροφή).

Η γεωμετρία της επιφάνειας εγκατάστασης επιβάλλει την διάταξη των συλλεκτών σε 10 παράλληλες σειρές των 12 συλλεκτών η κάθε μία.

α. Διάμετρος σωληνώσεων

Θεωρούμε την διάταξη κατά την οποία οι συλλέκτες κάθε σειράς συνδέονται σε τρεις εν σειρά ομάδες αποτελούμενες από τέσσερεις παράλληλα συνδεδεμένους συλλέκτες η κάθε μία. Γίνεται επίσης η παραδοχή συνέχειας στην μεταβολή της διαμέτρου των σωλήνων. Η μόνωση των σωληνώσεων έχει πάχος 30 mm. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του σχήματος 6, μεταβολή του Δρ από 10 μέχρι 50 mm/π συνεπάγεται μείωση της διαμέτρου του κύριου κλάδου κατά 27% με παράλληλο τριπλασιασμό της ενέργειας που καταναλώνεται από την αντλία κυκλοφορίας του θερμικού φορέα. Σαν βέλτιστη λύση προτείνεται αυτή για την οποία Δρ = 30 mm/π που συν τοις άλλοις δίνει μεγέθη αντλιών που χρηματοούνται και στη θέρμανση κτιρίων.

β. Μόνωση σωληνώσεων

Για την προηγούμενη διάταξη και με Δρ = 30 mm/π μεταβάλλεται το πάχος μόνωσης από 10 mm μέχρι 50 mm. Η αύξηση του πάχους μόνωσης αυξάνει βέβαια το κόστος κτήσεως της εγκατάστασης, αυξάνει δημιας ταυτόχρονα και την μέση ετήσια καλυψη του φορτίου (σχ. 7). Η βέλτιστη λύση προκύπτει για πάχος μόνωσης 30 mm που είναι και εύκολα εφικτό στην πράξη.

γ. Βέλτιστη διάταξη.

Αφού υιοθετήσουμε τα αποτελέσματα των παραπάνω α και β ($\Delta r = 30 \text{ mm}/\pi$ και πάχος μόνωσης 30 mm) διερευνούμε την επίδραση του τρόπου σύνδεσης μεταβάλλοντας το Ns, τον αριθμό δηλαδή των εν σειρά ομάδων παράλληλα συνδεδεμένων συλλεκτών. Παρατηρούμε (σχ. 8) ότι η αύξηση του Ns συνεπάγεται μείωση του κόστους της εγκατάστασης Σ, με παράλληλη δημιας μείωση και της μέσης ετήσιας καλυψης του φορτίου, F. Η βέλτιστη κατάσταση είναι αυτή με $Ns = 2$ ή 3.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα γενικά συμπεράσματα αυτής της μελέτης συνοψίζονται στις ακόλουθες συστάσεις για επίπεδους συλλέκτες (τύπου I ή II [7]):

Η εν σειρά σύνδεση 2 ή 3 ομάδων συλλεκτών (των 2 m^2 περίπου) συνεπάγεται φθηνότερες εγκαταστάσεις χωρίς μεγάλη μείωση της απόδοσης του συστήματος. Η επιλογή του μεγέθους των σωληνώσεων μπορεί να γίνει με $\Delta r = 30 \text{ mm}/\pi$ και το πάχος μόνωσης πρέπει να είναι της τάξεως των 30 mm. Για συλλέκτες διοφορετικού τύπου ή για άλλες εφαρμογές χρειάζεται λεπτομερής διερεύνηση κατά περίπτωση.

ΣΥΜΒΟΛΑ

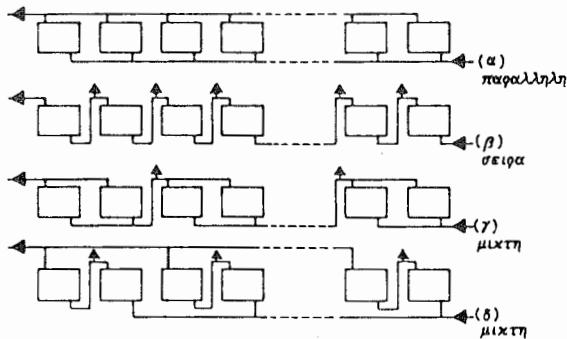
A ₁	Ενεργός επιφάνεια για ένα ηλιακό συλλέκτη (m^2)
C _r	Ειδική θερμότητα ($J/\text{kg.}^\circ\text{C}$)

d	Υδραυλική διάμετρος σωλήνα
da, di	Εξωτερική, εσωτερική διάμετρος μόνωσης σωλήνα
Δρ	Πτώση πίεσης ανά τρέχον μέτρο σωλήνα (mm Σ.Υ.)
F	Μέση επήσια κάλυψη φορτίου
$F_R(\tau\alpha), F_{RUL}$	Θερμικά χαρακτηριστικά συλλέκτη (-), ($W/m^2-^{\circ}C$)
ha	Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ($W/m^2-^{\circ}C$)
K	Συντελεστής (εξίσωση 3)
k	Θερμική αγωγιμότητα υλικού μόνωσης σωλήνων ($W/m^2-^{\circ}C$)
η	Χρόνος αποπληρωμής
N	Αριθμός συλλεκτών συστοιχίας
Ns	Αριθμός συλλεκτών ή ομάδων συλλεκτών, συνδεδεμένων εν σειρά
L	Ολικό μήκος δικτύου (m)
M	Συνολική παροχή συστοιχίας (kg/s)
Σ	Κόστος κτήσεως συστήματος (%)
Us	Συντελεστής θερμοπεριστότητας σωλήνων ($W/m-^{\circ}C$)
u	Ταχύτητα ανέμου (m/s)

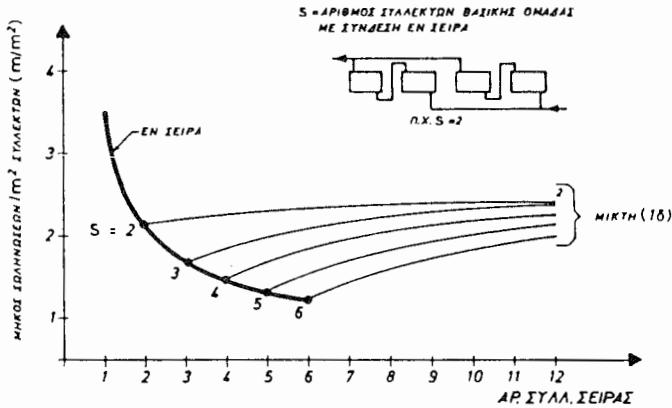
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. DUFFIE, J.A. and W.A. Beckman (1980), Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley - Interscience.
2. CULHAM, R. and P.Sauer (1984) , The Effects of Unbalanced Flow on the Thermal Performance of Collector Arrays. Journal of Solar Energy Engineering, ASME, Vol. 106, No.2, p.p. 165-170.
3. OONK, R.L., D.E. Jones and B.E. Cole-Appel (1979), Calculation of Performance of N Collectors in Series from Test Data on a Single Collector. Solar Energy, Vol. 23, p. 535.
4. BEKCMAN, W.A. (1978), Duct and Pipe Losses in Solar Energy Systems. Solar Energy, Vol. 21,p. 531
5. ROHSENOW, W.M. and J.P. Hartnett (1973) Handbook of Heat Transfer. Mc.Graw Hill.
6. MITCHELL, J.C., J.C. Theilacker and S.A.Klein (1981), Calculation of Monthly Average Collector Operating Time and Parasitic Energy Requirements. Solar Energy, Vol. 26, p.p. 555-558
7. BAZAIOS, E. (1981) Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας.

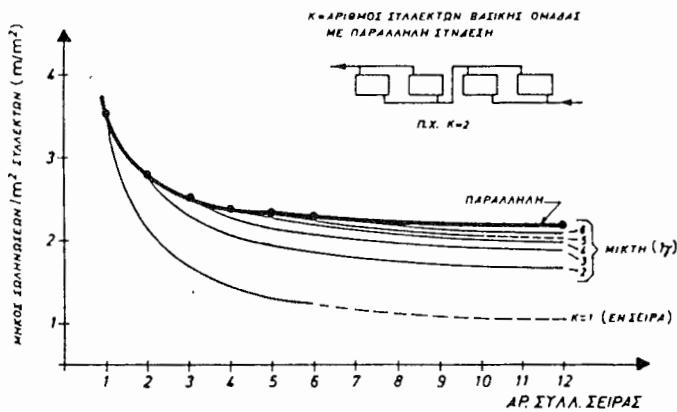
ΗΕΕ-55



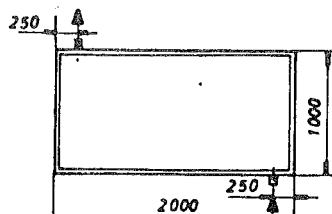
ΣΧΗΜΑ 1. ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ



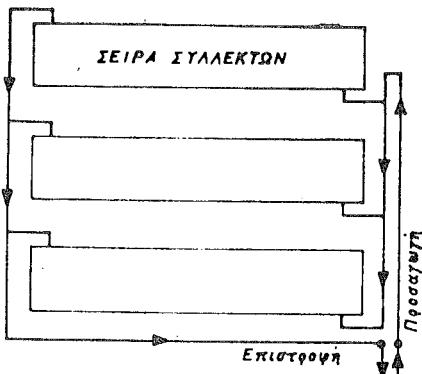
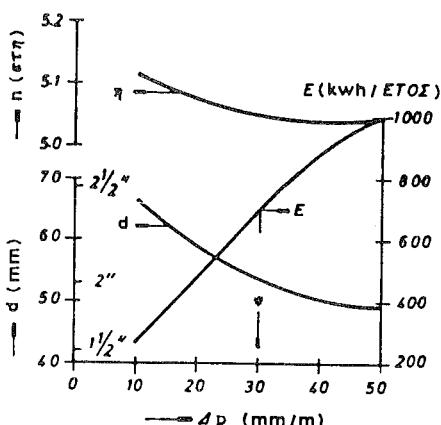
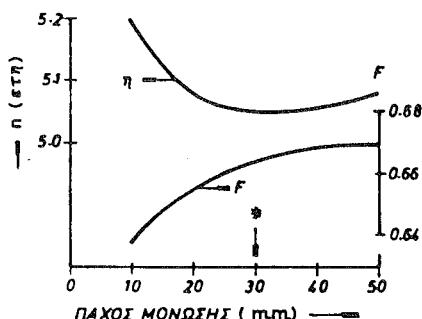
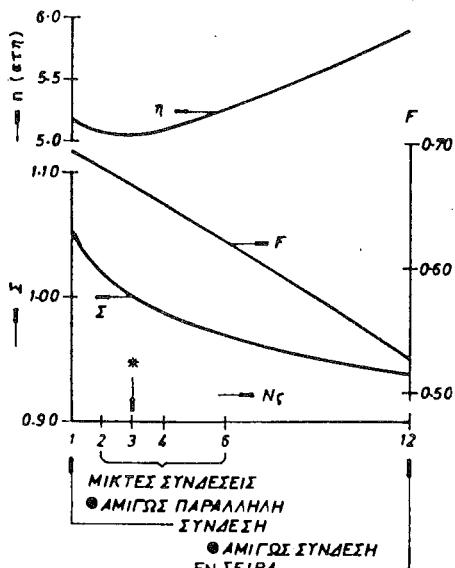
ΣΧΗΜΑ 3. ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ



ΣΧΗΜΑ 2. ΜΗΚΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ



ΣΧΗΜΑ 4. ΤΥΠΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

ΣΧΗΜΑ 5. ΤΡΙΙΩΔΗΝΕΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
(TICHELMAN) ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΕΙΡΩΝΣΧΗΜΑ 6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΚΥΡΙΟΥ
ΚΑΛΑΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (Δp),
ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (E)
ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ (η).ΣΧΗΜΑ 7. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΟΝΩΣΗΣ
ΣΩΛΗΝΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (F)
ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ (η).ΣΧΗΜΑ 8. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (F),
ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΤΗΣΕΩΣ (Σ) ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ (η).

**ΔΥΝΑΤΟΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΑΛΟΓΟΝΟΜΕΝΩΝ ΦΘΟΡΙΟΥΧΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ
ΕΙΣ ΤΟΥΣ ΘΕΡΜΟΣΩΛΗΝΑΣ**

A.B. ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ
ΔΡ.ΦΥΣΙΚΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ
Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 15 310

ΠΕΡΙΛΗΨΙΣ

Οι δυνατότητες χρησιμοποιήσεως άλογονομένων φθοριούχων ύδρογονανθράκων (ΑΛΦΥ) είς τούς θερμοσωλήνας δέν έχει πλήρως διερευνηθεῖ. "Ηδη δύμας έχουν χρησιμοποιηθεῖ τά R11, R12, R22 καὶ R113 μεί ἀρκετή ἐπιτυχία τόσον διά τὴν ἀπαγωγήν ποσοτήτων θερμότητος ἀπό διάφορες θερμικές πηγές δύνανται καὶ κατά τὴν μετατροπήν τῆς ήλιακῆς ἀκτινοβολίας είς θερμικήν ἐνέργειαν.

Εἰς τὴν παροῦσαν ἔργασίαν μελετᾶται ἡ δυνατότης χρήσεως καὶ ἐφαρμογῆς τοῦ R216 εἰς τὸν θερμοσωλήνα ὃ δόποιος δύναται νά χρησιμοποιηθεῖ ὡς στοιχεῖον ἐπιπέδου ἡλιακοῦ συλλεκτήρα ή συγκεντρωτήρα. Τό R216 εύρισκεται εἰς τό τέλος τῆς σειρᾶς τῶν γνωστῶν καὶ ὑποψήφιων πρός ἐφαρμογήν ΑΛΦΥ τοῦ ASHRAE. Ἡ διάταξις τῶν χημικῶν δεσμῶν τοῦ R216 εἶναι γραμμική καὶ μέρος τῶν θερμοφυσικῶν ἰδιοτήτων ἐλλείπει ἀπό τὴν εἰς ἀνά χείρας μας βιβλιογραφίαν.

Εἰς τὴν ἔργασίαν αὐτήν μελετῶνται συνεπᾶς, αἱ ἐλλείπουσαι θερμοφυσικές ἰδιότητες καὶ ἐπιχειρεῖται ἡ πρόβλεψις τῶν τιμῶν αὐτῶν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀρχῶν τῆς ἐπιστήμης. Ἔν συνεχείᾳ λόγω τῆς σχετικά ὑψηλῆς πιέσεως λειτουργίας τοῦ R216 εἰς τό εύρος θερμοκρασίας μεταξύ 0° - 180°C , ἔξετάζεται ἡ δυνατότης τῆς χρησιμοποιήσεως σωλήνων χαλκοῦ.

Θεωρόντας δτι ἡ χρήσις σωλήνων χαλκοῦ εἶναι συμβιβαστή μέ τό R216 διαπιστώνεται ἡ ὑπαρξίας μιᾶς νέας περιοριστικῆς παραμέτρου εἰς τὴν ἐπιλογήν τῆς ἐγκαρσίας διατομῆς τοῦ θερμοσωλήνος, ἡ δόποια καθορίζει τὴν ἀξονική ροή θερμότητος. Ἔν συνεχείᾳ μελετῶνται οἱ ὑπόδοιποι περιοριστικοί παράγοντες, ἢτοι:

1. Ὁριακή ἀξονική ροή θερμότητος λόγω τοῦ ἵξισης τῆς ὑγρᾶς φάσεως.
2. Ὁριακή ἀξονική ροή θερμότητος ὀριζομένη ἀπό τὴν κρίσιμο ταχύτητα τοῦ ἥχου τῆς ἀερίου φάσεως.
3. Ὁριακή ἀξονική ροή θερμότητος ὀριζομένη ἀπό τὸν παρασυρμόν τῆς κατ' ἀντιρροήν ὑγρᾶς καὶ ἀερίου φάσεως.
4. Ὁριακή ἀξονική ροή θερμότητος ὀριζομένη ἀπό τὴν ὑπαρξίαν τριχοειδῶν φαινομένων.
5. Ὁριακή ἀξονική ροή θερμότητος ὀριζομένη ἀπό τὴν δυνατότητα ἀπαγωγῆς τῆς θερμότητος κατά τὸν βρασμόν τῆς ὑγρᾶς φάσεως.

Πέραν τῶν βασικῶν αὐτῶν ἰδιοτήτων ἔξετάσθη καὶ ὁ παράγων καταλληλότητος τοῦ ρευστοῦ. "Ετσι, μετά τὸν προσδιορισμόν τῆς περιοχῆς λειτουργίας τοῦ θερμοσωλήνος, τοῦ δόποιου τὸ μῆκος τοῦ ἔξατμιστήρος καὶ συμπυκνωτήρος εἶναι δεδομένον συμπεραίνομεν δτι οἱ σπουδαιότεροι περιοριστικοί παράγοντες εἶναι:

- a. ἡ σχετικά ὑψηλή πιέσις λειτουργίας τοῦ θερμοσωλήνος, ὃ δόποιος περιορίζει τὴν ἐγκαρσίαν διατομή τοῦ θερμοσωλήνος,
- β. ἡ πτῶσις πιέσεως τῆς ροῆς τῆς ὑγρᾶς φάσεως διά μέσου τῶν αὐλάκων τοῦ θερμοσωλήνος ἐν σχέσει με τὴν ὀθοῦσα δύναμι ἡ δόποια προέρχεται ἀπό τὴν ἐπιφανειακή τάσι,

- ν. ή άδυναμία άπαγωγής άπειρορίστων ποσοτήτων θερμότητος λόγω τόσον τῶν φαινομένων τοῦ βρασμοῦ, ἀλλά καὶ τῆς ἀλληλοεξαρτήσεως τοῦ ἔξατμιστήρος μετά τοῦ συμπυκνωτήρος τοῦ θερμοσαλῆνος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΠΡΟΒΛΕΨΙΣ ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ R216, ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΕΣ

Εἰσαγωγή

Ή χρήσις τῶν ΑΛΦΥ εἰς τούς θερμοσαλῆνες ἀναφέρεται ἢδη εἰς τόν {5} {6} {13}, τό ἐνδιαφέρον δέ ἔξακολουθεῖ νά διατηρεῖται ζωηρό καὶ δέν φαίνεται νά ἔξαντλεῖται παρ' ὅλην τήν ψύηλή πίεσι λειτουργίας τῶν ΑΛΦΥ. "Ετσι, εἰς τήν {4} ἀναφέρονται δύο περιπτώσεις θερμοσαλῆνων μέ τήν χρήσι τῶν R11 καὶ R22 ἐνῷ εἰς τήν {17} γίνεται μία βαθύτερη ἀνάλυσι ἐπὶ τῆς δυνατότητος χρησιμοποιήσεως τῶν ΑΛΦΥ ὅπου τελικά ἐπιλέγεται τό R12, τό ὅποιον ὅμως παρουσιάζει δραστική πτώσι τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τοῦ θερμοσαλῆνος εἰς τούς 110°C. Ή ἐπιλογή τοῦ R216 (1,3 δίχλωρο 1,1, 2,2,3,3, ἔξαφθοροπροπάνιο) ὡς ὑπόψηφού μύγροῦ διά θερμοσαλῆνα ἐγένετο μέ βάσιν τά κρίσιμα σημεῖα τοῦ ΑΛΦΥ αὐτοῦ, τά ὅποια εἶναι $T_c = 180^\circ C$ $P_c = 27,55 \text{ bar}$, $V_c = 1,7410^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ καὶ τό σημεῖον βρασμοῦ εἰς τήν ἀτμοσφαιρική πίεσι $T_b = 35,66^\circ C$, προκειμένου νά μελετηθῇ ἔνας θερμοσαλῆν, ίκανός νά λειτουργήσει ἀπό τούς -20°C ἔως τούς 150°C. "Ενας τέτοιος θερμοσαλῆν θά διευρύνει τίς ἐφαρμογές τῆς ήλιακής ἐνεργείας ἀφοῦ διά αὐτοῦ θά καταστεῖ δυνατόν νά ἀναπτυχθοῦν θερμοκρασίαι διά τήν παραγωγήν ἀτμοῦ χαμηλῆς πιέσεως καὶ τήν παραγωγήν ψύχους. Πέραν συνεπῶς τής σπουδῆς τοῦ R216 αὐτῆς καθ' ἐαυτῆς κατά τήν πορείαν τής ἐργασίας εἴχαμε νά ἀντιμετωπίσουμε δύο κυρίως προβλήματα, τήν ἐκτίμησι τῶν τιμῶν τῶν ἐλλειπουσῶν θερμοφυσικῶν ἰδιοτήτων τοῦ R216 καὶ τόν ὑπολογισμό τῆς ἀσφαλοῦς ἐγκαρσίας διατομῆς τοῦ θερμοσαλῆνος.

Έκτιμης θερμοφυσικῶν ιδιοτήτων R216

Αἱ ἐλλείπουσαι θερμοφυσικές ἰδιότητες τοῦ R216 εἶναι:

1. Ή ἐπιφανειακή τάσις
2. Τό δυναμικό ἵξωδες τῆς ύγρας φάσεως
3. Τό δυναμικό ἵξωδες τῆς ἀερίου φάσεως
4. Ή θερμική ἀγωγιμότης τῆς ἀερίου φάσεως

Διά τόν ὑπολογισμόν τῆς ἐπιφανειακῆς τάσεως ἐχρησιμοποιήσαμεν δύο μεθόδους ὡς αὗται ἀναφέρονται εἰς τήν {3}.

Ή μέθοδος Walden ἀπαιτεῖ τήν γνῶσιν τῆς πυκνότητος τῆς ύγρας φάσεως καὶ τής λανθανούσης θερμότητος ἔξατμου. Ή μέθοδος Riedel, ἡ ὅποια κατά τήν γνώμην μας θά πρέπει νά δίδει καλύτερα ἀποτελέσματα ἀπαιτεῖ τήν γνῶσιν τῶν κρισίμων σημείων τῆς ύπό κρίσιν ούσιας. Ἀπό τά ὑπολογιστικά ἀποτελέσματα τά ὅποια ἔγιναν μέ τήν χρήσιν ἐνός ὑπολογιστήρος Casio FX-702P, οἱ τιμές κατά Riedel πλησάζουν τίς τιμές τῶν τιμῶν ἐπιφανειακῶν τάσεων τῶν ἄλλων ΑΛΦΥ (R11, R12, R21, R22, R113 καὶ R114) μέ γραμμικό δεσμό. Διά τόν ὑπολογισμό τοῦ δυναμικοῦ ἵξωδους τῆς ύγρας φάσεως μελετήσαμε δύο μεθόδους, τήν μέθοδο Reochor {9} {10} καὶ τήν μέθοδο Kreps and Druin {7}. "Επειδή τό Reochor μιᾶς χημικῆς ἐνώσεως παραμένει σχεδόν σταθερό {10} εἶναι δυνατόν ἀν γνωρίζομε αὐτό μέ κάποιο τρόπο νά υπολογισθῇ ἐξ αὐτοῦ τό δυναμικόν ἵξωδες. Πρός τόν σκοπόν αὐτόν ἐλάβαμε τήν μέ ση τιμή τοῦ Reochor τῶν R22, R21, R12, R11, R114 καὶ R113 πού ἔχουν γραμμικό δεσμό, τά ὅποια συνδέονται μέ μοριακό βάρος, μέ τή σχέσιν

REO = $6,74210^{-4}$. M_{0,82017}

{1}

Η σχέσι αυτή ή όποια περιλαμβάνει τό μηδέν της κλίμακος έχει βαθμό συσχετίσεως 0,999. Εφαρμόζοντες τή σχέσι αυτή διά τό R216 εύρισκομε τήν μέση τιμή τοῦ REOCHOR τοῦ R216 καί ἀπό ἐκεῖ μέσω τῆς {9} τό δυναμικό ἵξωδες τῆς ύγρας φάσεως. Επίσης τό ΐδιο εἶναι δυνατόν νά γίνει ἄν θεωρηθῇ ή σχέσεις $REO=0,006537+2,29244 E-04 M$ μέ βαθμό συσχετίσεως 0,996 καί ή όποια ίσχυει μόνον ἀπό τό R22 μέχρι τό R113. Κατά τή μέθοδο {7} ἄν γνωρίζομε τήν θερμική ἀγωγιμότητα τῆς ύγρας φάσεως καί ἐπί τή βάσει τῆς ἴξισώσεως Bridgman, εἶναι δυνατόν νά ύπολογισθῇ τό δυναμικό ἵξωδες τοῦ R216, ὑπό τήν προϋπόθεσι φυσικά δτι ύπάρχει αυτή ή φυσικοχημική συγγένεια δεσμῶν τῶν ύγρῶν ύδρογονανθράκων καί τῶν ΑΛΦΥ γραμμικοῦ δεσμοῦ. Καί οἱ δύο μέθοδοι δίδουν ἀποτέλεσματα τά δόποια εύρισκονται μέσα στήν περιοχή τῶν τιμῶν τῶν ΑΛΦΥ χωρίς νά ἔχωμε τήν βεβαιότητα διά τήν μιά ή τήν ἄλλη μέθοδον, θεωρούμε δύμας ώς πλησιέστερη πρός τήν πραγματικότητα ἐκείνη ή όποια προέκυψεν ἀπό τόν ύπολογισμόν τοῦ REOCHOR.

Τό δυναμικό ἵξωδες τῆς ἀερίου φάσεως ύπελογισθῇ ἀπό σχέσι αυτή ή όποια ἀναφέρεται εἰς τήν {9}. Κατ' αυτή τό δυναμικό ἵξωδες τῆς ἀερίου φάσεως ύπολογιζεται ἀπό τά κρισιμά σημεῖα τῆς θερμοκρασίας καί τῆς πιέσεως τοῦ R216. Η θερμική ἀγωγιμότης τῆς ἀερίου φάσεως τοῦ R216 ύπελογισθῇ κατά τήν μέθοδο {8}. Κατά τήν μέθοδο αυτή γίνεται μνεία τῶν R13, R12, R11, R21, R22, R113 καί R114. Μέ τήν χρήσι διαγράμματος καί ἐπεκτείνοντες τήν χρησιμότητα τοῦ διαγράμματος αύτοῦ εἰς τό R216 καί λαμβάνοντες ύποψιν τήν συνεισφορά τοῦ F καί C1 ύπολογιζομε τήν θερμική ἀγωγιμότητα τῆς ἀερίου φάσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΘΕΙΣΩΝ ΤΙΜΩΝ

T _e	{3}		{9} {10}	{7}	{9}	{8}
	WALDEN	RIEDEL	REOCHOR	KREPS	REID	DIPAK
	σ _U	σ _U	η _U	η _U	η _a	k _a
C	10^{-3} N/m	10^{-3} N/m	10^{-4} kg/msec	10^{-4} kg/msec	10^{-6} kg/msec	10^{-3} W/mk
-17,7	14,96	18,09	11,04	3,48	9,3	8,11
4,44	13,60	15,62	8,36	3,25	10,2	7,46
26,66	12,30	13,27	6,19	3,023	11,1	8,57
48,88	11,04	11,01	4,45	2,78	11,9	9,75
71,11	9,80	8,84	3,175	2,56	12,8	11,0
43,39	8,51	6,72	1,99	2,33	13,6	12,3
115,55	7,15	4,71	1,18	2,11	14,4	13,67
137,77	5,63	2,83	0,599	1,89	15,2	15,09

Έκτιμησις συντελεστού άσφαλείας τοῦ θερμοσωλήνος

Είναι φανερόν ότι τά γεωμετρικά στοιχεῖα τοῦ θερμοσωλήνος έχουν μεγάλην σημασίαν εἰς τὴν ἀπρόσκοπτον λειτουργίαν του καὶ τὴν δυνατότητά του νά ἄγη καὶ νά ἀπορροφᾶ σημαντικά ποσά θερμότητος. Είναι φυσικόν ότι δσον μεγαλυτέρα είναι ἡ ἐσωτερική διάμετρος αὐτοῦ τόσον αὐξάνει ἡ ἐπιφάνεια συναλλαγῆς τῆς θερμότητος ἀλλά καὶ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἔργαζομένου ρευστοῦ. Λόγω ὅμως τῆς ὑψηλῆς σχετικά πιέσεως λειτουργίας τοῦ R216 ἡ ἐπιλογή τῆς ἐσωτερικῆς διάμετρου ἀλλά καὶ τὸ κατάλληλον πάχος τοῦ τοιχώματος τοῦ θερμοσωλήνος είναι ύψιστης σπουδαιότητος. Ἀπό τὸν ΕΛΟΤ {24} δίδεται μιά σειρά σωλήνων χαλκοῦ βαρέως τύπου Ικανών νά ἀνθέξουν ἐν ψυχρῷ εἰς ὑψηλάς σχετικῶς πιέσεις ἔξασφαλίζοντας ἔτσι τὴν ἀσφαλή λειτουργία τοῦ θερμοσωλήνος μὲν ἀντιστοιχεῖς ίκανοποιητικές χαμηλές δαπάνες λόγω τῆς διαθεσιμότητος τοῦ προϊόντος αὐτοῦ. Παρά ταῦτα λόγω τῆς ἀκτινικῆς ροής θερμότητος διά τῶν τοιχωμάτων τοῦ θερμοσωλήνος δημιουργεῖται διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τῆς ἐξωτερικῆς καὶ ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας ἡ ὥποια διαφορά ἐκφράζεται μέ τὴν ἀνάπτυξιν ἐλαστικῶν τάσεων. Διά τὴν σπουδήν τοῦ θερμοσωλήνος αὐτοῦ δεχόμεθα ότι τό μῆκος είναι ὄρισμένο ἵσον μέ 1,1 π με 1 π διά τὸν ἔξατμιστῆρα καὶ 0,1 π διά τὸν συμπυκνωτῆρα. Δεχόμεθα ἀκόμη ότι ἡ ἐσωτερική ἐπιφάνεια τοῦ σωλήνος έχει ἐπιμήκεις αὔλακες τῶν ὥποιων οἱ διαστάσεις είναι οἱ ἔξης:

πλάτος αὔλακος	$0,210^{-3}$ π
βάθος αὔλακος	$0,410^{-3}$ π
πλάτος δύδντος	$0,310^{-3}$ π

Τό πῶς είναι δυνατόν νά κατασκευαστοῦν τέτοιοι αὔλακες είναι θέμα πού παρέλκει. Ἐν πάσει περιπτώσει εἰς τὴν {4} ἀναφέρονται αὔλακες μέ διαστάσεις σχεδόν διπλάσιες. Ἀποτέλεσμα τῶν αὔλάκων είναι νά μειωθεῖ τό ἐνεργόν πάχος τοῦ τοιχώματος τοῦ θερμοσωλήνος. Ἀπό στοιχεῖα τῆς BIEM τοῦ {4} καὶ {14} ἡ τελική ἐπιλογή τοῦ λόγου di/de ὥπως προέκυψαν ἀπό τούς ἐν συνεχείᾳ ὑπολογισμούς ὑπερκαλύπτει καὶ τὴν ἐν ψυχρῷ λειτουργία. Θεωρόντας ότι διά τοῦ θερμοσωλήνος δέχεται θερμοκρασίαν 1000 W ὑπολογίζομεν ἀπό τὴν {16} {23}{27} τὴν προκύπτουσαν διαφοράν θερμοκρασίας εἰς τὰ τοιχώματα καὶ τὴν θερμικήν διαταμητικήν τάσιν ἀπό τὴν

$$\sigma_{\theta} = \frac{E.a.\Delta T}{2(1-v)} \quad \{2\}$$

ἡ ὥποια διά σωλήνα 15/18 είναι πολύ χαμηλή. Ἔτσι εύρίσκομε συντελεστή ἀσφαλείας 5,96 ἐν σχέσει πρός τὴν ἐπιτρεπτή καὶ δεδομένη ὑπό τοῦ κατασκευαστοῦ ἀνωτάτη πίεση λειτουργίας τοῦ σωλήνος. Ὕπό τάς προϋποθέσεις αὐτάς ἡ ἀσφάλεια τοῦ σωλήνος ἔξασφαλίζεται. Θά ήταν δυνατόν νά γίνει ἀκριβέστερη ἀνάλυσις τῆς ἀντοχῆς τοῦ θερμοσωλήνος ὥπως αὕτη ἀναφέρεται εἰς τὴν {25} καὶ νά είχε προκύψει μεγαλύτερη ἐλευθερία εἰς τὴν ἐπιλογήν τῆς διατομῆς τοῦ σωλήνος. Ὕπό τάς παρούσας συνθήκας θεωροῦμεν ότι ἡ ἐκτίμησις αὕτη είναι ίκανοποιητική καὶ ἔξασφαλίζεται ἡ λειτουργία του χωρὶς ὑψηλές δαπάνες. Μέ τὴν ἐπιλογήν τῶν γεωμετρικῶν διαστάσεων di/de χάνομε ἔναν βαθμό ἐλευθερίας.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΟΣΩΛΗΝΟΣ

Διά τὴν ἐκτίμησιν τῆς περιοχῆς λειτουργίας τοῦ θερμοσωλήνος λαμβάνομε ἔνα θερμοσωλήνα μέ τὰ κάτωθι γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

Μῆκος ἔξατμιστῆρος	1 π
Μῆκος συμπυκνωτῆρος	$0,1$ π
Ἐξωτερική διάμετρος	$18,10^{-3}$ π
Ἐσωτερική διάμετρος	$15,10^{-3}$ π
Ἐνεργός ἐσωτερική διάμετρος	$15,810^{-3}$ π

Πλήθος αύλακων	94
Διατομή αύλακος	$0,2-0,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
Έσωτερη η διάμετρος ψύξεως συμπυκνωτήρος	$23 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
Έξωτερη η διάμετρος ψύξεως συμπυκνωτήρος	$25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

- Υποθέτομεν ότι οι συνθήκες:
- Η έξωτερη η θερμοκρασία άρεος είναι $T_a=20^\circ \text{ C}$, ή θερμοκρασία του ουδατος ψύξεως είς τόν συμπυκνωτήρα $T_1=20^\circ \text{ C}$. Ο έξατμιστήρος περιβάλλεται από μόνωσιν πάχους $0,03 \text{ m}$ της οποίας ή θερμική άντιστασης $0,3847 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$ είναι δυνατόν νά έξουμειωθή πρός σωλήνα κενού {28} [29].
- Η θερμική ροή καθ' όλον τό μήκος του έξατμιστήρος είναι όμοιοιδορφος. Η άξονικη θερμοκρασία του έξατμιστήρος είναι άνεξάρτητος του μήκους του, ή μετάδοσης της θερμότητος γίνεται κατά την άκτινα του σωλήνος. Οι αύλακες είναι πλήρεις ύγρου καί ή μετάδοσης θερμότητος γίνεται μέσω αυτῶν. Η άξονικη θερμοκρασία του συμπυκνωτήρος είναι άνεξάρτητος του μήκους του καί ή μετάδοσης θερμότητος γίνεται κατά μήκος της άκτινος του σωλήνος. Ο έξατμιστήρος καί δ συμπυκνωτήρος ύπολογίζονται ώς δύο κεχωρισμένα ύλικα σώματα. Η άπαγομένη θερμότητης από τόν έξατμιστήρα φθάνει όλη είς τόν συμπυκνωτήρα.

Διά νά προχωρήσωμε είς τούς ύπολογισμούς από τούς πίνακες τού {2} καί πίνακα 1 μέσω προγραμμάτων του ύπολογιστήρος Casio εινρίσκομεν τίς άναλυτικές έκφράσεις τών θερμοφυσικών ίδιοτήτων του R216.

Μέ δεδομένα τίς άνωτέρω σχέσεις προχωρούμε κατ' άρχήν είς τόν ύπολογισμόν τού παράγοντα καταλληλότητος τού ρευστοῦ $Nu=L_e \cdot \rho_u \cdot \sigma_u / h$ {3}, έν συνεχεία είς τόν ύπολογισμόν της δριακής άξονικής ροής θερμότητος λόγω ιξώδους της ύγρας φάσεως {6}. $Ni = \rho a d_i^2 \cdot L_e \cdot P_e / 64 \cdot \eta_a$ {4}

Διά τόν ύπολογισμόν της δριακής άξονικής ροής θερμότητος ή όποια δριζεται από τήν κρίσιμο ταχύτητα του ήχου της άερου φάσεως {13}, ή ταχύτης του ήχου έκφραζεται έν συναρτήσει μέ τήν θερμοκρασία του έξατμιστήρος

$$Na = \rho a L_e \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T_e / (\gamma + 1)^2} \quad \{5\}$$

Είς τόν ύπολογισμόν της δριακής άξονικής ροής θερμότητος λόγω παρασυρμού κατά τόν άριθμόν WEBER {5}.

$$Nw = \sqrt{\rho a s u L_e^2 / a} \quad \{6\}$$

Είς τήν δριακήν άξονική ροή θερμότητος λόγω ύπάρξεων τριχοειδῶν φαινομένων {5}

$$M_T = \left[\frac{\sigma_u \cdot \rho_u}{Nw} \right] \left[\frac{K \cdot A}{X_{ev}} \right] \left[\frac{4}{a} + \frac{g \rho_u \chi e s i n \theta}{\sigma_u} \right] \text{kg/sec} \quad \{7\}$$

$$K = D_u^2 / 2 \cdot F \cdot Re \quad \{13\} \quad \text{Διαπερατότης} \quad \{8\}$$

$$Re = V_e \cdot D_u \rho_u / \eta_u \quad 'Αριθμός Reynolds \quad \{9\}$$

$$F = 64 / Re \quad \{13\} \quad \text{συντελεστής τριβής} \quad \{10\}$$

$$F = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad \{13\} \quad \text{τυρβώδης ροή} \quad \{11\}$$

$$Nt = 4 M_T \cdot L_e / \pi \cdot d_i^2 \quad \text{kw/m}^2 \quad \{12\}$$

Είς τήν έξισωσιν αύτή θεωρούμεν ότι ή γωνία διαβροχής $\alpha=0$ διά $\theta \geq 0$ ο θερμοσωλήν αλλάζει θέσιν από τήν δριζούτιαν θέσιν καί ό έξατμιστήρος κατέρχεται. Είναι ή περίπτεωσις της θερμοσψωνικής λειτουργίας όπου οι δυνάμεις βαρύτητος προεξάρχουν τής δυνάμεως της έπιφανειακής τάσεως. Η έξισωσις αύτή γράφεται:

$$M_T = \left\{ \left[\frac{\sigma_u \rho u}{\eta_{UX} v} \right] \left[\frac{4}{d} + \frac{g \rho u X e \sin \theta}{\sigma_u} \right] \right\} K.A. \quad \{13\}$$

$$\text{καὶ } M_T = B_1 \cdot K.A. \quad \{14\}$$

$$N_T = B_2 \cdot \frac{KA}{d^2} \quad \{15\}$$

$$\frac{KA}{d^2} = f(d_i, M_T) \quad \{16\}$$

Η έξισωσις {13} λύεται με διαδοχικές προσεγγίσεις δεδομένου ότι τό $K=f(M_T, d_i)$. Αν αύξησουμε τήν d_i άπό τήν άνάλυσιν τῆς $\frac{KA}{d^2} = f(d_i, M_T)$ προκύπτει ότι θά ύπαρξη αύξησις τῆς KA/di^2 καὶ συνεπώς ύπαρχει δυνατότης βελτιώσεως τοῦ θερμοσω-
λήνος ἀντίος οἱ ἄλλοι παράγοντες τό ἐπιτρέπουν. Διά τόν ύπολογισμόν τῆς ἀξονικῆς ροῆς θερμότητος κατά τήν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ἔχουμεν νά ἀντιμετωπίσωμεν δύο προβλήματα:

1. Τήν ἐπιλογή τοῦ καταλλήλου συντελεστοῦ μεταφορᾶς θερμότητος κατά τήν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ τοῦ R216 εἰς τούς αὐλακες τοῦ θερμοσω-λήνος.
2. Τήν ἀλληλεξάρτησην ἔξατμιστῆρος συμπυκνωτῆρος.

Η ὑπαρξίας τῶν ραβδώσεων εἰς τό ἐσωτερικό τοῦ θερμοσωλήνος ἐπιρρεάζει σημαντικά καὶ ἐπιταχύνει τόν χρόνον ἐνάρξεως τοῦ βρασμοῦ τοῦ ύγρου.

Από ἔρευνες πού ἔχουν γίνει καὶ πιθανόν νά γίνονται ύπάρχει σχέσις μεταξύ τῆς διαμέτρου τῆς φυσσαλίδος κατά τήν ἀποκόλλησίν της καὶ τοῦ

πλάτους τῆς αὐλακος. Εἰς τήν περίπτωσιν μας τό πλάτος τῆς αὐλακος εἰναι αυθαίρετον. Πέραν αὐτῆς τῆς γενικῆς θεωρήσεως τά ΑΛΦΥ δέν ᔁσουν ἐπαρκῶς μελετηθῇ εἰς ότι ἀφορᾶ τήν συμπεριφοράν των κατά τόν βρασμόν. Η πρώτη σοβαρή ἀπόπειρα ἔγινε ύπό τοῦ {22} μέ πρόθεσι νά καταστῇ δυνατή ἡ πρό-βλεψις τοῦ συντελεστοῦ μεταφορᾶς ἢ συναγωγῆς ΑΛΦΥ σέ λεία ἐπιφάνεια. Οἱ ἔργασίες συνεχίσθησαν ύπό τῶν {18}{20} καὶ {19} καὶ ἀναφέρονται κυρίως εἰς τα R11,R13,R21,R22,R113 καὶ R114. Σημαντική κατά τή γνώμη μας εἰναι ἡ ἔργασία τῆς Danilova {21} ὅπου ἡ εύρεσις τοῦ συντελεστοῦ συναγωγῆς κατά τόν βρασμόν συσχετίζεται μέ τήν κρίσιμον πίεσιν. Εἰς τήν ἔργασίαν {18} ἔξετάζονται τά ΑΛΦΥ τά ἔχοντα γραμμική χημική διάταξι καὶ προτείνεται ἡ σχέσις διά καθαρά ΑΛΦΥ.

$$\alpha_e = 6,17 \left[\frac{Q_f A_e}{\rho_e} \right]^{0,55} \rho_e^{0,24} \quad \{17\}$$

Η ρ_e στήν {17} ἐκφράζεται εἰς Atm. Η σχέσις αὐτή συμφωνεῖ ποιοτικά μέ τά πειραματικά δεδομένα. Αποδεχόμενοι τήν σχέσιν {17} ἐνεργοῦμε συντηρητικά ἀφοῦ οἱ ραβδώσεις ἀναμένεται νά δώσουν συντελεστήν συναγωγῆς μεγαλύτερον τῆς {17}. Διά τήν συμπύκνωσιν τοῦ ἀτμοῦ τοῦ R216 δεχόμεθα τήν σχέσιν ἡ ὁποία ἀναφέρεται εἰς τήν {23}

$$Nu_\sigma = 0,555 \left[\frac{d_i^3 \rho u (\rho u - pa) g}{k_u \eta_u \Delta T_\sigma} (L_e + 0,68 \cdot C_u \Delta T_\sigma) \right]^{0,25} \quad \{18\}$$

ὅπου Nu_σ ὁ ἀριθμός Nusselt καὶ ΔT_σ ἡ διαφορά θερμοκρασίας ἀτμῶν καὶ ἐπιφανειας. Εἰς τήν ἔξισωσιν αὐτή τό L_e καὶ C_u ἐκφράζονται εἰς $KJ10^{-3}/kg$ ἡ ὁποία ἴσχυει διά τό ἐσωτερικόν λείου σωλήνος, πεπερασμένου μήκους καὶ δριζοντίου.

Διατυπώσαμε δύο ύπολογιστικά προγράμματα ἔνα διά τόν ἔξατμιστῆρα καὶ ἔνα διά τόν συμπυκνωτῆρα βασιζόμενον στής ἀρχές πού διατυπώνονται εἰς τάς προηγουμένας σελίδας. Οἱ ύπολογισμοί αὐτοί ἔγιναν προσδίδοντας θερμότητα ὥστε ἡ ἡλιακή ἀκτινοβολία νά δύναται νά συγκεντρώνεται, ἦτοι

διά βαθμό συγκεντρώσεως άπό $C = 0,2$ εἰς $C = 10$. Σέ κάθε περίπτωσιν ύπελογίζετο ή άπαγμένη θερμική λογάριθμος η_e ή βαθμός αποδόσεως του έξατμιστήρος ηε καί ή άξονική ροή της θερμότητος N_e , ή άξονική θερμοκρασία του έξατμιστήρος, ή άξονική θερμοκρασία του συμπυκνωτήρος καί ή άπαιτούμενη παροχή του R216.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ό παράγων καταλληλότητος ρευστού περιλαμβάνεται:

$$3,09 \cdot 10^6 < N_u < 10^7 \quad \text{kw/m}^2$$

$$-17,7^\circ C < T_e < 148,8^\circ C$$

ή όριακή άξονική ροή θερμότητος λόγω του ιξώδους της ύγρας φάσεως περιλαμβάνεται

$$4,9 \cdot 10^6 < N_L < 3,84 \cdot 10^9 \quad \text{kw/m}^2$$

$$-17,7^\circ C < T_e < 148,08^\circ C$$

ή όριακή άξονική ροή θερμότητος λόγω της προσεγγίσεως της ταχύτητος του άερού, της ταχύτητας του ξησου, περιλαμβάνεται

$$6,7 \cdot 10^3 < N_a < 6,6 \cdot 10^5 \quad \text{kw/m}^2$$

$$-17,7^\circ C < T_e < 148,8^\circ C$$

ή όριακή άξονική ροή θερμότητος λόγω παρασυρμού περιλαμβάνεται

$$0,83 \cdot 10^5 < N_w < 36,10^5 \quad \text{kw/m}^2$$

$$-17,7^\circ C < T_e < 148,8^\circ C$$

Διά τόν ύπολογισμό της N_w έλαβαμε ώς α τό πλάτος του αελακος. Έτσι όλοι αύτοί οι παραμετροί έχαρτωνται κυρίως άπό τήν φύσιν του ρευστού καί τήν θερμοκρασίαν.

Η όριακή άξονική ροή θερμότητος λόγω ύπαρξεως τριχοειδῶν φαινομένων έχαρται άπό τέλις θερμοφυσικες ιδιότητες του ρευστού, τήν διαπερατότητα τῶν αύλακων καί γενικώς άπό τά γεωμετρικά στοιχεῖα τά δποία συνθέτουν τήν περιοχή άπ' οποιού διέρχεται τό ύγρόν δταν κυκλοφορεῖ καί άπό τήν κλίσιν, δηλαδή τήν βαρύτητα.

$$\text{διά } \theta=0^\circ \quad 1535 > N_t > 345 \quad \text{kw/m}^2$$

$$di=\text{Const.} \quad 30^\circ < T_e < 180^\circ$$

$$\text{διά } \theta=10^\circ \quad 6,47 \cdot 10^3 > N_t > 3,23 \cdot 10^3 \quad \text{kw/m}^2$$

$$di=\text{Const.} \quad 30^\circ < T_e < 180^\circ$$

Διά τήν όριακήν άξονικήν ροήν θερμότητος λόγω φαινομένων βρασμού έχομε τά κάτωθι άποτελέσματα: $C=1=100 \text{ watt}$.

$C = 0,6$	$331 > N_e > 221$	$C = 1,2$	$666 > N_e > 563$	kw/m^2
	$30^\circ < T_e < 180^\circ$		$40^\circ < T_e < 180^\circ$	
$C = 0,8$	$445 > N_e > 335$	$C = 2,5$	$1380 > N_e > 1306$	kw/m^2
	$30^\circ < T_e < 180^\circ$		$80^\circ < T_e < 180^\circ$	
$C = 1,0$	$552 > N_e > 449$	$C = 5,0$	$2765 > N_e > 2739$	kw/m^2
	$40^\circ < T_e < 180^\circ$		$140^\circ < T_e < 180^\circ$	

Υπολογισμοί έπραγματοποιήθοσαν έπισης διά $C=7,5$ καί $C=10$, άλλα ύπηρξε άδυναμία λειτουργίας του προγράμματος, ένω διά $C=2,5$ ή θερμοκρασία του συμπυκνωτήρος αύξανεται καί ύπάρχει άδυναμία μεταφορᾶς ποσοτήτων θερμότητος άπό τόν έξατμιστήρα εις τόν συμπυκνωτήρα. Μελετώντας τόν παράγοντα καταλληλότητος, παρατηρούμε δτι οι τιμές του είναι ύψηλές καί έπιτρέπουν τήν άνετο χρησιμοποίησιν του R216.

Έπισης οι τιμές των Νι, Να, καὶ Νw δέν δημιουργούνται διαίτερα προβλήματα. Οι τιμές τοῦ Ντ είναι χαμηλές καὶ αύτές βασικά περιορίζουν τὴν χρήσι τοῦ θερμοσωλῆνος R216. Συγκρίνοντες τίς τιμές τοῦ Ντ ($\theta=0$) μὲν αύτές τοῦ Νe ($C=0,6$ - $C=0,8$) παρατηροῦμε διτε εἶναι δυνατόν νά έχουμε ίκανο ποιητική λειτουργία, εἰς τὸ προαναφερόμενο διάστημα θερμοκρασιῶν, διαιτέρως εἶναι δυνατή ἡ λειτουργία τοῦ θερμοσωλῆνος διάτη $C=1$ καὶ $T_e < 145^\circ C$ ὡς καὶ διάτη $C=1,2$ καὶ $T_e < 120^\circ C$. Τοιουτορόπως ὁ θερμοσωλὴν αύτός εἶναι δυνατόν νά θεωρηθῇ κατάλληλος διάτη ἐπίπεδο ἥλιακοῦ συλλεκτῆρα. "Αν δημοσιεύμεθα ἀπό τούς περιορισμούς καὶ ὁ θερμοσωλὴν εἶναι δυνατόν νά λειτουργήσει ίκανο ποιητικά. Διάτη $C \geq 2,5$ ὁ θερμοσωλὴν δέν δύναται νά λειτουργήσει κανονικά λόγω ἀδυνατίας ἀπορροφήσεως τῆς ἀπαγομένης θερμότητος ἀπό τὸν συμπυκνωτῆρα. Ο θερμοσωλὴν αύτός περιορίζεται ἀπό τὴν ἀλληλοεξάρτηση ἔξατμιστῆρος-συμπυκνωτῆρος καὶ εἶναι δυνατόν νά θεωρηθῇ κατάλληλος διάτη συγκεντρωτῆρα μὲν $C < 2,5$.

Συνεπῶς εἶναι δυνατή ἡ λειτουργία ἐνός θερμοσωλῆνος μὲν R216. "Αν δὲ μεταβάλλομε τὰ γεωμετρικά στοιχεῖα τοῦ θερμοσωλῆνος, ἵτοι τὴν ἑσωτερική διάμετρο καὶ τὸ μῆκος ἔξατμιστῆρος εἶναι δυνατή ἡ βελτίωσις αὐτοῦ. Μιά ἀπό τίς ἐπόμενες φάσεις τῆς ἐργασίας αύτῆς θά εἶναι ἡ περαιτέρω διερεύνησις τῶν δυνατοτήτων τόσον τοῦ R216 δυσον καὶ τῶν ἄλλων ΛΛΦΥ.

Σ Y M B O . L A .

E	= Μέτρον του YOUNG 1078.10^3 bar $T=300^\circ C$ {14}
α	= Θερμικός συντελεστής γραμμικής διαστολῆς $1,710^{-3}/C$
v	= ἀριθμός POISSON 0,3
g	= ἐπιτάχυνσις βαρύτητος $9.81 m/sec^2$
Xe	= μῆκος θερμοσωλῆνος π
X_{en}	= ἐνεργόν μῆκος θερμοσωλῆνος $Xe/2$
R	= παγκόσμια σταθερά τελείων ἀερίων = $R^*/M=barm^3/kgK$
M	= μοριακό βάρος $kg/Kmol$
REO	= Reochor $m^3/Kmol$ ($kg/msec$) $^{1/8}$
σ	= πλάτος αὐλακος π
γ	= λόγος εἰδικῶν θερμοτήτων ὑπό σταθεράν πίεσιν καὶ ὑπό σταθερόν δγκον
Du	= ύδραυλική διάμετρος π
A	= ὀλική ἐγκαρσία διατομή κυκλοφορίας ὑγροῦ m^2
ϵ	= πορώδεις
d_i	= ἑσωτερική διάμετρος σωλῆνος π
d_e	= ἑσωτερική διάμετρος σωλῆνος π
Ae	= ἐπιφάνεια ἀνταλλαγῆς θερμότητος εἰς τὴν ἑσωτερικήν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔξατμιστῆρος m^2
P_e	= πίεσις bar
L_e	= λανθάνουσα θερμότης ἔξατμόσεως KJ/kg
ku	= Θερμική ἀγωγιμότης ὑγρᾶς φάσεως w/mK
ka	= Θερμική ἀγωγιμότης ἀερίου φάσεως w/mK
η_u	= δυναμικό ἵξωδες ὑγρᾶς φάσεως $kg/msec$
η_a	= δυναμικό ἵξωδες ἀερίου φάσεως $kg/msec$
Cu	= εἰδική θερμότης ὑπό σταθερά πίεσι $kg/msec$
Ca	= εἰδική θερμότης ὑπό σταθερά πίεσι $kg/msec$
ρ_d	= πυκνότης ὑγροῦ kg/m^3
$1/\rho_a$	= εἰδικός δγκος ἀερίου φάσεως m^3/kg
σ_u	= ἐπιφανειακή τάσης N/m

Σημείωση: Η βιβλιογραφία τῆς ἐργασίας δέν περιλαμβάνεται στό κείμενο λόγω τῆς στενότητος χώρου."Οποιος ἐνδιαφέρεται διάτη τὴν βιβλιογραφία νά ἀπευθύνεται στόν συγγραφέα.

* ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ *

1. Ν.Γ.Κουμοῦτσος, 'Εφημεροσμένη Θερμοδυναμική, ΕΜΠ 1980.
2. Handbook of Fundamentals ASHRAE, 1974.
3. K.N. Πάττα, Μετάδοσις Θερμότητος - VDI - WARMETLAS 1978.
4. Advances in Heat Pipe Technology, Editor by D.A.Reay Pergamon,Press 1982.
5. D.Chisholm, The heat pipe, Mills and Boon Ltd, 1971.
6. P.D.Dunn and D.A.Reay, Heat Pipes, Pergamon Press, 1976.
7. S.I.Kreps and M.L.Druin, Prediction of viscosity of liquids hydrocarbons, I and E.C.Fundamentals pp. 79-63, No.1, Vol.9, Febr. 1970.
8. Dipak Ray and George Thodos, Thermal Conductivity of Gases, I and E.C.Fundamentals pp . 71-79, No.1, Vol.9, Febr. 1970.
9. R.C.Reid and T.K.Sherwood. The Properties of Gases and Liquids, Mc Graw-Hill Company, 1958.
10. T.Reis et P.Wood Introduction à la Chimie-Physique des Surfaces, Paris Dunod 1962.
11. Wieland-Werke AG. Handbook.
12. V.B.Eliseev and D.I.Sergeyev. Heat Pipe New High Temperature Heat Transfer Device NTIS J.P.R.5-55675, 1972.
13. E.A.Skrabot and W.B.Bienert, Heat Pipe Design Handbook NASA CR-134264, Aug. 1972.
14. Hütte Manuel de l'Ingenieur, Libr. Beranger Liege, 1964.
15. E.R.F.Winter and W.O.Barsch, The Heat Pipe,Advances in Heat Transfer Vol.7, 1971 pp.219-320, Academic Press.
16. D.J.Jonns Thermal Stress Analyses, Pergamon Press, 1965.
17. F.Mahdjuri, Evacuated Heat Pipe Solar Collector,Energy Conversion, Vol.19, pp. 85-90, 1979.
18. S.Chongrungreong and H.J.Saurer Jr. Nucleate Boiling Performance of Refrigerants and Refrigerant-oil Mixture, J. of Heat Transfer ASME Nov. 1980, Vol. 102, pp.701-705.
19. Short Course of Two-Phase Flow and Heat Transfer, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, March 18-22, 1985.
20. M.K.Jensen and D.L.Jackman,Prediction of Nucleate Pool Boiling Heat Transfer Coefficients of Refrigerant-oil Mixtures. J. of Heat Transfer, ASME, Febr. 1984, Vol.106, pp.184-190.
21. G.N.Danilova, Correlation of Boiling Heat Transfer Data for Freons, Heat Transfer, Soviet Research Vol.2, No.3, March 1970.
22. Stephan K. The Computation of Heat Transfer on Boiling Refrigerants, Kaltechnik 231-234, Vol.8, 1963.
23. H.Y.Wong Heat Transfer for Engineers Longman London, 1977.
24. Πρότυπο ΕΛΟΤ 616.
25. V.I.Makarov, A.G.Tomashevski and E.N. Shevchuk,The Mechanism of the Start-up of High Temperature Heat Pipes ,Advances in Heat Pipe Technology Edit D.A.Reay Pergamon Press, 1982, pp.261-277.
26. L.L.Vasiliev and S.Konov Thermodynamic Analysis of Heat Pipe Operation, Advances in Heat Pipe Technology.Edit D.A.Reay,Pergamon Press, 1982, pp.313-325.
27. M.Mikheyev,Fundamental of Heat Transfer Moscow 1966.
28. A.Spyridonos.The Heat Pipe as en Element of the Solar Collector, "Energy and Community Development"First Intern.Conferences,Athens July 10-15, 1978, Conferences Proceedings Greek Energy Counsil and DOE, pp. 273-275.
29. A.Spyridonos and C.Nobeli Active Heat Pipe Filled with Glycol Water solution,Alternative Energy Sources II Editor T.Nejat Veziroglu Hemisphere Publ. Corp. pp.567-577, 1980.

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΣ.

Ε. ΒΑΖΑΙΟΣ : Μ-Η ΕΜΠ, Βοηθός ΕΜΠ, ΒΡ ΕΛΛΑΔΟΣ
(Calpak)
Δρ. Κ. Δ. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ: Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ, Τμήμα
Μηχανολόγων,
Τομέας Θερμότητας.
Dipl. Ing., M.Sc., D.I.C.,
Ph.D. (Lon)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η φυσική θερμοκρασία του νερού στις ανοικτές κολυμβητικές δεξαμενές δεν επιτρέπει την δινετη κολύμβηση για αρκετούς μήνες το χρόνο. Η ηλιακή ενέργεια φαίνεται ότι αποτελεί μια οικονομική λύση. Η ΕΟΚ, μέσα στα πλαίσια ενός ευρύτερου προγράμματος, υποστήριξε την κατασκευή συστημάτων ηλιακής θέρμανσης σε τρία κολυμβητήρια Ολυμπιακών διαστάσεων, στο Ηράκλειο, Ιλίσια και Ξάνθη. Χρησιμοποιήθηκαν φθηνοί, πλαστικοί ηλιακοί συλλέκτες με σύστημα άμεσης θέρμανσης. Το δύο σύστημα είναι εξοπλισμένο έτσι ώστε να λειτουργεί αυτόματα. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αυτών των εγκαταστάσεων λειτουργούν συστήματα συλλογής και καταγραφής των μετεωρολογικών και λειτουργικών δεδομένων. Από επεξεργασία των δεδομένων αυτών (για το κολυμβητήριο Ιλίσιων) κατασκευάσθηκαν η καμπύλη βαθμού απόδοσης της συστοιχίας των συλλεκτών και ο θερμικός χάρτης του ηλιακού συστήματος.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ : ηλιακή θέρμανση, κολυμβητική δεξαμενή, πλαστικός ηλιακός συλλέκτης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η ΕΟΚ μέσα στο πλαίσιο προώθησης νέων ιδεών για την εξοικονόμηση ενέργειας και ειδικότερα υποστήριξης προγραμμάτων για περαιτέρω ανάπτυξη συστημάτων εκμετάλλευσης της Ηλιακής Ενέργειας, έχει χρηματοδοτήσει την εγκατάσταση ηλιακής θέρμανσης σε 50 κολυμβητήρια σε δύος τις χώρες των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων [1]. Τρία από τα κολυμβητήρια αυτά βρίσκονται στην Ελλάδα, συγκεκριμένα στο Ηράκλειο, Ιλίσια και Ξάνθη, κατανεμημένα έτσι γεωγραφικά ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να καλύπτουν ευρύ φάσμα των κλιματολογικών ζωνών της χώρας [2]. Το έργο που στοίχισε συνολικά 50 περίπου εκατομμύρια δραχμές, έχει ήδη τελειώσει και βρίσκεται στη φάση της συγκέντρωσης στοιχείων για την αξιολόγηση της αποδοτικότητάς του. Στη παρούσα εργασία περιγράφονται τα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων αυτών και δίδονται τα πρώτα αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρητικών δεδομένων της λειτουργίας τους.

2.Η ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΩΝ

Μία από τις πρώτες εργασίες υπολογισμού των θερμικών φορτίων μιας κολυμβητικής δεξαμενής για θέρμανση με ηλιακούς συλλέκτες είναι του Czarnecki [3]. Για το κλίμα της χώρας μας, το θερμικό ισοζύγιο μιας ανοικτής κολυμβητικής δεξαμενής συνεπάγεται θερμοκρασίες νερού που δεν επιτρέπουν την άνετη χρήση της δύο το χρόνο. Σε μια δεξαμενή χωρίς θέρμανση η κολυμβητική περίοδος περιορίζεται σε μερικούς μήνες [4] το χρόνο (σχ. 1). Από το άλλο μέρος, για τη θέρμανση μιας δεξαμενής με συμβατικό τρόπο απαιτούνται τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού μιας δεξαμενής δεν ξεπερνά τους 25-26 °C, θερμοκρασία αρκετά χαμηλή ώστε η θέρμανση με χρήση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών να είναι εξαιρετικά αποδοτική. Αυτή ακριβώς η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας επιτρέπει την χρήση φθηνών ηλιακών συλλεκτών χωρίς σπουδαίες απαιτήσεις μόνωσης. Η συνηθισμένη συλλεκτική επιφάνεια για θέρμανση μιας ανοικτής κολυμβητικής δεξαμενής είναι δση και η επιφάνεια της δεξαμενής, ενώ δεν χρησιμοποιείται στη πράξη συλλεκτική επιφάνεια μικρότερη από το μισό της επιφάνειας της δεξαμενής. Η απόσβεση μιας τέτοιας εγκατάστασης γίνεται σε 2-4 περίπου χρόνια.

Για τα παρόντα κολυμβητήρια επιλέχθηκε η άμεση θέρμανση που είναι πιο αποδοτική, αφού στους συλλέκτες κυκλοφορεί νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας και η εγκατάσταση δεν επιβαρύνεται με το κόστος εναλλακτών θερμότητας. Το πρόβλημα της διάβρωσης λύνεται με τη χρησιμοποίηση συλλεκτών από σταθεροποιημένο πολυπροπυλαίνιο. Οι συλλέκτες αυτοί χρησιμοποιούνται "γυμνοί" δηλαδή χωρίς μόνωση και τζάμι, αφού αποδεικνύεται ότι για τις συνθήκες λειτουργίας της δεξαμενής ο βαθμός απόδοσης του συλλεκτή λίγο βελτιώνεται [5], με την προσθήκη εξελιγμένων μεθόδων μόνωσης (σχ.2).

Η επιλογή του μεγέθους των εγκαταστάσεων στα τρία κολυμβητήρια έγινε κατ' αρχήν με τεχνικούς κριτήρια. Ο διαθέσιμος χώρος σε κάθε κολυμβητήριο ήταν επίσης ένας καθοριστικός παράγοντας για το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας. Ο μεγάλος αριθμός των συλλεκτών δημιουργεί ένα υέο αρχιτεκτονικό στοιχείο το οποίο δεν είναι δυνατόν να καλυφθεί, αλλά αντίθετα απαιτείται να οργανωθεί στα δεδομένα αρχιτεκτονικής και αισθητικής των κολυμβητηρίων.

Στο πίνακα I δίνονται οι συλλεκτικές επιφάνειες των τριών κολυμβητηρίων μαζί με ορισμένα στοιχεία για την απόδοσή τους. Οι πλαστικοί συλλέκτες τοποθετούνται σε πλαστικό από αλουμίνιο ώστε να αποκτήσουν ακαμψία και στερεώνονται με κλίση 45° με τη βοήθεια βάσεων από γαλβανισμένο μορφοσίδηρο. Ο προσανατολισμός είναι ύδτιος ή με μικρή απόκλιση από το ύδτο, όπου αυτό διευκολύνει την κατασκευή ή δίνει καλύτερες αισθητικές λύσεις.

3. ΔΙΑΤΑΞΗ-ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στο σχήμα 2 φαίνεται η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση των δεξαμενών. Το νερό της πιστωτικής αφού περάσει από τα φίλτρα και εφόδου ο συνδυασμός έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασιών νερού-περιβάλλοντος είναι ευνοϊκός, διοχετεύεται στους συλλέκτες όπου θερμαίνεται. Η κυκλοφορία του νερού μέσα από τους συλλέκτες επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντλιών. Οταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, η θέρμανση συμπληρώνεται από τη συμβατική πηγή ενέργειας (λέβητας-εναλλάκτης). Οταν δεν απαιτείται θέρμανση της πιστωτικής, έχει προβλεφθεί ώστε οι ηλιακοί συλλέκτες να προθερμαίνουν το νερό χρήσεως των συγκροτημάτων. Τη ύπατη γίνεται κάλυψη των δεξαμενών με πλαστικά καλλύματα για τη μείωση των απωλειών θερμότητας. Η αποδοτική και ασφαλής λειτουργία των εγκαταστάσεων εξασφαλίζεται από ένα σύστημα αυτοματισμών.

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στα τρία κολυμβητήρια και σύμφωνα με προδιαγραφές της ΕΟΚ τοποθετήθηκαν συστήματα παρακολούθησης της απόδοσης των εγκαταστάσεων. Υπάρχουν αισθητήρες με τους κατάλληλους μετατροπείς (transducers) που μετρούν επί συνεχούς βάσεως τα μετεωρολογικά και λειτουργικά δεδομένα των εγκαταστάσεων. Τα σήματα οδηγούνται σε ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή όπου αποθηκεύονται. Ήδη έχει γίνει η αξιολόγηση των μετρήσεων [6] για τους πρώτους έξι μήνες λειτουργίας με τη χρήση προγραμμάτων H.Y. Μεταξύ άλλων υπολογισθηκαν η καμπύλη απόδοσης της συστοιχίας των συλλεκτών (σχ.4) και ο θερμικός χάρτης (σχ.5). Επίσης επιχειρήθηκε με επιτυχία [7] και θεωρητική πρόβλεψη των θερμικών απωλειών του κολυμβητήριου Αθηνών επί ωριαίας βάσεως, αφού δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην προσομοίωση των απωλειών εξατμίσεως [8], που αποτελούν, όπως φάνηκε και από τη σχετική ανάλυση, την σπουδαιότερη συμβολή στη συνολική θερμική απώλεια της δεξαμενής.

ΠΙΝΑΚΑΣ I
ΑΘΗΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΞΑΝΘΗ

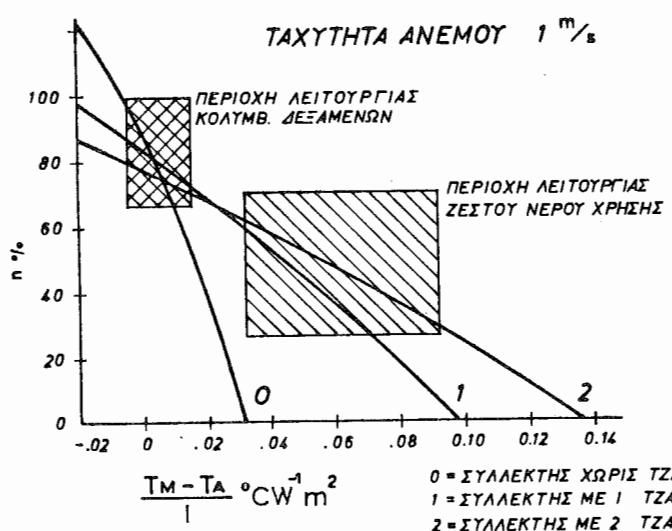
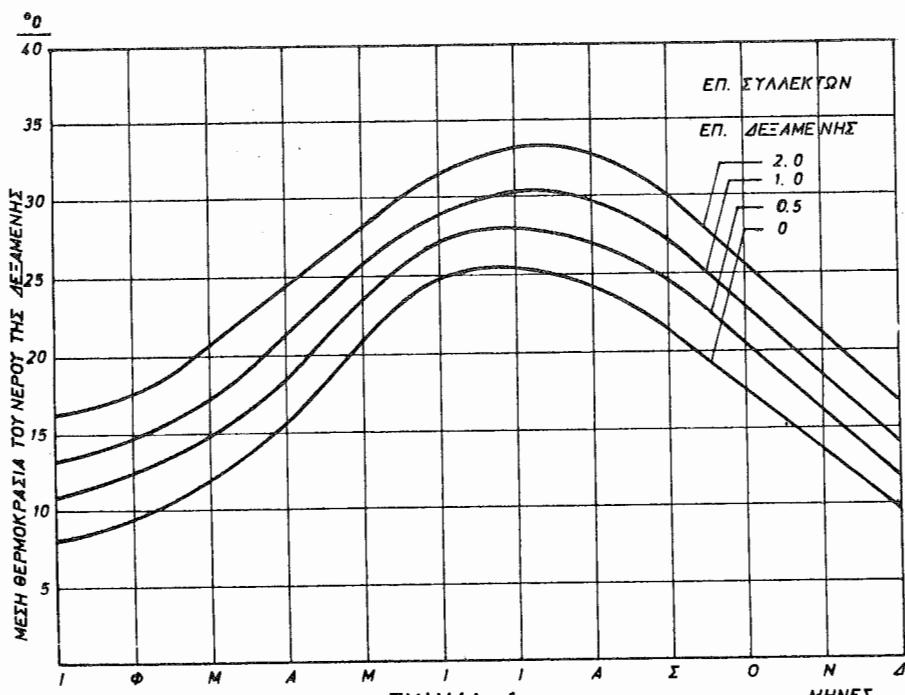
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ (M)	25X50	25X50	20X50
ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	217	480	391
ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (M ²)	780	1730	1410
ΚΑΛΥΨΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (%)	34%	68%	27%

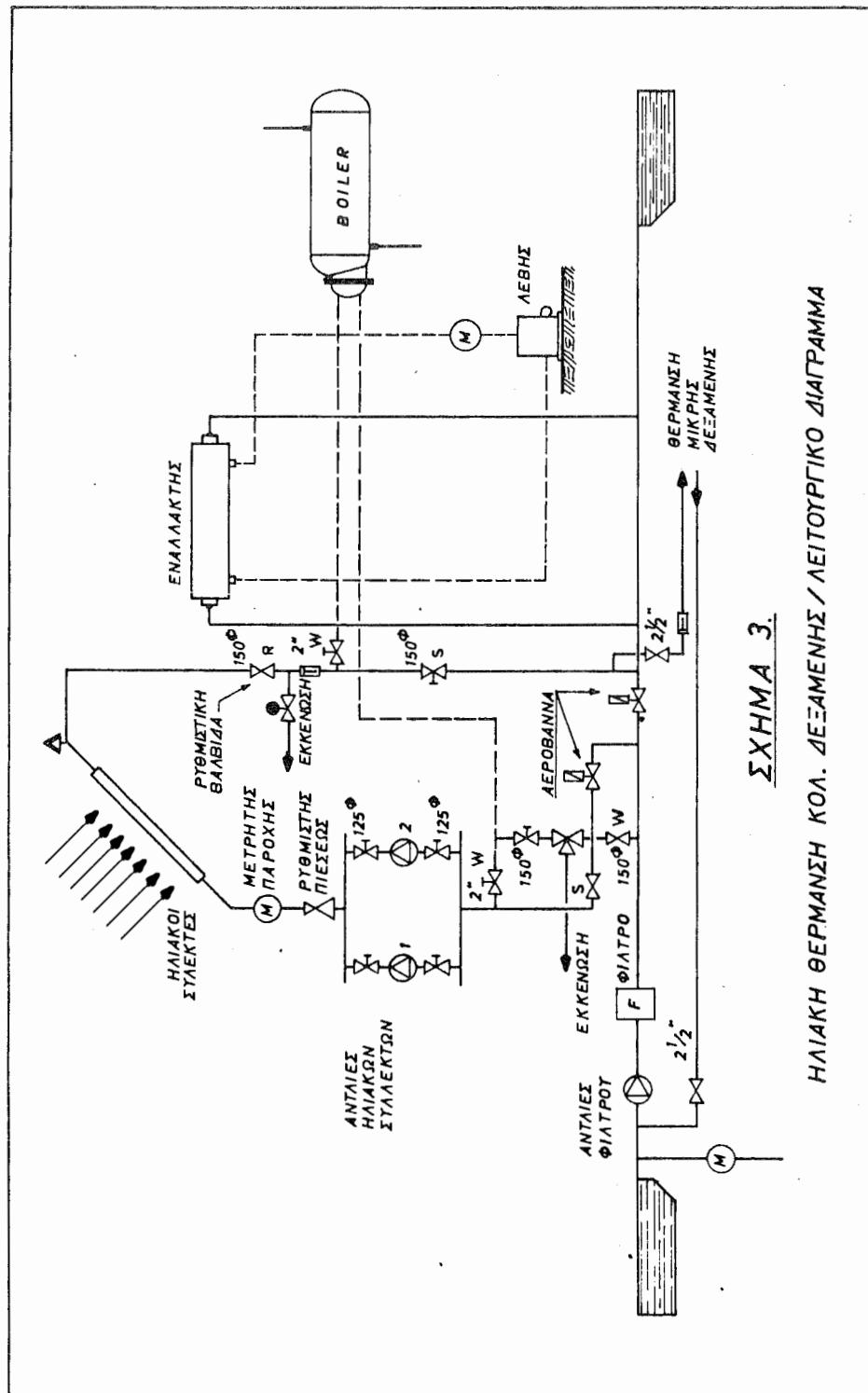
ΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	1088
ΟΛΙΚΗ ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	3920 M ²
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	1.200.000 KWH/ΧΡΟΝΟ ή 150 TON. ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ/ΧΡΟΝΟ

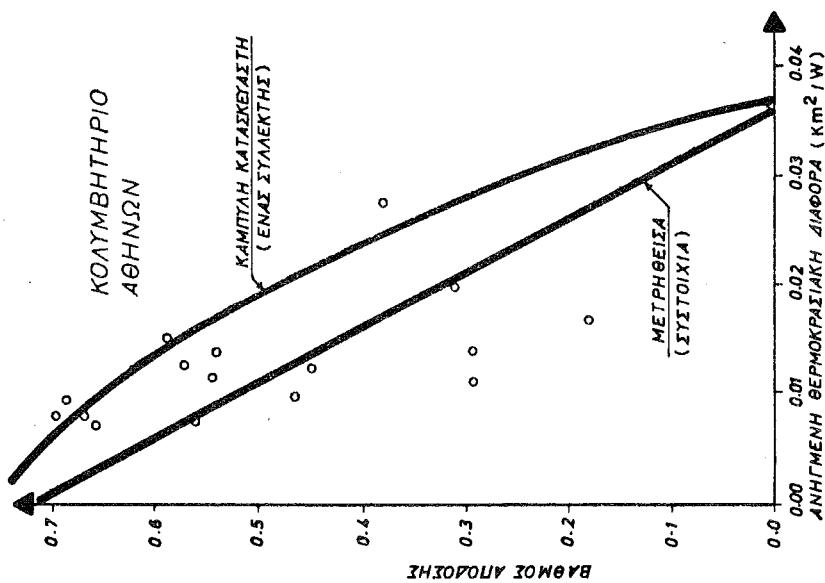
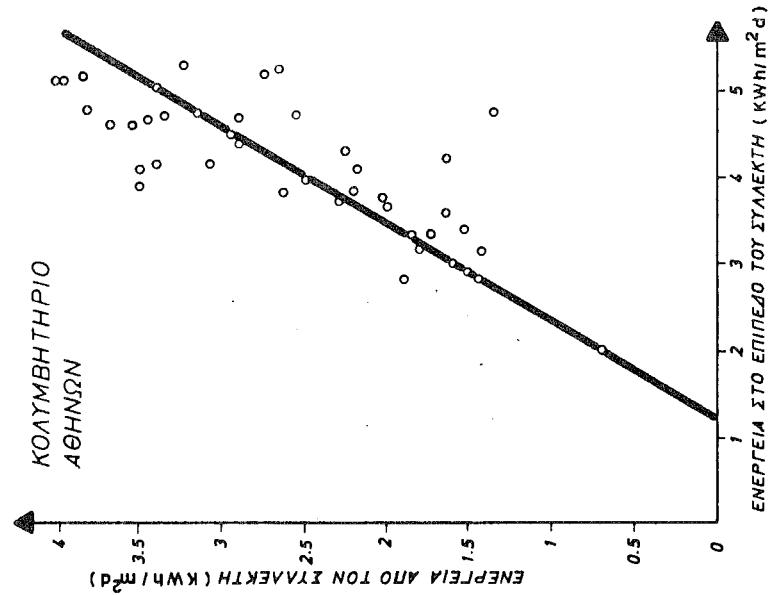
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. LUBOSCHIK, U. and W.KAUT (1984), Solar Heated Swimming Pools in Europe. Proc.1st E.C.International Conference on Solar Heating, Amsterdam, p.p. 203-207
2. ΒΑΖΑΙΟΣ, Ε.(1984), Ηλιακή Θέρμανση Τριών Κολυμβητικών Δεξαμενών Ολυμπιακών Διαστάσεων της Γ.Γ.Α. 2ο Σεμινάριο Ηλιακής Ενέργειας, Αθήνα. σ. 66-78.
3. CZARNECKI, J.T. (1963), A Method of Heating Swimming Pools by Solar Energy. Solar Energy, Vol. 7 (1) p.3
4. ΒΑΖΑΙΟΣ, Ε. (1981), Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας, Αθήνα.
5. DUFFIE, J.A. and W.A.BECKMAN (1980), Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley Interscience, New York.
6. VAZEOS,E., C.D.RAKOPOULOS, C.FILANDROS and K.MOLDOVANIDOU (1985), Preliminary Results on Operating the Solar Heated Olympic Swimming Pool in Athens. 23rd COMPLES International Congress, Sevilla.
7. RAKOPOULOS, C.D., E.VAZEOS and K.MOLDOVANIDOU (1985), Modelling and Experimenting on the Heat Losses from Solar Heated Outdoor Swimming Pools, 23rd COMPLES International Congress, Sevilla.
8. ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Κ.Δ (1981), Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας II. Παραδόσεις στο ΕΜΠ, Αθήνα.

DOC. 0029I PAG.1-4







ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΕΩΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ ΜΕ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: Γιάννης Καλλιγέρης, Αρχ. ,Μάνθος Σανταμούρης, Φυσ. , Παναγιώτης Χαρώνης Μηχ/Ηλ.,
Φρόσω Τριάντη, Αρχ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Το σύστημα αποτελεί συνδιασμό απλών παθητικών ηλιακών συστημάτων ενσωματωμένων στα κτίρια στην φάση του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού του συγκροτήματος, και ενεργητικού συστήματος αεροσυλλεκτών που τοποθετούνται στις οροφές των κτιρίων και συνδέονται με δίκτυο αεραγωγών τόσο με τους υπό θέρμανση χώρους όσο και με μιά αποθήκη θερμότητας με silicagel water σαν αποθηκευτικό μέσο. Προβλέπεται επίσης σύνδεση των αεροσυλλεκτών με δεξαμενή νερού για προθέρμανση του ζεστού νερού και τη συντήρηση και έχει αρκετά χαμηλό αρχικό κόστος και τεχνολογία που εύκολα μπορεί να μεταφερθεί σε πολλαπλες συναφείς χρήσεις.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ:

Παθητικά συστήματα, Υβριδικά συστήματα, Θέρμανση χώρου, Δροσισμός χώρου, Θέρμανση νερού χρήσεως, αποθήκη θερμοτητας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Σημαντικό μέρος της ολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε χώρους διανομής καταναλώνεται στην Ελλάδα για την θέρμανση νερού σε ξενοδοχειακές μονάδες έχει ήδη επεκταθεί σε σημαντικό βαθμό.

Ταυτόχρονα με τα ενεργητικά παθητικά συστήματα μεγάλο μέρος της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση μπορεί να εξοικονομηθεί με χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων. Ο συνδυασμός ενεργητικών και παθητικών συστημάτων πιστεύουμε ότι αποτελεί την βέλτιστη επιλογή για ξενοδοχειακές μονάδες. Από ότι γνωρίζουμε ως σήμερα δεν έχουν κατασκευαστεί στην Ελλάδα αλλά και στις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες τέτοιου έιδους υβριδικά συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού ξενοδοχειακών μονάδων και η προτεινόμενη θα αποτελέσει την πρώτη σχετική εγκατάσταση.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ

Η προτεινόμενη ξενοδοχειακή μονάδα βρίσκεται στην πε-
οιοχή της πόλης των Χανίων Κρήτης. Ιδιοκτήτες είναι οι
Αφοί Ζερβουδάκη.

Η ξενοδοχειακή μονάδα αποτελείται από 6 αυτοτελή κτίρια
τα κυριότερα χαρακτηριστικά των οποίων δίδονται στον
πίνακα 2.

Η αρχιτεκτονική μελέτη έχει εκπονηθεί από τους αρχιτέ-
κτονες Αριστομένη και Γιώργο Βαρουδάκη.

Ο δύος αρχιτεκτονικός συνδυασμός του ξενοδοχείου έχει
γίνει με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονι-
κής και τα κτίρια μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν παθη-
τικά ηλιακά συστήματα αμέσου κέρδους.

Αξίζει να σημειωθεί για στατιστικούς λόγους ότι η μέ-
ση ετήσια πληρότητα των ξενοδοχείων της περιοχής είναι
περίπου 70 %.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ξενοδοχειακή μονάδα αποτελείται από 6 αυτοτελή υβρι-
δικά κτίρια. Χρησιμοποιούνται παθητικά συστήματα αμέσου
κέρδους η επιφάνεια των οποίων για κάθε κτίσμα δίδεται
στον πίνακα 2. Επίσης κάθε κτίσμα διαθέτει εγκατεστημέ-
νο στην οροφή του ομάδα ηλιακών συλλεκτών αέρα. Η εγκα-
ταστημένη επιφάνεια σε κάθε κτιριακή μονάδα δίδεται
στον πίνακα 1.

Οι συλλέκτες συνδέονται με σύστημα κυκλοφορίας του
θερμαϊνόμενου ρευστού που διέρχεται από το δάπεδο κάθε
ορόφου. Επίσης οι συλλέκτες είναι συνδεδεμένοι με δεξα-
μενή αποθήκευσης θερμότητας που χρησιμοποιεί σαν
αποθηκευτικό μέσο SILICAL - WATER. Επίσης είναι συζευ-
μένη με δεξαμενή παρασκευής ζεστού νερού χρήσης.

ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:

Χειμώνας:

Ο αέρας που κυκλοφορεί στο εσωτερικό των συλλεκτών αφού
θερμανθεί οδηγείται με σύστημα αεραγωγών στους προς
θέρμανση χώρους.

Κατά τις πρωινές ώρες όπου δεν είναι δυνατόν να επι-
τευχθούν υψηλές θερμοκρασίες στους συλλέκτες χρησινο-
ποιείται άν απαιτηθεί εφεδρική πηγή θέρμανσης και ο
θερμανθείς αέρας οδηγείται στο εσωτερικό των χώρων
(σχ.2). Με την πάροδο του χρόνου καθώς η θερμοκρασία
των συλλεκτών θα αυνεβαίνει ο αέρας αντί να διοχετεύε-
ται στο εσωτερικό των δωματίων θα διοχετεύεται σε
αεραγωγούς που είναι ενσωματωμένοι στο δάπεδο των χώ-
ρων, επιτυγχάνοντας έτσι έμεση θέρμανση των χώρων από
το δάπεδο. Στην περίπτωση κατά την οποία η θερμοκρασία
του χώρου υπερβεί την προκαθορισμένη τότε ο θερμός
αέρας διοχετεύεται μερικώς σε αποθήκη νερού για την
παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Πρόσφατες έρευνες πάνω σε αποθηκευτικό υγρό SILICAGEL-WATER έχουν αποδείξει ότι το υλικό αυτό θερμοχημικής αποθήκευσης μπορεί να συζευχθεί με ιδανικό τρόπο με συλλέκτες αέρα (2).

Ο σχεδιασμός έχει γίνει ώστε να χρησιμοποιηθούν περίπου 15T συνολικά SILICAGEL-WATER.

Κατά την διάρκεια της νύκτας οι συλλέκτες απομονώνονται και γίνεται ανακυκλοφορία του εσωτερικού αέρα των χώρων μέσα από την αποθήκη των SILICAGEL-WATER και του δαπέδου και επιστρέφει προθερμασμένος στους προς θέρμανση χώρους.

Καλοκαίρι:

Από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο οι συλλέκτες θα λειτουργούν κατά την διάρκεια της ημέρας θερμαίνοντας μόνο το νερό χρήσης και γεμίζοντας συγχρόνως την αποθήκη του SILICAGEL-WATER.

Κατά την διάρκεια της νύκτας οι συλλέκτες βρίσκονται στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος η οποία για τις κλιματολογικές συνθήκες του τόπου εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Ο αέρας των εσωτερικών χώρων κυκλοφορεί διά μέσου των συλλεκτών αποκτώντας έτσι μικρότερη θερμοκρασία και επανέρχεται στην συνέχεια στον χώρο των δωματίων.

Όταν η θερμοκρασία των δωματίων επιτευχθεί τότε δροσερός αέρας διοχετεύεται στο δάπεδο με αποτέλεσμα να φέρει την θερμοκρασία του δαπέδου στην θερμοκρασία του νυκτερινού περιβάλλοντος. Έτσι το πρώι ο εσωτερικός αέρας των δωματίων κυκλοφορεί μέσα στο δάπεδο επιτυγχάνοντας έτσι κλιματισμό του χώρου.

ANAMENOMENA ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΩΦΕΛΗ:

Τα αναμενόμενα ενεργειακά αφέλη από το παθητικό και ενεργητικό ηλιακό σύστημα υπολογίστηκαν αναλυτικά για κάθε ένα από τα έξι επιμέρους κτίρια του συγκροτήματος. Ταυτόχρονα υπολογίστηκε η κάλυψη σε θερμό νερό χρήσης που προσφέρουν οι συλλέκτες. Για τον υπολογισμό του θερμικού κέρδους από το παθητικό σύστημα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος up-utilizability (3) ενώ το θερμικό φορτίο που προσφέρουν οι συλλέκτες για θέρμανση δροσισμό και θέρμανση νερού χρήσης υπολογίστηκε με αριθμητική μέθοδο επίλυσης των διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν τους συλλέκτες, τον εσωτερικό χώρο των δωματίων, το δάπεδο των δωματίων, και τους αποθηκευτικούς χώρους.

Τα αποτελέσματα της μελέτης για το σύνολο των κτιρίων δίδονται στον πίνακα 2. Το ελάχιστο ετήσιο ποσοστό κάλυψης υπολογίστηκε για το κτίριο Α (50 %) ενώ το αντίστοιχο μέγιστο υπολογίστηκε για το κτίριο ΣΤ(91.6 %).

Παρατηρείται γενικώτερα ότι τα ποσοστά κάλυψης είναι ιδιαίτερα υψηλά. Τα ετήσια ποσοστά κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε θερμό νερό ό χρήσης υπολογίστηκε ίσο

μέ 58.5 %. Τα επιμέρους μηνιαία ποσοστά δίδονται στον πίνακα 3.

Συνολικά σε ενεργειακές ανάγκες του συγκροτήματος υπολογίστηκαν ίσες προς 430 GJ το έτος. Το προσφερόμενο ποσό από το ηλιακό σύστημα υπολογίστηκε ίσο προς 305.3 GJ το έτος ήτοι ετήσια κάλυψη 71 %.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το προτεινόμενο σύστημα εξασφαλίζει σχεδόν πλήρη θέρμανση των χειμώνα (δεδομένου ότι η πληρότητα του ξενοδοχείου είναι < 100%) και ικανοποιητικότατο δροσισμό το καλοκαίρι.

τα προτεινόμενα συστήματα έχουν μικρό κόστος ενώ η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία μπορεί να μεταφερθεί πολύ εύκολα και σε παρόμοιες εφαρμογές.

Το όλο σύστημα δοκιμάζεται για πρώτη φορά σε όλες τις κύινοτικές χώρες και για το λόγο αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και από ερευνητικής πλευράς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μελέτη ομάδας εργασίας Πανεπιστημίου Πατρών.
Δυνατότητες και προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα. Πάτρα 1982.
- 2.R. Hallermayer - R.Sizman: Long term storage of Solar Energy in silicagel - water system for space heating. First EC CONFERENCE ON SOLAR HEATING, Amsterdam 1984.
3. W.A.Monsen, S.A.Klein,W.A.Beckman:" prediction of direct gain solar heating system performance" Solar Energy 27, 2, 143.2. (1982).

Π Ι Ν Α Κ Α Σ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

	EMΒΑΔΟ(μ^2)	ΟΓΚΟΣ	ΝΟΤΙΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ (μ^2)	ΝΟΤΙΟΑΝΑΤ. ΠΑΡΑΘΥΡΑ(μ^2)	ΝΟΤΙΟΔΥΤ. ΠΑΡΑΘΥΡΑ(μ^2)	ΣΥΛΛΕΚΤΙ- ΚΗ ΕΠΙΦΑ- ΝΕΙΑ (μ^2)
ΚΤΙΡΙΟ Α	332	1127	7.6	—	14.8	6.4
ΚΤΙΡΙΟ Β	197	611	5.8	—	—	12.8
ΚΤΙΡΙΟ Γ	92	302	3.2	—	1.7	8.3
ΚΤΙΡΙΟ Δ	97	302	2.5	2.1	—	5.1
ΚΤΙΡΙΟ Ε	88	274	5.1	—	—	6.0
ΚΤΙΡΙΟ Ζ	313	970	9.0	9.4	—	19.2

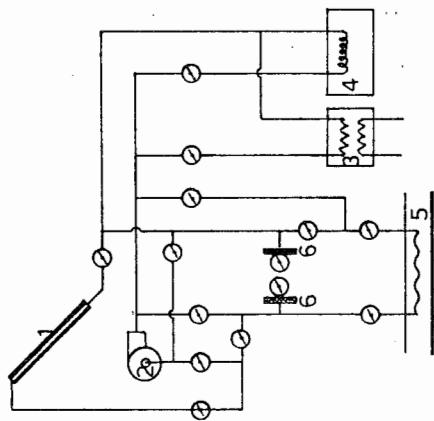
MHΝΑΣ	ΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (GJ/M)		ΠΟΣΟΤΟ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΟΣ (%)		ΠΟΣΟΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ	
	ΚΑΛΥΨΗ	ΑΝΑΓΚΩΝ	ΣΕ	ΖΕΣΤΟ	ΝΕΡΟ	ΧΡΗΣΗΣ
Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2						
I	8.4		40			0.0
Φ	9.5		50			0.0
M	12.5		60			59.0
A	15.4		80			100.0
M	18.6		100			100.0
I	16.6		100			100.0
I	16.3		100			100.0
A	15.5		100			100.0
Σ	15.5		100			100.0
O	13.8		100			100.0
N	12.7		80			82.0
Δ	12.0		70			0.0
ΕΤΗΣΙΟ	166.8		60			77.7
						129.6 (GJ)

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3

ΑΠΟΔΟΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (GJ/M)	ΚΕΡΔΟΣ ΑΠΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (GJ/M)	ΚΕΡΔΟΣ ΑΠΟ ΑΕΡΑ (GJ/M)	ΣΥΛΕΚΤΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ (%)
I	42.1	15.5		7.3	54.1
Φ	37.8	15.1		9.0	63.7
M	30.1	16.8		8.8	85.0
A	23.2	13.9		8.0	94.4
M	1.9	1.9		—	100
I	16.8	—		7.0	41.7
I	31.4	—		12.5	39.8
A	30.5	—		13.6	44.6
Σ	14.9	—		8.6	57.7
O	1.9	1.9		—	100
N	12.6	11.2		1.3	99.2
Δ	29.4	14.8		8.5	79.2
ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ	262.9	91.1		84.6	66.8 %

Σχήμα 1
ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



- 1 συλλεκτής αερα
- 2 ανεψιστηρας
- 3 παρασκευαστηρας ζεστου νερου
- 4 εφε δρινος αποταμιευτης
- 5 αποταμιευτης δαπεδου
- 6 παραδοσιακος ψερμαντηρας

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΗΠΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΒΕΡΜΑΝΗΣ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΕΓΙΟΥ ΕΠΛΑΟΣ**

Υπό: X. I. Κορρέ
Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών
"ΟΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"
Αγία Παρασκευή Αττικής

E. E. Μπαρδάκα
Χημικού Μηχανικού
Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΟΨΗ

Η ηπιακή εγκατάσταση του Αμερικανικού Κολπεγίου ΕΠΛΑΟΣ τέθηκε σε λειτουργία τον Ιούλιο του 1984. Έρχο της εγκατάστασης ήταν η κάλυψη μέρους (50%) του φορτίου ψύξης της Βιβλιοθήκης, μέρος (30%) του φορτίου θέρμανσης της αιθουσας ασκήσεων του Γυμναστηρίου, και το σύνολο σχεδόν (95%) του νερού χρήσης του Γυμναστηρίου του Κολπεγίου DEREE.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει, σαν κύριο εξοπλισμό, 345m² ενεργού συλλεκτικής επιφανείας σωλήνων κενού τύπου SOLARTRON, ένα συγκρότημα ψύξεως με απορρόφηση κατασκευής YAZAKI ονομαστικής ταχύτης 25 φυκτικών τόννων, δύο δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας όγκου 4.000 lt εκάστη, ένα πύργο ψύξεως 75 φυκτικών τόννων και ένα παρασκευαστήρα νερού χρήσης όγκου 3.000 lt.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι βασικές παραδοσιές που έχιναν γία τον σχεδιασμό της εγκατάστασης, όπως η αναλογία του όγκου αποθήκευσης ως προς την συλλεκτική επιφάνεια, η κάιση των συλλεκτών, η επιλογή της θερμοκρασίας λειτουργίας και η επιλογή των αυτοματισμών της εγκατάστασης. Επίσης δίνεται η μεθοδολογία σχεδιασμού μιας ηπιακής εγκατάστασης συλλεκτών σωλήνων κενού και οι λεπτομερείς διαστάσεις της περιχραφόμενης εγκατάστασης όπως αυτές προέκυψαν από την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας.

Τέλος, δίνονται τα αποτελέσματα λειτουργίας της δοκιμαστικής περιόδου λειτουργίας από τις οποίες καταδεικνύεται η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού.

ΠΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑΣ Ψύξη απορρόφησης, θέρμανση χώρου, Ηπιακή Εγκατάσταση Ψύξης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της κατασκευής της ηλιακής εγκατάστασης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδας ήταν η επίδειξη της δυνατότητας αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την φύξη κτιρίων κάτω από τις κλιματολογικές συνθήκες της Αττικής.

Μέχρι σήμερα στη χώρα μας και μετά από επίπονες προσπάθειες που έχουν γίνει τα τελευταία δέκα χρόνια, έχει παρατηρηθεί μία εκτεταμένη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή νερού χρήσης. Τα διάφορα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν στα επι μέρους στάδια της εφαρμογής, όπως είναι η αντιπαχετική και αντιδιαβρωτική προστασία, η αύξηση της διάρκειας ζωής, κ.α., έχουν πρακτικά επιληφθεί, ενώ εμπορικά ο τομέας αυτός θεωρείται επιτυχώς και συνεχώς αναπτυσσόμενος.

Αντίθετα προς την εφαρμογή αυτή, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύχους, παρά τα θεωρητικά πλεονεκτήματα, προσέκρουσε σε διάφορα προβλήματα τα οποία δεν επέτρεψαν την ανάπτυξη της. Τα κυριότερα προβλήματα ήταν πρακτικής μορφής και σχετίζονται με το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων, τη χρήση εισαγομένων συλλεκτών και ψυκτών και τον πολύ χαμηλό δεικτή επιτυχίας, μέχρι σήμερα, των χυωστών πειραματικών εγκαταστάσεων του τύπου αυτού.

Ειδικότερα, στόν τομέα της φύξης έχουν αναφερθεί προσπάθειες τόσο στο ερευνητικό πεδίο [1,2,3] όσο και στον χώρο των έργων επίδειξης [4,5]. Στη χώρα μας έχει γίνει μικρή μέχρι τώρα προσπάθεια στο θεωρητικό τομέα κυρίως [6,7,8], ενώ στον ερευνητικό είναι χυωστά πειράματα που έγιναν στο Κ.Π.Ε. "Ο" [9]. Παράλληλα έχουν γίνει προσπάθειες, χωρίς χυωστά όμως αποτελέσματα, τόσο στο Κ.Π.Ε. "Ο" όσο και στο Πολυτεχνείο Πατρών.

Το έρχο της ηλιακής εγκατάστασης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδας αποτελεί για τη χώρα μας την πρώτη μεγάλης κλιμακας εφαρμογή της μεθόδου απορροφήσης για την παραγωγή ψύχους με την χρήση της ηλιακής ενέργειας. Παράλληλα, με το έρχο αυτό, αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση χώρων του κειμώνα και την θέρμανση νερού χρήσης καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

2. Υπάρχουσα Τεχνολογία Εφαρμογής

Πριν από την έναρξη του σχεδιασμού της εγκατάστασης αυτής εξετάστηκε η υπάρχουσα τεχνολογία εφαρμογής στον τομέα της ψύξης. Από τις γνωστές εγκαταστάσεις επίδειξης σαν πιο αντιπροσωπευτικές κρίθηκαν δύο. Η πρώτη στο Κολλέγιο Wagner στο Staten Island της Νέας Υόρκης και η δεύτερη στο ιατρικό κέντρο της πόλης Toledo της πολιτείας Οχάιο των H.P.A. Οι δύο αυτές εγκαταστάσεις αντιπροσώπευαν την πλέον προηγμένη τεχνολογία της εποχής τους (1979-1982) για τον σχεδιασμό των οποίων οι μελετητές στηρίχθηκαν πάνω σε γνωστές και, για ωρισμένες εξ αυτών, πειραματικά επιτυχώς δοκιμασμένες αρχές. Ειδικότερα οι αρχές αυτές ήταν:

a. Χρήση δύο θερμοδοχείων, ένα για την τροφοδοσία τών συλλεκτών και το δεύτερο για την συλλογή του θερμού νερού.

β. Χρήση δοκείου συλλογής ψυχρού νερού για την αποθήκευση της ενέργειας με την μορφή ψύχους.

γ. Χρήση μεγάλου σχετικού όγκου θερμοδοχείου για την υπάρχουσα συλλεκτική επιφάνεια με στόχο την λειτουργία των συλλεκτών σε χαμηλή θερμοκρασία και επακόλουθη αύξηση της απόδοσης.

δ. Χρήση αποστραγγιζόμενων συλλεκτών για αύξηση του μέσου βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης.

Μετά επιτόπια εξέταση των δύο αυτών εγκαταστάσεων και την μελέτη των κατακευαστικών τους σχεδίων και των αποτελεσμάτων της λειτουργίας τους διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

a. Η χρήση τόσο των δύο θερμοδοχείων όσο και του ψυχροδοχείου δημιουργούσαν πρόσθετες θερμικές απώλειες και συνθετότητα στη λειτουργία ενώ συγχρόνως προκαλούσαν αύξηση του κόστους σε βαθμό που δεν μπορούσε να αποσθεσθεί από την αναμενόμενη αύξηση της απόδοσης.

β. Η χρήση μεγάλου σχετικού όγκου αποθήκευσης (75-100 lt/m² συλλεκτικής επιφάνειας) προκαλούσε θερμικές απώλειες που αντιπροσώπευαν, κατά τους υπολογισμούς του συγχραφέα, το 30% της συνολικά ετήσιας συλλεγόμενης θερμότητας.

γ. Η χρήση αποστραγγιζόμενων συλλεκτών δημιουργούσε προβλήματα συνθετότητας και κόστους λόγω του ειδικού σχεδιασμού και των μεγάλων διατομών σθενητών που απαιτούνται.

Γενικά αποκαμισθήκε το συμπέρασμα ότι άλλες αυτές οι συνθετότητες που επέβαλαν στο πεδίο της εφαρμογής οι συγκεκριμένες θεωρητικές κενοτομίες [10, 11] προκαλούσαν μείωση της αξιοπιστίας και αύξηση του κόστους της εγκατάστασης, με αμφιβολή αύξηση της αποδοτικότητας.

**3. Αρχές Σχεδιασμού της Εγκατάστασης του Αμερικανικού
Κολλεγίου Ελλάδος.**

Με βάση την εμπειρία που αποκομισθήκε από την εξέταση της μέχρι το 1982 υπάρχουσας τεχνολογίας εφαρμογής και των αδυναμιών που παρατηρήθηκαν, και έχοντας σαν στόχο την αύξηση της οικονομικότητας και της αξιοπιστίας της υπ' άριθμον εγκατάστασης, θεωρήσαμε τις ακόλουθες αρχές με βάση τις οποίες προχωρήσαμε στον σχεδιασμό της.

a. Αυτή του σχετικού όγκου ($25-100 \text{ lt/m}^2$ συλλεκτικής επιφανείας) θεωρήσαμε σαν παράμετρο σχεδιασμού του όγκου της αποθήκης του χρόνο συνεχούς θειτουργίας υπό πλήρες φορτίο και μηδενική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Με βάση τη δυσμενέστερη περίπτωση (ψύχη και νερό χρήσης) και την αυτιστούχη ελάχιστη θερμοκρασία θειτουργίας (75°C) καθώς και την μεγιστηριακή θερμοκρασία θερμοδοχείου (100°C) και με χρόνο συνεχούς θειτουργίας μιάς ώρας, υπολογίσαμε τον αυτιστούχο όγκο της αποθήκευσης.

β. Επειδή ο χρόνος συνεχούς θειτουργίας της μιάς ώρας ήταν αυθαίρετος και κατά τη γνώμη μας υψηλός, χωρίσαμε την δεξαμενή αποθήκευσης σε δύο ίσα τμήματα συνδεδεμένα κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατή η θειτουργία με αποθηκευτική ικανότητα 0, 1/2, και 1 ώρας θειτουργίας υπό πλήρες φορτίο.

γ. Επιλέξαμε συλλέκτες σωλήνων κενού τύπου SOLARTRON ή άλλων πλεονεκτημάτων τους τα οποία είναι:

i. Το χαμηλό τους κόστος σε σχέση με τους άλλους συλλέκτες σωλήνων κενού.

ii. Η σχετικά υψηλή απόδοσή τους.

iii. Η δυνατότητα να θειτουργούν στις πέντε ατμόσφαιρες και να αποδίδουν θερμότητα με ινανοποιητικό βαθμό απόδοσης μέχρι τους 140°C .

iv. Η υπαρξη σ' αυτούς μικρής μάζας υγρού ή άλλω της σερπαντίνας που έχουν. Η μικρή μάζα υγρού συνεπάγεται μικρή θερμική αδράνεια ενώ δεν απαιτείται για τους συλλέκτες αυτούς σύστημα αποστράγγισης.

δ. Επιλέξαμε τον ψύκτη απορρόφησης YAZAKI ή άλλω της υψηλής αξιοπιστίας και απόδοσής του.

ε. Θεωρήσαμε απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε τους απλούστερους κατά το δυνατόν αυτοματισμούς.

4. Κύρια Στοιχεία της Μελέτης

Η εκπόνηση της σχετικής κατασκευαστικής μελέτης στηρίχθηκε αφ' ενός μεν στις αρχές σχεδιασμού που προαναγέρθηκαν, αφ' ετέρου δε στο γεγονός ότι η χρήση των εγκαταστάσεων χίνεται χιλιομέτρων αναγκών, σε ψύξη και θέρμανση χώρων και νερού χρήσης, κτιρίων τα οποία υποδειχθήκαν από την Διοίκηση του Καθηγείου.

'Ετσι η παραγωγή νερού χρήσης 500C σχετίζεται με τις ανάγκες του Γυμναστηρίου DEREE με παροχή 15m³ πημερήσια, η παραγωγή ψύξης με την κάλυψη μέρους του φορτίου ψύξης της Βιβλιοθήκης DEREE επιφανείας 1000m² περίπονο, και η θέρμανση χώρου με την κάλυψη μέρους του φορτίου θέρμανσης ενός τμήματος του Γυμναστηρίου επιφανείας 150m² περίπονο.

Σάν χώρος εγκατάστασης του πεδίου των συλλεκτών υποδειχθήκε η οροφή του Γυμναστηρίου. Με βάση την επιφανεία της οροφής (1000m²), τις διαστάσεις των συλλεκτών και την πυκνότερη δυνατή διάταξη τους υπολογίσθηκε ο αριθμός των συλλεκτών σε 125 τεμάχια συνολικής ενεργού επιφανείας 345m². Η καίση των συλλεκτών ως γυωστών είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος με τιμένο κατά 15o. Με βάση τις μέσες μετεωρολογικές συνθήκες των Αθηνών και τη μέση απόδοση των συλλεκτών [5] υπολογίσθηκε η μέση κατά μήνα αναμενόμενη ωφέλιμη ενέργεια χιλιομέτρων θερμοκρασία θειτουργίας και κάιση.

Από τα στοιχεία των υπολογισμών εκτριμάται η μέση κάλυψη φορτίων η οποία είναι 50% χιλιομέτρων ψυκτικού φορτίου, 30% χιλιομέτρων θερμικού φορτίου και 95% περίπονο χιλιομέτρων νερού χρήσης.

Με βάση την μέχιστη στιγμιαία αποδιδόμενη λαχύ της εγκατάστασης και χιλιομέτρων θερμοκρασίας 80C μεταξύ εισόδου και εξόδου των συλλεκτών υπολογίζεται η συνολική παροχή του κυκλώματος συλλογής. Κριτήρια χιλιομέτρων συλλογισμού των διατομών τών αγωγών του κυκλώματος είναι αφ' ενός η ταχύτητα του ρευστού να μην είναι μικρότερη των 4 m/s, έτσι ώστε οι τυχόν φυσαλίδες αέρα να παρασύρονται, και αφ' ετέρου η πίεση εισόδου όλων των ομάδων συλλεκτών να είναι η ίδια.

Ο σχεδιασμός της αυτής του κυκλώματος έγινε με βάση την υπολογισμένη παροχή και την αντίστοιχη πτώση πίεσης που δίνει ο κατασκέυαστής των συλλεκτών και του εναλλάκτη ανηγμένες σε συνθήκες ρευστού περιεκτικότητας 30% σε γλυκόλη και θερμοκρασίας λίστας με την ελάχιστη θερμοκρασία θειτουργίας. Ο εναλλάκτης φορτίου υπολογίσθηκε με αναλογία 0,023m² εναλλαγής ανά m² συλλέκτη. Ο συντελεστής αυτός προβλέπει και την μείωση της απόδοσης λόγω αποθέσεων.

Η αυτή αποθήκευσης θερμότητας υπολογίσθηκε με παροχή διπλάσια της παροχής της αυτής τροφοδοσίας συλλεκτών. Σκοπός ήταν η επιτευξη συνθηκών θειτουργίας υπό πλήρη ανάδευση.

Για τις δεδομένες διαδικασίες του πεδίου των συλλεκτών και την μέχιστη αποδιδόμενη ισχύ επιλέχθηκε το μέγεθος του ψύκτη απορρόφησης κατά τρόπο ώστε η μέχιστη απορροφούμενη ισχύς από τον ψύκτη αυξημένη κατά το μέχιστο φορτίο νερού χρήσης να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέχιστη ισχύ του πεδίου των συλλεκτών. Στην περίπτωση αυτή επιλέχθηκε ένας ψύκτης ονομαστικής ισχύος 20 ψυκτικών τόννων που αποδίδει στους 95oC 26 ψυκτικούς τόννους.

Μετά την επιλογή του μεγέθους του ψύκτη και γνωρίζοντας τόσο την ονομαστική παροχή του αναχευνητού όσο και την παροχή του παρασκευαστήρα νερού χρήσης και σύμφωνα με τον τεθέντα χρόνο λειτουργίας υπό πλήρες φορτίο υπολογίζεται το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης. Στην περίπτωση αυτή υπολογίσθηκε συνολικός όγκος 8.000 lt δηλαδή δύο θερμοδοχεία των 4.000 lt το καθένα.

Η μόνωση των θερμοδοχείων έχει υποβάλει, των δε αχθών με 50mm.

Οι αυτοματισμοί έχουν κατά τα προβλεπόμενα από τους κατασκευαστές των συλλεκτών και του ψύκτη. Η εκκίνηση της αυτής των συλλεκτών γίνεται συγχρόνως με την εκκίνηση της αυτής αποθήκευσης με την βοήθεια του αυτοματισμού SOLARTRON, ο οποίος ενεργοποιείται από ένα φωτοστοιχείο τοποθετημένο στο πεδίο των συλλεκτών. Όύτοι αισθητήρια υψηλής θερμοκρασίας διακόπτουν την λειτουργία των αυτήν ωστόσο άταν η θερμοκρασία περάσει τα όρια ασφαλείας. Η εκκίνηση του ψύκτη γίνεται όταν η θερμοκρασία λειτουργίας φθάσει τους 80oC και διακόπτεται όταν πέσει στους 75oC. Ενας θηματικός μηχανισμός θέτει σε κίνηση το ένα ή και τα δύο τμήματα του ψύκτη, ή διακόπτει τη λειτουργία τους ανάλογα με την ένταση των απαιτήσεων για ψύξη. Ενας θερμοστάτης διακόπτει πλήρως τη λειτουργία του ψύκτη όταν η θερμοκρασία του ψυχρού νερού μειωθεί στους 7oC. Ο Πύργος Ψύξης τίθεται σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του νερού ψύξης φθάσει στους 29oC και διακόπτει τη λειτουργία όταν η θερμοκρασία πέσει στους 24oC.

Σαν πηγή βοηθητικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε ένας λέβητας πετρελαιού ισχύος ίσης με τη μέχιστη ισχύ του πεδίου των συλλεκτών και οπωσδήποτε μεγαλύτερη της μέχιστης καταναλισκόμενης από τον ψύκτη απορρόφησης. Η σύνδεση του λέβητα γίνεται με τη βοήθεια τετραόδου βάνας ελειχόμενης κατά την σειμερινή περίοδο από τον θερμοστάτη σειμώνα ρυθμισμένου στην ελάχιστη θερμοκρασία των 65oC και κατά την θερινή περίοδο από τον θερμοστάτη θέρους ρυθμισμένου στην ελάχιστη θερμοκρασία των 75oC.

5. Συμπέρασμα

- Η λειτουργία της ηλιακής εγκατάστασης του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδας κατά μία πλήρη περίοδο (θερινή-χειμερινή) απέδειξε ότι είναι δυνατή η κατά αξιόπιστο τρόπο εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύκσους και την σύγχρονη κάλυψη αναγκών θέρμανσης και νερού χρήσης.

2. Όπως παρατηρήθηκε κατά την περίοδο αυτή η μη σύνδεση του αποθηκευτικού όγκου επεφέρει την εντός ελαχίστου χρόνου αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας σε ύψος (95oC) που επιτρέπει την λειτουργία του ψύκτη με υψηλή απόδοση δηλαδή με ψυκτική ισχύ μεχανύτεερη της ονομαστικής κατά 30%. Μειονέκτημα αυτού του τρόπου λειτουργίας είναι το γεγονός ότι σε έκτακτα περιστατικά διακοπής λειτουργίας του ψύκτη, π.χ. λόγω στιγμιαίας μείωσης του ψυκτικού φορτίου η θερμοκρασία λειτουργίας τείνει να ξεπεράσει ταχέως τα μέγιστα επιτρεπτά όρια και να φθάσει σε περιοχές επισφαλούς λειτουργίας (100oC έως 120oC). Αυτήσετα, η σύνδεση και των δύο θερμόδοχειών διευρύνει μεν τα περιθώρια ασφαλείας προκαλεί όμως μία καθυστέρηση έναρξης λειτουργίας της ψύξης κατά δύο ώρες και μία σημαντική ελάττωση του ψυκτικού αποτελέσματος τόσο λόγω των αυξημένων απωλειών όσο και λόγω του ότι η ισχύς λειτουργίας παραμένει στά όρια της ονομαστικής. Τέλος η σύνδεση των ενός μόνο θερμόδοχειου καλύπτει τόσο το θέμα της ασφαλείας όσο και το θέμα της καθυστέρησης έναρξης η οποία μετώνυμεται στη μία ώρα.

3. Η εξέταση των αποτελεσμάτων της αποθήκευσης θερμότητας αποδεικνύει ότι με αυτήν προκαλείται εν γένει μία καθυστέρηση στην έναρξη λειτουργίας και μία παράλληλη μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης. Η επιλεγείσα διάταξη των δύο θερμόδοχειών συνδεδεμένων κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατή η θέση σε λειτουργία του ενός ή και των δύο ή η απομόνωση τους, μας επέτρεψε να διαπιστώσουμε πρακτικά την ορθότητα της διατυπωθείσας συνθήκης υπολογισμού του όγκου της αποθήκευσης με βάση το μέγιστο χρόνο λειτουργίας υπό πλήρες φορτίο, κατ' αυτιδιαστολή προς τη χρήση του όχι τόσο πρακτικού σχετικού όγκου εκφρασμένου σε μονάδες όγκου αποθήκης ανά μονάδα επιλεγείας συλλεκτών. Σε μία καλά σχεδιασμένη εγκατάσταση σύμφωνα με τις τεχνίσεις συνθήκες αρκεί σαν χρόνος λειτουργίας υπό πλήρες φορτίο και μηδενική πρόσπτωση το τέταρτο της ώρας. Η εμπειρική αυτή συνθήκη ισοδυναμεί με το φαινόμενο κατά το οποίο ο αποθηκευτικός όγκος δρα σαν μειωτής διακυμάνσεων (φαινόμενο πυκνωθή) και όχι σαν πραγματικά αποθηκευτικός χώρος.

4. Τα παραπάνω συμπεράσματα μας επιτρέπουν να διατυπώσουμε την άποψη ότι η αποθήκευση της θερμότητας προκαλεί αύξηση του κόστους τόσο του πάγιου όσο και του λειτουργικού και προκαλεί μείωση της απόδοσης μιάς ηλιακής εγκατάστασης. Υπό τις παρούσες οικονομικές συνθήκες η ηλιακή ενέργεια πρέπει να αξιοποιείται διά της άμεσης μετατροπής της σε οφέλιμο έργο. Η τελευταία αυτή υπόθεση, την ορθότητα της οποίας αποδειξαμε, θα οδηγήσει σε σχεδιασμό εγκαταστάσεων περισσότερο οικονομικών και αξιοποιηστών. Απομένει η μείωση του κόστους των ψυκτών και των ηλιακών συλλεκτών υψηλής τεχνολογίας για να γίνει δυνατή η εμπορική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ψύκους και θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας τόσο στον οικιακό όσο και στον βιομηχανικό τομέα της οικονομίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Koumoutsos N. G., "Outlooks, Application and use of Soft Energy in Agriculture and Rural Areas", International Congress "Science, Technology and Economy in Solar Energy", Genova, June 15-18, 1978.
2. Κορρές Χ. Ι., Κουμούτσος Ν. Γ., Σπυρίδωνος, Α.Β., "Μελέτη Συνθηκών Λειτουργίας Μονάδος Ψύξεως με Θερμοσυμπίεση που Λειτουργεί με Ηλιακή Ενέργεια", Πρακτικά του Πανελλήνιου Συνεδρίου για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας, Τόμος Α, 66.273-286, 1982, Βεσσαλονίκη, Οκτώβριος 20-22, 1982.
3. Corres C.I., Koumoutsos N. G., Spyridonos, A.V., "Technological Characteristics Related to Vapor Thermal Compression, When Used in Cold Production Processes", Renewable Energy Source: International Progress, Part A, A. T. Veziroglou editor, Elsevier Science Publ., B.V., Amsterdam, 1984.
4. Τεχνικό Εγχειρίδιο SUNPAK της εταιρείας Owens Illinois.
5. Τεχνικό Εγχειρίδιο SOLARTRON της εταιρείας General Electric.
6. Καρδοματέας Δ. Α., "Παραγωγή Ατμού Κενού και Εφαρμογή στην Θέρμανση και Ψύξη Κτιρίων", Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών, 'Εδρα Ειδικής Μηχανολογίας, καθ. Ν. Γ. Κουμούτσος, Αθήνα, 1981.
7. Νερούτσος Γ.Ν., "Εφαρμογή της Τεχνολογίας του Ατμού Κενού σε Συστήματα Ψύξεως με Ηλιακή Ενέργεια", Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών, 'Εδρα Ειδικής Μηχανολογίας, καθ. Ν. Γ. Κουμούτσος, Αθήνα, 1981.
8. Μηαρδάκας Ε. Ε., "Μελέτη Συστήματος Ηλιακής Ψύξεως με την Μέθοδο της Θερμικής Συμπίεσης", Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Ειδικής Μηχανολογίας, καθ. Ν. Γ. Κουμούτσος, Αθήνα, 1983.
9. K.P.E. "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ", Διεύθυνση Φυσικής, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής.
10. Wilbur P. J., Mancini T. R., "A Comparison of Solar Absorption Air Conditioning Systems", Solar Energy, Vol. 18, pp. 569-576, 1976.
11. Ward D. S.. Loef, G.O.G., Uesaki, T. U., "Cooling Subsystem Design in C. S. U. Solar House III", Solar Energy, Vol. 20, nn. 119-126, 1978.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Πρόεδρο του Αμερικανικού Κολλεγίου Ελλάδος, Dr. John S. Bailey, για την ανάθεση της μελέτης και την υποστήριξη του έργου. Επίσης ευχαριστώ θερμά την Μιδα Ελεάνα Κακιούση για την διατυπογράφηση της εργασίας αυτής.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ**

Ασημακόπουλος Διονύσης, Λέκτορας ΕΜΠ

Καλογερόπουλος Παναγιώτης, Μεταπτυχιακός Σπουδαστής ΕΜΠ

Κουμούτσος Νικόλαος, Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Αναπτύσσεται μεθοδολογία γιά τον υπολογισμό του ύψους των ενεργειακών καταναλώσεων στον οικιακό τομέα μιάς μεγάλης περιοχής, που βασίζεται στην έννοια του τυπικού κτιρίου της περιοχής αυτής. Η σχετική ανάλυση είναι πολυπαραμετρική και αντλεί τις αναγκαίες τιμές των ενεργειακών μεγεθών από επεξεργασμένα στοιχεία απογραφών μεγάλης κλίμακας. Ακολουθεί εφαρμογή της μεθοδολογίας γιά τον προσδιορισμό των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης του οικιστικού τομέα της Αθήνας.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Ενεργειακή κατανάλωση οικιακού τομέα, Απογραφή κτιρίων, Θέρμανση κατοικιών, Τυπικό ενεργειακό κτίριο,

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας του τομέα κατοικίας, σε συνδυασμό με την προοπτική χρήσης ήπιων μορφών ενέργειας, οδήγησε τα τελευταία χρόνια στη χάραξη μιάς σειράς πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας και προγραμμάτων εφαρμογής νέων τεχνολογιών. Σήμερα, μιά δεκαετία μετά την ενεργειακή κρίση, είναι δυνατή η ανάλυση των αποτελεσμάτων των μεθόδων που ακολουθήθηκαν και ο σχεδιασμός εφαρμογής σε εκτεταμένη κλίμακα, δυσανατάξιας απόδειχθιούν βιώσιμες. Μιά τέτοια μορφή διαχείρισης της ενέργειας δύναται να απαιτεί λεπτομερή γνώση του τρόπου με τον οποίο διαμορφώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο ευρυτέρων οικιστικών περιοχών, καθώς και των παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται.

Στην κατεύθυνση αυτή, του ενεργειακού σχεδιασμού δηλαδή μεγάλων οικιστικών περιοχών, είναι ουσιαστική η δυνατότητα της αναγνώρισης μεγεθών που σχετίζονται με την ενεργειακή συμπεριφορά του μεμονωμένου και αντιπροσωπευτικού συμπλέγματος κατοικία-νοικοκυρίο, σε ολικά ενεργειακά μεγέθη της υπό μελέτη περιοχής. Η αναγνώριση απαιτεί την ύπαρξη αναλυτικών και αξιόπιστων στοιχείων γιά τη χωρική και χρονική μεταβολή των ενεργειακών και κοινωνικών παραμέτρων που καθορίζουν το ύψος κατανάλωσης ενέργειας. Ως ενεργειακές παραμέτρους θα θεωρηθούν τα μεγέθη εκείνα τα οποία καθορίζουν την ένταση κατανάλωσης ενέργειας, δημοσίευσης, η πυκνότητα πληθυσμού και τα ιδιαίτερα πολεοδομικά χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν μιά περιοχή από αλλη, ενώ ως κοινωνικές παραμέτρους, οι παράγοντες που καθορίζουν έμμεσα την ενεργειακή κατανάλωση κάθε περιοχής, όπως το ύψος του εισοδήματος και το είδος των καταναλωτικών συνηθειών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται επεξεργασμένα δημογραφικά και πολεοδομικά στοιχεία δύο οικιών απογραφών μεγάλης κλίμακας της ΕΣΥΕ και μιάς μερικής απογραφής γιά τις Κεντρικές Θερμάνσεις που πραγματοποίησε το Υπουργείο Βιομηχανίας. Με συνδυασμό στοιχείων από τις τρεις αυτές απογραφές ποσοτικοποιούνται τα μεγέθη που θα επιτρέψουν τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών μεγάλων οικιστικών περιοχών. Γιά παράδειγμα, προσδιορίζονται οι καταναλώσεις καυσίμου γιά κάθε διοικητική περιφέρεια (δήμος) της Αθήνας. Τέλος καταβάλλεται προσπάθεια να μορφοποιηθούν κριτήρια τα οποία προσδιορίζουν τη σχετική στάθμη βιοτικού και ενεργειακού επιπέδου των αντιστοίχων περιοχών.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός στον τομέα της κατοικίας θέτει αμέσως τόν αναλυτή αντιμέτωπο με δύο βασικά ερωτήματα. Τό πρώτο αναφέρεται στην ενεργειακή κατανάλωση και ζητά να προσδιοριστεί το υψος της κατανάλωσης ενέργειας και οι παραμέτροι που την καθορίζουν. Το δέυτερο ερώτημα σχετίζεται με την επιλογή της πολιτικής εξοικονόμησης της ενέργειας και μπορεί να τεθεί με τη μία ή και τις δύο από τις παράκτιες μορφές:

- Τι επίδραση έχει στη συμπεριφορά του συστήματος η μεταβολή της τιμής μιάς από τις ενεργειακές του παραμέτρους και ποιά η σχέση κόστους-οφέλους. Παράδειγμα μιάς τέτοιας ανάλυσης είναι η διερεύνηση της δυνατότητας αύξησης της θερμομονωτικής προστασίας των κτιρίων μιάς περιοχής [1], [2].
- Ποιές είναι οι συνέπειες από την υποκατάσταση μιάς μορφής ενέργειας με άλλη σε μέρος ή και ολόκληρο το σύστημα [3], [4].

Η επιτυχία της εφαρμογής οποιασδήποτε πολιτικής εξοικονόμησης ενέργειας στηρίζεται στη δυνατότητα τεκμηριωμένης απάντησης στα παραπάνω ερωτήματα. Η μεθοδολογία, συνεπώς, η οποία θα επιλεγεί θα πρέπει να απαντά με ακρίβεια στο πρώτο ερώτημα αλλά συγχρόνως θα πρέπει να είναι και αρκετά απλή στην εφαρμογή της ώστε να μην αποθαρρύνει τη διερεύνηση πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων στο δεύτερο ερώτημα και τα παράγωγα του.

Η μεθοδολογία της παρούσας εργασίας στηρίζεται στην παραδοχή προτύπων, τυπικών μονάδων ενεργειακής κατανάλωσης γιά τις οποίες είναι δυνατός ο προσδιορισμός των ζητουμένων ενεργειακών μεγεθών. Τα συνολικά μεγέθη γιά το σύστημα προσδιορίζονται με "αναγνωρή" του συστήματος στις τυπικές αυτές ενεργειακές μονάδες. Τις ενεργειακές μονάδες μιάς περιοχής τις αποτελούν τα "τυπικά κτίρια" της περιοχής, τα οποία θα πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- α) Ένα τυπικό κτίριο θα πρέπει να μπορεί να αναγνωριστεί ως αντιπροσωπευτικό μιάς κατηγορίας μεγάλου αριθμού κτιρίων της περιοχής με κοινά μορφολογικά, δομικά και εν γένει ενεργειακά χαρακτηριστικά.
- β) Το σύνολο των τυπικών κτιρίων θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα κτίρια της περιοχής.
- γ) Ή ενεργειακή κατανάλωση του συνόλου των τυπικών κτιρίων μιάς περιοχής θα πρέπει να είναι ίση με την ενεργειακή κατανάλωση της περιοχής.
- δ) Οι αναγκαίες παραμέτροι για τον υπολογισμό της ενεργειακής απάλτησης κάθε τυπικού κτιρίου θα πρέπει να μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια, στη βάση των πληροφοριών που παρέχονται από κάποια τράπεζα δεδομένων.
- ε) Στον υπολογισμό αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, οι ασυνέχειες των τιμών των ενεργειακών και κοινωνικών παραμέτρων ανάμεσα στα διάφορα υποσυστήματα, καθώς και ασυνέχειες που επιβάλλει η χρονική εξέλιξη του συστήματος.

Η δημιουργία της τράπεζας δεδομένων που αναφέρεται στο σημείο (δ) είναι κρίσιμη γιά την εφαρμογή του μοντέλου που περιγράφηκε και οπωσδήποτε όχι εύκολη. Η χρησιμοποίηση απογραφών μεγάλης κλίμακας, οι οποίες αναφέρονται άμεσα ή έμμεσα στον οικιακό τομέα, μπορεί να λύσει ως ένα βαθμό το πρόβλημα. Στη συνέχεια εξετάζεται μιά εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, στην περιοχή του Αεκανοπεδίου της Αθήνας.

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

α) Επεξεργασία στοιχείων Απογραφών και Δημιουργία Τράπεζας Δεδομένων.

Χρησιμοποιούνται δύο ολικές απογραφές που διενήργησε η ΕΣΥΕ το 1981 σε εθνική κλίμακα:

- (i) απογραφή πληθυσμού (από δω και πέρα θα αναφέρεται ως απογραφή Α) και
- (ii) απογραφή κτιρίων (απογραφή Β)
- παράλληλα με τη:
- (iii) μερική απογραφή κεντρικών θερμάνσεων (Κ.θ.) που διενήργησε το Υπουργείο Βιομηχανίας το 1979 (απογραφή Γ).

Η απογραφή Α έχει ως αντικείμενο της το νοικοκυριό αυτό καθευτό και δεν αναφέρεται στο κτίριο της κατοικίας. Ο πληθυσμός και ο αριθμός νοικοκυριών κάθε διοικητικής περιφέρειας του Λεκανοπεδίου, σύμφωνα με την απογραφή αυτή, παρουσιάζεται στον πίνακα Α, στήλη 2 και 6. Αναγνωρίζεται στον πίνακα Α, στήλη 2, ο πληθυσμός της περιφέρειας, δίνεται προφανώς την πυκνότητα πληθυσμού της (πίνακας Α, στήλη 3). Παρέχεται επίσης το ποσοστό των νοικοκυριών κάθε δήμου που εξυπηρετούνται με Κ.θ. (πίνακας Α, στήλη 12).

Η απογραφή Β παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή το αντικείμενό της είναι το κτίριο αυτό καθευτό, και δίνει αναλυτικά στοιχεία για τη χρήση του, το ύψος του (πίνακας Γ), την ηλικία του (πίνακας Β) τον αριθμό διαμερισμάτων που έχει (πίνακας Α, στήλη 8) και το υλικό κατασκευής του. Η τελευταία καταχώρηση κάνει μιά πολύ γενική διάκριση μεταξύ κανονικών κτιρίων και πλινθοδομών μόνο, επιπλέον δεν υπάρχει καμια πληροφορία για το εμβαδόν κάτοψης, τον αριθμό των ακάλυπτων πλευρών του κτιρίου, καθώς και για το είδος θέρμανσης του κτιρίου και συνεπώς είναι φανερό ότι η απογραφή δεν αποβλέπει στον προσδιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Μιά πρόσθιτη πληροφορία μπορεί να προκύψει με τον προσδιορισμό των κτιρίων που δεν έχουν ισόγειο όροφο. Αυτά ταυτίζονται από μας με τα κτίρια με pilotis. (Τα ποσοστά τους για κάθε δήμο παρουσιάζονται στον πίνακα Α, στήλη 11).

Η μερική απογραφή Γ σκόπευε στον καθορισμό του ενεργειακού προφίλ της χώρας από άποψη θέρμανσης κατοικιών και αφορά ένα δείγμα 60.000 κτιρίων στο Λεκανοπέδιο. Σ' αυτήν αναφέρονται μεταξύ άλλων ο αριθμός ακάλυπτων πλευρών (για το μέσο κτίριο κάθε περιοχής, πίνακας Α, στήλη 10), καθώς και ο θερμαινόμενος και μη-θερμαινόμενος όγκος του κτιρίου. Με χρήση των δύο τελευταίων και του αριθμού των ορόφων του κτιρίου προκύπτει το εμβαδόν κάτοψης της οικοδομής (πίνακας Δ). Δίζεται επίσης η εγκατεστημένη ισχύς του λέβητα της Κ.θ., με αποτέλεσμα να είναι δυνατός ο προσδιορισμός ενός "μέσου συντελεστού υπερδιαστασιολόγησης" για κάθε περιφέρεια που προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της εγκατεστημένης και της θεωρητικά υπολογιζόμενης ισχύος.

Από την ανάλυση των επιμέρους στοιχείων κάθε απογραφής που προηγήθηκε, γίνεται φανερό ότι ο συνδυασμός τους μπορεί να δώσει ένα μεγάλο αριθμό νέων πληροφοριών. Για παράδειγμα, από τον πίνακα Δ που δίνει τα εμβαδά και τον πίνακα Γ που δίνει την κατανομή υψών κτιρίων προκύπτει το εμβαδόν της κτισμένης επιφάνειας κάθε περιφέρειας (πίνακας Α, στήλη 4). Από το τελευταίο και τον πληθυσμό κάθε περιφέρειας προκύπτει η πραγματική πυκνότητα πληθυσμού κάθε δήμου (πίνακας Α, στήλη 5). Από το εμβαδόν της κτισμένης επιφάνειας κάθε περιφέρειας και τον αριθμό διαμερισμάτων που ανήκουν σ' αυτή, προκύπτει το μέσο εμβαδό που αντιστοιχεί σε κάθε διαμέρισμα-νοικοκυριό (πίνακας Α, στήλη 9). Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να βρεθεί η κατανομή των κτιρίων με

ακάλυπτες πλευρές, ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης κ.ο.κ., σε σχέση με το ύψος των κτιρίων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση του αριθμού νοικοκυριών που καταχωρούνται στην απογραφή πληθυσμού και του αριθμού διαμερισμάτων της απογραφής κτιρίων. Η πρώτη δίνει ένα σύνολο 1.001.549 νοικοκυριών για τους 57 δήμους που θεωρήθηκαν στο Λεκανοπέδιο και που αντιστοιχεί σε πληθυσμό 3.019.093 κατοίκων. Η δεύτερη δίνει ένα σύνολο 1.237.337 διαμερισμάτων και για πλήρη "κάλυψη" τους, μια αύξηση 123,5% σε σχέση με την προηγούμενη απογραφή, που αντιστοιχεί σ'ένα ανώτατο δριο πληθυσμού στο Λεκανοπέδιο λσο με 3.730.000 κατοίκους.

β) Ενεργειακή Κατανάλωση για Θέρμανση.

Από το μέσο ετήσιο κύκλο ζήτησης πετρελαίου diesel (για όλες τις χρήσεις) είναι δυνατός ο προσδιορισμός της κατανάλωσης καυσίμου για θέρμανση. Για το σύνολο του Λεκανοπέδιου το ύψος της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση αυξήθηκε από 509.10^3 m^3 το 1979 σε 632.10^3 m^3 πετρελαίου diesel το 1982 [5]. Αναγνωρίζων των παραπάνω μεγεθών σε ενεργειακές καταναλώσεις κάθε περιοχής, είναι δυνατή, αν θεωρήσουμε τη σχετική πυκνότητα πληθυσμού κάθε δήμου. Ο προσδιορισμός της διακύμανσης της ενεργειακής κατανάλωσης που επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό, αποτελεί την πρώτη αγεπεξέργαστη αναλυτική προσέγγιση στο πρόβλημα. Εφαρμογή της εννοιας του τυπικού κτιρίου που ορίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο επιτρέπει την εξέταση ενός μεγαλύτερου αριθμού ενεργειακών παραμέτρων, καθοριστικών του προβλήματος, και συνεπώς την παρουσίαση ενός σημαντικά διαφοροποιημένου ενεργειακού προφίλ.

Τα δημογραφικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής του Λεκανοπέδιου, που προσδιορίστηκαν προηγουμένως, θα χρησιμοποιηθούν ως τράπεζα δεδομένων από την οποία θα αντλούνται πληροφορίες για τις παραμέτρους κάθε τυπικής ενεργειακής μονάδας. Σε κάθε περιοχή της οικιστικής περιφέρειας αντιστοιχεί γνωστός αριθμός τυπικών κτιρίων δεδομένου ύψους, εμβαδού κάτοψης, αριθμού ελευθέρων πλευρών, σε pilotis ή όχι. Η παραδοχή μέσων θερμικών χαρακτηριστικών γιά τα δομικά στοιχεία [2] επιτρέπει τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών οι οποίες στη συνέχεια προσαρδάνονται κατά τον συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης. Μέρος του θερμικού φορτίου που υπολογίστηκε, καλύπτεται από εγκαταστάσεις Κ.Θ. και τελικά προσδιορίζεται το ποσοστό συμμετοχής κάθε περιοχής στη συνολική κατανάλωση υγρού καυσίμου (πίνακας Ε, στήλη 2). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών εμφανίζει μια σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με την πυκνότητα πληθυσμού των αντιστοίχων περιοχών και αναδεικνύει τον σημαντικό ρόλο που έχουν και οι άλλες ενεργειακές παραμέτροι στη διαμόρφωση του ύψους κατανάλωσης ενέργειας.

ΑΝΤΙ ΓΙΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Εκτός από την πυκνότητα πληθυσμού και τις δομικές διαφορές που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχει και μιά σειρά από άλλες παραμέτρους που καθορίζουν το ύψος της ενεργειακής κατανάλωσης και που στην εισαγωγή εμφανίστηκαν με το όνομα κοινωνικές παράμετροι. Αυτές σχετίζονται στενά με την εισοδηματική κατάσταση του μέσου νοικοκυριού της περιοχής καθώς και με το επίπεδο των καταναλωτικών συνηθειών του, των οποίων ο κοινωνικός χαρακτήρας, δεν επιτρέπει τον άμεσο προσδιορισμό τους μέσα από τα στοιχεία των απογραφών.

Παρόλα αυτά η άμεση συσχέτιση ορισμένων από τα μεγέθη που προσδιορίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες επιτρέπει την υιοθέτηση αυτών που θα ονομάσουμε "μέσους δείκτες επιπέδου ζωής" μιάς περιοχής. Για

παράδειγμα, θα δεχθούμε τη λογική υπόθεση ότι μιά εγκατάσταση Κ.Θ. αντιστοιχεί σε ανώτερη ποιότητα ζωής από εκείνη που παρέχει μιά κοινή θερμάστρα και θα αναγάγουμε τα ποσοστά Κ.Θ. σε μιά κλίμακα η οποία θα παρουσιάζει τον μέσο δείκτη θέρμανσης για κάθε δήμο της περιοχής. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε την κλίμακα του "δείκτη άνεσης" που αντιστοιχεί στα m^2 χώρου που αντιστοιχούν σε κάθε νοικοκυριό, τον "δείκτη περιβάλλον" που δείχνει την παρουσία βιομηχανικών μονάδων στην περιοχή, τον "δείκτη άνεσης περιβάλλοντος χώρου" που δηλώνει το πανταχόθεν ελεύθερο ή όχι σύστημα δόμησης, κλπ. Τέλος είναι δυνατή η διαμόρφωση ενός ολικού δείκτη που εκφράζει αθροιστικά τις ιδιότητες αυτών που ορίστηκαν προηγουμένως. Ο δείκτης αυτός κατ' αύξουσα σειρά μεγέθους παρουσιάζεται στον πίνακα Ε, στήλη 1. Αν και οι έννοιες αυτές απαιτούν μιά παραπέρα επεξεργασία, από το τελευταίο παράδειγμα φαίνεται ότι ο ορισμός του ολικού δείκτη συμφωνεί με μιά γενική αντίληψη της κατάταξης περιοχών του Λεκανοπεδίου ως προς τις κοινωνικές παραμέτρους που αναφέρθηκαν. Η σχέση του δείκτη αυτού με το ύψος κατανάλωσης θα άξιζε να διερευνηθεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. F. Conti and M. Mainieri, 1980, Net benefits of energy conservation in housing. Energy Research. Vol. 4, pp 253-265.
2. N. Kouroutsos, D. Assimacopoulos, P. Kalogeropoulos, X. Kozaris, S. Livadas and J. Makatsoris, 1985, Techno-economical study of the possibilities of the thermal insulation of existing buildings in order to reduce heat losses and fuel consumption, ΥΧΟΠ/ΠΕΡΠΑ and EEC DGXI.
3. I. Σαμουηλίδης, I. Ψαρράς και Θ. Γκούμας, 1982, Συστημική θεώρηση στην αξιολόγηση των οικιακών ηλιακών συστημάτων, Πρώτο Εθνικό Συνέδριο, Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Τόμος Β, ΣΥΣ 77-98.
4. N. Kouroultos, A. Ξηντάρη, P. Μαϊοπούλου, Γ. Διονυσοπούλου και I. Παλυβού, 1977, Αντικατάσταση του Μαζούτ με πετρέλαιο ντήζελ αέριο πόλεως ή θερμοσυσσωρευτές στις κεντρικές θερμάνσεις της περιοχής Πλάκας., Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.
5. N. Kouroutsos, D. Assimacopoulos, X. Kozaris, S. Livadas and J. Makatsoris, 1983, Techno-economical study of the means for reducing the emissions from Central heating ΥΧΟΠ/ΠΕΡΠΑ, Contract No B6612/9, Αθήνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α

ΔΗΜΟΙ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	2900	30370	10.45	541	56.84	9550	3.2	11241	89	3.1	3.5	30.5
ΑΓΙΟΣ ΔΙΜΙΤΡΙΟΣ	4737	51421	10.86	988	52.31	15460	3.3	19517	94	3.4	5.3	31.6
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΒΗ	4617	32904	7.13	694	47.41	16650	3.3	14450	117	3.9	9.5	69.7
ΑΓΙΑ ΒΑΡΒΑΡΑ	1813	29259	16.14	439	66.45	85400	3.4	10198	79	2.9	3.3	19.2
ΑΛΙΜΟΣ	5247	27036	5.15	466	58.02	83600	3.2	16913	102	3.9	16.6	68.1
ΑΡΓΙΡΙΟΥΠΟΛΙ	3078	26186	6.73	502	52.01	7770	3.4	16407	105	3.3	8.4	54.2
ΑΡΓΗΝΗ	1325	24887	20.29	429	62.67	9140	2.9	16513	91	3.1	5.2	56.8
ΔΡΑΓΕΤΣΩΝΑ	975	14767	15.15	222	66.52	47800	3.1	5270	75	3.3	2.3	8.6
ΓΑΛΑΤΩ	3487	81986	23.49	1464	55.95	25840	3.2	29531	94	3.6	1.9	25.1
ΕΚΑΙ	3067	2319	0.76	125	18.55	600	3.9	1207	183	3.9	4.7	88.4
ΕΛΙΝΙΚΟ	1990	11493	5.78	217	52.99	2650	4.3	3441	112	3.9	3.6	49.4
ΓΙΛΟΤΗΝΗ	2176	6749	3.16	179	87.70	2290	2.9	2891	181	3.9	17.4	91.7
ΓΑΛΑΤΣΙ	2274	50096	22.01	619	80.93	14280	3.6	26135	90	3.2	10.1	73.9
ΓΛΙΦΑΔΑ	11504	44018	3.63	1078	40.83	13280	3.3	19738	117	3.9	19.6	65.2
ΓΑΙΔΑΡΗ	5293	47396	8.95	654	72.47	11550	4.1	13328	90	3.7	7.6	40.4
ΓΑΛΑΝΔΡΗ	7054	54320	7.39	1079	50.84	17210	3.2	22209	116	3.9	16.0	68.6
ΓΑΛΑΡΓΟΣ	2466	31783	12.19	386	81.71	18200	3.1	12673	103	3.6	15.1	86.7
ΓΙΛΙΟΥΠΟΛΙ	5324	39565	13.07	1169	59.51	22020	3.2	27729	96	3.3	5.6	54.6
ΙΜΙΤΟΣ	875	12491	14.28	252	49.57	4190	3.0	5604	97	3.2	6.4	97.1
ΚΑΛΙΘΗΤΑ	4587	117320	25.84	1189	98.47	41290	2.8	49736	85	2.9	5.4	86.4
ΚΑΜΑΤΕΡΟ	863	15593	10.07	405	55.85	4300	3.1	4848	118	3.7	2.8	16.5
ΚΕΡΑΤΣΙΝΗ	4676	74179	15.21	1439	51.55	23200	3.2	28142	98	3.2	5.2	20.4
ΚΕΣΑΡΙΑΝΗ	1341	26972	21.46	386	86.28	9830	2.9	11250	88	2.9	5.0	58.7
ΚΟΡΙΔΑΛΟΣ	2462	61313	24.90	1063	57.68	19110	3.2	22763	97	3.6	6.3	45.1
ΚΙΡΙΣΙΑ	9925	31876	3.21	814	39.16	9369	3.4	18244	124	3.9	11.7	71.4
ΛΙΚΟΒΡΙΣΗ	1875	4437	2.65	182	33.61	1290	3.4	1556	132	4.6	1.9	29.5
ΜΑΡΟΥΣΗ	6438	48151	7.49	892	53.98	14780	3.3	20352	109	3.9	16.0	69.6
ΜΕΓΙΣΤΙΑ	2681	8439	3.28	205	42.14	2230	3.9	3478	107	3.9	9.4	51.8
ΜΕΤΑΜΟΡΦΟΣΗ	4102	17840	4.35	369	43.35	5390	3.3	5918	99	3.8	4.9	23.2
ΜΟΣΧΑΤΟ	2583	21138	8.33	377	54.87	7820	3.6	8052	97	3.1	1.5	39.2
ΝΕΑ ΕΡΙΘΡΕΑ	2581	10100	3.91	217	46.54	3870	3.3	3479	117	3.8	6.4	52.8
ΝΕΑ ΧΑΛΚΙΔΟΝΑ	737	2284	3.18	181	12.63	3572	0.6	4120	96	3.8	10.0	58.0
ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΙΑ	2875	25320	18.66	398	63.62	8340	3.6	9753	93	3.1	6.2	38.5
ΝΕΑ ΛΙΟΣΙΑ	6800	72427	18.97	1534	47.21	21860	3.4	26362	101	3.3	1.7	38.4
ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ	4007	59202	14.77	1065	55.59	19820	3.1	22485	76	3.4	5.5	37.8
ΝΕΑ ΠΕΝΤΕΛΗ	1605	2723	1.76	139	19.59	720	3.8	1750	113	4.6	0.2	47.2
ΝΕΑ ΣΜΙΡΝΗ	3474	57408	19.40	885	76.17	23690	2.8	29329	101	3.2	11.6	78.9
ΝΕΟ ΙΑΡΚΛΙΟ	3702	37830	10.22	656	57.67	11520	3.3	13722	100	3.8	0.6	58.1
ΝΕΟ ΨΗΗΚΗΟ	950	11467	12.07	208	55.13	3710	3.1	4622	113	3.6	15.4	76.8
ΝΙΚΕΑ	3849	98368	23.48	1474	61.31	29110	3.1	30750	105	3.1	5.1	28.1
ΠΑΠΑΓΟΥ	950	12553	13.21	322	38.98	3700	3.4	4783	155	4.6	22.9	91.9
ΠΑΛΕΑ ΠΕΝΤΕΛΗ	737	2286	3.16	116	19.71	500	4.6	97	163	4.6	3.8	28.0
ΠΑΛΕΟ ΦΑΙΡΟ	4424	53273	12.04	727	73.28	18100	2.9	23863	162	3.9	9.7	76.0
ΠΑΛΕΟ ΦΙΣΗΗΚΟ	2614	10775	4.12	277	38.90	3470	3.1	4327	149	4.6	10.9	91.8
ΠΕΓΓΑΙΚΗ	1976	10863	5.50	198	54.86	34300	3.2	5052	103	3.9	24.5	74.9
ΠΕΡΑΜΑ	1779	23812	12.94	465	49.49	6780	3.4	8184	89	3.3	6.4	12.2
ΠΕΡΙΣΤΗΡΗ	9201	140358	15.31	2427	58.04	41850	3.4	50979	71	3.2	2.7	27.5
ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΙ	3675	27932	7.59	546	51.67	8040	3.5	10233	95	3.1	4.9	36.0
ΠΙΡΕΑΣ	10615	194389	12.50	2754	71.31	64910	3.0	78154	98	2.9	5.3	54.1
ΡΕΝΤΙΣ	1124	16274	14.48	225	72.34	4940	3.3	5477	88	3.0	2.4	21.3
ΤΑΥΡΟΣ	925	14514	17.85	155	100.54	5200	3.2	5724	64	3.1	2.8	33.8
ΒΙΡΩΝΑΣ	2757	57200	20.92	859	67.38	19650	2.9	24573	96	3.1	8.7	61.3
ΒΟΥΛΑΓΓΗΝΗ	6691	16539	1.58	324	32.53	3060	3.5	5802	125	4.6	17.1	74.3
ΒΡΙΛΙΣΙΑ	3233	2743	8.85	92	29.82	810	3.4	2264	89	4.6	11.3	54.3
ΖΟΓΡΑΓΟΥ	2245	7587	3.85	237	32.01	2190	3.5	3565	123	3.9	19.4	61.3
ΑΘΗΝΑΣ	2905	84548	29.10	639	122.71	29840	2.8	34086	78	3.6	9.9	88.3
	31851	885737	27.81	8058	99.99	323370	2.7	460419	84	3.6	9.1	84.6

όπου:

- 1: Έκταση σε $\times 10^3 \text{ m}^2$
- 2: Πληθυσμός σε χιλιάδες κατοίκους
- 3: Πυκνότητα πληθυσμού
- 4: Εμβαδόν κτισμένης επιφάνειας
- 5: Πραγματική πυκνότητα πληθυσμού
- 6: Αριθμός νοικοκυριών
- 7: Άτομα ανά οικογένεια
- 8: Αριθμός διαμερισμάτων
- 9: Εμβαδόν μέσου διαμερίσματος
- 10: Ακάλυπτες πλευρές μέσου κτιρίου
- 11: Κτίρια σε pilotis επί τοις %
- 12: Αριθμός διαμερισμάτων με Κ.θ. επί τοις %

ΠΙΝΑΚΑΣ Β

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ - ΗΛΙΑΚΑ					ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ - ΟΡΟΦΟΙ					ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΙΡΙΩΝ						
	<1919	1945-1965	<1970	1975-1985	<1978	<1981	ΜΕΣΗ	1	2	3	4	5	6	>6			
1 AGIOI ANARGYROI	47	472	2161	1537	1010	365	61	2727	1947	839	132	28	1	5438	1.7		
2 AGIOS GMINNOS	6	387	475	2022	1074	791	347	4463	3164	1525	336	54	11	9857	1.8		
3 AGIA PARASKEVI	4	307	2495	787	629	691	230	2111	1368	428	314	335	4	5223	1.9		
4 AGIA ELEFTHARIA	0	96	2584	1045	620	259	69	379	1997	1593	743	139	17	4495	1.8		
5 ALIMOS	0	225	1719	793	543	439	71	1305	1255	534	167	113	83	3381	2.1		
6 ARGIFOUROU	1	0	66	1556	1143	532	173	473	1593	1470	614	25	25	4290	2.0		
7 ASAFI	12	645	2484	516	219	175	63	1477	1494	556	143	98	79	3989	2.0		
8 DRAFEZONIA	16	935	553	241	96	89	21	971	681	169	182	7	3	22	1955	1.8	
9 EGALCO	25	1395	5694	1965	1220	834	157	3.4	5463	4689	345	372	44	3	12868	1.8	
10 EKALI	1	110	319	97	123	95	149	4.3	186	492	255	57	28	3	8826	1.8	
11 FILINIKI	0	120	755	485	178	137	69	290	517	192	194	52	3	1	1795	1.7	
12 FILINOTHEI	32	206	385	109	206	173	70	4.0	1721	1226	613	322	136	39	1155	2.5	
13 GALATSI	13	446	2215	856	567	515	121	638	638	473	322	136	39	4623	2.3		
14 GLIFADA	0	229	291	1762	1682	1257	402	4.2	1211	911	562	400	76	7	2507	1.9	
15 HALDARI	13	229	3261	1193	875	519	72	2457	2065	616	204	115	13	6162	1.8		
16 HANAKORI	64	605	3672	1630	1085	841	271	3.8	3971	2422	674	453	462	38	6228	2.0	
17 HOLARCOS	0	108	1282	436	405	382	75	4.0	897	783	282	128	327	40	2488	2.0	
18 ILIONPOLI	9	382	4361	2246	1323	1203	285	3.9	3725	3836	1847	572	305	5	10423	2.1	
19 IMITOS	3	870	1136	324	126	95	44	3.1	1126	984	399	98	6	1	2603	1.8	
20 KALITHEA	104	1521	295	1261	1033	766	181	1775	1249	654	1024	321	9	7546	3.0		
21 KAMATERO	10	248	1791	1144	778	248	24	3.9	3647	485	487	487	321	9	4015	1.2	
22 KERATSIINI	110	2178	5558	2443	1635	959	241	4.2	5921	1747	648	186	2	1	13116	1.9	
23 KERATSIANI	7	911	1121	290	163	169	22	3.5	963	854	1340	161	136	22	2773	2.5	
24 KORTINALOS	11	513	4404	1719	1029	725	141	3.2	3342	3895	1346	282	282	19	8533	2.0	
25 KOTISA	369	863	1672	1232	942	691	331	3.8	3956	2009	620	350	84	23	6150	1.8	
26 LIKOURISI	0	25	432	233	172	128	34	3.4	669	238	93	21	21	8	1024	1.5	
27 MAROUSI	158	759	2563	1228	972	690	298	3.8	3744	1592	426	287	268	369	6443	2.0	
28 MELISSIA	15	134	1716	617	502	230	147	4.1	446	1446	95	95	2	1	1823	1.3	
29 METAMORFOUSI	17	201	596	381	259	230	117	3.8	2388	828	273	92	9	2	3608	1.3	
30 MASTOROPOULI	83	714	1642	558	269	177	20	3.2	1414	1390	434	135	69	22	11	3475	1.9
31 NEA ERITREA	3	258	771	311	278	258	104	3.2	1018	619	231	96	12	4	13483	1.7	
32 NEA KAKTOUCHA	15	223	725	216	124	79	143	3.3	823	1517	473	284	78	8	3184	2.2	
33 NEA FILADOLFIJA	26	785	432	263	239	174	147	3.4	7424	4331	1024	233	25	1	14144	1.6	
34 NEA LIGSIA	17	160	6755	2975	1991	1771	475	4.0	4126	3627	1024	283	39	12	9543	1.9	
35 NEA IONIA	14	2315	4457	1218	646	194	103	4.3	4126	3627	1024	283	39	1	1243	1.3	
36 NEA PENTELI	36	0	174	449	256	273	103	4.7	1767	1749	747	324	34	619	339	6013	2.7
37 NEA SMIRNI	27	1348	2402	791	579	145	147	3.5	1018	1390	434	135	69	22	11	3475	1.9
38 NEO IRAKLIO	38	305	2657	1195	684	501	117	3.7	2845	1687	677	249	144	52	5565	1.8	
39 NEO FETHIRO	2	183	688	247	148	148	104	3.7	1627	1116	281	281	61	27	1552	2.0	
40 NIKERA	29	1906	4858	2529	1609	1353	308	3.7	4526	4659	2075	971	434	35	1253	2.1	
41 PARACOU	0	0	926	415	823	225	57	4.2	597	1159	438	163	97	3	2448	2.2	
42 PALEA FENTELI	1	1	456	268	194	154	157	3.1	1461	1536	601	227	3	0	816	1.4	
43 PALIO FALIRO	42	293	1011	675	562	193	3.9	413	413	337	337	19	0	453	2.0		
44 PALIO PSITHIROS	4	224	492	228	151	151	3.1	727	365	379	91	71	143	1	1443	2.2	
45 PETRI	6	346	427	247	148	204	113	3.8	3523	1232	347	1098	22	1	5275	1.5	
46 PERAMA	2	159	1554	1264	1131	805	113	4.1	16253	2597	614	85	16	22	24347	1.8	
47 PERISTERI	45	1550	11253	4953	3898	2656	372	3.9	24262	1560	4652	220	61	0	5185	1.7	
48 PETTROFOLI	1	69	2371	892	891	872	89	4.1	6448	6228	2227	567	666	911	959	23778	2.3
49 RITAS	2141	6373	7765	3365	2446	1442	344	3.1	619	219	275	222	3	0	1775	1.9	
50 RINTIS	24	259	932	342	126	126	57	3.3	817	522	176	239	22	1	1684	2.0	
51 TAVROS	55	417	575	341	141	52	19	3.2	4855	515	213	103	34	27	705	2.0	
52 VITRONAS	55	2105	2551	769	586	216	33	2011	2355	795	226	324	161	1	2448	2.0	
53 VOLULA	5	182	746	508	445	505	131	4.4	1075	727	312	173	112	44	5	257	2.5
54 VOLIAGHENI	0	1	24	204	157	81	75	23	214	102	62	52	13	2	1725	2.0	
55 VOLILISIA	0	117	727	301	216	193	158	4.1	1099	608	136	98	198	6	1725	1.8	
56 ZOGRAFOU	20	304	1776	821	683	533	125	3.9	767	1647	531	308	478	719	503	422	2.4
57 ATHENS	3701	11645	26646	8645	5782	3798	1052	3	13877	12943	6247	3766	604	5262	5553	2.4	

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε

ΕΜΒΑΔΟ ΜΕΣΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΟΡΦΟΣ						
	1	2	3	4	5	6
	>6					
1 AGIOI ANARCIROI	83	103	106	175	174	176
2 AGIOS DIMITRIOS	76	97	108	123	143	143
3 ACIA PARASKEVI	107	107	117	285	282	307
4 ACIA BARVARA	97	93	105	120	124	
5 ALIMOS	110	118	119	150	192	
6 ARGIROUPOULI	114	101	116	189	223	223
7 DAFNI	93	113	116	143	184	171
8 DRAPETSONA	116	106	124	123	126	130
9 EGALEO	113	103	129	162	162	162
10 EKALI	108	139	142	249	249	249
11 ELINIKO	118	116	135	135	189	200
12 FILOTHEI	141	108	103	187	164	340
13 GALATSI	81	111	174	245	215	230
14 GLIFADA	118	105	143	181	211	
15 HAIKARI	109	92	110	162	162	184
16 HALANDRI	110	108	128	249	216	216
17 HOLARCGOS	109	104	119	236	252	281
18 ILLIOUPOLI	97	101	134	164	173	185
19 IMITOS	88	89	132	132	141	181
20 KALITHIKA	119	126	144	203	236	221
21 KAMATERO	106	110	135	145	162	
22 KERATSINI	105	112	109	126	181	178
23 KESARIANI	113	95	98	125	180	216
24 KORIDALOS	113	122	127	176	186	
25 KIFISIA	119	118	153	255	254	293
26 LIKOVRISSI	125	125	162	162	194	
27 MAROUSI	113	110	139	226	288	258
28 MELISIA	104	104	154	150	203	220
29 METAMORFOSI	94	115	116	168		
30 MOSXATO	90	117	115	150	151	223
31 NEA ERITHREA	95	117	131	152	178	
32 NEA XALKIDONA	131	112	119	167	160	190
33 NEA FILADELPHIA	111	119	136	174	147	198
34 NEA LIOSIA	97	117	138	144	155	175
35 NEA IONIA	111	103	102	152	188	
36 NEA PENTELI	105	115	197	273		
37 NEA SMIRNI	125	117	125	180	230	215
38 NEO IRAKLIO	105	99	155	191	223	288
39 NEO PSIHIKO	113	116	120	165	180	191
40 NIKEA	103	117	127	142	162	
41 PAPAGOU	120	121	160			
42 PALCA FENTELI	134	104	155	165		
43 FALCO FALIRO	104	120	168	168	224	
44 PALCO PSIHIKO	148	124	162	203	164	180
45 PEFKI	115	109	120	229	207	219
46 PERAMA	81	95	115	142	153	
47 PERISTERI	88	103	115	133	176	181
48 PETROUPOULI	100	100	119	130	146	
49 PIREAS	103	112	110	131	164	163
50 RENTIS	125	113	143	143		
51 TAVROS	69	112	106	124	164	184
52 VIRONAS	113	113	101	146	212	184
53 VOULA	121	123	141	183	181	183
54 VOULIAGMENI	133	142	179	209	209	210
55 VRILISIA	139	116	166	164	184	222
56 ZOGRIFOU	112	125	124	161	258	206
57 ATHENS	104	122	127	179	223	215

	1*	2*
TAVROS	47.9	0.35
RENTIS	70.7	0.40
ACIA BARVARA	122.9	0.71
DRAPETSONA	128.3	0.24
MOSXATO	129.8	0.66
EGALEO	144.7	2.19
PERAMA	150.1	0.74
PIREAS	150.1	5.89
PERISTERI	154.5	4.26
ACIOI ANARCIROI	160.5	0.99
IMITOS	166.9	0.44
KERATSINI	167.0	2.05
NIKEA	169.9	2.56
NEA FILADELFTIA	172.3	0.76
KESARIANI	172.9	0.72
PETROUPOULI	174.7	1.08
NEA XALKIDONA	175.0	0.34
KORIDALOS	177.3	1.78
ACIOS DIMITRIOS	186.9	1.60
DAFNI	188.5	0.94
KALITHEA	194.6	2.65
NEA IONIA	194.8	2.15
NEA LIOSIA	196.5	2.74
KAMATERO	200.9	0.52
VIRONAS	202.7	1.60
METAMORFOSI	205.6	0.69
ATHENS	206.2	27.15
ZOGRIFOU	213.1	1.82
ILIOUPOLI	217.9	2.07
ARGIROUPOULI	223.1	0.94
GALATSI	225.1	1.47
HAIBARI	226.1	1.26
NEA SMIRNI	244.0	1.86
LIKOVRISSI	246.7	0.22
NEO IRAKLIO	252.4	1.36
ELINIKO	259.2	0.46
VOULIAGMENI	272.2	0.28
NEA ERITHREA	273.6	0.55
MELISIA	277.1	0.46
NEA PENTELI	284.4	0.21
MAROUSI	284.5	2.57
NEO PSIHIKO	295.8	0.53
ALIMOS	296.5	1.01
PEPKI	299.6	0.63
HALANDRI	295.6	2.67
PALEO FALIRO	297.9	1.79
GLIFADA	300.3	2.52
ACIA PARASKEVI	302.7	1.74
VRILISIA	303.3	0.52
PALEA PENTELI	304.3	0.16
HOLARCGOS	310.5	1.21
KIFISIA	312.2	2.10
VOULA	327.4	0.69
PALEO PSINIKO	333.5	0.82
FILOTHEI	375.1	0.57
PAFAGOU	376.0	0.83
EKALI	389.8	0.31

οπου 1* ο "ολικός δείκτης"

2* ποσοστατικά συμμετοχή κάθε Δήμου στην κατανάλωση καυσίμου

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ: ΕΒΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ
ΑΓΩΓΩΝ ΜΕ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: Σουμαλευρης Νικος , Πανταζης Βασιλης ,
 Παπανικας Δημητρης

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Παρουσιάζεται μια μεθοδολογία υπολογιστικής ρευστοθερμίης αναλυσης και βελτιστοποιημένου σχεδιασμου κλειστων αγωγων σε δικτυα συνθετης μορφης και τοπολογιας. Η ταυτοχρονη εφαρμογη των εξισωσεων συνεχειας και ενεργειας στους κομβους και τα στοιχεια του δικτυου με τους περιορισμους που επιβαλλουν οι οριακες και οι σχεδιαστικες συνθηκες καταληγει σε μη γραμμικα συστηματα εξισωσεων που επιλυονται με τη Βοηθεια ηλεκτρονικου υπολογιστη. Το υπολογιστικο συστημα που καταστρωθηκε τελικα και νοτομει δινοντας αποτελεσματα μεγαλης αξιοπιστιας με συγχρονη απλουστευση της εισαγωγης δεδομενων. Η εφαρμογη του στην αναλυση και το σχεδιασμο ενεργειακων συστηματων οδηγει σε εξοικονομηση ενεργειας.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Εξοικονομηση ενεργειας ,δικτυα αγωγων, σχεδιασμος δικτυων αγωγων, αεριων δικτυα ,αεραγωγοι, αερισμος , κλιματισμος, βελτιστοποιημενος σχεδιασμος, αναλυση δικτυων, υδραυλικα δικτυα .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Δικτυα κλειστων αγωγων για τη μεταφορα ρευστων παρουσιαζουν για λογους λειτουργικοτητας μεγαλο αριθμο βρογχων και κλαδων. Οι κλασικες μεθοδοι υπολογισμου ιδιαιτερα οταν δεν χρησιμοποιουνται Ηλεκτρονικοι Υπολογιστες παρουσιαζουν μειονεκτηματα οσον αναφορα την εφαρμοστικητα τους και την βεβαιοτητα και ακριβεια των αποτελεσματων.

Η μεθοδος που αναπτυσσεται εδω, Βασιζεται στη χρηση της αλγεβρας των μητρωων και χαρακτηριζεται απο ευκολη προετοιμασια δεδομενων, γρηγορη εξαγωγη αποτελεσματων υψηλης ακριβειας και επεκτασιμοτητα που μπορει να συμπεριλαβει πληθος τεχνικων εφαρμογων. Μεταξυ αυτων ειναι η υπολογιστικη διαγνωση της λειτουργιας δικτυων αγωγων γνωστης γεωμετριας, ο υπολογιστικος και ο βελτιστοποιημενος σχεδιασμος δικτυων ζητουμενης γεωμετριας. Και οι τρεις περιπτωσεις ειναι αντικειμενο αυτης της εργασιας. Σε διαφορες γνωστες μεχρι σημερα εργασιες που αναφερονται στη Βιβλιογραφια [2,5,6] εφαρμοζεται κυριως η μεθοδος Hardy Cross η και αλλες [3,12,13] συνηθως ομως με περιορισμους σ' οτι αφορα τη πολυπλοκοτητα των δικτυων, τις προσεγγισεις στον υπολογισμο της αντιστασης και την εφαρμοστηκοτητα τους σε ορισμενες ροικες περιοχες.

Στην εξελιξη της παρουσιας εργασιας παρουσιαστηκαν εδιαιτερες δυσκολιες που προκυπτουν απο το μη γραμμικο χαρακτηρα, τον μεγαλο αριθμο αλγεβρικων εξισωσεων και απο τη δυσκολη τοπολογια των πολυπλοκων δικτυων. Σημαντικη βοηθεια στην αντιμετωπιση αυτων των δυσκολιων αποτελεσε η εφαρμογη της μεθοδολογιας των πεπερασμενων στοιχειων με την υποστηριξη του καθηγητη Α.Θ.Αγγελοπουλου [9].

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Το δικτυο των αγωγων προομιωνεται με ενα συστημα στοιχειων(αγωγοι, ρευστοδυναμικες μηχανες, κ.λ.π.) που συνδεονται μεταξυ τους με κομβους. Στους κομβους περιλαμβανονται και ολα τα σημεια που το δικτυο ανταλλασει ενεργεια με το περιβαλλον. Η εφαρμογη της μεθοδου προσπατει μια πληρη γεωμετρικη-τοπολογικη περιγραφη του δικτυου καταλληλα οργανωμενη και κατα το δυνατον αυτοελεγχομενη για να μειωνονται τα λαθη εισαγωγης στοιχειων και να διευκολυνεται η εξαγωγη των αποτελεσματων.

2.1 Βασικες εξισωσεις

Σ ενα δικτυο καθε αγωγος συμπεριφερεται σαν ενα στοιχειο που καταναλωνει ενεργεια απο το ρευστο. Το ισοζυγιο της ενεργειας σ εναν τυχαιο αγωγο (στοιχειο του δικτυου, βλ. ΣΧΗΜΑ 1.) που συνδεει τους κομβους i, j δινει η εξισωση της ενεργειας 1 που για ασυμπιεστη ροη εχει τη μορφη,

$$P_i + \rho g H_i + \rho \frac{U_i^2}{2} = P_j + \rho g H_j + \rho \frac{U_j^2}{2} + \Delta P_{vij} \quad (1.a)$$

και για συμπιεστη αδιαθερμη ροη,

$$h_i + \frac{U_i^2}{2} = h_j + \frac{U_j^2} \quad (1.B)$$

Για να ληφθει υποψη η αλληλεπιδραση ολων των στοιχειων του δικτυου, σε καθε κομβο εφαρμοζεται η εξισωση της συνεχειας. Για τον τυχαιο κομβο ν του δικτυου που συμβαλλουν κ στοιχεια λοχυει.

$$\sum_k m_v^k = C_v \quad (2)$$

με τη παροχη μαζας απο το στοιχειο κ στον κομβο ν και

εντη καταναλωση η τροφοδοτηση του κομβου ν

Ο συντελεστης τριβης λ υπολογιζεται με την μη γραμμικη σχεση των Von Karman-Nikuradse, οπως εξελιχθηκε απο τους Colebrook και White (βλ.π.χ. [1]) Οι συντελεστες τοπικων απωλειων ζ υπολογιζονται απο διαφορες εμπειρικες σχεσεις της βιβλιογραφιας σε συναρτηση της γεωμετριας και της παροχης μεταβατικων τμηματων και τμηματων διαχωρισμου η αλλαγης της διευθυνσης ροης στο σχεδιασμενο δικτυο οργανωμενες καταλληλα για τις εφαρμογες σε ηλεκτρονικους υπολογιστες.

2.2 Υπολογιστική αναλυση

Εκτενής αναπτυξη της μεθόδου υπολογιστικής αναλυσης δικτυων κλειστων αγωγων γινεται στην εργασια [11] των συγγραφεων. Σε γενικες γραμμες η μεθοδολογια εχει τα εξης κυρια χαρακτηριστικα. Η εξισωση της ενεργειας στο στοιχειο, σχ. (1), τροποποιειται ωστε να εκφραζει τον χαρακτηριστικο νομο λειτουργιας του στοιχειου, δηλ. τη σχεση αναμεσα στην διαφορα πιεσης στα ακρα του και της παροχης που το διαρρεει:

$$P_{Ei} - P_{Ej} = \Delta P_{Vij} \quad (3)$$

Ο ορος που εκφραζει τις απωλειες πιεσης αναμεσα στα i,j εκφραζεται συναρτησει της παροχης μαζας \dot{m}_{ij} που διαρρει τον αγωγο ij με μια σχεση της μορφης:

$$\Delta P_{Vij} = \frac{8}{\rho^2 d^4} \cdot (\lambda(\dot{m}_{ij}, d, k) \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta(\dot{m}_{ij}, d)) \cdot \dot{m}_{ij}^2 = z(\dot{m}_{ij}, d, k, l, \rho) \cdot \dot{m}_{ij}^2 \quad (4)$$

Τον ορο z οριζουμε σαν συναρτηση αντιστασης του αγωγου. Με τις σχ. (3 και 4) η εξισωση ενεργειας παιρνει τη μορφη:

$$P_{Ei} - P_{Ej} = z_{ij} \cdot \dot{m}_{ij}^2 \quad (5)$$

Στην περιπτωση ροης αεριων η πυκνοτητα ρ υπολογιζεται κατα περιπτωση απο ιδιαιτερες σχεσεις που λαμβανουν υποψη τη συμπιεστοτητα του αεριου στη ροη [7]. Η σχ. (5) επιλυεται ως προς την παροχη μαζας \dot{m}_{ij} του στοιχειου και δινει.

$$\dot{m}_{ij} = |P_{Ei} - P_{Ej}| \cdot \frac{1}{\sqrt{z_{ij} |P_{Ei} - P_{Ej}|}} \quad (6.\alpha)$$

η συμφωνα με την βοηθεια της αλγεβρας των μητρωων.

$$\begin{bmatrix} \dot{m}_i \\ \dot{m}_j \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{z_{ij} |P_{Ei} - P_{Ej}|}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_{Ei} \\ P_{Ej} \end{bmatrix} \quad (6.\beta)$$

με \dot{m}_i και \dot{m}_j τις συνεισφορες του στοιχειου ij στους κομβους i και j.

Μη γραμμικα στοιχεια οπως ρευστοδυναμικες μηχανες, αγωγοι, οργανα ελεγχου κ.λ.π. λαμβανονται υποψη με τη σχεση που χαρακτηριζει τη λειτουργεια τους στη γενικη μορφη:

$$\Delta P_{ij} = \varphi(\dot{m}_{ij}) \text{ ή } \dot{m}_{ij} = \Phi(\Delta P_{ij})$$

Η προηγουμενη σχεση μπορει να τροποποιηθει και να παρει τη μορφη της σχ.(6β). Κατα συνεπεια αν σε καθε κομβο του δικτυου εφαρμοσουμε την εξισωση της συνεχειας και τα \dot{m} εκφρασθουν σε συναρτηση της αντιστασης z_k και του υδροστατικου φορτιου P_E συμφωνα με την σχεση (6β) προκυπτει για ενα δικτυο ν κομβων ενα μη γραμμικο συστημα ν εξισωσεων που με τη βοηθεια της αλγεβρας των μητρωων παιρνει τη μορφη:

$$[G(P_E)] \cdot [P_E] = [c] \quad (8)$$

[G_E] το μητρωο αγωγιμοτητας του δικτυου

[P_E]... το διανυσμα των υδροστατικων φορτιων στους κομβους του δικτυου

[C] το διανυσμα των καταναλωσεων στους κομβους του δικτυου

Το μη γραμμικο συστημα σχ.(8) επιλυεται με ειδικο αλγορίθμο με επαναληπτικους υπολογισμους με τη μεθοδο Newton-Raphson οπως περιγραφεται στη ¶¶.

2.3 Υπολογιστικος σχεδιασμος

Στα προβληματα σχεδιασμου των δικτυων αγωγων κυριος στοχος ειναι η επιλογη των καταλληλων διαμετρων ώστε να εξασφαλιζονται οι απαιτουμενες παροχες και πιεσεις στα σημεια καταναλωσης. Μια τυπικη περιπτωση δικτυου αγωγων π.χ. σ'εγκαταστασεις ικιματισμου εχει τη μορφολογια που δειχνει το ΔΧΗΜΑ 2... .Το δικτυο ειναι ανοικτο και απο τον κυριο αγωγο διαιλαδωνονται ν δευτερευοντες αγωγοι που τροφοδοτουν π.χ. συσκευες (στοιχεια επαγωγης), στοιμια εκροης σ' ενα οροφο ή ικλαδους διανομης στους οροφους, με προκαθορισμενη παροχη και πιεση.Οι συνθηκες αυτες προσδιοριζουν τις διαμετρους των b_i δευτερευοντων αγωγων($i=1,\dots,n$).Ζητειται η κατανομη των διαμετρων των τ_{mi} τμηματων (στοιχειων) του κυριως αγωγου($i=1,\dots,n$).Ο Shedwill στο ¶12 αναπτυσσει μια μεθοδο σχεδιασμου ενος παρομοιου δικτυου αλλα γραμμικοποιει τις εξισωσεις του προβληματος περιοριζοντας ετσι το πεδιο εφαρμογης της. Για ν κομβους διαιλαδωσης και ν συσκευες απο την εξισωση της ενεργειας προκυπτει :

$$P_{k,i+1} - P_{0,i+1} = (P_{k,1} - P_{0,1}) + (P_{k,i} - P_{0,i}) \quad (9.a)$$

οπου P_k η πιεση στο κομβο και P_0 η πιεση εξοδου του ρευστου.Με τη βοηθεια των σχ. (4και5) προκυπτει :

$$Z_{b,i+1} \cdot \dot{m}_{b,i+1}^2 = Z_{m,i} \cdot \dot{m}_{m,i}^2 + Z_{b,i} \cdot \dot{m}_{b,i}^2 \quad (9.b)$$

Απο την εφαρμογη της εξισωσης της συνεχειας στους κομβους υπολογιζεται η παροχη \dot{m}_b για καθε στοιχειο m του κυριως αγωγου.Ετοι προκυπτουν $n-1$ μη γραμμικες εξισωσεις για τον υπολογισμο ν αγνωστων και απαιτειται η επιλογη της διαμετρου ενος στοιχειου του κυριως αγωγου.Η επιλυση των εξισωσεων γινεται με επαναληπτικη διαδικασια παρομοια αυτης της υπολογιστικης αναλυσης της παραγραφου 2.2 .

2.4 Βελτιστοποιημενος σχεδιασμος

Κατα το σχεδιασμο ενος πολυπλοκου δικτυου αγωγων επιδιωκεται η επιλογη των καταλληλων διαμετρων ώστε να εκπληρωνονται τοσο οι απαιτησεις καταναλωσης οσο και ορισμενες σχεδιαστικες συνθηκες που στη πιο συνηθισμενη περιπτωση ειναι η ελαχιστοποιηση του κοστους εγκαταστασης και λειτουργιας του δικτυου.

Μια μεθοδος βελτιστοποιησης που χρησιμοποιειται στα δικτυα αγωγων ειναι η μεθοδος της μεγιστης κατωφερειας. Για να βρεθει το ελαχιστο μιας συναρτησης $F(\bar{x})$, $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ εκλεγεται ενα αυθαιρετο \bar{x}_0 σαν αρχη και η ερευνα ακολουθει τη διευθυνση της ελαχιστης κλισης στη θεση τ:

$$\bar{x}_T = - \frac{\nabla F(\bar{x}_z)}{|\nabla F(\bar{x}_z)|} \quad (10a)$$

και

$$\nabla F(\bar{x}_z) = \left\{ \frac{\partial F(\bar{x})}{\partial x_1}, \frac{\partial F(\bar{x})}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial F(\bar{x})}{\partial x_n} \right\}_{\bar{x}=\bar{x}_z} \quad (10b)$$

ετοι βρισκεται η νεα θεση $\tau+1$ που ειναι :

$$\bar{x}_{z+1} = \bar{x}_z - \alpha_z \cdot \frac{\nabla F(\bar{x}_z)}{|\nabla F(\bar{x}_z)|} \quad (11)$$

οπου α_z ειναι το σταθερο βημα κατα τη τ κινηση .Η ερευνα σταματαιει οταν η μειωση της τιμης της συναρτησης κατα τη διευθυνση της κλισης ειναι αμελητεα. Η μεθοδος ειναι γενικα αργη. Η εφαρμογη της στη βελτιστοποιηση δικτυων αγωγων απαιτει ευλογη επιλογη της πρωτης κατανομης διαμετρων, ειναι δε αναγκαια η επαναληψη πολλες φορες της υπολογιστικης αναλυσης του δικτυου.

Η μεθοδος αυτη εφαρμοζεται για τον υπολογισμο των βελτιστων ως προς το κοστος διαμετρων N αγωγων ενος δικτυου, ετοι ωστε να αυξηθει η δυνατοτητα παροχης ενος κομβου κατα μια ποσοτητα εκ των προτερων προσδιορισμενη. Στο κομβο μπορει να συμβαλλουν M αγωγοι οπως φαινεται στο ΣΧΗΜΑ 3. απο διαφορους εκ των προτερων επιλεγμενους δρομους. Ομως η παροχη του κομβου ειναι:

$$Q = f(d_1, d_2, \dots, d_N)$$

και η συναρτηση κοστους ειναι:

$$k_{\text{tot}} = k_1(d_1) + k_2(d_2) + \dots + k_N(d_N)$$

k_1, k_2, \dots, k_N οι συναρτησεις κοστους των N αγωγων. Απο τη σχ. (10) προκυπτει η μεταβολη του κοστους καθε αγωγου για μια αυξηση ΔQ της παροχης στον κομβο:

$$\Delta k_i = \frac{\Delta Q \cdot \frac{\partial Q}{\partial k_i}}{\sum_{l=1}^N \left(\frac{\partial Q}{\partial k_l} \right)^2} \quad (12)$$

Με διαδοχικες αυξησεις της παροχης με βημα ΔQ προκυπτουν οι μεταβολες κοστους Δk_i στους N αγωγους απο οπου υπολογιζονται οι νεες διαμετροι των αγωγων. Η εφαρμογη της μεθοδου εχει μεγαλη σημασια για την τοπικη αυξηση της δυνατοτητας παροχης σε υπαρχοντα δικτυα αγωγων.

Στη περιπτωση ανοικτων δικτυων αγωγων ιδιας μορφολογιας με αυτη του ΣΧΗΜΑΤΟΣ 2 που αναπτυχθηκε στη παραγραφο 2.3 η συναρτηση κοστους απλουστευεται :

$$\kappa_d = f(d), \quad d: \text{η επιδεχομενη διάμερος}$$

οποτε η μεταβολη της συναρτησης κοστους ειναι :

$$\Delta \kappa_d = \frac{df(d)}{d} \times \Delta d \quad (13)$$

και η διαδικασια ξεκιναι με την ευλογη εκλογη μιας διαμετρου του νειρων αγωγου και τον υπολογισμο της κλισης της συναρτησης κοστους οποτε η νεα τιμη της διαμετρου θα ειναι :

$$d_{\text{new}} = d_c - \alpha_c \cdot \frac{\Delta(\kappa_d)}{\left[\frac{df(d)}{d} \right]_c} \quad (14)$$

ατ ειναι το σταθερο βημα κατα τη κινηση τ. Η διαδικασια της ερευνας σταμαται οταν η κλιση της συναρτησης κοστους μηδενιστει.

Το κοστος λειτουργιας του δικτυου π.χ. δραχμες το ετος προκυπτει απο τη σχεση

$$\kappa_d = \kappa_{\text{ev}} \cdot \omega \cdot \frac{1}{m_d} \cdot \frac{\dot{m}}{\rho} \cdot \Delta P_{\text{tot}} \quad (15)$$

κ_{ev} ειναι το κοστος της μοναδας ενεργειας, ω ειναι οι ωρες λειτουργιας της εγκαταστασης συνηθως στη χρονικη διαρκεια του ετους και πολ ο συνολικος βαθμος αποδοσης του συστηματος κινητηρας-ρευστοδυναμικη μηχανη. Για δεδομενη παροχη το κοστος εξαρταται απο τη συνολικη απωλεια πιεσης ΔP_{tot} στο δικτυο και η ελαχιστοποιηση του οδηγει στη εξοικονομηση ενεργειας. Στη γενικη περιπτωση ν αγωγων του δικτυου ειναι $\Delta P_{\text{tot}} \sim (1/d_i)^2$ $i=1 \dots n$ και επομενως το λειτουργικο κοστος μειωνεται δραστικα με την αυξηση της διαμετρου των αγωγων. Το κοστος εγκαταστασης του δικτυου των ν αγωγων μπορει να υπολογιστει σε δραχμες απο τη σχεση:

$$\kappa_e = \kappa_u \cdot \dot{m}_u = \kappa_u \cdot \pi \cdot \rho_u \cdot \sum_{i=1}^n (d_{e,i} + t_i) \cdot l_i \cdot l_i \quad (16)$$

οπου κ_u το συνολικο κοστος κατασκευης και εγκαταστασης ανα μοναδα μαζας του υλικου κατασκευης και το παχος του τοιχωματος του αγωγου. Το κοστος εγκαταστασης επουμενως, αυξανει με την αυξηση της διαμετρου των αγωγων. Για την εξυπηρετηση της επενδυσης που καλυπτει το κοστος εγκαταστασης απαιτειται ετησια εισφορα :

$$\kappa_{e, \text{ετος}} = \kappa_e \cdot \frac{\varepsilon \cdot (1+\varepsilon)^m}{(1+\varepsilon)^m - 1} \quad (17)$$

οταν ε ειναι το επιτοκιο και η ο χρονος αποσβεσης του κεφαλαιου σε ετη. Ετοι προκυπτει η συναρτηση κοστους :

$$\kappa_d + \kappa_{e, \text{ετος}} = f(d_1, d_2, \dots, d_n)$$

που γινεται ελαχιστη για τη βελτιστη κατανομη των διαμετρων.

3. ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: Η μεθοδος που αναπτυχθηκε, οργανωθηκε σε υπολογιστικο συστημα αναλυσης και σχεδιασμου σε συνδυασμο με μια τραπεζα δεδομενων, η οποια περιεχει ιδιοτητες των ρευστων σε διαφορες συνθηκες και τεχνικα χαρακτηριστικα των αγωγων. Το συστημα αυτο παρουσιαζει τις παρακατω δυνατοτητες:

.Αυτοματη επιλογη της σχετικης τραχυτητας των αγωγων.

.Αυτοματος προσδιορισμος των τοπικων απωλειων σε γωνιες, διακλαδωσεις κ.λ.π.

.Αναλυση δικτυων για διαφορα ρευστα σε διαφορες θερμοκρασιες.

.Υπολογισμος απωλειων στους αγωγους σ ολο το φασμα των αριθμων Reynolds.

.Αναλυση δικτυων με ρευστοδυναμικες μηχανες σαν ενδιαμεσα στοιχεια (ανεμιστηρες, αντλιες, στροβιλους κ.λ.π.) με αυτοματο προσδιορισμο του σημειου λειτουργιας.

.Αυξημενη ταχυτητα υπολογισμου.

.Αναλυση δικτυου για διαφορες οριακες συνθηκες.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ·ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ·ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ: Η μεθοδος ειναι εφαρμοσιμη για ολα τα δικτυα κλειστων αγωγων που συναντωνται στις τεχνικες εφαρμογες. Για τη περιπτωση των υδραυλικων δικτυων δινει αποτελεσματα υψηλοτερης ακριβειας σε συγκριση υπολογισμων σε διεθνες επιπεδο με παραδειγματα απο τους [3] και [2], οπως λεπτομερως αποδειχνεται στην εργασια μας [1]. Για την προκειμενη περιπτωση εκτελεστηκαν ειδικοι υπολογισμοι στις ακολουθες περιπτωσεις.

4.1 Δικτυα αεριων καισιμων

Στο ΣΧΗΜΑ (4) δινονται αποτελεσματα υπολογισμου ενος δικτυου αεριου σε δακτυλιοειδες σχημα, το οποιο με μεγιστη πιεση 19. bar ειναι σχεδιασμενο να διανεμει αεριο στην Αθηνα. Η αναλυση γινεται για συμπιεστη ροη με περιορισμους τη μεγιστη ταχυτητα και τη ελαχιστη πιεση του αεριου ώστε να ειναι δυνατη η τροφοδοτηση των σταθμων προς το δικτυο μεσης πιεσης. Στο διαγραμμα δινονται αποτελεσματα για διαφορες εναλλακτικες λυσεις μιας μεχρι τριων περιφερειακες τροφοδοτησεις για διαφορες διαμετρους των αγωγων.

4.2 Δικτυα αερισμου - κλιματισμου

Στο ΣΧΗΜΑ (5) δινεται ο βελτιστοποιημενος σχεδιασμος ενος τυπικου δικτυου αεραγωγων της βιβλιογραφιας (βλ. [2]) που περιλαμβανει 20 συσκευες παροχης αερα. Οι αγωγοι

προσαγωγής στις συσκευές εχουν ίδια διαμετρού D=140 mm. Οι διαμετροί δε των στοιχειών 1-20 του κυριως αγωγού (βλ. ΣΧΗΜΑ 5.) υπολογιζονται στο |12| για χαμηλο λειτουργικο κοστος. Οι βελτιστες διαμετροι δη των ιδιων στοιχειων υπολογιζονται με βαση την μεθοδολογια της παραγραφου 2.4 και με κριτηριο το χαμηλο κοστος λειτουργιας και εγκαταστασης.

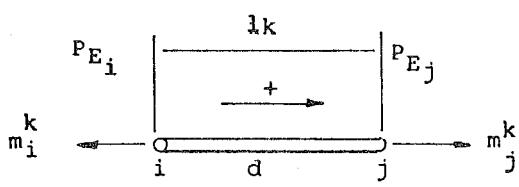
Στο ΣΧΗΜΑ 6 φαίνεται το δικτυο αεραγωγων ενος κτιριου 10 οροφων που περιλαμβανει 15 συσκευες ανα οροφο. Στο |13| δινεται ο σχεδιασμος της εγκαταστασης ώστε ναθε συσκευη να τροφοδοτειται με 100 m³/h αερα. Με βαση τις διαστασεις που προκυψαν απο τον παραπανω σχεδιασμο ιο δικτυο αναλυθηκε με την μεθοδολογια της παρ. 2.2 και προκυψαν διαφορες στις παροχες των συσκευων μεχρι και DQ/Q=30%. Επιπλεον με εφαρμογη της μεθοδολογιας της παρ. 2.4 προκυψαν οι βελτιστες διαμετροι για ελαχιστο κοστος λειτουργιας και εγκαταστασης που φαίνονται στο ΣΧΗΜΑ 6 .

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ·ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η περιγραφομενη σ'αυτη την εργασια μεθοδος αναλυσης και σχεδιασμου εχει μεγαλες δυνατοτητες εφαρμογης σε πολυπλοκα δικτυα κλειστων αγωγων. Το υπολογιστικο συστημα στο οποιο τελικα εξελιχθηκε, δινει αποτελεσματα μεγαλης ακριβειας και αξιοπιστιας με μεγαλη ταχυτητα. Πλεονεκτει σε συγκριση με υπαρχουσες μεθοδους, επειδη το μη γραμμικο προτυπο υπολογισμου εξουμοιωνει ακριβεστερα τις πραγματικες συνθηκες. Επισης εχει απλο συστημα εισαγωγης δεδομενων χωρις περιστρομους σ οτι αφορα τον αριθμο των βρογχων των δικτυων, τη φυση των ρευστων και της ροης ,της συνθηκες λειτουργιας, τη γεωμετρια των αγωγων κ.λ.π. Ετοι τελικα η εφαρμογη του σε ενεργειακα συστηματα οδηγει σε εξοικονομηση ενεργειας και σε βελτιωμενες κατασκευες.

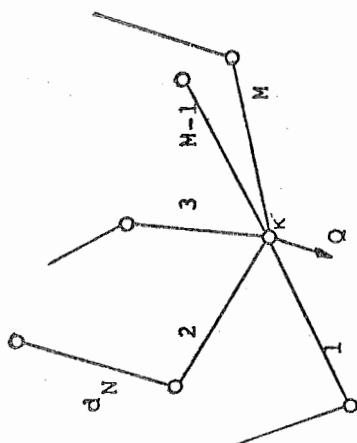
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ.Γ.Παπανικα, Εφαρμοσμένη Ρευστομηχανική, Πατρα 1980
- 2.' Davis, Sorensen, "Handbook of Applied Hydraulics", 3rd edition Mc Graw Hill 1969.
3. C.Brebbia,A.Ferrante,"Computational Methods in engineering", Pentech 1980.
4. D.Stephenson,"Pipeline Design for water Engineers", Elsevier Amsterdam 1976.
5. Ε.Παρθενιαδης, "Εισαγωγή εις την αστική υδραυλική", (μερος Α), Θεσσαλονικη 1980.
6. Γ.Τερζιδης, "Μαθηματα Υδραυλικης" (μερος 2), Θεσσαλονικη 1982.
7. R.C.King,S.Crocker , "Piping Handbook", Mc Graw Hill N.Y. 1983.
8. V.Streeter,B.Wyle, "Fluid Mechanics", Mc Graw Hill 1975.
9. J.Argyris,P.C.Dunne,Th.Angelopoulos , "Non linear Oscillations using the finite element technique",comput. methods in applied mechanics and engineering ,1973 v.2
- 10.F.Sheid, "Αριθμητικη Αναλυση" , μετ.Σ.Περσιδης McGraw Hill -ΕΣΠΙ , Αθηνα 1976.
- 11.Β.Πανταζης,Ν.Σουμαλευρης,Δ.Παπανικας, "Μη γραμμικη υπολογιστικη αναλυση υδραυλικων δικτυων κλειστων αγωγων", Β.Πανελληνιο συνεδριο της Ελληνικης Υδροτεχνικης Ενωσης Παν/μιο Θρακης Σεπτεμβρης 1985.
- 12.H.Schedwill,Klein-Computer Fuer die Kanalnetzberechnung von Lueftungs- und Klimaanlagen, HLH 23 Nr.4(1972).
- 13.Rietschel/Raiss, Heitz-und Klimatechnik, Springer 1970.
- 14.Β.Σωτηροπουλος , Στοιχεια Κλιματισμου, Θεσσαλονικη 1983.
- 15.M.G.Singh-A.Titli, Systems-Decomposition, Optimization and Control, Pergamon 1978.

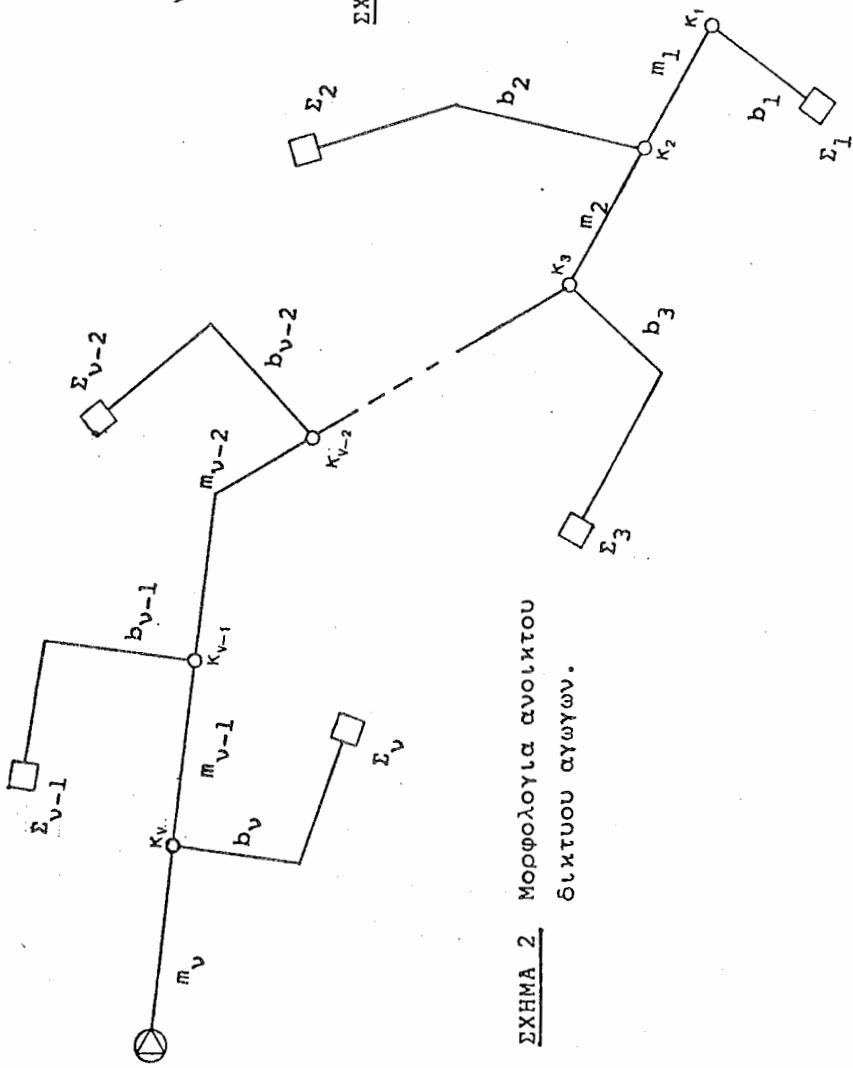


$$\Delta p_{vij} = P_{Ei} - P_{Ej}$$

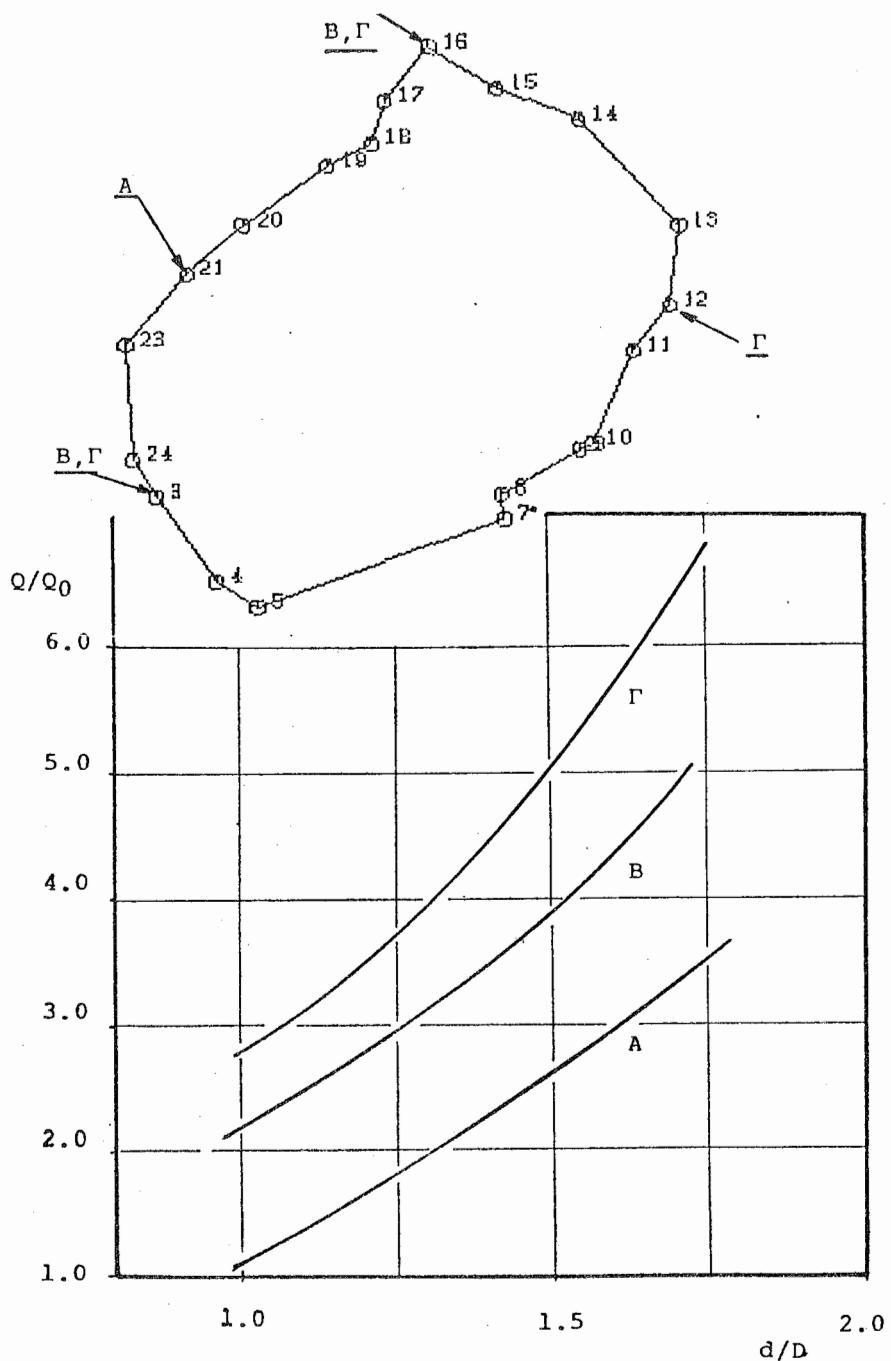
ΣΧΗΜΑ 1 Αγωγος-στοιχειο τραχυτητας k , διαμετρου d , μηκους l με διαφορα πιεσης λογω σπωλειων Δp_{vij} αναμεσα στους κοινους i, j



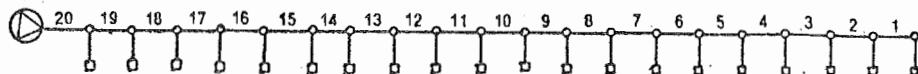
ΣΧΗΜΑ 3 Ν αγωγοί επηρεαζουν τη δυνατοτητα παροχής Q του κομβου και οπου συμβαλλουν M αγωγοι.



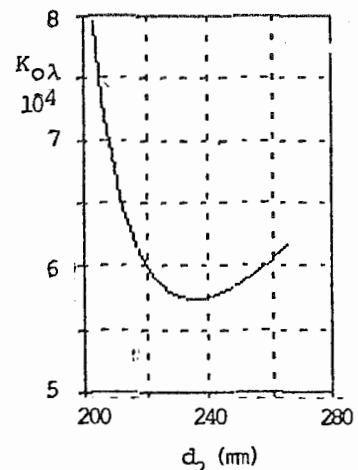
ΣΧΗΜΑ 2 Μορφολογια ανοικτου δικτυου αγωγων.



ΣΧΗΜΑ 4. Διακυλιοειδες δικτυο διανομης αεριου υψηλης πιεσης αθηνων. Εξαρτηση δυναμικοτητας απο τη διαμετρο των αγωγων και τον αριθμο των τροφοδοτησεων. Πιεση 19 bar, ολικο μηκος δικτυου περιπου 30 Km.



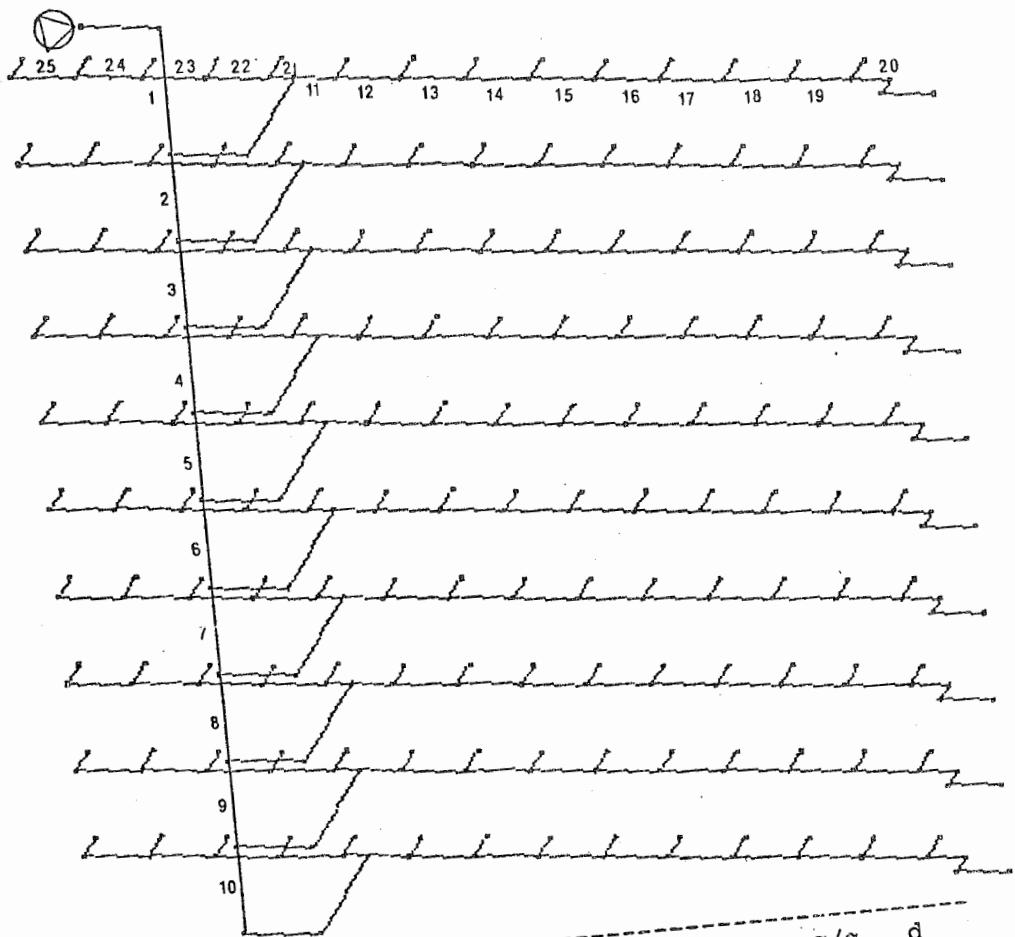
α/α	d_s (mm)	d_n (mm)	Q (m^3/s)
1	160	161.69	0.05
2	200	235.22	0.10
3	224	264.77	0.15
4	250	284.34	0.20
5	280	297.66	0.25
6	280	306.63	0.30
7	280	312.36	0.35
8	280	315.57	0.40
9	280	316.75	0.45
10	280	316.25	0.50
11	315	314.35	0.55
12	315	311.23	0.60
13	315	307.06	0.65
14	280	301.96	0.70
15	280	296.05	0.75
16	280	289.40	0.80
17	280	282.09	0.85
18	280	274.17	0.90
19	280	265.70	0.95
20	250	256.72	1.00



$$\begin{aligned} \kappa_u &= 220 \text{ δρχ/kg} \\ \epsilon &= 15 \% \\ \eta &= 10 \text{ ετη} \\ \kappa_{eu} &= 10 \text{ δρχ/kwh} \\ \omega &= 1920 \text{ ωρες} \end{aligned}$$

$$K_{\text{εετ}} = 50927.4 \text{ δρχ.} \quad K_{\lambda} = 6449.0 \text{ δρχ.}$$

ΣΧΗΜΑ 5. Υπολογισμός βελτιστών διαμετρών δικτυου αεραγωγών με κριτήριο το κοστος ενέργειας και εγκαταστασης. Οι διαμετροί d_s υπολογιστικαν από τον [12] για χαμηλη καταναλωση ενέργειας. Οι διαμετροί d_n προκυπτουν από την μεθόδο βελτιστοποιημένου σχεδιασμου της παραγραφου 2.4.



α/α	d (mm)								
1	702.2	6	558.3	11	128.5	16	143.4	21	90.6
2	680.2	7	514.3	12	133.9	17	140.9	22	92.8
3	655.5	8	460.7	13	138.2	18	135.0	23	92.3
4	627.5	9	391.8	14	141.5	19	123.5	24	87.5
5	595.5	10	286.5	15	143.3	20	99.9	25	72.7

$$\begin{aligned} \kappa_u &= 220 \text{ δρχ/kg}, \quad \epsilon = 15\%, \quad n = 10 \text{ ετη} \\ \kappa_{ev} &= 10 \text{ δρχ/kwh}, \quad \omega = 1920 \text{ ωρες.} \end{aligned}$$

ΣΧΗΜΑ 6. Υπολογισμός βελτιστών διαμετρών για ελαχιστού κοστού λειτουργίας και εγκατάστασης σε δικτυο αεραγωγών πολυοροφου κτιρίου με απαλτουμένη παροχή συσκευών $100m^3/h$.

**ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**Α. Φραγκούδακης, Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος
Άρχιτεκτόνων της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ.**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η εφαρμογή των αριθμητικών μεθόδων προσαρμοίσεως στη μελέτη των κτιριακών στοιχείων έδειξε ότι, η αξιοποίηση των κλιματικών συνθηκών οδηγεί στη μεχαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας χια θέρμανση και ψύξη. Στην εργασία αυτή γίνεται μια προεπάθεια αξιολόγησης των ιδιοτήτων των υλικών, που υποληπτώνται στην αντίσταση θερμοδιαφυγής και βοηθούν στην αξιοποίηση του κλίματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παθητικά συστήματα, Εξοικονόμηση ενέργειας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα ηλαίσια της εύγχρονης τεχνικής εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια χωρίζουμε τις όψεις τους σε δύο κατηγορίες. Στη μια κατηγορία ανοίκουν οι νότιες όψεις, εντις οποίες προσαρμόζουμε τα παθητικά συστήματα και στην άλλη όλες οι άλλες εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, τις οποίες θερμομονώνουμε όσο γίνεται καλύτερα. Άυτό όμως θημαίνει τελικά ότι, ένα μικρό μόνο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου είναι διαθέσιμο στις εφαρμογές της ηλιακής τεχνικής.

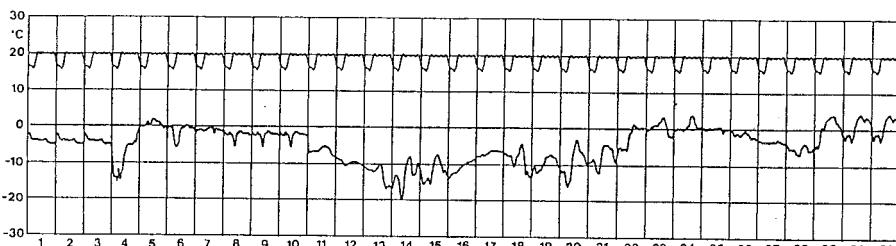
Στην εργασία αυτή γίνεται μια προεπάθεια ανάλυσης της θερμικής συμπεριφοράς κτιριακών στοιχείων, κατασκευασμένων με κοινά δομικά υλικά, με μια μέθοδο προσαρμοίσεως της θερμικής συμπεριφοράς χώρων, που έχει επαληθευτεί και πειραματικά σε πολλά έργα [1] με [6]. Στόχος της ανάλυσης αυτής είναι ο προενδιορισμός των ιδιοτήτων εκείνων των υλικών, που επιτρέπουν τη μεχαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας αξιοποιώντας τις κλιματικές συνθήκες. Τι αποτελέσματα δείχνουν τη θηματική βελτίωση που θα πετυχαίναμε με συνδιάζοντας τη μεχαλή αυτίσταση θερμοδιαφυγής με άλλες ιδιότητες των υλικών.

2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

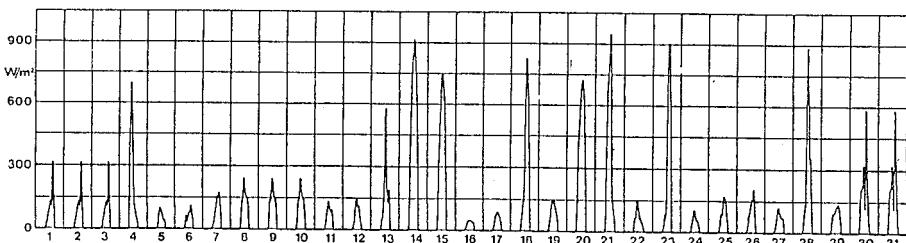
Η μονοδιάβατη μετάβοση της θερμότητας μέσα από πολυκέλυφα κτιριακά ετοιχεία υπολογίζεται από την εξίσωση του Fourier με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών (finite differences), βλέπε [1].

Η ευναγωγή ετην εξωτερική και την εσωτερική επιφάνεια του ετοιχείου υπολογίζεται με τη χρήση δύο εταθερών ευντελεστών ευναγωγής, $\alpha_1=23$ και $\alpha_2=8 \text{ W/m}^2\text{K}$ αντίστοιχα, και τη δεδομένη θερμοκρασία του αέρα μακριά από το τοίχωμα. Οι επιπλέον απώλειες που οφείλονται στην ακτινοβολία της εξωτερικής επιφάνειας του ετοιχείου ετην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος προεγχίζονται με την μείωση της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα κατά 3°C από τη δύνη μέχρι την ανατολή του ήλιου, βλέπε [6].

Η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα μετρήθηκε στο Fraunhofer-Institut fuer Bauphysik in der Außenstelle Holzkirchen (περιοχή του Μονάχου) του Ιανουάριο του 1980. Η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα μεταβάλλεται ανάμεσα σε δύο ακραίες τιμές, 15°C ελαχίστη και 20°C μεχείτη (όπως ακριβώς ευμβαίνει με ευνεχή θέρμανση μάνο την ημέρα). Η μεταβολή της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα απεικονίζεται στο εκόμα 1.



ΣΧΗΜΑ 1.: Θερμοκρασία του εσωτερικού (πάνω) και του εξωτερικού αέρα που μετρήθηκε στο Holzkirchen τον Ιανουάριο 1980 (κάτω).



ΣΧΗΜΑ 2.: Οιακή πλιακή ακτινοβολία πάνω σε ένα νότιο τοίχο μετρήθηκε τον Ιανουάριο 1980 στο Holzkirchen.

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προεπίπτει πάνω σε ένα νότια προσανατολισμένο στοιχείο μετρήθηκε στο ίδιο σημείο με την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα και για την ίδια περίοδο. Η προεπίπτουσα ολική ηλιακή ακτινοβολία απεικονίζεται στο εκόμα 2.

Η μεταβολή του συντελεστή της περατότητας των διάφανων υλικών, που μελετήθηκαν, υπολογίζεται σαν συνάρτηση της γωνίας πρόστιασης φ και του συντελεστή για κάθετη πρόστιαση τ_0 με τη σχέση (1) από την [?].

$$\tau = \tau_0 \{1 - (\cos \phi)^r\} \quad (1)$$

Όπου r είναι μια εμπειρική σταθερά που χαρακτηρίζει το κάθε υλικό, βλέπε [?]. Η σχέση αυτή ισχύει για την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Χρησιμοποιώντας τη σχέση αυτή για την ολική ηλιακή ακτινοβολία, επειδή δεν μετρήθηκε ούτε άμεση, ούτε διάχυτη φ' αυτήν την περίοδο, υπολογίζουμε τελικά μικρότερη περατότητα από την πραγματική. Αυτό συμβαίνει γιατί η περατότητα των υλικών στη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι πρακτικά αυξεχάρτητη από τη γωνία πρόστιασης (συνήθως έχει μια τιμή ίση με το 90% περίπου της τιμής τ_0).

Η προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς των στοιχείων καλύπτει ολόκληρο τον μήνα Ιανουάριο και πραγματοποιήθηκε με ένα βήμα στο χρόνο ίσο με 60 δευτερόλεπτα.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα στοιχεία που μελετήθηκαν περιγράφονται στα παρακάτω εκόματα 3α με 3g. Η κατασκευή των στοιχείων είναι απλή και τα υλικά που τ' αποτελούν είναι συνηθισμένα βομβικά υλικά, εκτός από τη διάφανη μόνωση.

Ειδικότερα βεβομένα χρησιμοποιήθηκαν για την περατότητα του τζαμιού και της διάφανης μόνωσης. Για το τζάμι έχιναν δεκτές οι τιμές:

$\tau_0 = 0,81$; $p_0 = 0,08$; $\alpha_0 = 0,11$ και $r = 3$, βλέπε [?]. Για τον

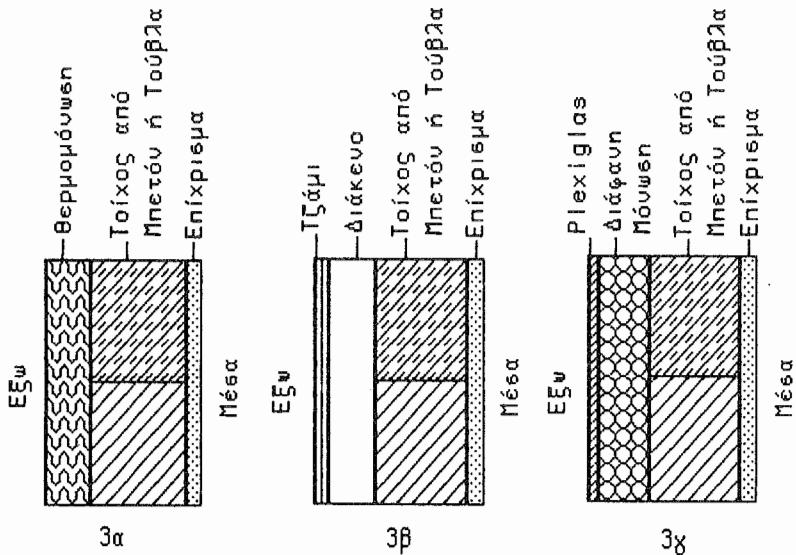
ευδιασμό Plexiglas-διάφανη μόνωση έχιναν δεκτές οι τιμές:

$\tau_0 = 0,693$; $p_0 = 0,137$ και $r = 2$, βλέπε [?]. Ο συντελεστής

απορρόφησης του Plexiglas ήταν ίσος με $\alpha_{01} = 0,07$ και της διάφανης

μόνωσης $\alpha_{02} = 0,10$. Ο συντελεστής απορρόφησης για την ηλιακή

ακτινοβολία της κλασσικής θερμομόνωσης θεωρήθηκε ίσος με $\alpha_{\mu} = 0,6$.



ΣΧΗΜΑ 3: Σχηματική περιγραφή των ετοιχείων. Κλασική Θερμομόνωση (3α), τοίχος Trombe ή έμμεσου κέρδους (3β), διάφανη μόνωση (3γ).

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ετην κατασκευή των ετοιχείων περιγράφονται στον πίνακα 1. Όλες οι ιδιότητες αυτές προέρχονται από τον κανονισμό DIN 4108, βλέπε [8].

Υλικό	Πάχος m	Άργαγιμότητα W/mK	Ειθ. Βάρος kg/m ³	Ειθ. θερμότητα J/kg K
Επίχρισμα	0,01	0,35	1200	950
Μπετόν	0,175	2,1	2400	950
Θερμομόνωση	0,03	0,04	40	1460
Τζάμι	0,006	0,81	2500	920
Διάκευση	0,024	*	1,3	1006
Plexiglas	0,001	0,19	1200	1460
Διάφανη μόνωση	0,03	0,04	30	1460

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών από την [8].

* Η μετάδοση της θερμότητας με ευναγωγή και ακτινοβολία μέσα στα διάκευα υπολογίζεται όταν ευνάρτηση της θερμοκρασίας, βλέπε [1].

Τα ετοιχεία, που μελετήθηκαν, είναι διάφοροι συνδιασμοί των υλικών του πίνακα 1. Αναλυτικότερα το καθένα από αυτά αποτελείται από τις παρακάτω ετρύχεις (με τη ειρά από μέσα προς τα έξω):

Στοιχείο	1η Στρώση	2η Στρώση	3η Στρώση	4η Στρώση
01	Επίχρισμα	Μπετόν	Θερμομόνωση	-
02	Επίχρισμα	Τούβλα	Θερμομόνωση	-
T1	Επίχρισμα	Μπετόν	Διάκενο	Τζάμι
T2	Επίχρισμα	Τούβλα	Διάκενο	Τζάμι
ΔM1	Επίχρισμα	Μπετόν	Διάφ. μόνωση	Plexiglas
ΔM2	Επίχρισμα	Τούβλα	Διάφ. μόνωση	Plexiglas

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κτιριακά ετοιχεία, που περιγράψαμε παραπάνω, μελετήθηκαν με τη μέθοδο προσθομοίωσης για όλη τη διάρκεια του Ιανουαρίου κάτω από τις διεμενείς αυτές κλιματικές συνθήκες. Προσδιορίστηκαν οι επιφανειακές θερμοκρασίες της κάθε ετρύχεις και η θερμική ροή που περνά μέσα από το ετοιχείο. Στον πίνακα 2 έχουν καταχωριθεί οι ημερήσιες απώλειες ή κέρδη του κάθε ετοιχείου και τα εύνοια τους για το μήνα Ιανουάριο. Η πρώτη μέρα του μήνα αυτού παραλείπεται, γιατί τ' αποτελέσματα βρίσκονται κάτω από την επίδραση των αρχικών συνθηκών (για να μπορεί να συνυπολογιστεί και η μέρα αυτή πρέπει ν' αρχίσουν οι υπολογισμοί μια ή περισσότερες μέρες υπρίτερα).

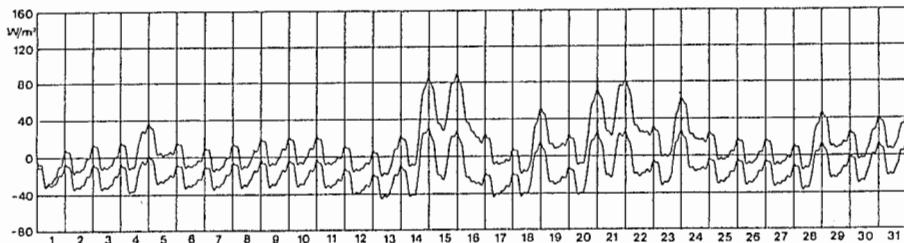
Οι τιμές, που περιέχει ο πίνακας 2, δείχνουν καθαρά ότι, η κλασσική θερμομόνωση παρουσιάζει πάντοτε απώλειες της ίδιας τάξης μεχέθους για όλο τον μήνα και μάλιστα τις μεγαλύτερες τις ημέρες με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, γιατί αυτές τις ημέρες παρουσιάζονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες. Τ' αποτελέσματα είναι αντίστροφα για τα δυο άλλα ετοιχεία, που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία. Βλέπουμε τον τοίχο Trombe ή έμμεσου κέρδους να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απώλειες τις πιο εκτεινές ημέρες, όπως και το ετοιχείο με τη διάφανη μόνωση.

Η θερμική ευμπειριφορά των ετοιχείων περιγράφεται αναλυτικά ετοιχήματα 4 και 5. Στα εχήματα αυτά παριστάνεται η μεταβολή της θερμικής ροής ετην εεωτερική επιφάνεια των ετοιχείων.

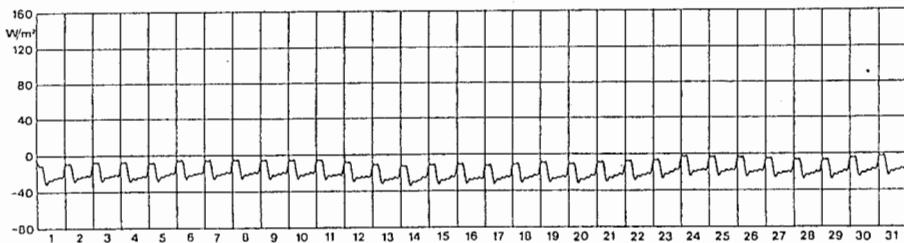
Ημέρα	B1 W/m ²	B2 W/m ²	T1 W/m ²	T2 W/m ²	ΔM1 W/m ²	ΔM2 W/m ²
2	-573	-466	-847	-524	-68	-108
3	-560	-450	-864	-532	-2	-1
4	-607	-474	-633	-411	461	248
5	-534	-439	-740	-417	238	275
6	-504	-403	-882	-538	-96	-29
7	-496	-397	-817	-523	-81	-74
8	-502	-396	-721	-451	84	36
9	-511	-404	-707	-432	159	112
10	-513	-406	-705	-429	176	134
11	-557	-430	-930	-535	1	49
12	-637	-489	-1181	-709	-207	-126
13	-694	-539	-1084	-699	-15	-81
14	-719	-571	-255	-275	1198	619
15	-677	-541	40	76	1187	1409
16	-700	-546	-890	-364	788	929
17	-676	-543	-1244	-766	-145	23
18	-624	-505	-618	-496	401	135
19	-660	-514	-830	-405	492	495
20	-650	-523	-362	-331	921	507
21	-594	-479	123	106	1725	1266
22	-565	-454	-554	-210	876	929
23	-465	-391	-211	-226	758	499
24	-442	-351	-391	-125	663	685
25	-453	-358	-713	-428	97	146
26	-474	-371	-729	-447	50	57
27	-515	-400	-866	-512	-39	5
28	-537	-423	-488	-375	455	192
29	-510	-412	-533	-272	512	474
30	-451	-368	-354	-251	517	348
Σύνολα	-16400	-13403	-18986	-11501	11796	9134

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Ημερήσιες απώλειες ή κέρδη του ετοιχείου.

Στα εκόματα 4 και 5 απεικονίζεται η πυκνότητα θερμικής ροής στην εσωτερική επιφάνεια των ετοιχείων. Στο εκόμα 4 παρατηρούμε ότι, η μεταβολή της θερμικής ροής στην εσωτερική επιφάνεια και των δυο παθητικών ετοιχείων εξαρτάται άμεσα από την μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα στη διάρκεια του 24ώρου. Αυτή θέτει η θερμική ροή στην εσωτερική επιφάνεια του κλασικά θερμομονωμένου ετοιχείου εξαρτάται άμεσα από την μεταβολή της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα και η επίδραση των εξωτερικών συνθηκών είναι ιδιαίτερα μειωμένη. Δηλαδή Η θερμομόνωση εμποδίζει αποτελεσματικά τις διεθευνέστερες εξωτερικές επιδράσεις, να φτάσουν στο εσωτερικό των χώρων, αλλά ευχρόνως εμποδίζει και τις ευνοϊκές.



ΣΧΗΜΑ 4: Πυκνότητα θερμικής ροής στην εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου.
Επάνω τούβλα-διάφανη μόνωση και κάτω τούβλα-τζάμι.



ΣΧΗΜΑ 5: Πυκνότητα θερμικής ροής στην εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου.
Τούβλα με κλασική θερμομόνωση.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τι αποτελέσματα, που είναι παραπάνω, δείχνουν τη μεγαλη θημασία που θα είχε ο βαυδιαθρός της μεγάλης αντίτασης θερμοδιαφυγής με την μεγαλη περατότητα. Ένας τέτοιος βαυδιαθρός ιδιοτήτων θα μπορούσε να θημαίνει τελικά την πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία του κτιρίου σε θέρμανση και ζεστό νερό. Δεν πρέπει όμως να παραλείπεται η προβληματική της θερμικής περιόδου, γιατί τότε οι μέχιστες θερμοκρασίες των επρώσεων ξεπερνούν κατά πολύ την αυτοχή των υδρίκων. Η μέχιστη θερμοκρασία πίσω από το τζάμι, που υπολογίστηκε για την εξωτερική επιφάνεια των τούβλων, είναι 74°C . Η αντίστοιχη θερμοκρασία πίσω από τη διάφανη μόνωση είναι 104°C .

Θα μπορούσε λοιπόν κανείς ν' αναζητήσει μια περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία που μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, βλέπε [9], δηλαδή είναι πολλές ακόμα οι ιδιότητες που μπορούν να συμβάλουν στην εξέλιξη της ηλιακής τεχνικής και πρέπει να μελετηθούν.

6. BIBLIOGRAPHIA

- [1] Frangoudakis,A.,Kupke,Chr.,Mechel,F.P.: (1982) Berechnung des Waermedurchgangs durch mehrschichtige Waende mit gleichzeitiger Waermeleitung,Konvektion und Strahlung,Gesundheits-Ingenieur,103 (1982) Heft 1,pp. 35-39.
- [2] Frangoudakis,A.,Koenig,N.: (1982) Die numerische Simulation als Ergaenzung waermetechnischer Experimente,Gesundheits-Ingenieur,103 (1982) Heft 6,pp. 275-278 und 373.
- [3] Frangoudakis,A.,Koenig,N.: (1983) Regulation of thermal comfort and heat energy consumption of rooms using various heating modes,Proceedings of the International Conference "System Simulation in Buildings",Liege 6-8 December 1982.
- [4] Frangoudakis,A.,Koenig,N.: (1983) Die numerische Simulation als Ergaenzung waermetechnischer Experimente,Teil II,Gesundheits-ingenieur,104 (1983) Heft 3,pp. 124-130.
- [5] Bertsch,K.,Boy,E.,Frangoudakis,A.,Heim,U.: (1985) Licht-transparente Waermedaemmung-Eine Moeglichkeit zur drastischen Reduzierung des Verbrauchs an fossilen Energietraegern im Haushaltsbereich,Proceedings of the First EC Conference on Solar Heating,Amsterdam 30 April - 4 May 1984.
- [6] Frangoudakis,A.: (1985) Essais de verification experimentale d' un modèle,Comptes Rendus des Journées d' Etudes 84 "Modélisation et Simulation en Thermique" Poitiers 20-21 Septembre 1984,pp. 443-448.
- [7] Haferland,F.,Heindl,W.,Fuchs,H.: (1977) Entwicklung eines einfach anzuwendenden Rechenprogramms zur Ermittlung von Luft- und Bauteiltemperaturen sowie Heiz- und Kuehlleistungen. Durchgefuehrt im Auftrag des Bundesministers fuer Raumordnung,Bauwesen und Staedtebau,Berlin.
- [8] DIN 4108:(1981) "Waermeschutz im Hochbau",Auszg. August 1981.
- [9] Kuhl,G.W.(Inhaber): (1981) Lichtdurchlaessiger Koerper variabler Transparenz,Patentschrift DE 21 54 042 C 3,Veroeffentlichungstag: 3.12.1981.

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

ΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΜΕΣΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥ-
ΣΤΗΜΑ ΕΛΕΤΧΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Ε.Α.Καγιάφας
Λέκτορας ΕΜΠ

Γ.Καμπουράκης
Επιστ.Συνεργάτης ΕΜΠ

Σ. Ποριάζης
Διπλ.Ηλεκτρολόγος
ΕΜΠ

Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Τομέας Πληροφορικής
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΑΘΗΝΑ 15773

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Στην εργασία αυτή γίνεται φηφιακή επεξεργασία θερμοκρασιακών δεδομένων για συγκεκριμένη πόλη της Ελλάδας. Σαν αποτέλεσμα, προτείνεται ένα μοντέλο γραμμικής πρόβλεψης, που υσχύει για τα συγκεκριμένα μετεωρολογικά δεδομένα. Το μοντέλο αυτό θα χρειασθεί για τη σχεδίαση ενός αυτομάτου συστήματος ελέγχου με μικροεπεξεργαστή, που θα ελέγχει τη λειτουργία κεντρικών συστημάτων κλιματισμού (θέρμανση-ψύξη) (1),(2),(3).

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων, Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας, είχε βέβαια πάντοτε ενδιαφέρον, αλλά μετά την Πετρελαϊκή Κρίση του 1973 έγινε υδατέρα ελκυστικό για ερευνητές, επιστήμονες, τεχνικούς εν γένει, οι οποίοι ειδικά για θέματα οικιακής θέρμανσης και φύξης προτείνουν διάφορα συστήματα που βασίζονται ως επί το πλείστον σε λειτουργίαν αναλογικού-διαφορικού ή ολοκληρωτικού μηχανισμού ελέγχου. Αυτά είναι πραγματικού χρόνου συστήματα, δεν έχουν μνήμη και ελέγχουν την λειτουργία σύμφωνα με τις ανάγκες που παρουσιάζονται. Εάν υπήρχε τρόπος να προβλεφθεί η μέση θερμοκρασία ενός μελλοντικού χρονικού διαστήματος (π.χ. μιάς εβδομάδας), τότε το σύστημα θα είχε τη δυνατότητα να προβλέψει τις ενεργειακές απαιτήσεις καθώς και να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες για θερμική άνεση και αυτό με βέλτιστο ενεργειακό έλεγχο. Επίσης, συστήματα με καθορισμένο προϋπολογισμό είναι δυνατόν να λειτουργήσουν απενελλιπώς για δύο το χρονικό διάστημα που προγραμματίζονται, χρησιμοποιώντας τον όντο μηχανισμό ελέγχου. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει, τη παρουσίαση των πρώτων αποτελεσμάτων για το σκοπό αυτό, δηλαδή αποτελέσματα μοντέλων γραμμικής πρόβλεψης μέσων θερμοκρασιών για τις κλιματολογικές συνθήκες ενός τόπου (3).

Στοιχειοθέτηση του προβλήματος

Η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης είναι ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο σήμα, του οποίου το μέγεθος διαφέρει από τόπο σε τόπο, η δε επέδρασή του στα έμβια δύντα είναι φανερή. Επίσης η στατιστική αυτού του σήματος διαφέρει από τόπο σε τόπο. Πάντως, το σήμα της θερμοκρασίας, ακολου-

θεί το νόμο της εποχικότητας και πολλές από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οργανώνονται μὲ βάση αυτές τις εποχικές αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι αλλαγές αυτές επηρρεάζουν όμεσα και τις δαπάνες διαβίωσης, όπως εύναι ευρύτερα γνωστό, υδώς το χειμώνα, για τις περισσότερες χώρες.

Πληροφορίες για την κατάσταση της θερμικής συμπεριφοράς του κλίματος ενός τόπου μπορούν να ληφθούν από τα αρχεία της μετεωρολογικής υπηρεσίας. Σύμφωνα με εργασίες στο τομέα αυτό έχει καταδειχθεί ότι οι μέσες θερμοκρασίες ακολουθούν χονδρικά μία ημιτονική καμπύλη, με περίοδο ενός χρόνου (4). Τούτο σχίζεται για τις μέσες των μεγύστων και των ελαχίστων και τις απόλυτα μέγιστρες και ελαχίστες (4). Η μαθηματική έκφραση αυτών των συμπερασμάτων μπορεί να δοθεί με την παρακάτω εξισώση:

$$T(i) = A_1 + A_2 \cos\left(\frac{i}{\lambda} + \varphi\right)$$

όπου: $T(i)$ = μέση, μέγιστη ή ελαχίστη θερμοκρασία της ιημέρας
 A_1 = ετήσια μέση, μέγιστη ή ελαχίστη θερμοκρασία του τόπου.
 A_2 = πλάτος της ετήσιας θερμοκρασιακής μεταβολής του τόπου.
 i = αριθμός ημέρας του έτους
 λ = σταθερά (= 365/360)
 φ = διαφορά φάσης (σταθερά του τόπου)

Η διαφορά φάσης εύναι πολύ χρήσιμο μέγεθος για να ρυθμισθεί η εξέσωση για μέρη που γειτονεύουν με άλλα με γνωστά μετεωρολογικά στοιχεία (καθορισμένες σταθερές), καθώς και άλλα μέρη με ανάλογο κλίμα.

Η προσεγγιστική εξέσωση που προαναφέρθηκε εύναι επαρκής για τη σχεδίαση κλιματιστικών συστημάτων και δύνει χρήσιμες πληροφορίες για την εύρεση των βέλτιστων μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην λειτουργία αυτών των συστημάτων. Πλην όμως, ο υπολογισμός της θερμοκρασίας που δύνει, δεν επαρκεί για το σύστημα που σχεδιάσθηκε να λειτουργήσει με προκαθορισμένο προϋπολογισμό. Το μοντέλο που χρειάζεται, πρέπει να ελαχιστοποιεί τις διαφορές προβλεπόμενης - πραγματικής θερμοκρασίας και να ακολουθεί το σήμα των πραγματικών δεδομένων με όλες τις δυναμικές μεταβολές.

Μερικές παράμετροι του προβλήματος:

Τα αποτελέσματα της περιούσης εργασίας πρέπει να εφαρμόζονται σε διάφορα μέρη τα οποία τουλάχιστον παρουσιάζουν δύοια κλιματολογική συμπεριφορά. Για την επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά στοιχεία 20 ετών, ενός συγκεκριμένου τόπου. Η μέθοδος εφαρμόστηκε πρώτα για την εβδομαδιαία τιμή μέσης, μεγύστης ή ελαχίστης θερμοκρασίας και κατόπιν για τα ημερήσια αντίστοιχα μεγέθη. Η εκλογή της έβδομαδας γίνεται για λειτουργικούς λόγους, μια που το χρονικό αυτό διάστημα είναι καθοριστικό για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι εβδομαδιαίες προβλέψεις θα εύναι χρήσιμες για καθορισμό των θερμοκρασιακών ορίων της επόμενης βδομάδας λειτουργίας του συστήματος, μέσα στα οποία (όρια) θα κυμανθεί η επιθυμητή θερμοκρασία και σύμφωνα με την πρόβλεψη της επόμενης μέρας που θα εύναι και ο δεύτερος στόχος του μοντέλου. Έτσι εξασφαλίζεται σταθερότητα στο σύστημα μια που θα μπορεί να επέλθει διάρρωση στις μακροπρόθεσμες (εβδομαδιαίες) αποφάσεις.

Κλασσική στατιστική και φυφιακή επεξεργασία σήματος . Συζήτηση αποτελεσμάτων:

Η μέση θερμοκρασία ημέρας για την περύοδο των 20 ετών όπως καταγράφηκε από τα μετεωρολογικά αρχεία φαίνεται στο σχ. 1. Στο σχήμα 2 φαίνεται το σήμα για περύοδο ενός έτους για τη μέση, μεγύστη και ελαχύστη θερμοκρασία. Στο σχήμα 3 φαίνεται η τυπική απόκλιση για το σήμα των μέσων θερμοκρασιών και είναι μεγαλύτερη στις χαμηλέστερες θερμοκρασίες (χειμώνα) απ' ότι στις υψηλές. Στο σχήμα 4 φαίνεται η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης του σήματος και στο 5 μια λεπτομέρεια του σχήματος 4, που δείχνει καθαρά τον ημιτονικό χαρακτήρα του θερμοκρασιακού σήματος με μετρηθείσα περύοδο 365 ημερών. Αυτό είναι και μια άλλη "επιβεβαίωση" της χρονικής διάρκειας του έτους χωρίς αστρονομικές παρατηρήσεις! Το ίδιο συμπέρασμα εξάγεται από τη παρατήρηση του φάσματος στα σχήματα 7a, 7b όπου με τον F.F.T., παρατηρούμε κορυφή στη συχνότητα που αντιστοιχεί στη περύοδο εγός έτους.

Στο σχήμα 6, παρατηρείται η μεταβολή στη μέση, μεγύστη και ελαχύστη έτησια θερμοκρασία για την περύοδο των 20 ετών 1962-81. Η έντονη διακύμανση που παρατηρείται στις τιμές που αντιστοιχούν στα έτη 1965-68, καθώς και στα έτη 1977-80 πρέπει να σχετίζεται με τη δραστηριότητα των ηλιακών κηλίδων. Το ίδιο παρατηρήθηκε στα φάσματα που πάρθηκαν (3), (Τα αντίστοιχα σχήματα δεν παρουσιάζονται στην εργασία), σαν πρόσθετες κορυφές περιόδου περύου 11 ετών, αλλά αυτά τα συμπεράσματα έως ακόμη να μην είναι ακριβή, λόγω του μικρού σχετικά χρονικού δειγματος, (20 χρόνια), συγκρινούμενου με την περύοδο των 11 χρόνων.

Η φυφιακή επεξεργασία των θερμοκρασιακών δεδομένων βασίσθηκε σε μεθόδους ανάλυσης πολύ γνωστές στον τομέα της γραμμικής πρόβλεψης. Εφαρμόσθηκαν οι μέθοδοι autocorrelation και covariance και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η ανάπτυξη των δύο μεθόδων που αναφέρθηκαν δεν θα γίνει βέβαια στα πλαίσια της παρούσης εργασίας μια που έχει εκτεθεί αναλυτικά αλλού (4), (5) και (6).

Στα σχήματα 7a και 7b διακρίνονται τα φάσματα που ελήφθησαν με τις δύο μεθόδους. Τα αποτελέσματα διαφέρουν πολύ λύγο. Αυτό αναμένεται από τη θεωρία, όταν τα δείγματα είναι πολλά. Και στα δύο φάσματα παρατηρούμε μία εύκολα διακρινόμενη κορυφή, ακολουθούμενη από σχεδόν σταθερό θόρυβο. Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο 40 πόλων, το φάσμα προσεγγίζεται αρκετά καλά, αλλά καλή προσέγγιση επιτυγχάνεται και με 15ης τάξης μοντέλο (συνεχής γραμμή στο σχήμα).

Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται σε λεπτομέρεια μία περιοχή του πραγματικού προβλεπόμενου και ημιτονικής προσέγγισης σήματος. Η πρόβλεψη είναι πολύ ικανοποιητική. Το απολύτως μεγαλύτερο σφάλμα που παρατηρήθηκε σε δηλητήριο την έκταση των δεδομένων είναι 5°C, αλλά το μέσο σφάλμα στο ίδιο διάστημα είναι 1,1°C και αυτό είναι περύου το μισό απ' το σφάλμα που έχουμε με τον ημιτονικό νόμο (4). Το παρατηρούμενο σφάλμα οφείλεται στην υστέρηση (lag) που εισάγεται στην εφαρμογή των γραμμικών μεθόδων πρόβλεψης. Σε όλες εφαρμογές όπως στην ανάλυση φωνής ή εγκεφαλογραφημάτων, η υστέρηση αυτή δεν βλάπτει. Στη παρούσα όμως εργασία, πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Σ' αυτό το τομέα γίνεται ήδη έρευνα χρησιμοποιώντας μεθόδους ανάλυσης του σφάλματος, που για τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι μεγάλο το χειμώνα και μικρό το καλοκαίρι. Πρός την κατεύθυνση αυτή, εφαρμόζεται κλασσική ανάλυση φέλτρων Kalman καθώς και άλλες μεθόδους ανάλυσης όπως περιγράφονται στην εργασία 8, και τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά.

Συμπεράσματα:

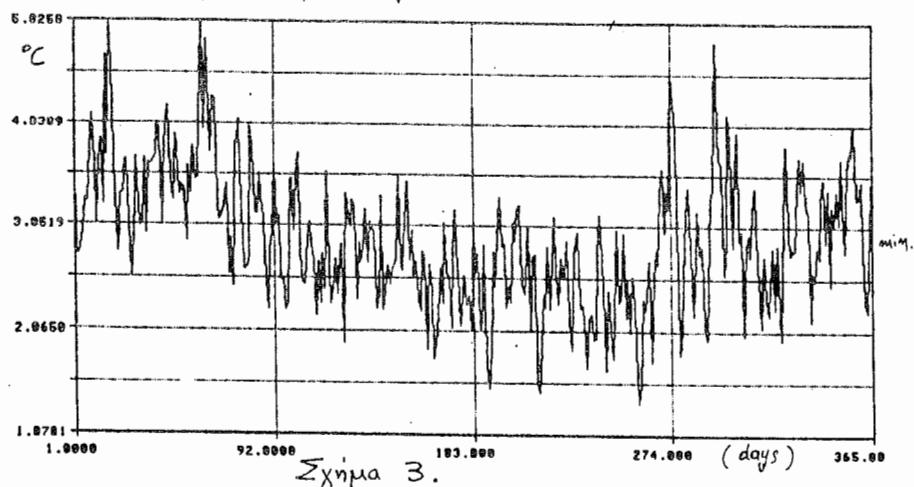
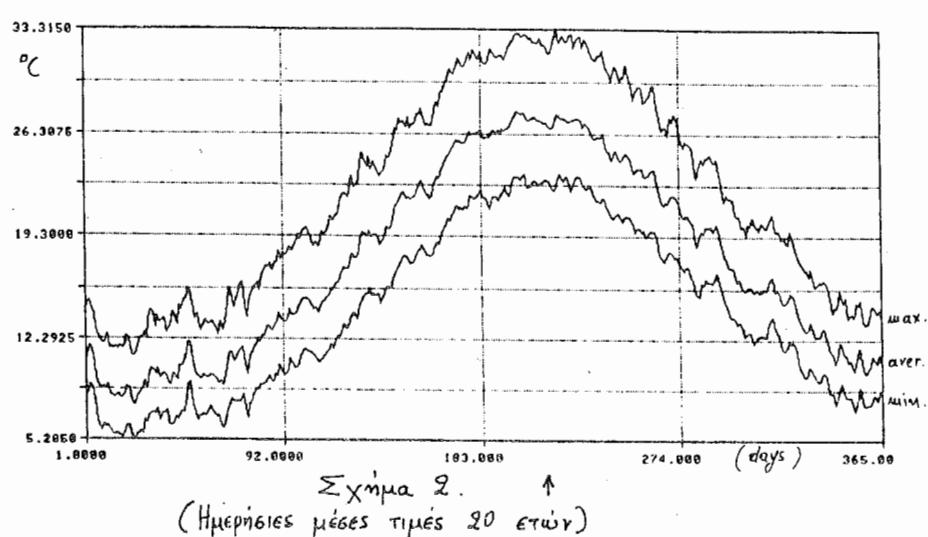
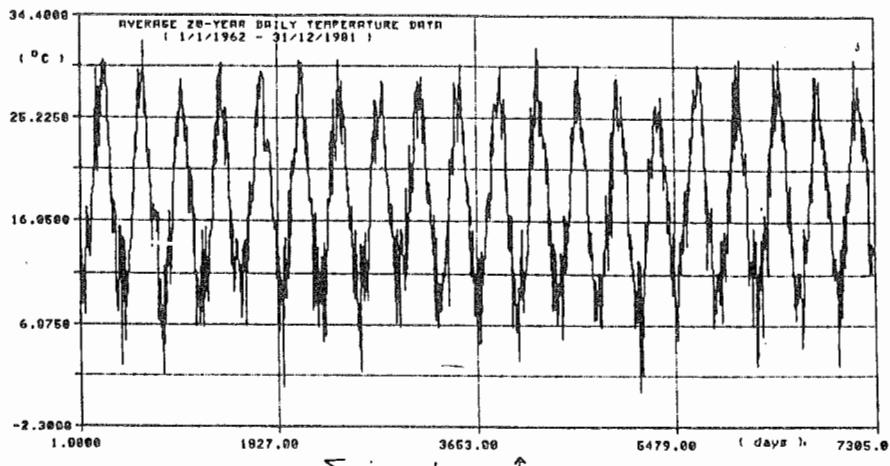
Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι έχουμε να κάνουμε με εργοδική επεξεργασία. Έτσι η μέθοδος εφαρμόζεται σε τόπους με επαρκείς μετεωρολογικές μετρήσεις.

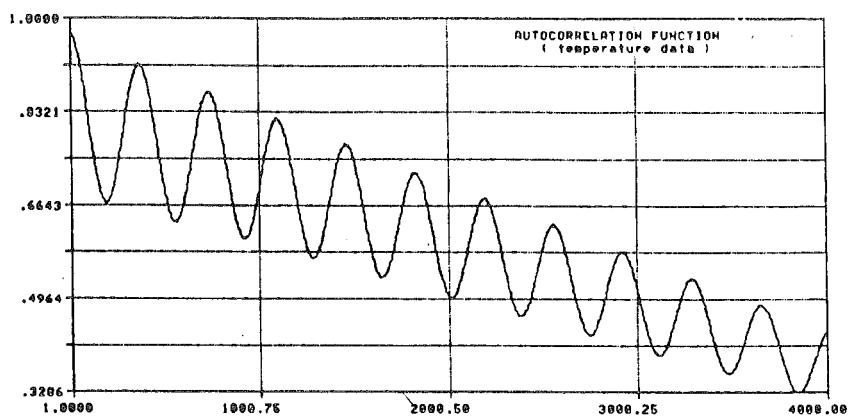
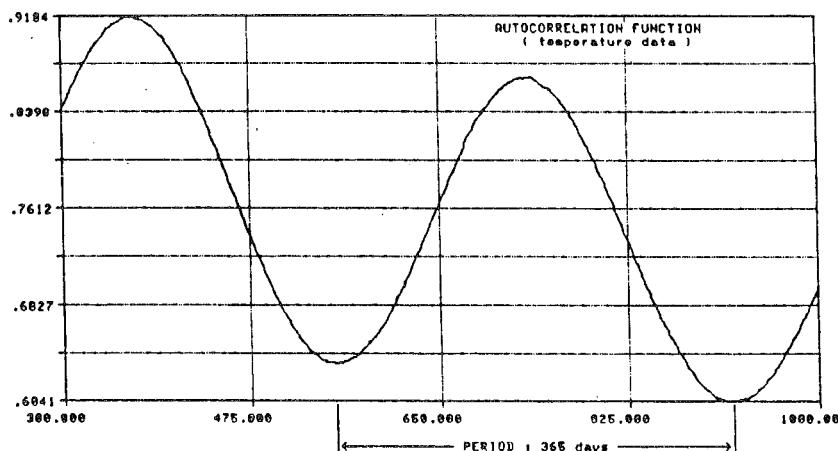
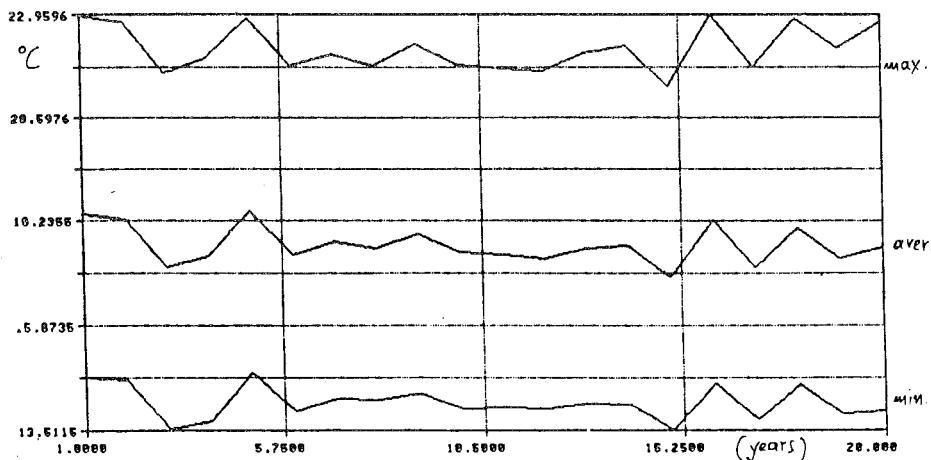
Η πρόβλεψη της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας μεθόδους γραμμικής πρόβλεψης, εύναι στόχος που μπορεί να επιτευχθεί, τουλάχιστον στο βαθμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή που αναφέρθηκε παραπάνω. Η εφαρμογή αυτή υπολογίσθηκε να προσφέρει 20% οικονομία (2). Το μέσο σφάλμα στη πρόβλεψη εύναι 1.1°C και το απολύτως μεγαλύτερο στο διάστημα των 20 ετών 5°C . Υπολογίζεται ότι η περαιτέρω επεξεργασία της συνάρτησης σφαλμάτων θα ελαχιστοποιήσει τις παρατηρούμενες διαφορές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

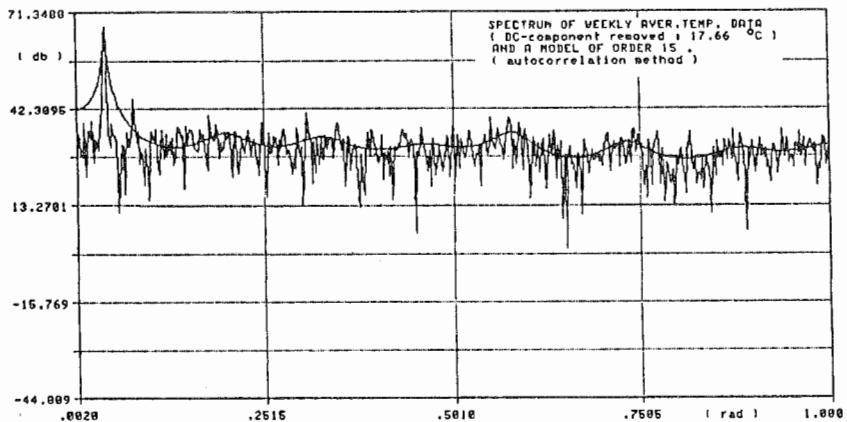
1. E.A. Kayafas, G.E. Cambourakis "Automatic Control system for Resting installations with maximum energy consuption limit" VOL II Proceedings of MELECON 83 ATHENS.
2. Ε. Καγιάφας, Γ. Καμπουράκης, Μ. Παππάς. "Έλεγχος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης με περιορισμό στη μεγύστη κατανάλωση ενέργειας". Πρακτικά 2ου Εθνικού Συνεδρίου "Ηπιες μορφές ενέργειας" Θεσσαλονίκη 1985. Επίσης διπλωματική εργασία του Μ. Παππά. ΕΜΠ 1985.
3. Σ. Ποριάζης. "Ένα μοντέλο πρόβλεψης μέσων θερμοκρασιών με χρήση σε αυτόματο σύστημα ελέγχου κλιματιστικών εγκαταστάσεων". Διπλωματική εργασία ΕΜΠ Ιούλιος 1985.
4. Δ.Α. Κουρεμένος, Κ.Α. Αντωνόπουλος. "Θερμοκρασιακό στοιχεία 35 Ελληνικών Πόλεων" Αθήνα 1984.
5. John Makhoul "Linear Prediction. A Tutorial Review". Proc. IEEE Vol. 63, pp. 561-580, 1975.
6. John Makhoul "Spectral Linear Prediction Properties and Applications" IEEE Tran on Acoustics Speech and Signal Proc. Vol. ASSP-23 No 3 pp. 283-296. June 1975.
7. N. Kalouptsidis, G. Carayannis, D. Manolakis and E. Koukoutsis "Efficient Recursive in order least squares FIR filtering and prediction" to be published in ASSP.
8. D.G. Manolakis, N. Kalouptsidis and G. Carayannis "Fast algorithms for discrete-time Wiener filters will Optimum lag" IEEE Trans. ASSP Pra. Vol. ASSP 31 No 1,p. 168, Febr. 83.

EEK-35

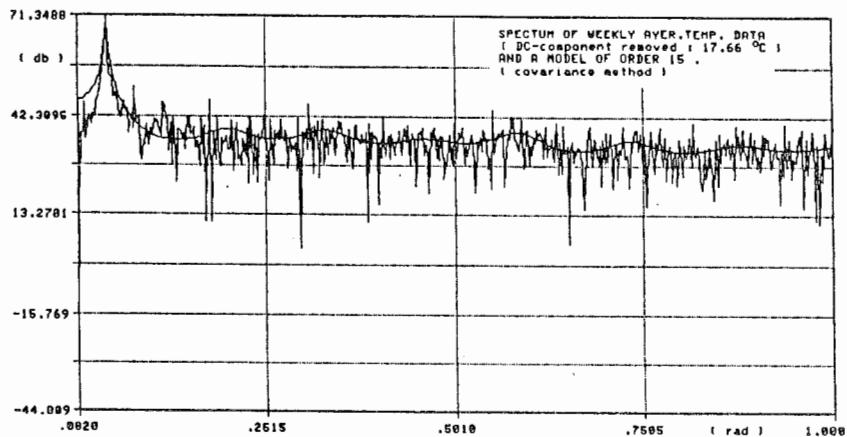


 $\Sigma \chi^2$ μα 4. ↑ $\Sigma \chi^2$ μα 5. ↑ $\Sigma \chi^2$ μα 6.

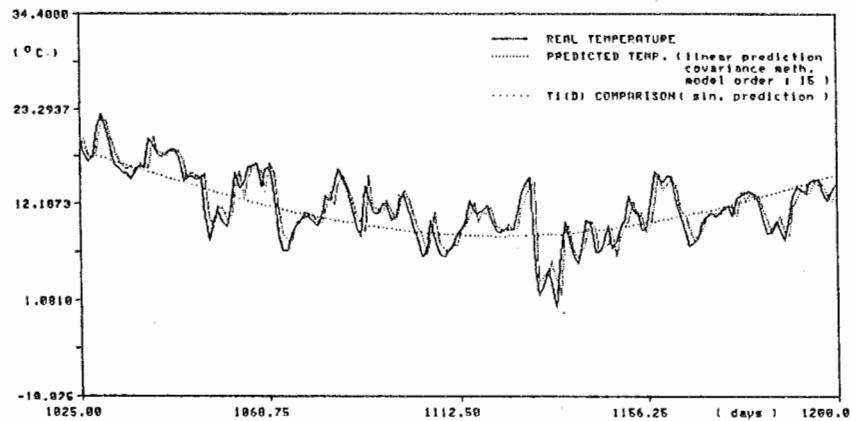
EEK-37



Σχήμα 7a ↑



Σχήμα 7b ↑



Σχήμα 8

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΠΙΤΙΟΥ ΣΤΟΝ ΗΛΙΟ
 Ενα γενικό μοντέλο προσομοίωσης της
 δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς ατιρίου

Β.Α, Σωτηρόπουλος, Καθηγητής ΑΠΘ
 Δ.Α.Μπόζης, Μηχ.Μηχ. ΑΠΘ
 Α.Χ.Χριστοφορίδης, Μηχ.Μηχ. ΑΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προτείνεται ένα γενικό μοντέλο προσομοίωσης της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς ατιρίου. Πρόκειται συγκεκριμένα για μια μέθοδο-οδηγό για την κατάστρωση μοντέλου προσομοίωσης με στόχο την αρχική διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς οποιουδήποτε τύπου κατοικίας. Το μοντέλο που προτείνεται είναι γενικό, και μπορεί να εφαρμοστεί πριν από την αρχιτεκτονική σχεδίαση του ατιρίου και να την βοηθήσει.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Δυναμική θερμική συμπεριφορά ατιρίου, προσομοίωση θερμικών ράων ατιρίου παθητικός ηλιακός σχεδιασμός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας αντιμετωπίζονται εδώ σαν δυναμικά φαινόμενα. Εξετάζεται δηλαδή η εξέλιξη της θερμικής κατάστασης των στοιχείων συστημάτων του ατιρίου στο χρόνο. Παίρνονται υπόψη μ' αυτό τον τρόπο και:

α.Η μεταβολή των ηλιακασιών μεγεθών (εξωτερική θερμοκρασία, διάμετρος ηλιακή αιτινοβολία)

β.Η θερμοχωρητικότητα των στοιχείων του ατιρίου (θερμική μάζα) και η κατανομή της σ' αυτό

Η αναγκαία διάκριση πολλών στοιχείων-συστημάτων και η πολυπλοκότητα των ορισθέν συνθηκών κάνουν απαγορευτική την αναλυτική λύση των διαφορικών εξιώσεων με μερικές παραγώγους που εκφράζουν το φαινόμενο. Σαν αριθμητική μέθοδος, χρησιμοποιείται εδώ αυτή των πεπερασμένων διαφορών για μια διάσταση (παραδοχή μονοδιάστατης ροής θερμότητας).

Αναλύονται :

-η σύνταξη των χώρων του μοντέλου

-η διάκριση των τιμών της ηλιακής αιτινοβολίας που μετέχουν στις εξιώσεις των συστημάτων

-η διάκριση των στοιχείων και των θερμοδυναμικών του συστημάτων.

-η εύρεση των ποσοτήτων θερμικής αιτινοβολίας που ανταλλάσσονται μεταξύ των στοιχείων και με το περιβάλλον

-η εκτίμηση των συντελεστών συναγωγής σε σχέση με την ανεμόπτωση

-η εκτίμηση της εσωτερικής ενέργειας

-η εκτίμηση των ρυθμών αερισμού των χώρων του ατιρίου

Δίνονται επίσης εκτιμήσεις σχετικά με την ισορροπία της εξέλιξης, σταθερότητα, οικονομικότητα της διαδικασίας καθώς και αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου για την περίπτωση τυπικού ορόφου πολυκατοικίας στην Θεσσαλονίκη σε πρόγραμμα για μικροϋπολογιστή.

1. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΟ ΧΩΡΟ, ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

Στην εικόνα 1* φαίνεται η σύνταξη του μοντέλου στο χώρο. Με εωπερικούς τοίχους σε σχήμα σταυρού ο συνολικός χώρος του κτιρίου χωρίζεται σε 4 χώρους Ι, ΙΙ, ΙΙΙ και ΙV που είναι οι χαρακτηριστικοί, ως προς τον προσανατολισμό, χώροι του κτιρίου.

Τα στοιχεία που βρίσκονται σε κάθε χώρο είναι:

1. εωπερικός τοίχος τύπου 1 (πχ. τουβλοδομή)
2. εωπερικός τοίχος τύπου 2 (πχ. μπετόν)
3. υαλοπίνακες
4. εωπερικός τοίχος τύπου 1
5. εωπερικός τοίχου τύπου 2
- 6.1 δάπεδο και 6.2 οροφή
7. μεταλλικές επιφάνειες
8. Εύλινες επιφάνειες (έπιπλα)

Τα θερμοδινηματικά συστήματα που διαμορφίνονται σε κάθε χώρο είναι:

- 1.1. εωπερικός τοίχος τύπου 1 κάθετος στον άξονα Β-Ν
- 1.2. εωπερικός τοίχος τύπου 1 κάθετος στον άξονα Α-Δ
- 2.1. εωπερικός τοίχος τύπου 2 κάθετος στον άξονα Β-Ν
- 2.2. εωπερικός τοίχος τύπου 2 κάθετος στον άξονα Α-Δ
- 3.1. υαλοπίνακας κάθετος στον άξονα Β-Ν
- 3.2. υαλοπίνακας κάθετος στον άξονα Α-Δ
- 4.1. εωπερικός τοίχος τύπου 1 κάθετος στον άξονα Β-Ν
- 4.2. εωπερικός τοίχος τύπου 1 κάθετος στον άξονα Α-Δ
- 5.1. εωπερικός τοίχος τύπου 2 κάθετος στον άξονα Β-Ν
- 5.2. εωπερικός τοίχος τύπου 2 κάθετος στον άξονα Α-Δ
- 6.1. δάπεδο
- 6.2. οροφή
7. μεταλλικές επιφάνειες
8. Εύλινες επιφάνειες
9. αέρας εωπερικού χώρου
- 10.1. πρόσθετοι εωπερικοί τοίχοι τύπου 1
- 10.2. πρόσθετοι εωπερικοί τοίχοι τύπου 2

Παραδοχές

1. Τα στοιχεία που βρίσκονται σε επαρφή μεταξύ τους, όπως πχ. τα 1.1 και 1.2 ή τα 1.1 και 2.1 θεωρούνται, λόγω του μονοδιάστατου του μοντέλου θερμικά απομονωμένα μεταξύ τους.

2. Οι Εύλινες και οι μεταλλικές επιφάνειες θεωρούνται κυλινδρικές, στο εωπερικό των χώρων, με επιφάνεια ανάλογη με τον όγκο του κάθε χώρου

Σχόλια:

- α. Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη κλειστήματος των υαλοπινάκων τις ωχτερινές ώρες με παραθύροφυλλα
- β. Στον προγραμματισμό σε Η.Υ. οι διαστάσεις των 4 χώρων είναι μεταβλητές και εξαρτώνται από την εωπερική διαρύθμιση του κτιρίου
- γ. Τοποθετούνται πρόσθετοι εωπερικοί τοίχοι ανάλογα με την διαρύθμιση των χώρων, ώστε να προσεγγιστεί η ύπαρξη και η κατανομή της θερμικής μάζας των εωπερικών τοίχων στο κτίριο
- δ. Αν θέλουμε να μελετήσουμε και την ύπαρξη πρόσθετου στοιχείου-συστήματος (τοίχος TROMBE, αποθήκη νερού, κλπ.) δεν έχουμε παρά να το προσθέσουμε στο μοντέλο και να καταστρέψουμε τις εξιώσεις του.

2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΓΓΕΛΙΑ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟ

Τα δεδομένα ηλιακής αγγελίας που απαιτούνται είναι ωριαίες τιμές της

* Οι εικόνες βρίσκονται στο τέλος του κειμένου

άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του ακτιρόου και οι αντίστοιχες τιμές των γωνιών πρόσπιτωσης.

Για όλα τα στοιχεία του ακτιρόου, εκτός από τα τζάμια, το ηλιακό θερμικό κέρδος είναι η συνολική προστίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή απορροφητικότητας σε ηλιακή ακτινοβολία της επιφάνειας. Για τα τζάμια εφαρμόζονται οι φόρμουλες [1] τις εικόνας 2.

Πρέπει να βρεθούν ή να εκτιμηθούν:

1. Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται στις εξωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων (και των δύο τύπων)
2. Η ηλιακή ακτινοβολία που περνά από τα τζάμια στο εσωτερικό (άμεση και διάχυτη), και αυτή που απορροφάται από αυτά
3. Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το στοιχείο-στόχο (δάπεδο για direct gain, Trombe, κλπ)
4. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία που "υπάρχει" στο δωμάτιο και πέφτει σε όλες τις επιφάνειες στο εσωτερικό του.

Παραδοχές:

1. Αν δεν μπορεί να υπολογιστεί ή να εκτιμηθεί η σκίαση των στοιχείων, θεωρούμε πλήρη ηλιασμό δύο των στοιχείων το χειμώνα και πλήρη σκίαση της νότιας πρόσοψης ή και άλλης ανάλογα με την κατασκευή το καλοκαίρι.
2. Η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία που περνά στο δωμάτιο, πέφτει μόνο πάνω στο στοιχείο-στόχο.

Σχόλια:

- a. Οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας παίρνονται ωριαία, και οι υπολογισμοί δύο των παραπάνω ποσοτήτων γίνονται επίσης ωριαία.
- b. Είναι, νομίζουμε, ορθότερη-από διαφή οικονομικότητας της εξέλιξης του προγράμματος σε Η-Υ η ύπαρξη χώρου DATA ηλιακής ακτινοβολίας παρά η ανάπτυξη υποπρογράμματος μέσα στο συνολικό πρόγραμμα
- c. Το βράδυ παίρνουμε υπόψη τον φωτισμό σαν ακτινοβολία.

3. ΘΕΡΜΙΚΗ AKTINOBOLIA

Ο υπολογισμός των ανταλλαγών θερμότητας με θερμική ακτινοβολία μεταξύ των στοιχείων στο εσωτερικό των χώρων, γίνεται με βάση τη διάκριση του συστήματος επιφανειών της εικόνας 3. Σ' αυτό είναι:

1. Ο στόχος (δάπεδο, ή TROMBE ή..)
2. Το 'εσωτερικό περίβλημα' που αποτελείται από όλες τις εσωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων του ακτιρόου εκτός από το στόχο, (τζάμια, εσωτερικές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων, εσωτερικοί τοίχοι, οροφή,...) και βρίσκεται σε μιά μέση δύο των επιφανεών θερμοκρασία
3. Οι μεταλλικές επιφάνειες και
4. Οι ξύλινες επιφάνειες

Άλλες οι επιφάνειες θεωρούνται "γκρίζες".

Η απώλεια θερμότητας με θερμική ακτινοβολία της ι επιφάνειας από τις τέσσερεις δύνεται από τη σχέση: [2]

$$q_i = \frac{e_i}{1-e_i} (\sigma T_i^4 - B_i) \quad (W/m^2) \quad i=1,2,3,4 \quad (3-1)$$

όπου ση σταθερά Stefan-Boltzmann, T_i η θερμοκρασία (K) της ι επιφάνειας e_i η εκπεμψιμότητα της ι επιφάνειας και

$$B_i = e_i \sigma T_i^4 + (1-e_i) \left(\sum_1^4 B_j F_{ij} \right) \quad (3-2)$$

με F_{ij} τους συντελεστές "θέασης" που δύνονται στον πίνακα της εικόνας 3. Οι ανταλλαγές θερμότητας με θερμική ακτινοβολία μεταξύ των στοιχείων του κελύφους του ακτιρόου και του περιβάλλοντος, εκτιμώνται με βάση τη σχέση: [3]

$$q_e = \sigma_e (T^4 - T_{sky}^4) \quad (\text{W/m}^2) \quad (3-3)$$

όπου ε η εκπειρυμένη της εξωτερικής επιφάνειας του στοιχείου του κελύφους, T η θερμοκρασία αυτής της επιφάνειας και $T_{sky}=T_{air}-10$ για τις προσθετικές και $T_{sky}=T_{air}-20$ για την ορατή του κτιρίου (αν αυτή εκτίθεται στο περιβάλλον), όπου T_{air} η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Συντελεστές συναγωγής εξωτερικών επιφανειών στοιχείων κελύφους: Αν δεν επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε τις σχέσεις για φυσική συναγωγή, τότε χρησιμοποιούμε σχέσεις από εκτιμήσεις πειραματικών δεδομένων και για αυτό όχι απόλυτα βεβαιωμένες για δλες τις συνθήκες. Τέτοιες είναι και οι παρακάτω | 4 |

$$h = C \left| 6,2+4,2W\left(\frac{293}{T_{air}-20}\right) \right| \quad \text{για τραχείες επιφάνειες} \quad (4-1)$$

και $h = C \left| 5,6+4,0W\left(\frac{293}{T_{air}-20}\right) \right| \quad \text{για λείες επιφάνειες} \quad (4-2)$

με W την ταχύτητα του ανέμου σε m/sec , T_{air} την απόλυτη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα και $C=1$ για ροή αέρα παράλληλη στην επιφάνεια, $C=2,5$ για ροή κάθετη ή υπό γωνία στην επιφάνεια, ενώ $C=0,5$ για αιώνεμη επιφάνεια.

Συντελεστές συναγωγής εσωτερικών επιφανειών στοιχείων: Χρησιμοποιούνται οι σχέσεις για φυσική συναγωγή | 5 |

$$h = 1,42 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{0,25} \quad \text{για καταιόρυφες και κυλινδρικές} \quad (4-3)$$

$$h = 1,32 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{0,25} \quad \text{για οριζόντιες επιφάνειες} \quad (4-4)$$

όπου ΔT η διαφορά θερμοκρασίας επιφάνειας και αέρα και L μια χαρακτηριστική διάσταση του στοιχείου.

5. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ)

Η παρουσία προσώπων στο κτίριο και οι λειτουργίες που συντελούνται σ' αυτό (μαγείρεμα, συσκευές), αποτελούν μια εσωτερική πηγή ενέργειας για το κτίριο. Η απόδοση αυτής της ενέργειας (ισχύς $iE(W)$) λογαριάζεται με μια προσαύξηση στη θερμοκρασία του "τεπόζιτου", δηλαδη διαύμνασης της ισχύος λειτουργιών iE δύο το 24ώρο για κατοικία τεσσάρων ατόμων. (Δεν περιλαμβάνεται ο φωτισμός).

6. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Μπορούμε να θέσουμε έναν κοινό ρυθμό αερισμού για δλους τους χώρους του μοντέλου. Αν ενδιαφέρουμε για την εκτίμηση της κατανομής αερισμού στους τέσσερεις χώρους του μοντέλου, δουλεύουμε ως εξής:

Ανάλογα με την στεγανότητα των αρμών του κτιρίου, τα κατατάσσουμε με ένα γενικό συντελεστή αερισμού f από 0,5 έως 2,5 (τον χειμώνα). Κάθε χώρος $j=1,2,3,4$ δέχεται ροή εξωτερικού αέρα σε m^3/sec :

$$\dot{V}_{ej} = C (\Delta P_{j1}^n A_{j1} + \Delta P_{j2}^n A_{j2}) \quad (6-1)$$

και ροή από ένα θεωρητικό "τεπόζιτο" του αέρα των εσωτερικών χώρων:

$$\dot{V}_{ij} = G (T - T_j)^m \quad (6-2)$$

όπου C και G σταθερές, ΔP η πτώση πίεσης στους αρμούς που εκτιμάται από τις συνθήκες ανεμόπτωσης, A η επιφάνεια του παράθυρου, T η θερμοκρασία του "τεπόζιτου" και T_j η θερμοκρασία του j χώρου. Θα πρέπει:

$$\sum_1^4 \dot{V}_{ej} = fV \quad \text{και} \quad \sum_1^4 \dot{V}_{ij} = 0 \quad (6-3) \quad \text{και} \quad (6-4)$$

Με βάση τις σχέσεις (6-1), (6-3) όπως και τις (6-2) και (6-4) μπορούμε να βρούμε τους ρυθμούς αερισμού, εξωτερικού και εσωτερικού, του κάθε χώρου ι

$$f_{ej} = \dot{V}_{ej}/V_j \quad \text{και} \quad f_{ij} = \dot{V}_{ij}/V_j$$

Σε περίπτωση που οι παραπάνω σχέσεις δίνουν αρνητική τιμή για το f_{ej} ή το f_{ij} για έναν από τους τέσσερεις χώρους, τότε αυτό τίθεται μηδενικό. Για τόσους καλοκαιρινούς μήνες, μπορεί κανείς να μελετήσει τα πρόγραμμα για κλειστό σπίτι με μεγαλύτερο γενικό f , από τον χειμώνα. Μπορεί, επίσης, να δώσει κατ' επιλύμηση ή κατ' επιθυμία ένα μητρώο f_{ej} για 24 ώρες.

7. Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Είναι λογικό ο προγραμματισμός σε Η.Υ. να γίνει σε γλώσσα ανώτερου επιπέδου για μεγάλες υπολογιστικές μηχανές. Η δύσκολη δύναμη πρόσβαση του μηχανικού της πράξης σε τέτοια υπολογιστικά μηχανήματα αποτελεί εμπόδιο για τον ίδιο. Πρωτιμήθηκε λοιπόν ο προγραμματισμός να γίνει σε BASIC (την απλούστερη γλώσσα) για μικρύτολογιστή (μεγάλες δυνατότητες πρόσβασης και χρήσης του από τον καθένα). Έγινε πρόγραμμα για την εφαρμογή του μοντέλου στην περίπτωση τυπικού ορόφου πολυκατοικίας, "πανταχόθεν ελεύθερης" στην θεσσαλονίκη.

Βρέθηκε ότι η χρήση βήματος χρόνου μικρότερου από 2min, εξασφαλίζει την συνθήκη σταθερότητας (stability) για τις πεπερασμένες διαφορές. Οι αρχικές τιμές θερμοκρασιών, αναγκαίες για την εκίνηση του προγράμματος ορίζονται γύρω στους 10°C . Η διαδικασία εξισορρόπησης αναγκαιότητα δηλαδή να "τρέξει" το πρόγραμμα για έναν αριθμό κύκλων με τα ίδια δεδομένα ώστε να δίνει τα ίδια αποτελέσματα-περιλαμβάνει κατά περίπτωση 8-12 κύκλους. Μετά την εξισορρόπηση-που σημαίνει ότι έχουν δημιουργηθεί τα θερμοκρασιακά πεδία στα στοιχεία-, μπορούμε να καλούμε το πρόγραμμα σε νέα αλιματικά δεδομένα. Οι δυνατότητες του υπολογιστικού μηχανήματος, ο προγραμματισμός, το βήμα χρόνου και η αναγκαιότητα εξισορρόπησης συνθέτουν το πρόβλημα της οικονομικότητας της υπολογιστικής διαδικασίας.

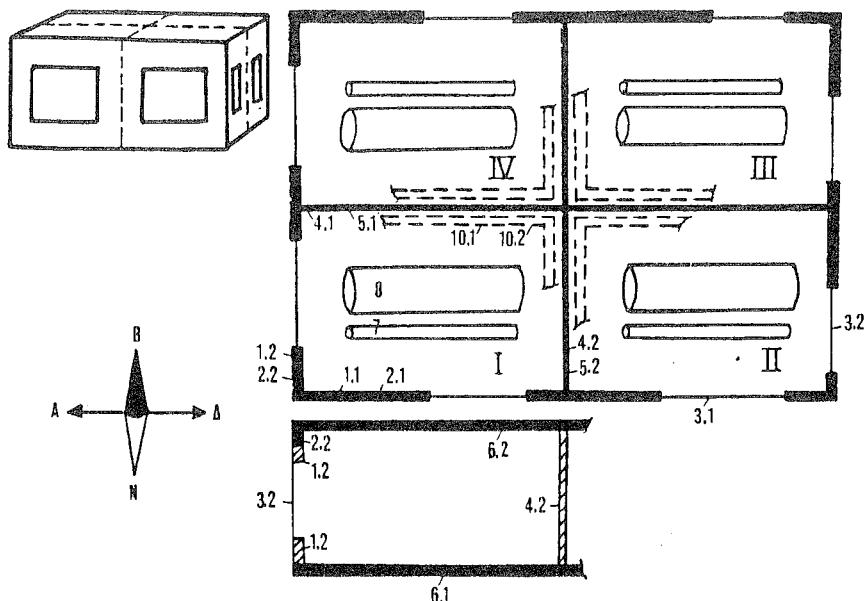
Στην εικόνα 5 δίνεται μια σειρά αποτελέσματων από την εφαρμογή του μοντέλου για την περίπτωση τυπικού ορόφου πολυκατοικίας "πανταχόθεν ελεύθερης" στην θεσσαλονίκη. Σαν αποτελέσματα δίνονται οι ωριαίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αέρα τεσσάρων χώρων του μοντέλου και της θερμοκρασίας του "τεπόζιτου", για τα μέσα αλιματικά δεδομένα της πόλης, χωρίς θερμική πηγή.

8. ΣΥΜΠΕΡΑ ΣΜΑ ΤΑ

Από τα αποτελέσματα της εικ.5, φαίνεται ότι μπορούμε με τον προτεινόμενο αλγόριθμο να προσεγγίζουμε τα απαιτούμενα θερμικά φορτία του κτιρίου και την κατανομή τους στους τέσσερεις βασικούς του χώρους. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι γενικό. Μπορεί να εφαρμοστεί με πολύ λίγες αλλαγές για οποιοδήποτε τύπο κτιρίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- | 1 | B.A. Σωτηρόπουλος, "Σημειώσεις Ηλιακής Τεχνικής" (Υπό 'Εκδοση)
- | 2 | "Handbook of Heat Transfer", McGraw Hill, 1973
- | 3 | J.A. Duffie, W.A. Beckman; "Solar Energy Thermal Processes" J.Wiley, 1974
- | 4 | B. Αλεξανδρίδου, "Θερμικές ροές διαμέσου υαλοπινών", Διπλ. Εργασία ΑΠΘ, Τμήμα Μηχ. Μηχ., 1984
- | 5 | J.P. Holman, "Heat Transfer", McGraw Hill, 1981



Εικόνα 1. Σύνταξη του μοντέλου στο χώρο

αναιλαστικότητα του γυαλιού
αν $\Theta \leq 30^\circ$: $r = 0,08$

αν $\Theta > 30^\circ$: $r = 0,08 + 0,06283 \left(\frac{\Theta - 30}{10} \right) - 0,04117 \left(\frac{\Theta - 30}{10} \right)^2 + 0,00917 \left(\frac{\Theta - 30}{10} \right)^3$

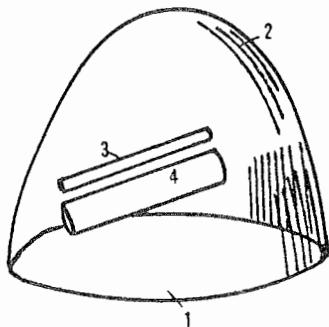
Για την άμεση ακτινοβολία:

<u>Μονά τζάμια</u>	<u>Διπλά τζάμια</u>
1.	2.
$r_1 = r$ $a_1 = (1 - e^{-AG \cdot b})(1 - r)$ δόπου: $b = S / \arcsin \frac{\Theta}{n}$ $\epsilon_1 = (1 - r)^2 e^{-AG \cdot b}$	 $r_2 = r(1 + \frac{\epsilon_1^2}{1 - r^2})$ $a_2 = \frac{a_1 \cdot \epsilon_1}{1 - r^2}$ $\epsilon_2 = \frac{\epsilon_1^2}{1 - r^2}$

Για την διάχυτη ακτινοβολία ισχύουν οι παραπάνω σχέσεις για $\Theta = 60^\circ$

AG: συντελεστής απορροφητικότητας γιαλιού, S: πάχος γιαλιού
n: συντελεστής διάδηλασης γιαλιού

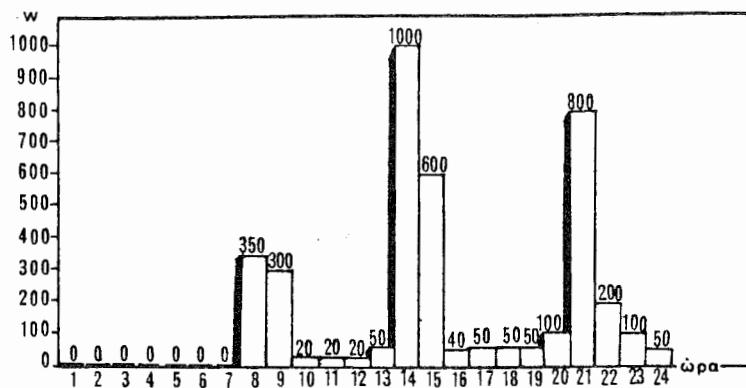
Εικόνα 2. Ηλιακή ακτινοβολία και τζάμια



1. στόχος
2. "εσωτερικό περίβλημα"
3. μεταλλικές επιφάνειες
4. ξύλινες επιφάνειες

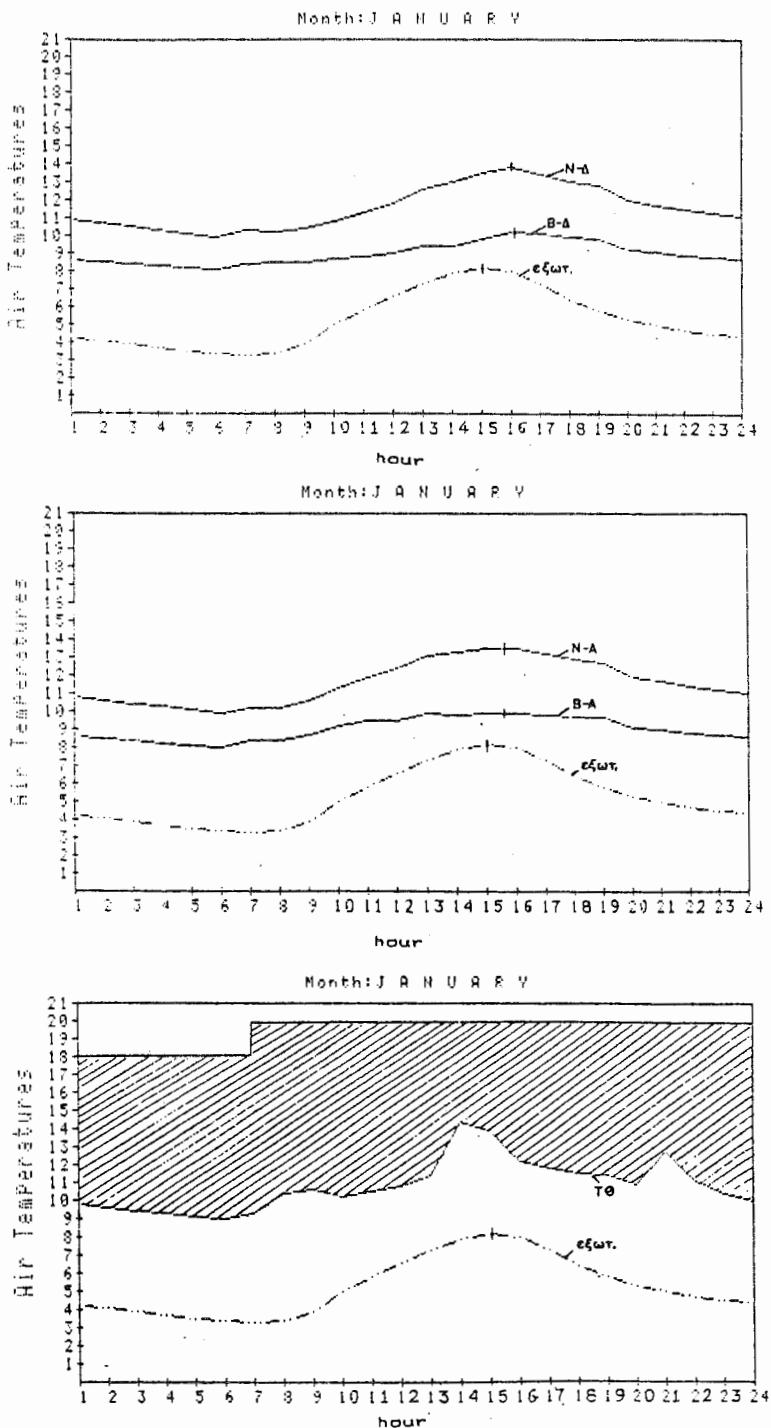
$$\begin{array}{llll}
 F_{1-1} = 0,00 & F_{1-2} = 0,55 & F_{1-3} = 0,09 & F_{1-4} = 0,36 \\
 F_{2-1} = 0,18 & F_{2-2} = 0,68 & F_{2-3} = 0,02 & F_{2-4} = 0,12 \\
 F_{3-1} = 0,34 & F_{3-2} = 0,22 & F_{3-3} = 0,00 & F_{3-4} = 0,44 \\
 F_{4-1} = 0,34 & F_{4-2} = 0,33 & F_{4-3} = 0,11 & F_{4-4} = 0,22
 \end{array}$$

Εικόνα 3. Το μοντέλο για τις ανταλλαγές θερμικής ακτινοβολίας



Εικόνα 4. Η εσωτερική ενέργεια (ενέργεια λειτουργιών)

$f = 2,0$, ηαταυοή ανοιγμάτων: 25% N, 25% A, 25% B, 25% Δ



Εικόνα 5. Αποτελέσματα

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

ΕΛΕΡΧΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Ε.Α.Καγιάφας
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Γ.Ε.Καμπουράκης
Επιστ.Συνεργάτης Ε.Μ.Π

Μ.Χ.Παππάς
Ηλεκτρολόγος
Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Ε.Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Τομέας Πληροφορικής
Πολυτεχνείουπολη Ζωγράφου
Αθήνα 15773

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Στην εργασία αυτή προτείνεται σύστημα το οποίο ελέγχει εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης. Το σύστημα αυτό δέχεται διάφορες πληροφορίες, σπώς εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία, μετεωρολογικά και ημερολογιακά δεδομένα καθώς και για τη στάθμη καυσίμου. Αυτές τις πληροφορίες τις επεξεργάζεται με βάση αλγόριθμο, με τον οποίο εύνα προγραμματισμένο και ελέγχει την εγκατάσταση σε λειτουργία ON/OFF. Ο αλγόριθμος ελέγχου αποφασίζει για τα όρια της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου που θα τηρηθούν σε εβδομαδιαία βάση. Βασικό του στοιχείο είναι ότι αυτά τα όρια υπολογίζονται χρησιμοποιώντας σαν πρωταρχικό κριτήριο τη ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (1) την οποία δεν επιτρέπεται να υπερβεί η εγκατάσταση. Το μέγιστο αυτό ποσό ενέργειας που επιτρέπεται να καταναλωθεί καθορίζεται ΕΚ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΡΩΝ για δόση τη χειμερινή περίοδο, για κάποιο συγκεκριμένο κτύριο ανάλογα με τη γεωγραφική και εδαφική του θέση.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Εξοικονόμηση ενέργειας σε κτύρια, συστήματα ελέγχου με μικροεπεξεργαστές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας, ιδίως μετά τη πετρελαϊκή κρίση του 1973 παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από την πλευρά των ερευνητών και τεχνικών, δύον των καταναλωτών.

Τα διάφορα συστήματα ελέγχου για τον έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης, βασίζονται σε συστήματα πραγματικού χρόνου του τύπου αναλογικού - διαφορικού ή ολοκληρωτικού ελέγχου. Εάν υπήρχε τρόπος να προβλεφθεί η μέση θερμοκρασία ενός μελλοντικού χρονικού διαστήματος (π.χ. μιάς βδομάδας), τότε το σύστημα θα εύχε την δυνατότητα να προβλέψει τις ενεργειακές απαιτήσεις καθώς και να ρυθμίζει τις εσωτερικές συνθήκες για θερμική άνεση και αυτό με βέλτιστο ένεργειακό έλεγχο. Επίσης, συστήματα με καθορισμένο προϋπολογισμό είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ανελλιπώς για δύο το χρονικό διάστημα που προγραμματίζονται, χρησιμοποιώντας τον ίδιο μηχανισμό ελέγχου. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα τέτοιο σύστημα με μικροεπεξεργαστή, το οποίο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε, ελέγχοντας τη λειτουργία ON/OFF των εγκαταστάσεων.

Επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων

Η βασική λειτουργία του συστήματος οφείλεται στη όρια της εσωτερικής θερμοκρασίας σύμφωνα με τις προβλέψεις των θερμοκρασιών της επόμενης βδομάδας. Η ρύθμιση αυτή, επαναπροσδιορίζεται σύμφωνα με τη πρόβλεψη της επόμενης μέρας, ώστε να υπάρχουν οι διορθώσεις καλά να εξασφαλίζεται σταθερότητα στο σύστημα. Οι μέθοδοι καὶ τα αποτελέσματα της πρόβλεψης, περιγράφονται σε εργασία που παρουσιάζεται στο Έδιο συνέδριο (2). Από εκεί ψαίνεται, ότι είναι δυνατόν να προβλεφθούν ικανοποιητικά η μέση αναμενόμενη θερμοκρασία με μέσο σφάλμα πρόβλεψης 1.1°C , ενώ συνεχίζεται η έρευνα για την περαιτέρω βελτίωση της πρόβλεψης.

Το σύστημα καὶ η λειτουργία του.

Ο αλγόριθμος της λειτουργίας του συστήματος, (σχήμα 1), ελέγχει τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, χρησιμοποιώντας σαν βασικό κριτήριο τη ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, την οποία δεν επιτρέπεται να υπερβεί η εγκατάσταση. Το μέγιστο αυτό ποσό ενέργειας που επιτρέπεται να καταναλωθεί, καθορίζεται ΕΚ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΡΩΝ για δόλη τη χειμερινή περίοδο, για κάποιο συγκεκριμένο άκτιρο, ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση.

* Υποθέτουμε ότι ο καθορισμός αυτός γίνεται αυθαίρετα ως ένα βαθμό, αλλά οπωσδήποτε μέσα σε λογικά πλαίσια, λαμβανομένης υπόψη καὶ της προϊστορίας του άκτιρου (π.χ. κονδύλι για τη θέρμανση ενός δημόσιου άκτιρου).

Η κατινοτομία του συστήματος είναι ότι "αποφασίζεται" το ίδιο, ποιά θερμοκρασία θα τηρηθεί στο άκτιρο, ανάμεσα σε προκαθορισμένα βέβαια όρια. Η θερμοκρασία αυτή έχει την κατάλληλη τιμή ώστε να κατανέμεται η μέγιστη διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο στη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, ενώ παράλληλα να διατηρεύται η άνεση των κατοίκων του άκτιρου στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Τα όρια της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου καθορίζονται από τη θεωρία της θερμικής άνεσης που έχει αναπτυχθεί από τον P.O. Fanger (3) & (4), καὶ στην οποία βασίζονται οι ισχύουσες σήμερα διεθνεύς τυποποιήσεις (5) & (6). Τα όρια αυτά εξαρτώνται κυρίως από τη δραστηριότητα καὶ το εέδος του ρουχισμού των ατόμων, καθώς καὶ από το ποσοστό των παραπονουμένων. Επίσης επηρεάζονται καὶ από τη σχετική ταχύτητα του αέρα κατεύθυνσης σχετική υγρασία. Το πάνω όριο είναι η θερμοκρασία στην οποία είναι ικανοποιημένο το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό των ατόμων (περίπου το 95%). Το κάτω όριο είναι η θερμοκρασία στην οποία ικανοποιεύται το 80% των ατόμων, (ποσοστό που χρησιμοποιεύται διεθνώς). Η οικονομία που προκύπτει, υπολογίζεται σε 10% για ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά 1°C χωριλώτερα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την εξέσωση θερμικής άνεσης περιγράφονται στο Παράρτημα A.

Το σύστημα δέχεται πληροφορίες από τα αισθητήρια, σχετικά με την εσωτερική καὶ εξωτερική θερμοκρασία καὶ τη στάθμη του καυσόμου. Ο αλγόριθμος ελέγχου επεξεργάζεται τις πληροφορίες αυτές καὶ αποφασίζει ποιά θερμοκρασία θα τηρηθεί στο άκτιρο (Σχ. 1).

Για τον υπολογισμό του φορτίου θέρμανσης, χρησιμοποιεύται η μέθοδος των βαθμομερών (5), (7) καὶ (8). Κατά την παρούσα εργασία υπολογίστηκε ο μέσος όρος των βαθμομερών θέρμανσης της Αθήνας για κάθε εβδομάδα της χειμερινής περιόδου για μια ενδεικτική περίοδο πέντε ετών (1978 - 1982) από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (9).

Ο αλγόριθμος ελέγχου λειτουργεί σε εβδομαδιαία βάση. Για το σκοπό

αυτό η μέγιστη διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας που είναι εκ των προτέρων γνωστή, κατανέμεται στις εβδομάδες της περιόδου θέρμανσης σε μέρη ανάλογα των βαθμομερών της κάθε εβδομάδας. Η σύγκριση των φορτίων που έχουν ήδη καταναλωθεί και αυτών που προβλέπεται να καταναλωθούν κατά την επόμενη εβδομάδα, με τα φορτία που είχαν καθοριστεί εκ των προτέρων για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, οδηγεί στην απόφαση για τη μείωση ή όχι της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου προκειμένου να αποφευχθεί έλλειμμα στο καύσιμο.

Το σύστημα διαθέτει επίσης ρολόϊ/ημερολόγιο και έχει τη δυνατότητα να δεχτεί από το χρήστη διάφορες πληροφορίες σχετικές με τον τρόπο λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν κυρίως στις περιόδους λειτουργίας στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και τη θερμοκρασία που επιθυμεί ο χρήστης σε κάθε μέρα απ' αυτές τις περιόδους, (ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επέμβει στη θερμοκρασία που αποφασίζει ο αλγόριθμος ελέγχου μόνο προς τα κάτω). Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να καθορίσει τη χρήστη συγκεκριμένες ημερομηνίες, ημέρες της εβδομάδας, ή περιόδους ανάμεσα σε δύο ημερομηνίες σαν αργίες, κατά τις οποίες η εγκατάσταση δεν λειτουργεί. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πλήρης αυτοματοποίηση της εγκατάστασης θέρμανσης (Σχ. 2 και 3).

Το σύστημα που κατασκευάστηκε βασίζεται στον μικροεπεξεργαστή 8085A και περιλαμβάνει επίσης 8K EPROM για την αποθήκευση του προγράμματος και 16K RAM για την αποθήκευση μετεωρολογικών και άλλων δεδομένων. Το σύστημα επικοινωνεί με το περιβάλλον μέσω πληκτρολογίου, led display και των αισθητηρών θερμοκρασίας και στάθμης καυσίμου. Η ανάπτυξη του προγράμματος έγινε σε γλώσσα Assembly και Tiny Basic με τη βοήθεια του συστήματος ανάπτυξης Tektronix 8002A.

Η δομή του συστήματος ήταν ο τρόπος υλοποίησής του το καθιστούν πολύ πιο αποδοτικό, ακριβές και ευέλικτο από τα παλιότερα ηλεκτρομηχανικά συστήματα. Η υψηλή τεχνολογία κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων δύνει τη δυνατότητα για την υλοποίηση του συστήματος αυτού με πολύ μικρό κόστος, κάτι που θα ήταν αδύνατο πριν από δέκα χρόνια.

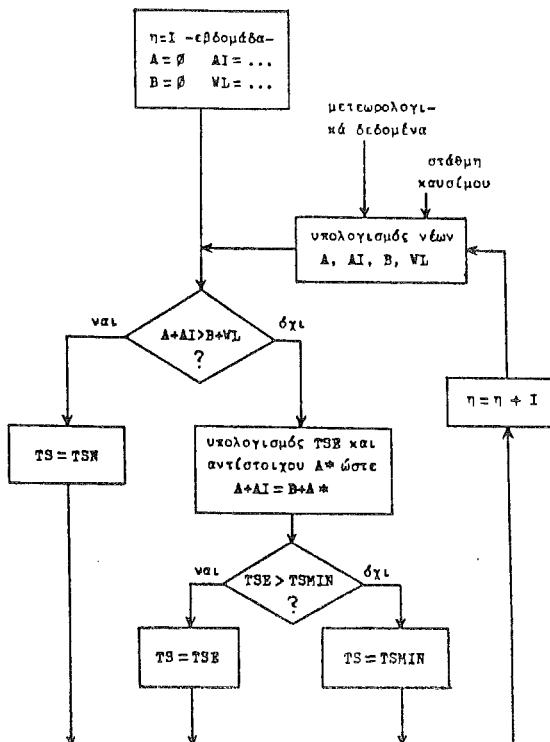
Συμπεράσματα - Προτάσεις:

Εγκαταστάσεις με καθορισμένο προϋπολογισμό, όπως αυτή του συστήματος είναι κατάλληλες για δημόσια ή κοινωνικά κτίρια. Έτσι εξασφαλίζεται η συνεχής λειτουργία του συστήματος καθώς και η θερμοκήλη μέση των κατοίκων και όλα αυτά με δεδομένο προϋπολογισμό. Βεβαίως, εάν ο δεδομένος προϋπολογισμός είναι υπερεπαρκής, τότε αναμένεται ίδια σύμπεριφορά με συστήματα ανοικτού προϋπολογισμού, αλλά σταυρός δοθεί με τους υπολογισμούς μιάς τυπικής χρονιάς - όπως γύνεται συνήθως - τότε μόνο ένα τέτοιο σύστημα που προτείνεται εδώ, θα μπορέσει να λειτουργήσει σε μία δυσμενέστερη από απόφεως καιρού χρονιά.

Αντικείμενο περιεχόμενο μελέτης είναι η επέκταση του συστήματος ώστε να επεξεργάζεται δεδομένα από περισσότερα αισθητήρια, καθώς και να ελέγχει τρίοδες βάννες για αποδοτικότερη λειτουργία της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης. Ακόμα, μελετάται η δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος αυτού με κεντρικό υπολογιστή. Στην περίπτωση αυτή, και εφόσον μεγάλος αριθμός εγκαταστάσεων θέρμανσης ελέγχεται από τέτοια συστήματα, είναι δυνατός ένας ευρύτερος έλεγχος της κατανάλωσης ενέργειας στα πλαίσια ίσως καπού ή κυβερνητικού προγράμματος έκτακτης ανάγκης.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην πρόβλεψη του καυρού με βάση στατιστικά δεδομένα, που περιλαμβάνεται στον αλγόριθμο ελέγχου. Από την πρόβλεψη αυτή εξαρτάται η αποδοτικότητα του αλγορίθμου και αυτό είναι το αντικείμενο άλλης εργασίας όπως έχει ήδη αναφερθεί (2).

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείθηκε στην παρούσα εργασία έχει αναπτυχθεί στο εργαστήριο ηλεκτρονικής του Ε.Μ.Πολυτεχνείου (1) και παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής του σχ. 1. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στο επόμενο σχήμα επεξηγούνται παρακάτω.



Σχήμα 1 : Ο αλγόριθμος ελέγχου

A^* = Το φορτέο που προβλέπεται να καταναλώθει την επόμενη εβδομάδα και που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία εσωτερικού χώρου T_{se} .

A = Δεδομένο φορτέο για τις περασμένες εβδομάδες

B = Φορτέο που καταναλώθηκε τις περασμένες εβδομάδες

$A1$ = Δεδομένο φορτέο για την επόμενη εβδομάδα

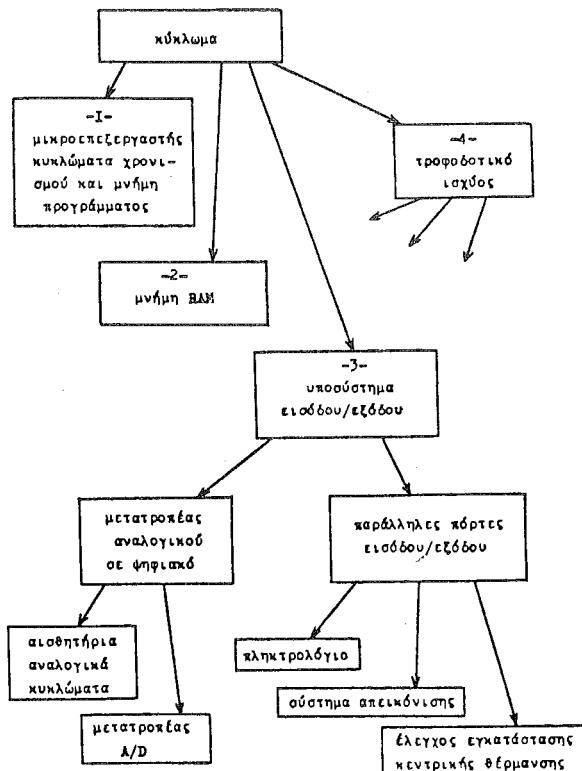
WL = Φορτέο που προβλέπεται να καταναλώθει την επόμενη εβδομάδα

TS = Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου

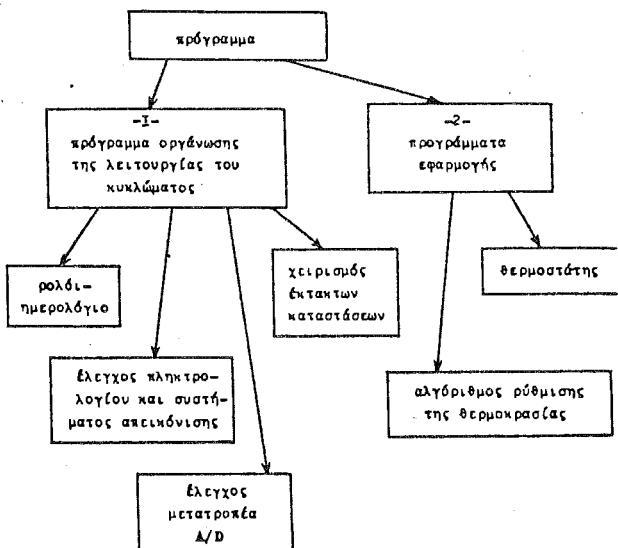
T_{sn} = Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου, που υκανοποιεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό των ατόμων..

T_{smi} = κατώτατο όριο της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου που υκανοποιεί το τουλάχιστον το 80% των ατόμων.

T_{se} = Οικονομική θερμοκρασία εσωτερικού χώρου ($T_{sn} > T_{se} > T_{smi}$).



Σχήμα 2 :Τα επί μέρους τμήματα του κυκλώματος



Σχήμα 3 :Τα επί μέρους τμήματα του προγράμματος

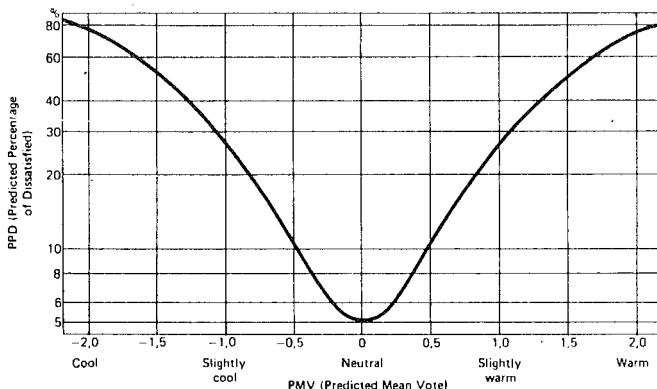
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

- i) Προβλεπόμενη μέση ψήφος (Predicted Mean Vote). PMV.

Σαν μέτρο εκτίμησης του βαθμού θερμικής άνεσης έχει καθοριστεί η προβλεπόμενη μέση ψήφος (PMV) που ακολουθεί την παρακάτω κλίμακα.

- + 3 Πολύ ζεστό
- + 2 Ζεστό
- + 1 Κάπως ζεστό
- 0 Ουδέτερο
- 1 Δροσερό
- 2 Κρύο
- 3 Πολύ κρύο

Ο δεύτης PMV συνδέεται με το προβλεπόμενο ποσοστό των διαμαρτυρομένων (Predicted Percentage of Dissatisfied) σύμφωνα με το σχήμα 4.



Σχήμα 4

- ii) Η σχέση μεταξύ του δεύτη PPD και θερμοκρασίας ανέτου διαμονής ($I_{cl} = 1,0$ clo για το χειμώνα και $I_{cl} = 0,5$ clo για το καλοκαίρι). Δραστηριότητα, $M = 1,2$ met, σχετική ταχύτητα αέρος $v=0,1m/s$ και σχετική υγρασία $RH = 40\%$ το χειμώνα και $RH = 60\%$ το καλοκαίρι φαίνεται στο σχήμα 5. Τα μεγέθη φαίνονται στην εξήσωση θερμικής άνεσης που γράφεται παρακάτω.

- iii) Εξήσωση θερμικής άνεσης.

$$f(M, W, I_{cl}, v, t_{mr}, t_a, P_a, PMV) = 0$$

όπου: M = μεταβολισμός

W = εξωτερικό έργο

I_{cl} = συντελεστής του ρουχισμού

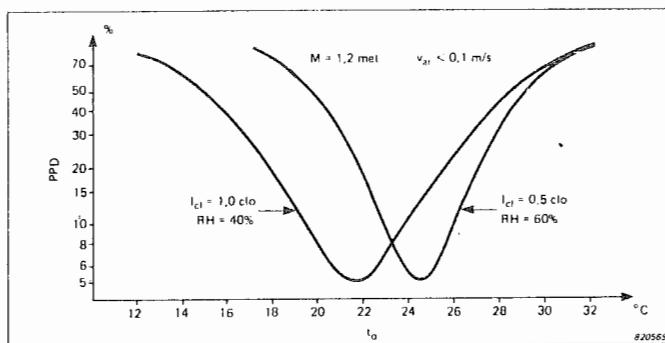
v = ταχύτητα του αέρα

t_{mr} = μέση ακτινοβολούσα θερμοκρασία

t_a = θερμοκρασία του αέρα

P_a = πίεση των υδρατμών, ανάλογη της σχετ.υγρασίας RH

PMV = προβλεπόμενη μέση ψήφος



Σχήμα 5

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Πύνακας 1: Επιθυμητές θερμοκρασίες περιβάλλοντος για συγκεκριμένες δραστηριότητες.

Δραστηριότητα	Μεταβολισμός (met)	Ρουχισμός (clo)	Θερμοκρ. (C)
Καθιστική (σπύτι, γραφείο).....	1.2	1.0 ...	21+-2.5
Υπνος	0.8	2.0 ...	18+-3
Ανάπαυση-παθολογ. κατάσ.			
(νοσοκομείο)	0.7	1.0 ...	26+-1.5
Ελαφρά εργασία	2.0	1.0 ...	16+-3
Βαριά εργασία	3.0	1.0 ...	10+-4
Προσωπική υγειεινή (μπάνιο)	1.4	0.0 ...	27+-1
Γυμναστική	3.0	0.5 ...	18+-2.5

Πύνακας 2: Προδιαγραφές της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Χώρος	= Κατοικία
Τόπος	= Αθήνα
Δραστηριότητα	= Καθιστική
Μεταβολισμός	= 1.2 met
Ρουχισμός	= τυπικός χειμερινός (1.0 clo)
Ποσοστό ατόμων που νιωθουν άνετα.,	> 80%
Σχετική ταχύτητα του αέρα	< 0.1m/sec.
Επιθυμητή θερμοκρασία περιβάλλοντος	= 21 C
Κατώτατο όριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος	= 18.5 C

Πίνακας 3: Βαθμοημέρες της Αθήνας (θερμ.βάσης = 18C)

Μήνας	Βαθμοημέρες θέρμανσης
Οκτώβριος	25
Νοέμβριος	126
Δεκέμβριος	184
Ιανουάριος	290
Φεβρουάριος	237
Μάρτιος	186
Απρίλιος	103
Μάιος	17
Σύνολο	1168

Πίνακας 4: Βαθμοημέρες της Αθήνας (θερμ.βάσης=15.5C)

Μήνας	Βαθμοημέρες θέρμανσης
Οκτώβριος	10
Νοέμβριος	66
Δεκέμβριος	108
Ιανουάριος	212
Φεβρουάριος	168
Μάρτιος	111
Απρίλιος	42
Σύνολο	717

Βιβλιογραφία

1. E.A. Kayafas, G.E. Cambourakis. Automatic Control System for Heating Installations with Maximum Energy Consumption Limit. MELAGON 83, Athens. Επίσης διπλωματική εργασία Μ. Παππά. ΕΜΠ 1985
2. E.A. Καγιάδης κ.α. "Ένα μοντέλο πρόβλεψης μέσων θερμοκρασιών με χρήση σε αυτόματο σύστημα ελέγχου κεντρικής θέρμανσης/ψύξης. Πρακτικαί 2ου Εθνικού Συνεδρίου "Ηπιες μορφές ενέργειας" Θεσσαλονίκη 1985.
3. P.O. Fanger. Thermal Comfort. Mc Graw-Hill Book company, New York 1973.
4. Technical Review, Bruehl and Kjaer No 2, 1982
5. Draft European Passive Solar Handbook. Commission of the European Communities, Brusseles, 1983.
6. ASHRAE. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers, New York, 1977.
7. Carrier. Modern Air Conditioning, Heating and Ventilating Pitman publishing corporation, New York, 3rd edition, 1959.
8. Ang. Arseni-Papadimitriou. Degree days in Athens and Thessaloniki. Meteorologika, No 48, Thessaloniki, 1975.
9. CLIMATOLOGICAL BULLETIN. National Observatory of Athens, Meteorological Institute, Athens-Greece, 1978-1982.

ΤΙΤΛΟΣ ΓΙΣΗΓΗΣΗΣ :

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑ ΓΑΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΧΩΡΟ.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ :

Αξιόπουλος Π.
Κυρίτσης Σ.
Λαμπρινός Γ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ :

Προκειμένου να μελετηθούν οι θερμο-υγρομετρικές συνθήκες του εσωτερικού χώρου ενός χοιροστασίου, πραγματοποιήθηκε μια μαθηματική προσομοίωσή του. Η προσομοίωση αυτή λαμβάνει υπόψη ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων οι οποίες επηρεάζουν τη δυναμική θερμική συμπεριφορά του χοιροστασίου. Η προσομοίωση αυτή έγινε για ένα διάστημα τριών μηνών (Ιαν., Φεβρ., Μάρτ.) με τη χρησιμοποίηση ωριαίων πειραματικών καλιματικών δεδομένων από την περιοχή Αθηνών και για διάφορες τιμές παραμέτρων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε διαγράμματα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

προσομοίωση, χοιροστάσιο, θερμοκρασία-υγρασία, θερμή στρωμνή.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους βασικώτερους παράγοντες στην υγιεινή ανάπτυξη και απόδοση των χοίρων είναι και η θερμική άνεση του χώρου στέγασής τους. Οι απαιτούμενες συνθήκες θερμικής άνεσης καθορίζονται γενικά από την ηλικία τους.

Έτσι για κάθε ηλικία χοίρων υπάρχει ένα ζεύγος τιμών θερμοκρασίας - σχετικής υγρασίας, μένα μικρό εύρος διακύμανσης που καθορίζει τις ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξής τους ενώ δύο ζεύγη τιμών θερμοκρασίας - σχετικής υγρασίας οριοθετούν τις ελάχιστες και μέγιστες κρίσιμες συνθήκες.

Οι τιμές θερμοκρασίας - υγρασίας που επικρατούν στο χώρο στέγασης σε κάθε χρονική στιγμή είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων καθώς και παραγόντων που αναφέρονται στην κατασκευή του χοιροστασίου.

Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να αναλυθούν ως εξής:

- Εξωτερικού
- . ηλιακή ακτινοβολία
- . θερμοκρασία εξωτερικού αέρα
- . υγρασία
- . άνεμος
- . σκέση από τα τριγύρω αντικείμ. (σπύτια, δένδρα)
- . εύδος υπεδάφους και επιφάνειας εδάφους.

- Κατασκευαστικοί
 - . εύδος κατασκευής του κελύφουνς
 - . εύδος κατασκευής του δαπέδου
 - . σχήμα
 - . προσανατολισμός
 - . ποσοστό κατανομής των παραθύρων στους διαφ. τοίχους.
 - . συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, τοίχων, οροφής, δαπέδου, παραθύρων, πόρτας.
 - . ανανεώσεις του αέρα
 - . θερμική αδράνεια των κατασκευών.
- Εσωτερικοί
 - . ηλικία χοϊρων (αισθητή, λανθάνουνσα θερμότης)
 - . ζωικά απόβλητα (στερεά-υγρά)
 - . θερμή στρωμνή

Προκειμένου λοιπόν να εξετασθούν λεπτομερώς οι θερμούγρομετρικές συνθήκες εντός του χοιροστασίου αναπτύξαμε διάφορα υποπρογράμματα που λαμβάνουν υπόψη τους όλους τους παραπάνω παράγοντες και με μαθηματικές σχέσεις περιγράφουν τη λειτουργία τους.

Η προσομοίωση αυτή έχει το πλεονέκτημα να εξετάζει σφαιρικά και με κάθε δυνατή λεπτομέρεια τη δυναμική θερμική συμπεριφορά του χοιροστασίου.

Έτσι με την προσομοίωση αυτή διαθέτουμε ένα ταχύτατο μέσο υπολογισμού της επύδρασης της μεταβολής διαφόρων παραμέτρων στην τελική θερμική και υγρομετρική ισορροπία του χώρου του χοιροστασίου, με ευνόητης σημασίας τελικά αποτελέσματα και συμπεράσματα για την οικονομικότερη κατασκευή και εξοικονόμηση ενέργειας.

Για να πάρουμε μία εικόνα των δυνατοτήτων της προσομοίωσης εκτελέσαμε το πρόγραμμα για μια περίοδο τριών μηνών (Ιαν., Φεβρ., Μαρτ.) χρησιμοποιώντας ωριαία κλιματικά δεδομένα από την περιοχή Αθηνών.

2. Η ΜΕΘΟΔΟΣ

Περιγραφή αλγορίθμου

Προκειμένου να υπολογισθεί η εσωτερική θερμοκρασία του χοιροστασίου, πρέπει να βρεθεί η θερμοροή που οφείλεται :

- . στην αγωγή-μεταφορά από τοίχους, οροφή, δάπεδο, παράθυρα, πόρτα, Q_{CWW}
- . στην ηλιακή ακτινοβολία δια μέσου των παραθύρων, Q_{SHG}
- . στις ανανεώσεις του αέρα, Q_{INF} και τέλος
- . στις εσωτερικές πηγές θερμότητας (ζώα, κόπρος) Q_{INT}

Κατόπιν αυτών το ενεργειακό ισοζύγιο του χοιροστασίου μπορεί να γραφεί :

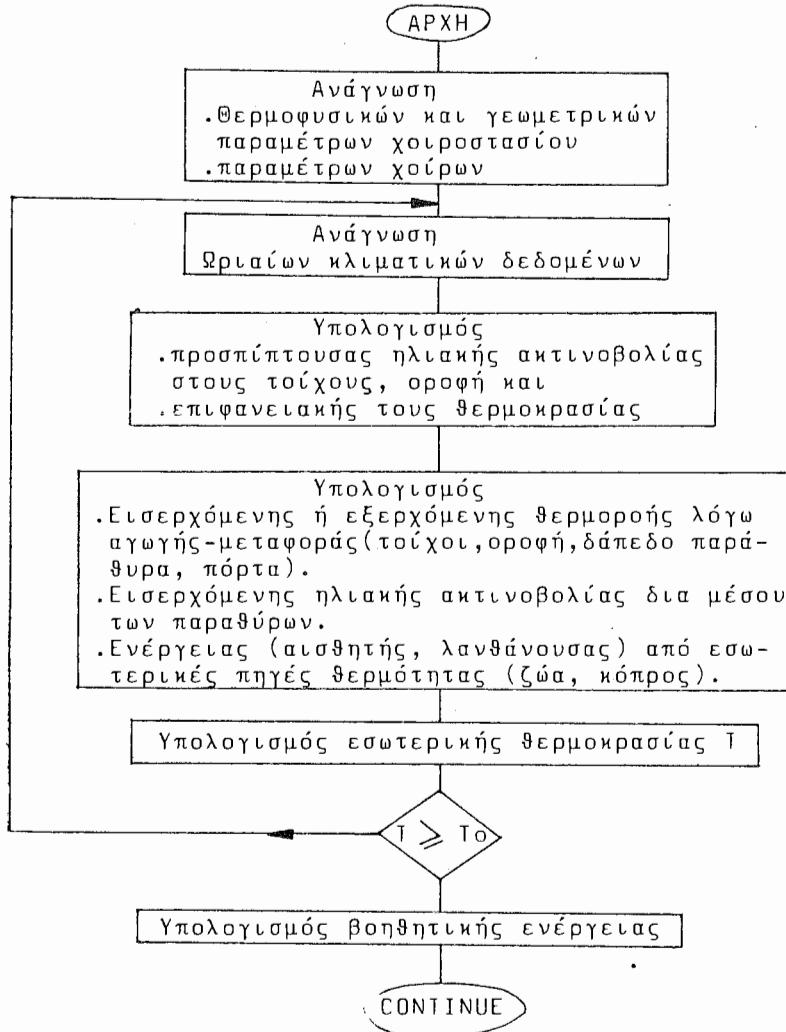
$$\sum_i (Mcp)_i \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_{CWW} + \dot{Q}_{SHG} + \dot{Q}_{INF} + \dot{Q}_{INT} \quad (1)$$

όπου :

$(Mcp)_i$ είναι το άθροισμα της θερμικής αδράνειας όλων των στοιχείων από τα οποία αποτελείται το οίκημα.

Γιατί η επωτερική θερμοκρασία του χοιροστασίου προσδιορίζεται σε κάθε χρονικό βήμα της προσομοίωσης, λύνοντας τη διαφορική εξίσωση (1).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής υπολογισμού της απαραίτητης βοηθητικής ενέργειας για τη διατήρηση μιάς ωρισμένης ελάχιστης θερμοκρασίας εντός του χώρου κατά τη διάρκεια των τριών υπόσφη μηνών.



ΣΧΗΜΑ 1. : Διάγραμμα υπολογισμού Βοηθητικής ενέργειας για την διατήρηση μιάς ωρισμένης ελάχιστης θερμοκρασίας Τ₀.

3. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΟ

Η κατασκευή είναι πειραματική, τμήμα ενός πραγματικού τυπικού χοιροστασίου παχύνσεως. Βρίσκεται στην ΑΓΣΑ και έχει κυβικό σχήμα. Στο νότιο και βόρειο τούχο έχει μια σειρά από παράθυρα ενώ στον ανατολικό υπάρχει μια πόρτα.

Το δάπεδο είναι εσχαρωτό κάτω από το οποίο υπάρχει μία τάφρος βάθους .80 m. περίπου. Όλοι οι τούχοι έχουν την ίδια κατασκευή και αποτελούνται από μια σειρά τούβλων και ένα κενό αέρος που βρίσκεται μεταξύ τούβλων και ενός λεπτού φύλλου αλουμινίου απ' την εσωτερική πλευρά. Η σκεπή αποτελείται από φύλλα αλουμινίου και είναι σε δύο κεκλιμένα επίπεδα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Τούχοι :

νότιος	9.23 m ²
ανατολικός	8.89 "
βόρειος	12.32 "
δυτικός	11.28 "

Οροφή : 40.43 "

Δάπεδο : 40.43 "

Παράθυρα :

νότιο 7.3 "

βόρειο 4.2 "

Όγκος : 87 m³

* Εντός του χοιροστασίου έχει θεωρηθεί ότι υπάρχουν 97 γουρούνια των 20 KG το καθένα. Ευνοϊκές συνθήκες για την ηλικία αυτή θεωρούνται ότι είναι :

εσωτερ. Θερμ. 18⁰-22⁰ C

σχετική υγρασ. 45-75%

4. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εκτελέσαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης για διάφορες κατασκευές δαπέδου, οροφής, τούχων και εξετάσαμε την απαιτούμενη βιοηθητική ενέργεια για τη διατήρηση μιάς ελαχίστης θερμοκρασίας 18⁰C καθώς επίσης και τις μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας.

Επίσης εξετάσθηκε και η περίπτωση της ελεύθερα μεταβαλλόμενης εσωτερικής θερμοκρασίας, δηλ. χωρίς κανένα έλεγχο θερμοκρασιακό και άρα χωρίς καμμία εφεδρική πηγή θερμότητας.

Στο σχήμα 1 παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της ελεύθερα μεταβαλλόμενης εσωτερικής θερμοκρασίας, η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εσωτερικού-εξωτερικού περιβάλλοντος είναι περίπου 6⁰C σ' όλη τη διάρκεια των τριών μηνών. Έτσι παρατηρούμε ότι ενώ την θηριομάρτυρα η μέση εξωτερική θερμοκρασία έχει πέσει στους 6⁰C η εσωτερική θερμοκρασία έχει μείνει στους 12⁰C περίπου.

Επίσης αξίζει ν' αναφέρουμε ότι σε καμμία χρονική στιγμή η εσωτερική θερμοκρασία δεν έφθασε τους 10.1⁰C. δηλ. την αριστερή ελάχιστη. Αυτά βέβαια αναφέρονται στην περίπτωση της κατασκευής με εσχαρωτό δάπεδο που αν παρατηρήσουμε το σχήμα 3 είναι η περίπτωση με τις μεγαλύτερες

θερμικές απώλειες.

Στο σχήμα 3 φαίνεται η κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας για τη διατήρηση μιάς ελαχίστης εσωτερικής θερμοκρασίας 18°C για 5 διαφορετικές κατασκευαστικές αλλαγές. Παρατηρούμε ότι η περίπτωση με τις λιγότερες απώλειες είναι εκείνη της θερμής στρωμάτης ιδίως όταν συνδυασθεί και με μεμονωμένους τούχους επιπλέον (5CM υαλοβάμβακα).

Στο σχήμα 4 έχουμε δύο δέσμες καμπυλών. Η μία δεύχνει το ποσό της βοηθητικής ενέργειας ενώ η άλλη την ηλιακή ενέργεια που διέρχεται από τα παράθυρα για 4 διαφορετικούς προσανατολισμούς. Συγκεκριμένα μεταβολή κατά 30° από νότια έως ανατολικά.

Παρατηρούμε ότι η περίπτωση που παρουσιάζει τις λιγότερες απώλειες είναι εκείνη που δέχεται το μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας στα παράθυρα, δηλαδή η περίπτωση του νότιου προσανατολισμού. Ενώ αντίθετα αν ο νότιος τούχος με τα παράθυρα γίνει ανατολικός τότε συμβαίνουν τα αντίθετα.

Εξετάζοντας την περίπτωση της θερμής στρωμάτης παρατηρούμε ότι, όταν η εσωτερική θερμοκρασία μεταβάλλεται ελεύθερα τότε η διαφορά της με την εξωτερική θερμοκρασία είναι περίπου 7°C σε όλο το διάστημα των τριών μηνών (σχ. 5,6). Εδώ αξίζει να αναφέρουμε ότι σ' αυτή την περίπτωση η εσωτερική θερμοκρασία σε καμπιά χρονική στιγμή δεν έφθασε τους 12.1°C.

Αν τώρα συνδυασθεί η θερμή στρωμάτη με μονωμένους τούχους έχουμε ακόμα ένα κέρδος περίπου 0.2°C(σχ.7)

Στο σχήμα 8 φαίνεται η συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο διαφόρων παραμέτρων, για την περίπτωση της θερμής στρωμάτης. Έτσι παρατηρούμε ότι οι απώλειες από ανανεώσεις του αέρα αποτελούν το 86% των ολικών θερμικών απωλειών.

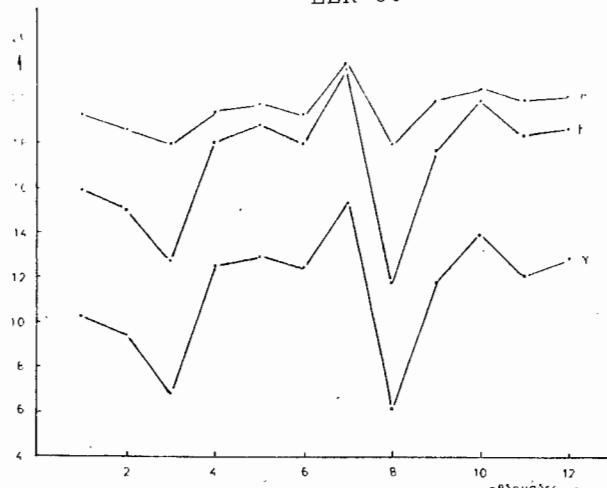
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το χοιροστάσιο που εξετάσαμε είναι μία προτεινόμενη κατασκευή χοιροστασίου παχύνσεως στην Ελλάδα. Αν και η μόνωση των τούχων και οροφής είναι μέτρια και δόθηκαν γενναία ανοίγματα παθητικού αερισμού, το χοιροστάσιο διατηρεί κατά τους φυχρούς μήνες της Αθήνας τις συνθήκες θερμοκρασίας-υγρασίας στα επιτρεπόμενα επίπεδα, χωρίς τη χρήση βοηθητικής θέρμανσης.

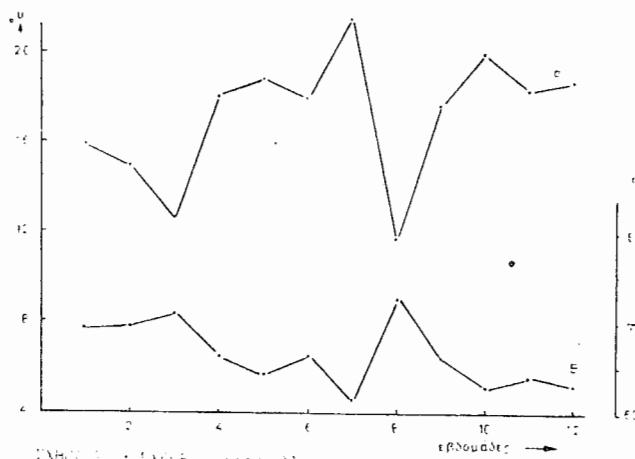
Με την προγραμματιζόμενη εξέταση της θερμικής και υγρομετρικής συμπεριφοράς του χοιροστασίου και κατά τους θερμούς μήνες, θα ολοκληρωθεί η μελέτη του προτεινόμενου τύπου χοιροστασίου.

Με το μαθηματικό πρότυπο που αναπτύξαμε και που διορθώνεται με συγκρίσεις προς το ψυσικό πρότυπο πραγματικών διαστάσεων, είναι δυνατές οι οικονομικώτερες τροποποιήσεις στην κατασκευή για την ελαχιστοποίηση των θερμικών αναγκών ενός χοιροστασίου σε οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες. Είναι επόμενη δυνατές οι συγκρίσεις κόστους ενεργειακής συμπεριφοράς ενός χοιροστασίου με παθητικό ή ενεργειακό σχεδιασμό για ποικίλες κλιματικές συνθήκες.

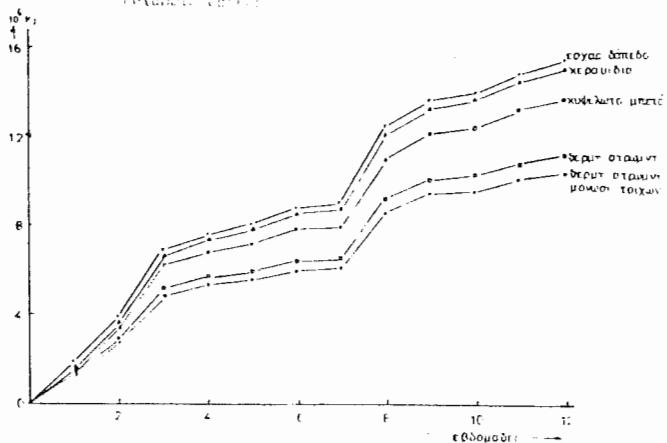
ΕΕΚ-60



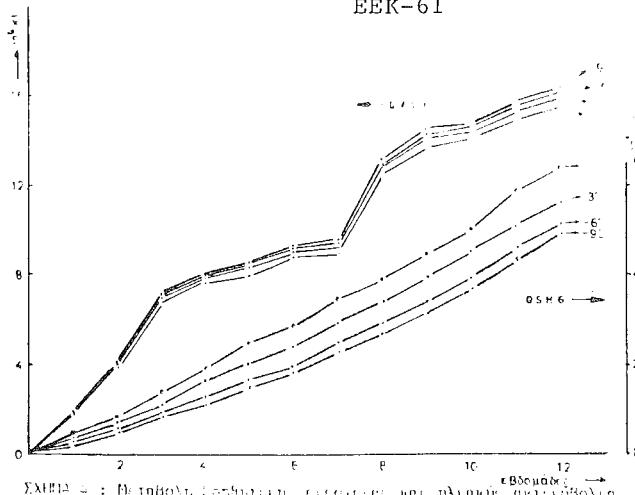
ΤΧΗΜΑ 1: α: Ρεθμιζόμενη έσωτερηκή θερμοκρασία
β: Έλεγχη υποβαθμισμένη έσωτερηκή θερμοκρασία
γ: Εξωτερική θερμοκρασία συγχροτό δειγμά



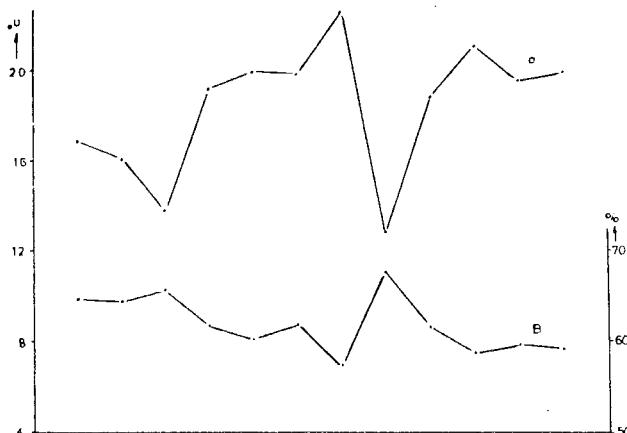
ΤΧΗΜΑ 2: α: Έλεγχη υποβαθμισμένη έσωτερηκή θερμοκρασία (solid line)
β: Εξωτερική θερμοκρασία συγχροτό δειγμά (dotted line)



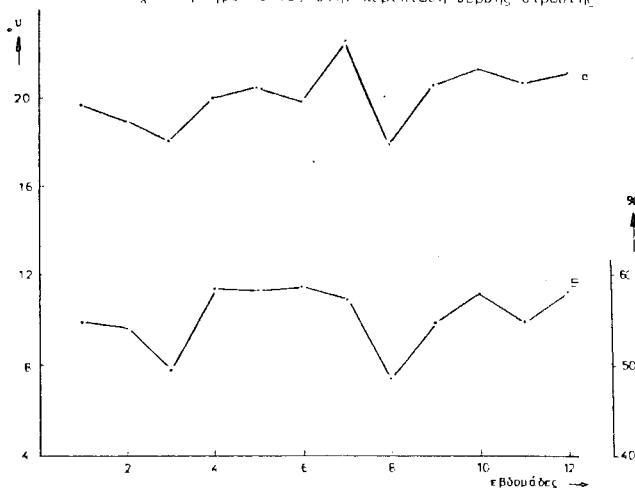
ΤΧΗΜΑ 3: Αριθμούσα θερμοκρασία εγγένετης οδροστοιχίου, που αφορεί τις δύο κατοικημένες.



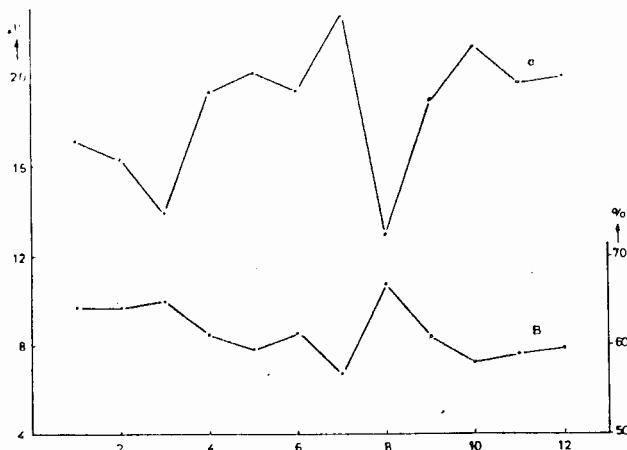
ΣΧΗΜΑ 4 : Μεταβολή ταξιδιωτικής περιόδου και πληνούχη σειράς θερμοκρασίας σε διάφορα ταχανοπέδια αναποτίθεται στη συγκεκριμένη προσπεκτική.



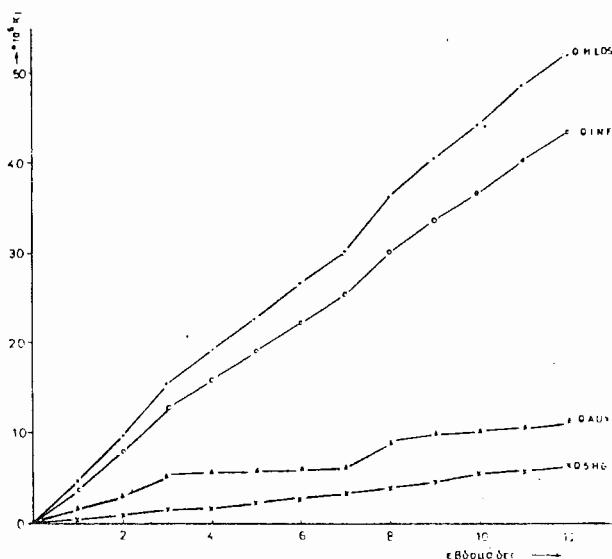
ΣΧΗΜΑ 5. : Ελεύθερη μεταβολή ταξιδιωτικής περιόδου (α) και σχετική ήγρασία (β, στην περιπτώση θερμής στρωμάτης)



ΣΧΗΜΑ 6 : Ταξιδιωτική περιόδου θερμοκρασία (α) και σχετική ήγρασία (β, στην περιπτώση θερμής στρωμάτης)



ΣΧΗΜΑ 7. : Ελεύθερα μεταβολλόμενη εσωτερική θερμοκρασία (α)
και σχετική υγρασία (Β) στην περιπτώση μοναμένων
τοίχων και θερμής στρωματής.



ΣΧΗΜΑ 8. : Μεταβολή διευσύρμανου μεγεθών οδροιστικού στρώματος θερμής στρωματής.
OHLOS : Ολικός θερμητής πιπάλιτες
QINEL : Απώλειες λόγω συνανεῳσμού των οιρών
QAUQ : Θοηθητική ενέργεια
QSHG : Ηλιακή ενέργεια που διεργάζεται στη σερο-

θιρα.

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΤΟΚΕΤΩΝ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΟΥ
ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεράσιμος Γ. Μαρτζόπουλος
Επικ. Καθηγητής Τμ. Γεωπονίας Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η θέρμανση των αιθουσών τοκετού των χοιροστασίων παρουσιάζει την ιδιομορφία της δημιουργίας μικροκλίματος του χώρου ανάπτυξης των νεογνών με ιδιαίτερη έμφαση σε δ, τι αφορά τη θέρμανση. Η θερμοκρασία που απαιτείται για τα νεογνά κατά την πρώτη μέρα είναι 34° C ($\pm 1^{\circ}$ C) και ελαττώνεται κατά 1° C κάθε μέρα, μέχρι τους 25° C, δημοσιεύοντας. Αντίθετα η χοιρομητέρα που παραμένει στο ίδιο κελλί τοκετού απαιτεί θερμοκρασία περιβάλλοντος $16^{\circ} - 20^{\circ}$ C. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ειδικός χώρος στο δάπεδο των κελλιών τοκετού με σχάρες που θερμαίνονται με τη βοήθεια ηλιόθερμου, κυκλοφορητή, θερμοστάτη και ηλεκτροβάνας. Τα αποτέλεσμα που προέκυψαν από την περιφραματική αυτή εγκατάσταση, που έγινε στην αίθουσα τοκετού του χοιροστασίου του Αγροκτήματος του Α.Π.Θ., κρίνονται πολύ ικανοποιητικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακή Ενέργεια, Θέρμανση, Δυναμικά συστήματα, Κτηνοτροφία, Χοιροστάσια.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρά στην ανάπτυξη των χοίρων και κατ' επέκταση στην οικονομική απόδοση ενός χοιροστασίου είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η φυσιολογική θερμοκρασία του σώματος του χοίρου είναι 39° C αλλά το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτρέφεται έχει συνήθως πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία. Για το λόγο αυτόν παρατηρείται συνεχής απώλεια θερμότητας από το σώμα του ζώου, το μέγεθος της οποίας εξαρτάται α) από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος β) κατά τους Bond et al (1) από το ζων βάρος του χοίρου και γ) κατά τους Holmes και Mount (4) από τον αριθμό των ζώων ανά ομάδα που συστεγάζονται. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος των χοίρων εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες ενός τόπου κατά τη διάρκεια του έτους σε συνάρτηση με τον τύπο κατασκευής (σχ. 1) και εξοπλισμού γενικά του χώρου δημοσιεύονται (7).

Η συνεχής απώλεια θερμότητας από το σώμα των ζώων, δταν ζουν σε περιβάλλον με χαμηλές θερμοκρασίες, έχει σαν αποτέλεσμα την αναπλήρωσή της με συνεχή παραγωγή θερμότητας για τη σταθερή διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε φυσιολογικά επίπεδα. Η παραγωγή θερμότητας από το σώμα των χοίρων είναι φυσιολογικά αναπόφευκτη λόγω του μεταβολισμού. Η φυσιολογική αυτή παραγωγή θερμότητας θεωρείται ικανή για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος των χοίρων, δταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαίνεται μέσα σε ένα optimum,

γνωστό σαν "κρίσιμη θερμοκρασία".

Η κρίσιμη θερμοκρασία των χοίρων εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο και το βάρος του σώματος. Στον πίνακα 1 φαίνεται η μέση απαιτούμενη θερμοκρασία καθώς και τα επιθυμητά δρια κατά τους Phillips και Bicket (6) για χοίρους ανάλογα με την ηλικία, το βάρος ή το φύλο των ζώων. Η ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής παίζει ρόλο ρυθμιστικό και όπως αποδείχθηκε από τον Fuller (2) η αύξηση της ποσότητας της τροφής επιτυγχάνει αύξηση της παραγόμενης θερμότητας με αποτέλεσμα, αντίστοιχα, τη μείωση της κρίσιμης θερμοκρασίας. Ο ίδιος ερευνητής (3) απέδειξε επίσης ότι η μετατρεψιμότητα της τροφής σε βάρος (δηλ. μονάδες τροφής/μονάδα προστιθέμενου βάρους) καθώς και η ποιότητα του κρέατος επηρεάζονται σημαντικά από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι τα μεγαλύτερα σε ηλικία ζώα έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση ενώ παράλληλα η ποσότητα της τροφής παίζει ρυθμιστικό, κατά κάποιο τρόπο, ρόλο. Αντίθετα για τα νεογέννητα χοιρίδια οι απαιτήσεις σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα υψηλές, διότι α) έχουν μειωμένη ικανότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματός τους ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και β) δεν έχουν αρκετό τρίχωμα για να προστατευθούν από τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του χώρου που αναπτύσσονται. Επομένως στις αίθουσες τοκετών ενός χοιροστασίου υπάρχει το πρόβλημα της λικανοποίησης από άποψη συνθηκών περιβάλλοντος τόσο των χοιρομητέρων (μεγάλα ζώα) όσο και των νεογέννητων χοιριδίων, που συμβιούν για μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα. Για την επίλυση του προβλήματος η πρακτική σήμερα στα σύγχρονα χοιροστάσια επιβάλλει τη διατήρηση, μέσα στην αίθουσα, του περιβάλλοντος που απαιτείται από τις χοιρομητέρες (θερμοκρασία 16-20°C, υγρασία 60%) ενώ παράλληλα δημιουργείται ένα "μικροπεριβάλλον" σε μια γωνιά κάθε κελλιού τοκετού γνωστό σαν "καταφύγιο" που ικανοποιεί τα νεογόνα από άποψη θερμοκρασίας. Το περιβάλλον των χοιριδίων δημιουργείται με την τοποθέτηση σε κάθε καταφύγιο ενός "αναθρεπτήρα" που δεν είναι τίποτε άλλο παρά θερμαντικά σώματα. Οι πιο απλοί αναθρεπτήρες (5) αποτελούνται από ηλεκτρικό θερμαντικό λαμπτήρα υπέρυθρης ακτινοβολίας ισχύος συνήθως 250 W ενώ πιο σπάνια χρησιμοποιούνται και αναθρεπτήρες αερίου. Τελευταία επίσης μερικές εταιρείες αντί αναθρεπτήρων διαθέτουν μικρούς τάπτες ή και μόνιμα δάπεδα με ηλεκτρικές αντιστάσεις πάνω στους οποίους καταφεύγουν τα νεογέννητα χοιρίδια για να αναπαυθούν.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα νέο σύστημα θέρμανσης των νεογέννητων χοιριδίων, όπου το καταφύγιο αποτελείται από σχαρωτό θερμαινόμενο δάπεδο στο οποίο για πηγή θέρμανσης χρησιμοποιείται η ηλιακή ενέργεια και γίνεται μια σύγκριση με συμβατικούς ηλεκτρικούς αναθρεπτήρες. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας με τη συμπαράσταση του τομέα Ζωικής Παραγωγής του Τμ. Γεωπονίας και εγκαταστάθηκε στο χοιροστάσιο του αγροκτήματος του Α.Π.Θ.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η αίθουσα τοκετών του χοιροστασίου αποτελείται από δύο θαλάμους των έξι κελλιών ο καθένας. Κάθε θάλαμος περιλαμβάνει διαφορετικό τύπο κελλιών. Η διαφορά είναι τόσο ως προς τις διαστάσεις όσο και ως προς τη θέση του καταψυγίου. Στο σχήμα 2 φαίνεται η κάτωψη των θαλάμων με τη θέση των καταψυγίων. Το δάπεδο των καταψυγίων είναι σχαρωτό θερμαινόμενο (σχ. 3). Σαν μέσο θέρμανσης χρησιμοποιείται νερό που ανακυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα με τη βοήθεια κυκλοφορητή και θερμαίνεται από ένα ηλιόθερμο 160 l και συλλεκτικής επιφά-

νειας 3 m². Η θερμοκρασία κάθε καταφυγίου ρυθμίζεται ανεξάρτητα με θερμοστάτη και ηλεκτροβάνα. Το δίκτυο θερμού νερού κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου από χαλκοσωλήνα που καλύφθηκε από θερμομονωτικό υλικό για μείωση απωλειών. (σχ. 4).

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσα στους θαλάμους τοκετών το χειμώνα διατηρείται σταθερή στους 21±30°C. Το καλοκαίρι η θερμοκρασία κυμαίνεται στα 1δια περίπου επίπεδα με φυσικό αερισμό επειδή σαυτό βοηθά και η κατασκευή του κτιρίου. Έτσι επιτυγχάνεται το απαιτούμενο περιβάλλον για τις θηλάζουσες χοιρομητέρες, τόσο από άποψη θερμοκρασίας όσο και από άποψη αερισμού (Va 15 m·min⁻¹) και σχετικής υγρασίας (r.h.~60%). Η θερμοκρασία του δαπέδου του καταφυγίου μπορεί να ρυθμίζεται από τους 35°C το μέγιστο (νεογέννητα χοιρίδια) μέχρι τους 24°C το ελάχιστο (χοιρίδια 25 ημερών) ανάλογα με την ηλικία των νεογνών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ιδανικό μικροπεριβάλλον για τα νεογέννητα.

3. ΥΛΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο ηλιακός συλλέκτης που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρείας "ΜΑΛΤΕΖΟΣ".

Η ανακυκλωφορία του θερμού νερού γίνεται με έναν κυκλοφορητή WILO MXL 25-25 ισχύος 25 W μεταβλητής παροχής ($Q=0.1$ έως 3.5 m³·h⁻¹) και μανομετρικό (H) έως 4 m με ανοχές σε θερμοκρασίες από +70°C έως +130°C (max). Οι θερμοστάτες επαφής έχουν δυνατότητα ρύθμισης σε οριακό εύρος θερμοκρασίας δαπέδου από 0°C έως 40°C. Τα δρια αυτά βρίσκονται αρκετά έξω από το επιθυμητό εύρος θερμοκρασιών του καταφυγίου και κατά συνέπεια εξασφαλίζουν ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος. Επίσης χρησιμοποιήθηκε και μετρητής ροής του θερμόύ νερού με ακρίβεια της τάξεως του 10⁻⁴ m³.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος στα κελλιά της μιας πλευράς του θαλάμου χρησιμοποιήθηκε πειδαπέδια θέρμανση με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας ενώ στην άλλη τοποθετήθηκε ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης με λάμπες υπέρυθρης ακτινοβολίας ισχύος 250 W η κάθε μία. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν συγκρίσιμα συμπεράσματα μεταξύ των δύο συστημάτων, δηλαδή των "ηλιακών αναθρεπτήρων" και των "ηλεκτρικών αναθρεπτήρων" υπέρυθρης ακτινοβολίας που έίναι και οι πιο διαδεδομένοι σήμερα στην Ελλάδα.

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν ένας καταγραφέας θερμοκρασιών πολλαπλών θέσεων (48 σημείων) με θερμοζεύγη copper-constantan, ένα ηλιόμετρο Eppley με μετρητή για τη μέτρηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της συνολικής ηλιακής ενέργειας. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν υγρασιόμετρα για τον προσδιορισμό της σχετικής υγρασίας του χώρου.

Για τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους κατά το στάδιο αυτό της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν έξι κελλιά με ηλιακό αναθρεπτήρα και έξι κελλιά με ηλεκτρικό. Καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων δεν χρησιμοποιήθηκαν ζώα μέσα στα κελλιά. Οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν είναι οι εξής: α) η θερμοκρασία νερού στην είσοδο (θγεισ) και έξοδο (θγεξ), του λέβητα του ηλιοθέρμου, β) η θερμοκρασία νερού στην είσοδο (θδεισ) και έξοδο (θδεξ) του θερμαινόμενου δαπέδου του καταφυγίου καθώς και η μέση θερμοκρασία (θδ) του δαπέδου αυτού. (κατά περιόδους μετρήθηκαν επίσης οι θερμοκρασίες του δαπέδου κοντά στην είσοδο και την έξοδο του νερού), γ) η θερμοκρασία του δαπέδου των καταφυγίων με ηλεκτρικό αναθρεπτήρα (θΗ max) κάτω από τη λάμπα και σε ακτίνα 40 cm από το σημείο αυτό (θΗ μην), δ) οι θερμοκρασίες αέρα του θαλάμου τοκετών (θθτ) και του περιβάλλοντος εκτός του κτιρίου (θα). Μετρήθηκε επίσης η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε

από τη θέρμανση με το νέο σύστημα (W_H) και υπολογίστηκε η κατανάλωση από το παραδοσιακό.

Οι μετρήσεις άρχισαν στις 10:30 την 9/9/85 και διήρκεσαν 24 ώρες (10:30 - 10/9/85). Κατά την 9/9/85 υπήρξε πλήρης ηλιοφάνεια και η συνολική ηλιακή ενέργεια που μετρήθηκε ήταν $H=5.73 \text{ kWh.m}^{-2}$. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (I) φαίνεται στο πίνακα 2. Κατά τη διάρκεια της νύκτας της 10/9 ο ουρανός ήταν νεφελώδης ενώ μερική ηλιοφάνεια παρουσιάστηκε 15 λεπτά πριν από τη λήξη των μετρήσεων. Ο κυκλοφορητής λειτούργησε με παροχή 7 l.min^{-1} (ροή θερμού νερού).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στο σχήμα 5. Όπως φαίνεται από την καμπύλη των θερμοκρασιών νερού στο λέβητα (θ_{νετ}) η ηλιακή ενέργεια ήταν παραπάνω από αρκετή για πέντε ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας (από 14:30 έως 19:30 της 9/9), ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες θέρμανσης των καταφυγίων. Κατά τη διάρκεια των υπολογίων ωρών του 24ώρου (19 h) η θέρμανση υποβοηθήθηκε από την ηλεκτρική αντίσταση του λέβητα ($P=4 \text{ kW}$) που λειτουργούσε με την παρεμβολή θερμοστάτη για διατήρηση της θερμοκρασίας γύρω στους 42°C . Η κατανάλωση του ρεύματος για τη συμπληρωματική θέρμανση ήταν $\sim 23.5 \text{ kWh}$ κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Οι απώλειες στη σωληνογραμμή θερμού νερού ήταν αμελητέες δύπως φαίνεται από τις μέγιστες τιμές των θερμοκρασιών στην είσοδο του θερμαινόμενου δαπέδου (θ_{δεισ}). Οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος στην αίθουσα τοκετών (θ_{θΤ}) καθώς και του αέρα έξω από το κτίριο (θ_α) δύπως φαίνεται στο σχήμα κατά τη διάρκεια της ημέρας (9/9) ήταν φυσιολογικές ενώ κατά τη νύκτα της 10/9 ήταν λίγο υψηλότερες των φυσιολογικών λόγω της συννεφιάς. Η θερμοκρασία στο κέντρο (θ_{Ηmax}) κάτω από τον ηλεκτρικό αναθρεπτήρα (λάμπα) επηρέασθηκε από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος της αίθουσας και κυμάνθηκε από 29.5°C έως 34°C . Οι θερμοκρασίες του κέντρου του αναθρεπτήρα είναι και οι μέγιστες του καταφυγίου κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε απόσταση 40 cm από το κέντρο καλύπτοντας έτσι εμβαδό καταφυγίου 0.5 m^2 κυμάνθηκαν από $25.50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ έως 29°C (θ_{Ηmin}). Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση έξι κελλιών υπολογίσθηκε σε $W=0.25 \times 6 \times 24=36 \text{ kWh}$ για το 24ώρο.

Η θερμοκρασία του ηλιακού αναθρεπτήρα (θ_δ) στο κέντρο του δαπέδου του καταφυγίου και για ορισμένη θέση ρύθμισης του θερμοστάτη, κυμάνθηκε από 29°C μέχρι 34.5°C . Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές θ_δ κατά τη διάρκεια του 24ώρου ήταν περισσότερο σταθερές από αυτές του ηλεκτρικού αναθρεπτήρα διότι η διακύμανση επηρέασθηκε σε μικρότερο βαθμό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι μέγιστες θερμοκρασίες του ηλιακού αναθρεπτήρα κυμάνθηκαν από 32.5°C μέχρι 34.5°C και οι ελάχιστες από 29°C μέχρι 30°C . Το θερμαινόμενο δάπεδο έχει εμβαδόν 0.56 m^2 , αλλά η εκμεταλλεύση είναι περίπου 0.50 m^2 , δηλαδή όσο και του συμβατικού καταφυγίου. Αποκλίσεις από τις ελάχιστες θερμοκρασίες δεν παρατηρήθηκαν σε κανένα σημείο του δαπέδου, ενώ μικρές αποκλίσεις μέχρι και 1°C παρουσιάσθηκαν μεταξύ των σημείων του δαπέδου κοντά στην είσοδο και έξοδο του θερμού νερού και μόνο για ελάχιστο χρονικό διάστημα κατά τη στιγμή που άνοιγε η θερμοβάνα (μέγιστες τιμές θ_δ).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατά την πρώτη φάση λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης των νεογέννητων χοιριδίων με χρήση της ηλιακής ενέργειας παράτηρθηκαν τα ακόλουθα:

1) Η ενδοδαπέδια θέρμανση πλεονεκτεί της συμβατικής με λάμπα υπέρυθρης ακτινοβολίας επειδή παρουσιάζει μικρότερες διακυμάνσεις, καθώς επηρεάζεται λιγότερο από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

2) Η ορθογωνική διάταξη του δαπέδου προσφέρει πιο άνετο καταφύγιο για τα νεονά, λόγω του σχήματός τους, σε σύχνη με το κυκλικό γύρω από τη λάμπα, όπως ορίζεται νοητά από τις ισόθερμες, για τη δημιουργία ανεκτού περιβάλλοντος.

3) Η επιφάνεια του δαπέδου του καταφυγίου διατηρεί ομοιόμορφη θερμοκρασία, ενώ η θέρμανση με λάμπα παρουσιάζει αποκλίσεις με μείωση της θερμοκρασίας από το κέντρο προς την περιφέρεια.

4) Η ρύθμιση της θερμοκρασίας των καταφυγίων με το νέο σύστημα είναι εύκολη και ακριβής σε αντίθεση με το συμβατικό τύπο, όπου η ρύθμιση γίνεται κατ'εκτίμηση, εξαρτώμενη από την απόσταση του δαπέδου από τη λάμπα και τη θερμοκρασία του θαλάμου τοκετών.

5) Η κατανάλωση ενέργειας με το ηλιακό σύστημα θέρμανσης είναι πολύ μικρότερη από αυτή με τους ηλεκτρικούς αναθρεπτήρες. Επιπλέον κάθε μείωση της θερμοκρασίας, ανάλογα με την ηλικία των χοιριδίων, προϋποθέτει και μείωση της κατανάλωσης ρεύματος, γεγονός που δεν συμβαίνει με τις λάμπες που έχουν σταθερή κατανάλωση.

6) Το ηλιακό καταφύγιο αποδειχθήκε ελκυστικός χώρος ανάπausης των νεογνών, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.

Τα παραπάνω συμπεράσματα που βγήκαν κατά το πρώτο στάδιο της έρευνας αυτής μπορούν να κριθούν πολύ ικανοποιητικά και ενθαρρύνουν την εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των καταφυγίων στις αίθουσες τοκετών ενός χοιροστασίου. Στα στάδια της έρευνας που θα επακολουθήσουν, κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αναμένεται να εδραιωθεί η χρήση του συστήματος σε βιομηχανικό τύπου χοιροτροφικές μονάδες. Στα επόμενα αυτά στάδια θα γίνουν πειραματικές εργασίες με τους θαλάμους τοκετών σε πλήρη λειτουργία και θα μελετηθεί τόσο η συμπεριφορά των ζώων σε σχέση με το σύστημα που δοκιμάζεται όσο και η μεγιστοποίηση του ενεργειακού κέρδους που μπορεί να πρόσθει από την αλληλεπίδραση της θερμότητας που εκπέμπεται από το όχημα των ζώων και την επιφάνεια θέρμανσης του καταφυγίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται προς τον καθηγητή κ. Ιωάννη Ματούκα του Τομέα Ζωήκης του Παραγγής του Τμήματος Γεωπονίας για την υιοθέτηση της ιδέας και τη χρηματική ενίσχυση για την υλοποίησή της. Επίσης ευχαριστίες οφείλονται στην εταιρεία ΜΑΛΤΕΖΟΣ για την ευεννική προσφορά του χρησιμοποιηθέντος ηλιακού συλλέκτη. Τέλος ευχαριστίες απευθύνονται και προς τους γεωπόνους κ.κ. Α. Γουσγούνη για τις "ταλαιπωρίες" που υπέστη κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του συστήματος και Ι. Α. Καλόγγωμα για τη βοήθεια που προσέφερε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Απαιτούμενες θερμοκρασίες χοίρων.

Κατηγορία χοίρων	Μέση θερμοκρασία °C	Επιθυμητά δρια °C
Θηλάζουσα χοιρομητέρα	16	10-21
Χοιρίδιο μιας ημέρας	35	32-38
" 3 εβδομ.	27	24-30
" βάρους 13-23 kg	24	21-27
" " 23-34 kg	18	16-21
Παχυνόμενοι χοίροι	16	10-21
Εγκυμονούσες χοιρομητέρες	16	10-21
Κάπροι	16	10-21

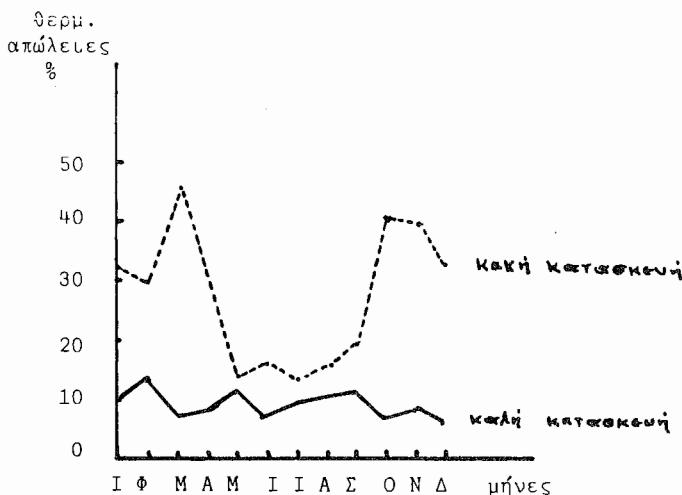
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας την 9/9/85
στο Αγρόκτημα του Α.Π.Θ.

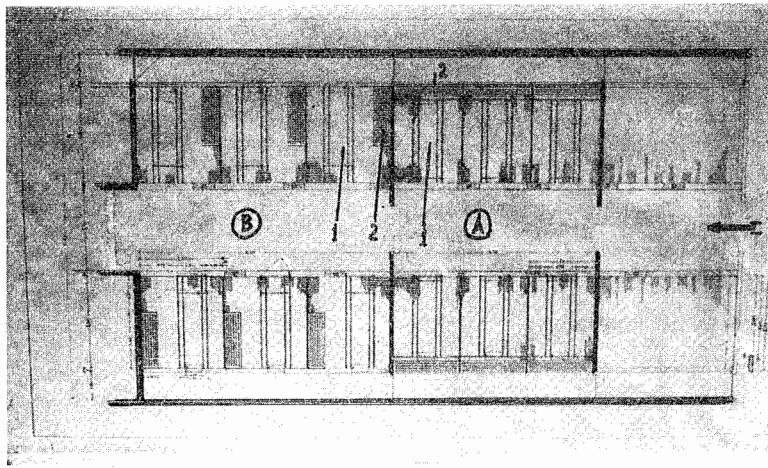
Ώρα h:min	Ένταση I ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$)
9:00	0.30
10:00	0.45
11:00	0.61
12:00	0.73
13:00	0.78
13:35	0.80
14:00	0.78
15:00	0.71
16:00	0.59
17:00	0.43
18:00	0.23
19:00	0.05
19:30	0.02

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bond, T.E., Kelly, C.F., Heitman, H. 1952. Heat and moisture loss from swine. Agric. Eng., 33.
2. Fuller, M.F. 1964. PhD Thesis. Univ. of Cambridge.
3. Fuller, M.F. 1968. The environmental requirements of pigs and their relation to building design. Pap. agric. Dev. Ass. Course, Aberdeen, Nov. 1968.
4. Holmes, C.W., Mount, L.E. 1966. Heat loss from young pigs, individually and in groups, at ambient temperatures 9°, 20° and 30° C. J. Physiol., London, 186.
5. Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., 1985. Κτηνοτροφικές Κατασκευές, Θεσ/νίκη.
6. Phillips, R.E., Bicket, W.G. 1982. Mechanical ventilation of swine buildings. Watl. Pork Industry Handbook. Fact Sheet PIH-60. Cooperative Ent. Service, Purdue Univ., W. Lafayette, Indiana, U.S.A.
7. Sainsbury, D. 1979. Pig housing. Farming Press Ltd., Wharfedale Rd., Ipswich, Suffolk, U.K.



Σχ. 1. Θερμικές απώλειες χοίρων ανάλογα με την εποχή και τον τύπο κατασκευής του χοιροστασίου.

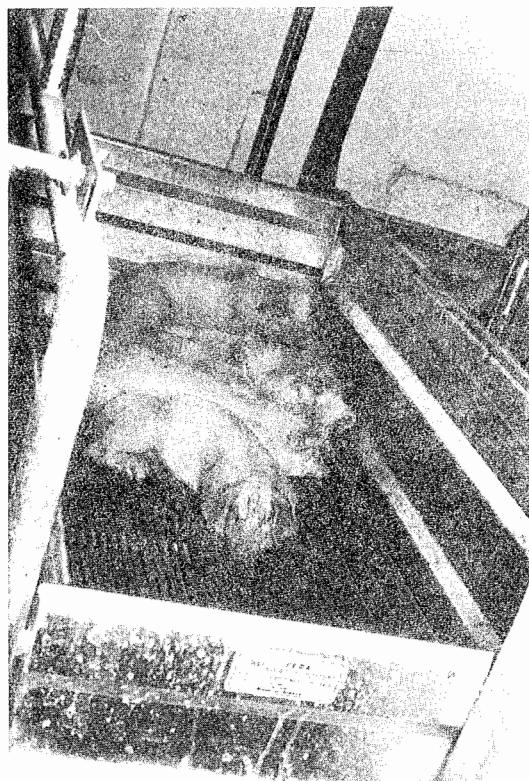


Σχ. 2. Κάτοψη αίθουσας τοκετών.

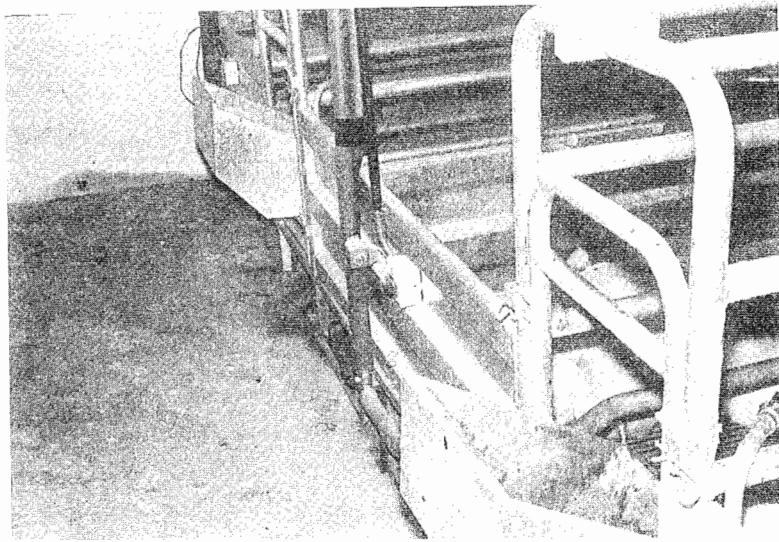
Α,Β: Θάλαμοι τρικετών.

1: Θέση θηλάζουσας χοιρομητέρας.

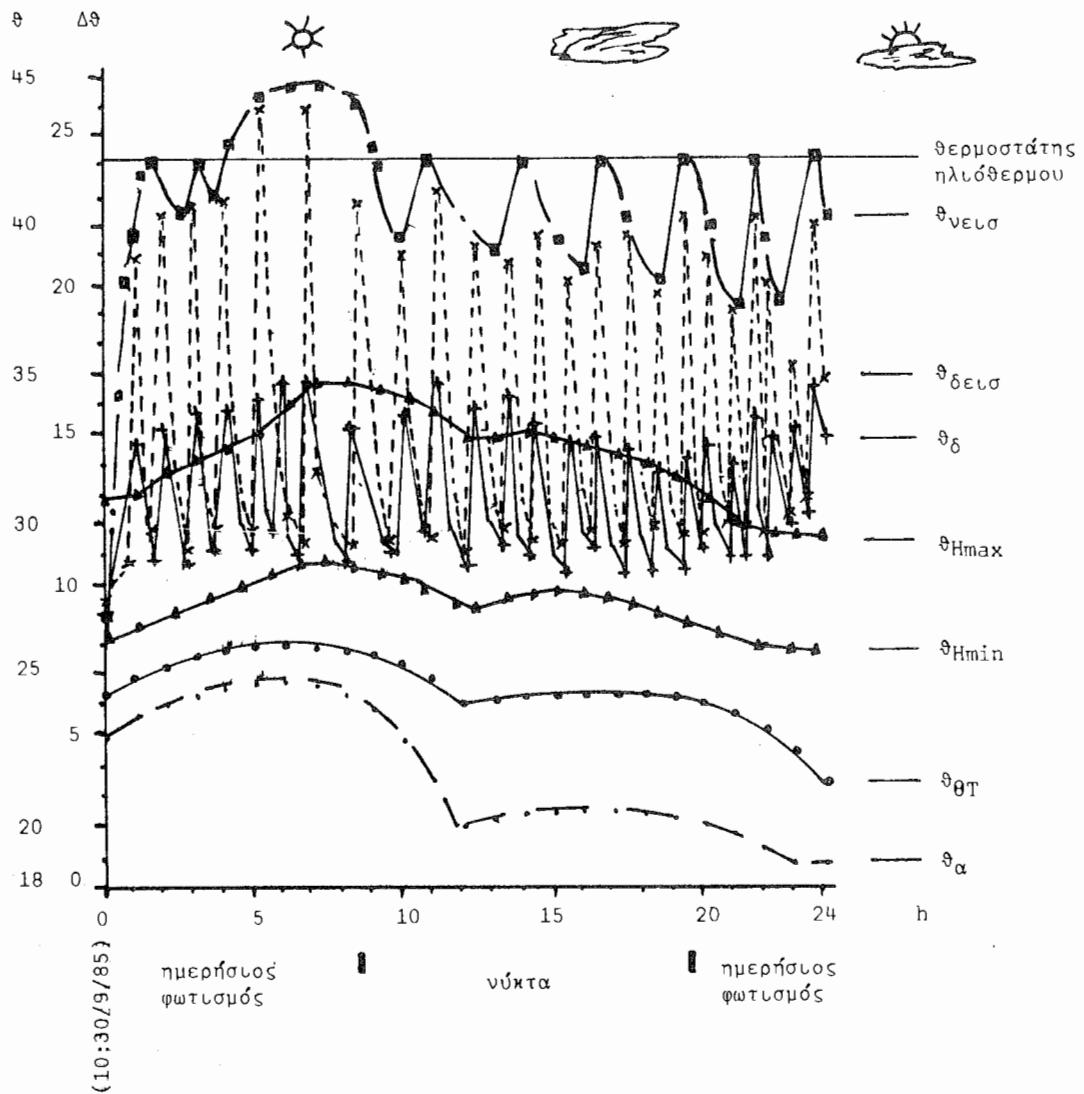
2: Καταφύγιο με θερμαινόμενο δάπεδο.



Σχ. 3. Σχαρωτό θερμαινόμενο δάπεδο.



Σχ. 4. Μονωμένοι σωλήνες με θερμοστάτη και ηλεκτροβάνα για κάθε ηλιακό αναθρεπτήρα.



Σχ. 5. Γραφική απεικόνιση των πειραματικών μετρήσεων των θερμοκρατιών στην αίθουσα τοκετών.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΕΝΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΜΙΑΣ ΣΚΑΪΡΗΣ 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 σκάψης 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 σκάψης από 3,2% - 10% περίπου. Βελτιώνοντας τις γωνίες των πλευρών της σκάψης βασιζόμενος στις εργασίες των Μανηταν και Banneroτ για ένα συμμετρικό συγκεντρωτικό συλλέκτη με κάτοπτρο και κατασκευάζοντας συλλέκτες επιφανείας 1 m^2 πειραματιζόμαστε αυτή τη σιγμή σε ηλιακές σκάψες διαφόρων μορφών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ηλιακή σκάψη Θερμοζεύγος (thermosyphle)

Επίπεδος συλλέκτης

Συμμετρικός συγκεντρωτικός συλλέκτης με μια κλίση

Συμμετρικός συγκεντρωτικός συλλέκτης με δύο κλίσεις

Μέγιστη σχέση συγκέντρωσης

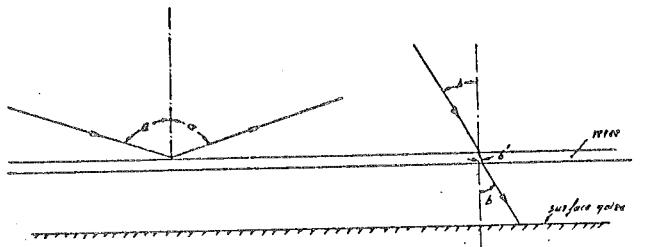
* Ανοιγμα σκάψης Α - Βάθος σκάψης Δ - Πυθμένας σκάψης Β

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Ο πειργραφόμενος 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 μάκροχρονη εμπειρία που έχουν δια 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 διαφορά τη συλλογή της. ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των πρωινών και απογευματινών ωρών όπου όπως γνωρίζουμε ο συλλέκτης δεν μπορεί να συλλέξει ενέργεια ή αν μπορεί αυτή είναι σε ανεπαρκή ποσότητα (80W για 1 - 1,5 ώρες). Το χρονικό 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 προσπιτώσεως 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 Λυόν.

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

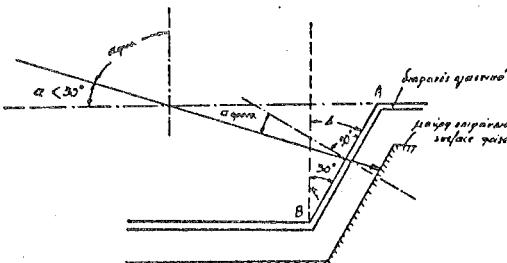


Σχήμα 1

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

Μ' αυτή την έννοια αν δώσουμε στην επιφάνεια τον συλλέκτη τη μορφή μιας σκάφης δύπως φαίνεται στο σχήμα 2 είναι τότε δυνάτον κατά τη διάρκεια του χρόνου δύον οι ακτίνες σχηματίζουν μια μεγάλη γωνία με την κατακόρυφο (ανατολή) και δύση του ηλίου) οι ακτίνες αυτές να διαπεράσουν για ένα μεγάλο μέρος την διάφανή επιφάνεια του καλύματος του συλλέκτη και να πέ-

σουν στην απορροφητική επιφάνεια η οποία βρίσκεται πίσω από το διαφανές κάλυμμα. 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 σύγουρα τη διάφανή επιφάνεια όταν προσπίπτουν με κλίση μικρότερη από 60° ως προς την κατακόρυφη. Το βάθος h_k σε σχέση με το πλάτος b διαλέχθηκε $h_k/b = 2/1$ (Σχήμα 3) και $b = a/2$. Αυτό δημιαρδός 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 κατασκευάσθηκε φαίνονται στο σχήμα 3 και η προβολή του τραπεζιού ABCD έγινε κατά τρόπο ώστε να είναι ίσο με το πλάτος του επίπεδου 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 διαφορά την οριζόντιο προβο-

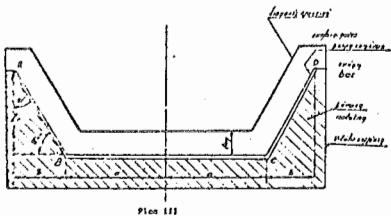


Σχήμα 2

σουν στην απορροφητική επιφάνεια η οποία βρίσκεται πίσω από το διαφανές κάλυμμα. 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 σύγουρα τη διάφανή επιφάνεια όταν προσπίπτουν με κλίση μικρότερη από 60° ως προς την κατακόρυφη. Το βάθος h_k σε σχέση με το πλάτος b διαλέχθηκε $h_k/b = 2/1$ (Σχήμα 3) και $b = a/2$. Αυτό δημιαρδός 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 κατασκευάσθηκε φαίνονται στο σχήμα 3 και η προβολή του τραπεζιού ABCD έγινε κατά τρόπο ώστε να είναι ίσο με το πλάτος του επίπεδου 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 διαφορά 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 θερμόν το ίδιο με το κιβώτιο που είναι τοποθετημένος ο επίπεδος συλλέκτης.

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



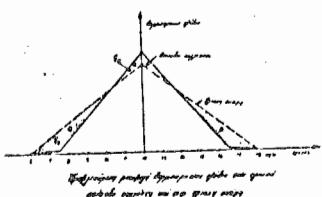
Σχήμα 3

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 κατασκευασθέντος συλλέκτης μας δεξερεί καλύτερη συμπεριφορά (δηλαδή για την ίδια ποσότητα παροχής αν μας δώσει υψηλότερη θερμοκρασία εξαγωγής) τότε ο συλλέκτης αυτός θα είναι πλεονέκτηκότερος.

Για το σκοπό αυτό μεταχειρισθήκαμε την εξής απλή μέθοδο:

Τοποθετούμε τους δύο συλλέκτες τον ένα δίπλα στον άλλο όπως φαίνεται στα *silts* 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 θερμοζέύγη (*thermostouple*) που τοποθετήθηκαν ανά ένα στην έξοδο του επίπεδου 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 διάγραμμα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.

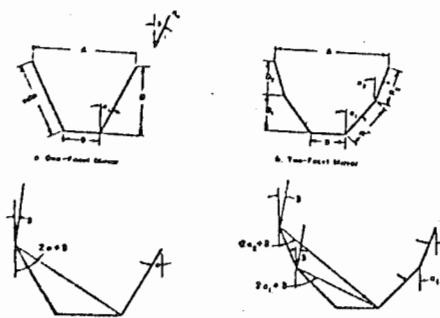
Είναι προφανές αν η επιφάνεια $F_1 > F_2$ τότε ο συλλέκτης στον οποίο ανήκει η διακεκομένη γραμμή είναι πλεονεκτικότερος. Αν τώρα ειμβαδούμετρήσουμε τις επιφάνειες που περικλείονται από τη γραμμή μεταβολής της θερμοκρασίας και τον οριζόντιο δίσονα και συγκρίνουμε τα δύο αυτά εμβαδά τότε έχουμε μια ένδειξη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

'Στη συνέχεια σε δύο διαφορετικές συμειώνουμε: Στον οριζόντιο δίσονα το χρονικό διάστημα που εκτίθεται ο συλλέκτης στον ήλιο πέρανοντας την απλούστερη περίπτωση μιας ισημερίας που η διάρκεια της ημέρας είναι 12 ώρες και βαθμονομούμε τον δίσονα αυτόν. Στον κατακόρυφο δίσονα σημειώνουμε τις θερμοκρασίες εξόδου την ίδια χρονική στιγμή για κάθε συλλέκτη.

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

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στην Ελλάδα συνεχίζαμε την κατασκευή τέτοιων σκαφών στηριζόμενοι στις εργασίες των Mannan και Bannerot (ίδε "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 σκάφους με μια ή δύο κλίσεις



δημοσίευσης 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 $l_1/l_2 > 5$

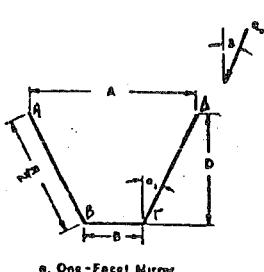


Σκάφες οι οποίες κατασκευάσθηκαν με λόγο $l_1/l_2 \approx 1,6$ δεν έδειξαν ευνοϊκότερη συμπεριφορά σε σχέση με τον επίπεδο συλλέκτη. Καλύτερη συμπεριφορά έδωσαν σκάφες με δύο κλίσεις σε σχέση με τη σκάφη μιας κλίσης. Η ηλιακή σκάφη με λόγο $l_1/l_2 > 5$ έδωσε πράγματι τις πολύ πρωινές ώρες καλύτερη συμπεριφορά 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 Ήλιου ζεστό νερό στην ίδια ακριβώς ποσότητά και στους δύο συλλέκτες. Έτσι παρατηρήθηκε μια διαφορά περίπου 5% σε βάρος της ηλιακής σκάφης.

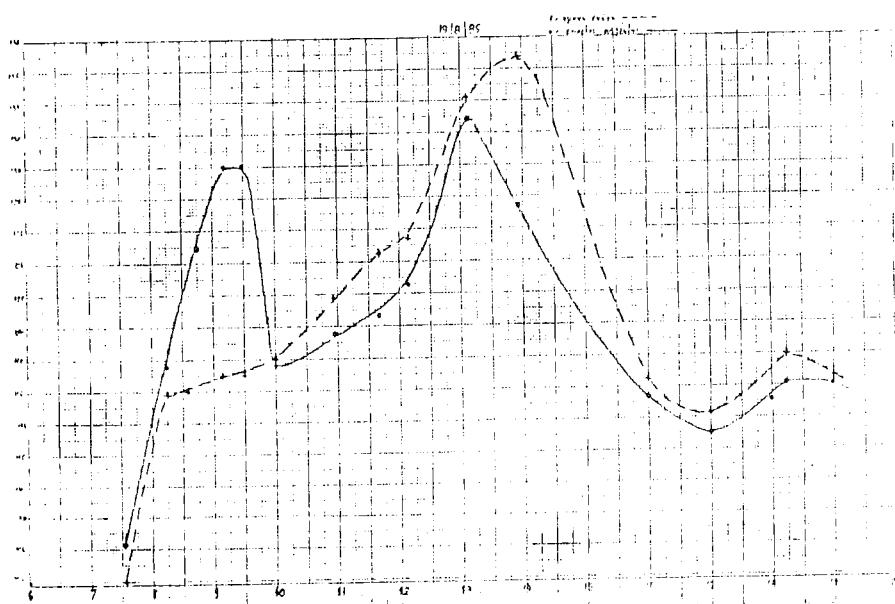
Η ηλιακή σκάφη λοιπόν τις πρωτεΐνες ώρες έχει να αντιμετωπίσει δυσμενέστερες συνθήκες από ότι έχει ο επίπεδος συλλέκτης. Έτσι για το λόγο αυτό τις πρωτεΐνες ώρες περίπου 1 ώρα μετά την ανατολή του Ήλιου η ηλιακή σκάφη ισοβαθμούσε με τον επίπεδο συλλέκτη. Τις επόμενες ώρες 9-10:30 υπερτερούσε ο επίπεδος 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.



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.



ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΝΟΣ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Σ. Τσιταμενέας

Φυσικός

Ηλεκτρονικός και Ραδιοηλεκτρολόγος

Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τομέας Φυσικής των εφαρμογών

ΤΥΠΑ - Πανεπιστημιόπολης

ΑΘΗΝΑ

Γ. Σταυρουάκης

Δρ Ηλεκτρολόγος

Μηχανικός

Σπετσιούλας 5

Τηλ.: 8221406

ΑΘΗΝΑ 11 361

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η εργασία αυτή είναι μια εισαγωγή στη σπουδή της συγκέντρωσης της ηλιακής αιτινοβολίας. Μετά από μια απλή θεωρητική ανάλυση μιας κατηγορίας συγκεντρωτικών συλλεκτών, των κυλινδροπαραβολικών, δίνεται ο θερμικός ισολογισμός τους και αποδείχνεται πως ο λόγος συγκέντρωσης ενός τέτοιου συλλέκτη επιτρέπει να παρθούν ικανοποιητικές αποδόσεις φωτοθερμικής μετατροπής για χαμηλές και μέσες θερμοκρασίες. Επί πλέον εξετάζονται οι οπτικές και θερμικές ιδιότητες ενός ανακλαστικού υλικού της ελληνικής αγοράς για την χρήση του σαν ανακλαστήρα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ:

Παραβολικός Ανακλαστήρας, Κυλινδροπαραβολικός συλλέκτης, Ηλιακός συλλέκτης, λόγος συγκέντρωσης, ηλιακή ενέργεια, σύγκριση σύλλεκτων, μέσες θερμοκρασίες.

ΕΙΣΑΙΓΩΨΗ:

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι η συσκευή με την οποία μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε μια ενέργεια. άλλης μορφής. Από τους χρησιμοποιούμενους συλλέκτες δύο είναι οι κύριες μορφές οι επίπεδοι, και οι οι συγκεντρωτικοί. Οι επίπεδοι συλλέκτες δέχονται την άμεση και την έμπειο ηλιακή ενέργεια χωρίς κανενός είδους συγκέντρωση. Αυτό κάνει τους συλλέκτες αυτούς χρήσιμους μόνο για εφαρμογές σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Από την άλλη πλευρά οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις [1] από τους επίπεδους και εφαρμογές σε περιοχές χαμηλών και μεσαίων θερμοκρασιών.

Μια κατηγορία συγκεντρωτικών συλλεκτών είναι οι κυλινδροπαραβολικοί, που κάτω από ωρισμένες προϋποθέσεις μπορούν να αντικαταστήσουν τους επίπεδους ή να χρησιμοποιηθούν εκεί που οι επίπεδοι μειονεκτούν, κύρια δε σε μέσες θερμοκρασίες.

ΚΥΛΙΝΔΡΟΠΑΡΑΒΟΛΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι κυλινδροπαραβολικοί ηλιακοί συλλέκτες έχουν προταθεί και μελετώνται για εφαρμογές που απαιτούν θερμοκρασίες από 100°C μέχρι 400°C στο σημείο της αποθήκευσης ή στην κατανάλωση.

Εγκάρσια διατομή της ανακλαστικής επιφάνειας ενός γραμμικού παραβολικού συλλέκτη φαίνεται στο σχήμα 1.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία έχει, λόγω των πεπερασμένων διαστάσεων του ήλιου και της απόστασής του από τη Γη, συνολικό γωνιακό άνοιγμα 0.53° ή $32'$.

Στο εξής θα θεωρείται ότι η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει πάνω στην παραβολική ανακλαστική επιφάνεια παράλληλα προς την ευθεία που σχηματίζεται από την τομή του επιπέδου συμμετρίας και του επιπέδου εγκάρσιας τομής της ανακλαστικής επιφάνειας.

Από το σχήμα 1 έχουμε τις εξής βασικές γεωμετρικές σχέσεις για την παραβολή:

$$y^2 = 4fx \quad (1)$$

$$y_T = \frac{a}{2} = r_T \sin \varphi \quad (2)$$

$$r = \frac{2f}{1 + \cos \varphi} \quad (3)$$

Για μια ιδανική παραβολική ανακλαστική επιφάνεια το μέγεθος του στοιχείου συλλογής που θα μπορεί να απορροφά δλη την ανακλώμενη ακτινοβολία, πρέπει νάναι το ίδιο με το σχηματιζόμενο είδωλο του ήλιου, σε επίπεδο που περνάει από την εστία και είναι κάθετο στον άξονα της παραβολής (επίπεδο (ε)). Από το σχήμα 2 συνάγονται εύκολα οι σχέσεις:

- για στοιχείο συλλογής με κυλινδρική διατομή (σωλήνας)

$$D = 2r_T \sin 16' \quad (4)$$

- για στοιχείο συλλογής τετραγωνικής διατομής

$$W = \frac{2r_T \sin 16'}{\cos(\varphi + 16')} \approx \frac{2r_T \tan 16'}{\cos \varphi} \quad (5)$$

Το γραμμικό άνοιγμα $a = 2y_T$ της παραβολής είναι το καθοριστικό μέγεθος για την δυνατότητα μετατροπής ισχύος του συλλέκτη, ενώ η εστιακή απόσταση f της παραβολής είναι το καθοριστικό μέγεθος για το εύρος του ειδώλου του ήλιου και κατά συνέπεια του στοιχείου συλλογής. Άρα η συγκέντρωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην εστία του συλλέκτη θα είναι συνάρτηση του λόγου a/f .

Η θεωρητική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε επιφάνεια που περνάει από την εστία και είναι κάθετη στον άξονα της παραβολής (επίπεδο (ε)) δίνεται στο σχήμα 3. [2].

Η πραγματική κατανομή διαφέρει από την θεωρητική για τους εξής λόγους:

α) το πραγματικό είδωλο του ήλιου που σχηματίζεται στην εστία είναι μεγενθυμένο διότι η εγκάρσια διατομή της ανακλαστικής επιφάνειας δεν είναι ιδανική παραβολή και συνεπώς η πραγματική ανακλαστική επιφάνεια παρουσιάζει αναμολίες που προκαλούν διάχυση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

β) λάθη στην τοποθέτηση του στοιχείου συλλογής.

γ) Ο προσανατολισμός του ηλιοστάτη που θα φέρει τον συλλέκτη έτσι ώστε να παρακολουθεί την τροχιά του ήλιου, παρουσιάζει ατέλειες

στην πράξη, με αιτιολόγημα η προσπίπτουσα ακτινοβολία να μην είναι ακριβώς κάθετη στο επίπεδο του ανοίγματος της παραβολής (Σχήμα 4): Σ' αυτήν την περίπτωση η εικόνα του ήλιου που σχηματίζεται από κάθε σημείο της αναλαστικής επιφάνειας θα είναι επαυξημένη κατά ένα συτελεστή $1/\cos(\delta)$.

Αν ονομάσσουμε δ την γωνιακή απόκλιση της αναλώμενης ακτινοβολίας λόγω των παραπάνω α) και β) θα έχουμε μια μεγένθυση του ειδώλου του ήλιου στο σχήμα 5.

Τότε για μεν κυλινδρικό στοιχείο συλλογής:

$$D = 2r_T \sin(\delta/2+16') \quad (6)$$

για δε τετραγωνικής διατομής

$$W = \frac{2r_T \sin(\delta/2+16')}{\cos(\varphi_T + \delta/2+16')} \quad (7)$$

έτσι ώστε να έχουμε πλήρη συλλογή της αναλώμενης ακτινοβολίας.

Γι' αυτούς τους λόγους η πραγματική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε επίπεδο που περνάει από την εστία και είναι κάθετη στον άξονα της παραβολής, θα είναι στο σχήμα 6.a σπηλ γενική περίπτωση [2,5].

Για κυλινδροπαραβολικούς συλλέκτες καλής σχετικά κατασκευής, η κατανομή του σχήματος 6.a πλησιάζει την κανονική κατανομή (σχήμα 6.β), [2,5,9].

Ένα σημαντικό μέγεθος στη σχεδίαση παραβολικών συλλεκτών είναι ο λόγος συγκέντρωσης C του συλλέκτη που οφέζεται σαν:

$$C = \frac{S}{s} \quad (8)$$

Για επίπεδους συλλέκτες, προφανώς από την (8), $C=1$.

Για κυλινδροπαραβολικούς συλλέκτες από τις σχέσεις (2), (6) και (7) έχουμε:

με στοιχείο συλλογής κυλινδρικής διατομής (ανάλινα)

$$C_D = \frac{a}{(S/L)} = \frac{\sin \varphi_T}{\pi \sin(\delta/2+16')} \quad (9)$$

με στοιχείο συλλογής τετραγωνικής διατομής

$$C_W = \frac{a}{W} = \frac{\sin \varphi_T \cos(\varphi_T + \delta/2+16')}{\sin(\delta/2+16')} \quad (10)$$

Στην πράξη η γωνία δ πρέπει να είναι πολύ μικρή (της τάξης 1° ή 2°) προκειμένου να έχωμε αποδεκτές οπτικά αναλαστικές επιφάνειες, άρα θα είναι $(\delta/2+16') < \varphi_T$.

Γι' αυτό οι σχέσεις (9) και (10) γράφονται προσεγγιστικά:

$$C_D \approx \frac{\sin \varphi_T}{\pi \left(\frac{\delta}{2} + 16' \right)_{\text{rad}}} \quad (11)$$

$$C_W \approx \frac{\sin^2 \varphi_T}{2 \left(\frac{\delta}{2} + 16' \right)_{\text{rad}}} \quad (12)$$

Από την (11) παρατηρούμε ότι ο λόγος συγκέντρωσης γίνεται μέγιστος για $\varphi_T = 90^\circ$ με κυλινδρικό στοιχείο συλλογής και έχει τιμή

$$C_{D,\max} \approx 68, \text{ για } \delta = 0^\circ$$

ενώ από την (12) για $\varphi_T=45^\circ$ με τετραγωνικό στοιχείο συλλογής και έχει τιμή,

$$C_{W,\max} \approx 107 \quad \text{για } \delta=0^\circ$$

Οι τιμές αυτές συγκέντρωσης είναι οι μέγιστες που μπορεί να επιτευχθούν με κυλινδροπαραβολικό συλλέκτη και αντιστοιχούν σε κάθετη προστίσση της ηλιακής αιτινοβολίας στο επίπεδο ανοίγματος της παραβολής. Οι τιμές αυτές δεν ιδηγούν στην προφανή επιλογή τετραγωνικού στοιχείου συλλογής λόγω των αινημένων οπτικών και θερμικών απώλειών που ένα τέτοιο στοιχείο παρουσιάζει.

ΟΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΑ

a) Ο συντελεστής οπτικών απώλειών γ

'Όπως φαίνεται από το σχήμα 6, στην πράξη τα σχηματιζόμενα είδώλα δεν έχουν σακρές καθόρισμένα όρια. Το στοιχείο συλλογής δύναται πρέπει να έχει περιαρισμένες γεωμετρικές διαστάσεις προκειμένου να αποφεύγονται υπερβολικές θερμικές απώλειες λόγω μετακρούσης κυρίως με το περιβάλλον.

'Άρα ένα στοιχείο συλλογής στην πράξη θα καταλαμβάνει περιορισμένο μέρος του "παραδύρου ενέργειας" του σχήματος 6.a.

Π.χ. το εύρος AB. Η συγκεντρωμένη ενέργεια που ένα στοιχείο συλλογής εύρους AB θα μπορεί να απορρίψει φαίνεται από το γραμμιστικασμένο μέρος στο σχήμα 6.a. και ο συντελεστής οπτικών απώλειών γ αρίζεται από την σχέση

$$\gamma = \frac{\int_A^B I(W) dw}{\int_{-\infty}^{+\infty} I(W) dw} \quad (13)$$

όπου W είναι η απόσταση από την εστία της πάραβολής.

Για μια σχετικά καλή αναλαστική επιφάνεια με μεγάλο άνοιγμα ($\delta < 2^\circ$ και $\varphi_T \approx 80^\circ$ για κυλινδρικό στοιχείο συλλογής) ο γ έχει τιμές μεταξύ 92% και 97% [6].

b) Συντελεστής απορρόφησης α και εκπομπής ε του στοιχείου συλλογής

Το στοιχείο συλλογής συνήθως είναι ένας αιωρίνας από χαλκό μικρού πάχους τοιχώματος με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $k = 0,93 \text{ cal} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλες προτάσεις [3]. Για πρόσθιτη βελτίωση των επιδόσεων του στοιχείου συλλογής ο χάλκινος αιωρίνας καλύπτεται με επιστρώση διακρανούς υλικού με πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (π.χ. γιαλί, με $k=0,002 \text{ cal} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$) και έτσι οι θερμικές απώλειες από μετακρούση θερμότητας προς το περιβάλλον μικραίνουν δραματικά.

Από την άλλη πλευρά το κατά πόσο ένα στοιχείο συλλογής θα απορρίψει και σε τι ποσοστό την προσπίπτουν ενέργεια, συχετίζεται κύρια με τον θερμικό κύριο του ρευστού που κυλαφορεί. Ιδίως τυπικές ακόματες τιμές του συντ. αιωρ. είναι στην περιοχή του 0,9 δημιουργούπτει από την βιβλιογραφία [2,3], ενώ ο συντελεστής εκπομπής είναι της τάξης του 0,17.

c) Διαπεραστότητα του διακρανούς καλύμματος στο στοιχείο συλλογής

Η διαπεραστότητα του διακρανούς καλύμματος του στοιχείου συλλογής είναι ο λόγος της φωτεινής ισχύος που το διαπερνά ως προς την ισχύ που προσπίπτει [1]. Σε διακρανή υλικά όπως π.χ. γιαλί και πλα-

στικό η τιμή του είναι περίπου 0.8 και 0.7 αντίστοιχα για γωνίες πρόσπιτως από 0° έως 20° .

δ) Συντελεστής ανάλασης ρ - αναλαστικά υλικά

Έχοντας δεδομένο το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για κάτοπτρο, (είναι λαμαρίνα από κράμα Cr-Ni-Fe-C-Mn-P πάχους 1mm, ανοξείδωτη) μετρήθηκε με ηλιακό φως ο συντελεστής ανάλασης ρ(δ) για διάφορες γωνίες πρόσπιτως. Τα αποτελέσματα βρίσκονται στο σχήμα 7.

Επειδή από τη φύση του συλλέκτη το ηλιακό φως θα ανακλάται με διάφορες γωνίες από 0° μέχρι 90° πρέπει να επικρατούν ως επί το πλείστον μεγάλες γωνίες πρόσπιτως ($>15^\circ$) ώστε ο συντελεστής ανάλασης να είναι πάνω από 0,5.

ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Ο θερμικός ισολογισμός ενός οικουμήτος ηλιακού συλλέκτη όταν η ηλιακή αιτινοβολία πέφτει με γωνία θ πάνω στο επίπεδο ανοίγματός του (ενεργό επιφάνεια) Σ παρουσιάζεται στο σχήμα 8.

Από το σχήμα 8 προκύπτει ότι η συνολική απορροφούμενη ισχύς από το στοιχείο συλλογής είναι (αν η διαπερατότητα $T=1$):

$$\text{Άρα: } P_u = \text{αργ} E \cos \theta - s \left\{ e \sigma (T^4 - T_a^4) + h_v (T - T_a) \right\}$$

$$n = \frac{P_u}{E S \cos \theta} = \text{αργ} - \frac{e \sigma (T^4 - T_a^4) + h_v (T - T_a)}{C E \cos \theta}$$

Η τιμή (αργ) είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του η και ονομάζεται "οπτική απόδοση" χαρακτηρίζόμενη μόνο από τις οπτικές ιδιότητες του συλλέκτη. Για να είναι ο η όσο πιο κοντά γίνεται στο (αργ) θα πρέπει να αυξηθεί όσο το δυνατόν ο λόγος συγκέντρωσης C ή να ελαττωθεί όσο το δυνατόν ο ε και ο h_v . Για μια μεδομένη εφαρμογή ο βέλτιστος συλλέκτης θα είναι αυτός που πραγματοποιείται με το βέλτιστο συμβιβασμό μεταξύ αυτών των παραμέτρων για μια επιθυμητή θερμοκρασία εργασίας T.

Ο συμβιβασμός αυτός πρέπει να λάβει υπ'όψη τεχνικούς ικανοποιούς παράγοντες που είναι έξω από το σκοπό του άρθρου. Από φυσικής πλευράς δημιουργείται ο παρακάτω:

- Θα ήταν μόνιμο να μειωθεί ο ε χωρίς να μειωθεί ο h_v .
- Η μείωση των ε και h_v στην πράξη βάζει περιορισμούς στην λειτουργικότητα του συστήματος [7]. Άρα κύριο ρόλο στην μείωση των απωλειών παίζει ο λόγος συγκέντρωσης C.

Αυτός είναι ο κύριος λόγος που με τους επίπεδους συλλέκτες όπου $C=1$ δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθούν:

a) Ψηλές θερμοκρασίες εργασίας b) Μεγάλες αποδόσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

Τα θεωρητικά και πειραματικά δεδομένα πιστούν να συσχετισθούν έτσι ώστε να σχεδιαστεί ένας κυλινδροπραβολικός συλλέκτης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση ρευστών σε διάφορες θερμοκρασίες. Ένας τέτοιος συλλέκτης για την θέρμανση νερού παρουσιάζεται στο σχήμα 9.

Η επιλογή μεταλλικής επιφάνειας αντί για καθρέπτη από γυαλί ή λ.π. έγινε με σκοπό την αποφυγή υψηλού κόστους κατασκευής - υλικών και της επικάλυψης του αναλαστήρα από σαματίδια σκόνης. Η επικάλυψη αυτή ευνοείται από την ηλεκτροστατική φόρτιση του υλικού και διαχέιτε έντονα την αιτινοβολία μειώνοντας την αναλαστικότητα.

Το βάρος του αναλαστήρα με την παραπόνω λαμαρίνα είναι $3Kgr/m^2$ άρα απαιτείται μικρός ηλιοστάτης για την κίνησή του.

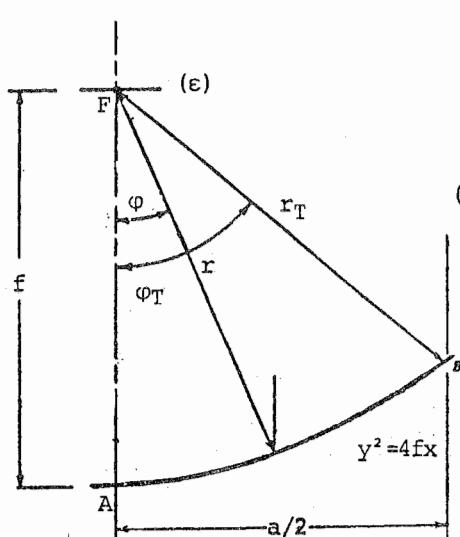
Το κόστος του υλικού είναι $900 \text{ δρχ.}/m^2$ και είναι αφετά χαμηλό για την αποδεκτή οικονομικά πραγματοποίηση ενός τέτοιου συλλέκτη.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

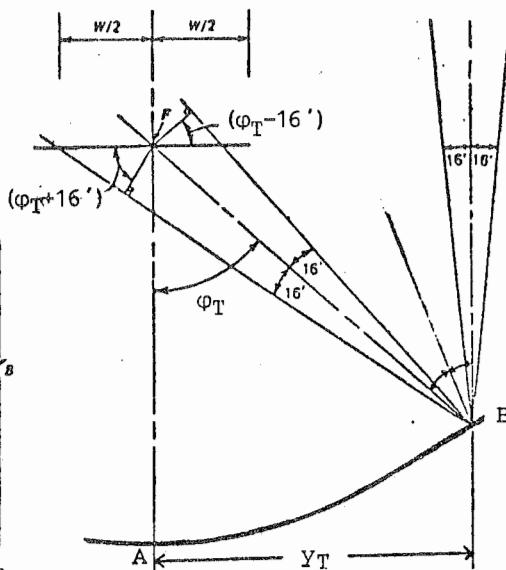
(ε)	: Επίπεδο κάθετο στον άξονα της παραβολής στην εστία της.
φ _T	: Γωνιακό δάνοιγμα της παραβολής με κέντρο την εστία της.
ρ _T	: Μέγιστη "ακτίνα" της παραβολής με κέντρο την εστία της.
ρ,φ	: Οι πολικές συντεταγμένες της παραβολής με κέντρο την εστία της.
χ,γ	: Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της παραβολής με κέντρο την κορυφή της A και άξονα x της άξονά της.
D	: Διάμετρος κυλινδρικού στοιχείου συλλογής.
W	: Μήκος πλευράς τετραγωνικού στοιχείου συλλογής.
f	: Εστιακή απόσταση της παραβολής.
a	: Γραφικό δάνοιγμα της παραβολής.
a/2=γ _T	: Μισό γραφικό δάνοιγμα της παραβολής.
L	: Μήκος του συλλέκτη ίδιο με το μήκος του στοιχείου συλλογής.
S	: Ενεργός επικράνεια ή επίπεδο ανοίγματος ή προβεβλημένη επικράνεια του παραβολικού ανακλαστήρα.
s	: Επικράνεια του στοιχείου συλλογής.
C	: Λόγος συγκέντρωσης του συλλέκτη ίσος με S/s.
δ	: Γωνιακή απόκλιση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας λόγω αφαλμάτων.
ά	: Γωνία ανάκλασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
γ	: Συντελεστής οπτικών απωλειών.
ρ	: Ανακλαστικότητα (συντελεστής ανάκλασης) της ανακλαστικής επικράνειας.
α	: Συντελεστής απορρόφησης του στοιχείου συλλογής.
ε	: Συντελεστής εκπομπής του στοιχείου συλλογής.
I	: Η συγκεντρωμένη στο επίπεδο (ε) ροή ενέργειας (w/m ²).
E	: Η προσπίπτουσα ηλιακή ροή ενέργειας (w/m ²).
n	: Συντελεστής απόδοσης του συλλέκτη.
T	: Μέση θερμοκρασία του στοιχείου συλλογής στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας.
T _a	: Θερμοκρασία περιβάλλοντος.
σ	: Σταθερά Stefan - Boltzman.
h _v	: Συντελεστής μετάδοσης θερμότητας λόγω μεταφοράς με τον αέρα.
P _u	: Απορραφούμενη ισχύς από το στοιχείο συλλογής συνολικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πρώτο εθνικό συνέδριο σε 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας - Πρακτικά Θεσσαλονίκη 20-22/10/82. HEX 53.
- Solar Energy Thermal Processes J. Duffie - W. Beckman - John Wiley 1974
- Efficient low cost concentrating Solar Collectors Norton T. Pierce. Solar Energy Vol. 19 pp 395 ~ 400- 1977.
- Μετάδοση θερμότητας. Σημειώσεις του καθ. Ιωαννίδη του Ε.Μ.Π.
- Focal plane flux distributions produced by solar Concentrating reflectors. J.A. Harris W.S. DUFF, Solar Energy, Vol 27, No5, pp 403 ~ 411, 1981.
- Optimization of parabolic trough Solar Collectors A. Rabl & others. Solar-Energy Vol 29, No5, 1982.
- Η επίδραση του ανέμου πάνω στην απόδοση του επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. N. Κουμουτσού και άλλοι. Πρώτο Εθνικό Συνέδριο για ήπιες μορφές ενέργειας. HEX 1-16. Θεσσαλονίκη 1982.
- Mathematical Analysis of the Performance of Cylindrical - Parabolic Solar Concentrators A.S. Al-Khalili & al. Applied Energy 15 (1983).
- Energy Balance on a Parabolic Cylinder Solar Reflector. Löf G.O.G. et al. Journal of Engineering for Power 84 A,24 (1982).

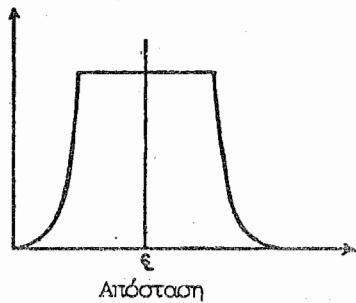


Σχ.1: Εγκάρσια διατομή της αναστικής επικράνειας.

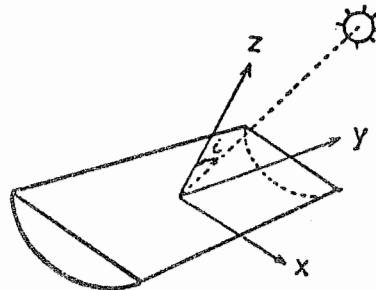


Σχ.2: Διάσταση του ειδώλου του ήλιου.

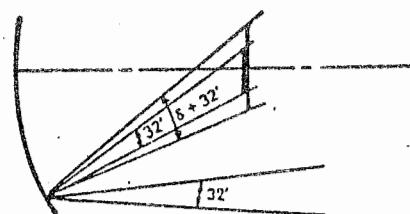
Ροή
ενέργειας Ι



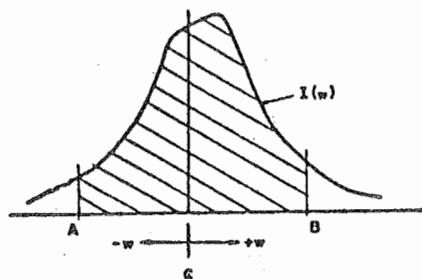
Σχ.3: Εγκάρσια διατομή της θεωρητικής εικόνας του ήλιου στο επίπεδο (ϵ).



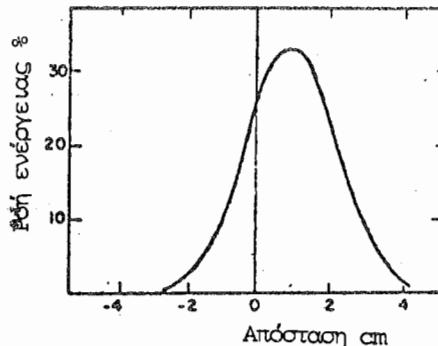
Σχ.4: Γωνιακό αράλια ἵ στην παρακολούθηση του ήλιου.



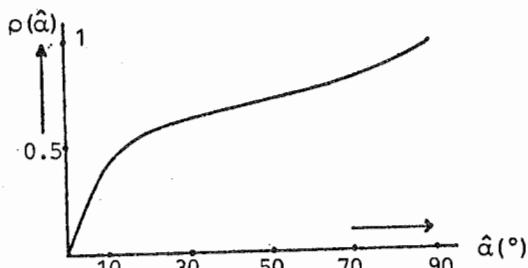
Σχ.5: Μεγένθυση του ειδώλου εξ αιτίας κατασκευαστικών αφαλμάτων.



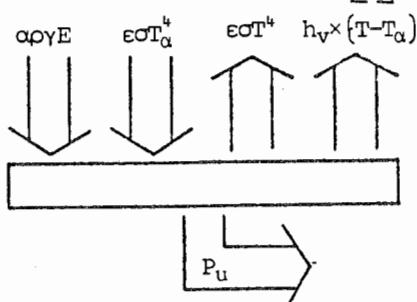
Σχ.6: (a) Τυχαία κατανομή της αναιλάμενης αυτινοβολίας.
(Μέγεθος του στοιχείου συλλογής AB). (β)



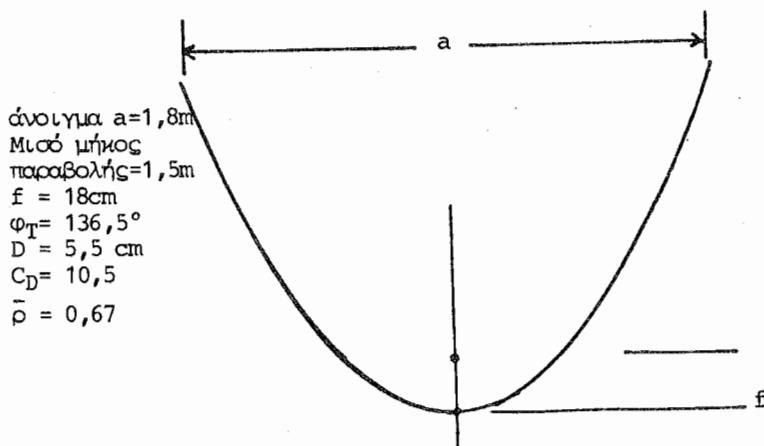
(β) : Κανονική κατανομή με ατέλεια παραπολούθησης ήλιου για κυλινδροπαραβολικό αναιλαστήρα [9].



Σχ.7: Συντελεστής ανάλασης για διάφορες γωνίες, της ανοείδεωτης λαμαρίνας.



Σχ.8: Απλουστευμένος θερμικός ασολόγισμός ηλιακών συλλεκτών στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας.



Για $E = 800 \text{ W/m}^2$ συλλεγόμενη ισχύς = $970,8 \text{ W/m}$.

Σχ.9: Γεωμετρικές διαστάσεις της παραβολής υπό κλίμακα για την ανοείδεωτη λαμαρίνα.

ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΑΕΡΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΡΟΧΟΥ*

Α.Δ.Σφαιρίδης, Δρ. Μηχ.-Ηλ., ΔΕΗ
 Ε.Π.Τεύκας, Διπλ. Μηχ.-Ηλ.
 Μ.Α. Παπαδόπουλος, Καθηγητής Πολ. Σχολής Α.Π.Θ.

1. Περίληψη

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένας νέος τρόπος υπολογισμού του βαθμού απόδοσης με βελτιστοποίηση σ' ένα πλιακό ευλλέκτη αέρα που λειτουργεί σε σύντημα βρόχου με φυσική ροή αέρα (χωρίς ανεμιστήρα).

Οι υπολογισμοί δύνονται καμπύλες σύγκρισης θερμοκρασιών του αέρα για διάφορες τιμές πλιακής ακτινοβολίας κατά μήκος του ευλλέκτη. Ακόμη γίνεται έλεγχος της απόδοσης για διάφορα διαφανή υλικά και πάχη μόνωσης καθώς και για αποετάσεις του διαφανούς υλικού από το ευλλέκτη.

Τα συνηπεράθρα χρησιμοποιούνται για το εχεδιασμό ενός τυπικά βέλτιστου πλιακού ευλλέκτη αέρα φυσικής κυκλοφορίας σε λειτουργία βρόχου και για τη μελέτη συντήματος για τη δοκιμή του βαθμού απόδοσης σε πραγματικές συνθήκες.

2. Λέξεις Κλειδιά

Ηλιακός ευλλέκτης αέρα. Φυσική κυκλοφορία θερμού αέρα. Βαθμός απόδοσης πλιακού ευλλέκτη. Σύντημα μέτρησης της απόδοσης. Υλικά κατακευής πλιακών ευλλεκτών.

3. Εισαγωγή

Οι υπολογισμοί του βαθμού απόδοσης επίπεδων πλιακών ευλλεκτών βασίζονται κατά κανόνα σε προεγγιετικές μεθόδους (1). Οι τελευταίες προϋποθέτουν συνήθως ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας κατά μήκος της ευλλεκτήριας επιφάνειας και του διαφανούς καλύμματος χρησιμοποιώντας το πρότυπο της πλήρως αναπτυγμένης ετρωτής ή ετροβιλάδους ροής. Συχνά χρησιμοποιεύνται επίσης η παραδοχή της ομοιόμορφης πυκνότητας ροής ενέργειας από τη ευλλεκτική επιφάνεια.

Στην εργασία αυτή-θεωρητική βάση μελέτης βελτιστοποίησης ενός πλιακού ευλλέκτη αέρα (2)-δε χρησιμοποιούνται παραδοχές για τις κατανομές της θερμοκρασίας, που προκύπτουν από τα αποτελέσματα μιας επαναληπτικής διαδικασίας σαν τελική κατάστασης υερροπίας μεταξύ των συναλλασσομένων ποσοτήτων ενέργειας με ακτινοβολία, φυσική κυκλοφορία του αέρα και αγωγιμότητα. Με τις παραπάνω έννοιες οι υπολογισμοί μπορούν να θεωρηθούν ακριβείς, προϋποθέτοντας ότι η χρήση παραδοχών έχει περιορισθεί ετοιμάστηση.

4. Θεωρήσεις, παραδοχές και περιορισμοί

Η συνειστική παραδοχή, πέρα από τις συνηθισμένες μικροαπλοποιήσεις, παραδοχή που μπορεί πάντα να υλοποιηθεί κατακευαστικά (οπότε παύει να είναι παραδοχή, αλλά κατακευαστικός κανόνας), είναι η ύπαρξη δύο διακεκριμένων οριακών ετρωμάτων κατά μήκος της ευλλεκτήριας επιφάνειας και του διαφανούς καλύμματος στο επωτερικό του ευλλέκτη.

Η κατακευαστική διαμόρφωση του ευλλέκτη με κατάλληλου μεγέθους διαυλό ροής του αέρα ώστε να μη συμβαίνει ανάμιξη των οριακών ετρωμάτων ευλλεκτήριας επιφάνειας και διαφανούς καλύμματος, εκτός από τη σοβαρή απλούστευση που προσφέρει στην αναλυτική διερεύνηση των φαινομένων συναλλαγής, συντελεί στην αύξηση του βαθμού απόδοσης του ευλλέκτη, δημιουργώντας αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (3).

*ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Η εργασία αυτή αποτελεί περίληψη τμήματος μελέτης που έγινε από τους συγγραφείς για λογοτριασμό της ΕΟΚ με το έμβολο ESA-PS-156-GR(B).

Ο υπό μελέτη συλλέκτης είναι εμπρόσθιος ρεύματος και με ένα μόνο διαφανές κάλυμμα, για λόγους κόστους. Όλο το ευγκρότημα είναι τοποθετημένο σε μεταλλικό περίβλημα με πολύ καλή πίεση και πλευρική μόνωση. Τα θερμοκρατικά πεδία είναι διδιάστατα και η μελέτη αφορά τη μόνιμη κατάσταση.

5. Ανάπτυξη των εξιεώσεων για την αριθμητική επεξεργασία

Η αναλυτική αντιμετώπιση των φαινομένων που εξελίσσονται στον πλιακό συλλέκτη σέρια παρουσιάζει επιμαντικές δυνητικές, κυρίως εξαιτίας των συναλλαγών θερμότητας που πραγματοποιούνται με τη φυσική κυκλοφορία του σέρια.

Παλαιότερες αναλυτικές μέθοδοι (4) αναφέρονται στο γνωστό μοντέλο της κατακόρυφης πλάκας ομοιόμορφης θερμοκρατίας. Μια άλλη προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στο πρόβλημα της φυσικής ροής σε κατακόρυφη πλάκα είναι η θεώρηση εταφερής πυκνότητας ροής θερμότητας από αυτήν. Με τη μέθοδο αυτή η ανάλυση αποδειμνύεται από τη θεώρηση της ομοιόμορφης θερμοκρατίας και η κατανομή διαμορφώνεται πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του συλλέκτη (5). Άλλα στον πραγματικό συλλέκτη η ομοιόμορφη πυκνότητα, πλιακής ακτινοβολίας μειώνεται κατά μη εταφερό ποσό από τις απώλειες της απορροφητικής επιφάνειας προς την πίεση μόνωση του ευγκρότηματος του συλλέκτη.

Εμφανίζεται έτει το φαινόμενο της φυσικής κυκλοφορίας στον πλιακό συλλέκτη σέρια τόσο εύνοητο ώστε για την αναλυτική αντιμετώπιση του να απαιτεί μια γενική μεθοδολογία κατάλληλα προσαρμοσμένη. Σαν τέτοια έχει επιλεγεί η μέθοδος της επαλληλίας.

Αρχίζοντας από την ενεργειακή εξέσωση οριακού ετρώματος για την περίπτωση φυσικής κυκλοφορίας

$$u - \frac{\partial t}{\partial x} + v \frac{\partial t}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$$

διου

u, v ευνιετώνες της ταχύτητας

t η θερμοκρασία μέσα στο οριακό ετρώμα

α η εταφερά θερμική διάχυσης του σέρια

και διαπιετώνοντας στις η εξέσωση αυτή είναι γραμμική, διαμορφώνουμε τη γενική της λύση

$$t = \sum_i c_i t_i$$

Για την εφαρμογή της επαλληλίας, η ευνεχής μεταβολή της θερμοκρασίας προσέγγιζεται με μια βαθμιδωτή αευνεχή συνάρτηση ικανού αριθμού βιημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαίρεση του ύψους της ευλλεκτήριας επιφάνειας σε η ίδια διαεπίπεδα, όπου σε κάθε διάστημα η θερμοκρασία διατηρείται εταφερή, ίση με την πραγματική θερμοκρασία της επιφάνειας στο του διαεπίπεδο. Ως τον τρόπο αυτό η επιφάνεια διατηρείται σε η ίδια λαρίδες και κάθε λαρίδα έχει εταφερή θερμοκρασία.

Όπως είναι φανερό, το οριακό ετρώμα θα διαμορφωθεί αρχικά ετρωτό και αργότερα θα μεταπέσει-ανάλογα με τις συνθήκες-σε ετροβιλώδες. Η αναλυτική έκφραση για τον τοπικό συντελεστή μεταφοράς στην ετρωτή περιοχή προκύπτει από την ακριβή εχέση για την περίπτωση πλάκας εταφερής θερμοκρασίας και είναι (6)

$$q(x) = -K^4 g(T_w - T_s) / 4v^2 T_s^{x^{-1/4}} (-0.508)(T_w - T_s)$$

διου

Κ η θερμική αγωγιμότητα του αέρα

g η επιτάχυνση της βαρύτητας

T_W=t-t_W η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ οριακού ετρώματος και πλάκας

T_S^W=t-t_S^W η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ του αιγάλητου ρευστού και πλάκας
ν το κινηματικό ιζόδες του αέρα

Η αντίστοιχη εχέση για την ετροβιλώδη περιοχή είναι επιμαντικά πολυπλοκότερη. Διαμορφώνεται με επίλυση ενός ζεύγους ολοκληρωμένων εξισώσεων που οδηγεί σε δύο εκθετικές εχέσεις (7). Επιλέγοντας (8) τον εκθέτη 1/10 για τις εκθετικές αυτές εχέσεις καταλήγουμε μετά από πολυάριθμες αριθμητικές πράξεις στην εχέση

$$q(x) = 15.5189_{\omega}^{7.1.5} \left(x/T_S^2 \right)^{1/5}$$

Η ύπαρξη ετρωτής και ετροβιλώδους περιοχής ροής δημιουργεί το πρόβλημα των οριών ιεχύος των εχέσεων για τη μία και την άλλη εξίσωση, δηλ. το πρόβλημα του προεδρούριου του επιμείου όπου η ετρωτή ροή μεταπίπτει στην ετροβιλώδη.

Στη βιβλιογραφία το επιμείο μετάπτωσης δίνεται σα ευνάρτηση του γινομένου GrPr όπου Gr και Pr είναι αντίστοιχα οι αριθμοί Grashoff και Prandtl. Οι Raithby και Hollands (9) έχουν ανακοινώσει μια πολύ γενική μέθοδο προεδρούριου του επιμείου μετάπτωσης που ενδείκνυται ιδιαίτερα στη μορφή και τη μεθοδολογία αντιμετώπισης του προβλήματος στην εργασία αυτή.

Ορίζεται κατ' αρχή το 'ιεδύναμο βάθος αγωγιμότητας για ετρωτή Δ₁ (ετροβιλώδη Δ_t) ροή' σαν το βάθος του αιγάλητου εκείνου ετρώματος που αφαιρεί με αγωγιμότητα το ίδιο ποσό θερμότητας που αφαιρεί η ετρωτή (ετροβιλώδης) φυσική ροή. Το κριτήριο των Raithby και Hollands εκφράζεται με τη εχέση

$$\Delta_1 = 4/3 \Delta_t$$

Δηλ. το επιμείο μετάπτωσης από τη ετρωτή στην ετροβιλώδη ροή εντοπίζεται στη γένη όπου το ιεδύναμο βάθος αγωγιμότητας ετρωτής ροής γίνεται ίσο με τα 4/3 του αντίστοιχου βάθους ετροβιλώδους ροής. Λεπτομέρειες για τον υπολογισμό των Δ₁ και Δ_t δίνονται στο (9).

Στην επαναληπτική διαδικασία ο υπολογισμός μιας 'βελτιωμένης' θερμοκρασίας σε μια λωρίδα προκύπτει από την έκφραση της ευνήκης ιεορροπίας μεταξύ της πλιακής προσέδου, της απαγόμενης θερμότητας με μεταφορά, των απωλειών αιτινοβολίας και των απωλειών αγωγιμότητας.

Λόγω της θερμικής αλληλεξάρτησης των ενεργών επιφανειών του ευλέκτη, η θερμική ιεορροπία του ευετήματος με την αυτεπρόη μαθηματική έννοια είναι ανέψικτη : Κάθε μεταβολή σε μια επιφάνεια εκτρέπει από την κατάσταση της ιεορροπίας την άλλη ή τις άλλες επιφάνειες. Ήτει η κατάσταση της ιεορροπίας θα προσεγγισθεί, με οσοδήποτε μεγάλη ακρίβεια είναι επιθυμητό, με διαδοχικά βήματα μιας επαναληπτικής διαδικασίας.

6. Περιγραφή του αλγόριθμου της επαναληπτικής διαδικασίας

Σχηματικά ο αλγόριθμος εμφανίζεται στο ΣΧΗΜΑ 1. Αποτελείται από δύο κυρίως βρόχους : Στον πρώτο υπολογίζεται μια 'βελτιωμένη' κατανομή θερμοκρασιών της ευλέκτηριας επιφάνειας ενώ οι κατανομές θερμοκρασιών του καλύμματος διατηρούνται εταθερές. Στο δεύτερο υπολογίζονται 'βελτιωμένες' κατανομές για τις δύο επιφάνειες του καλύμματος ενώ η κατανομή στην ευλέκτηρια επιφάνεια παραμένει εταθερή. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζονται εναλλάξ η κατανομή της εεωτερικής και της εξωτερικής επιφάνειας (όταν γίνεται υπολογισμός της κατανομής στή ροή επιφάνεια πη κατανομή στην άλλη παραμένει εταθερή). Οι υπολογισμοί του δεύτερου βρόχου τερματίζονται όταν σε δύο διαδοχικούς

'εναλλάξ' υπολογισμούς εβωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας οι διαφορές των κατανομών παραμένουν μικρότερες από το επιθυμητό ποσοστό.

Είναι φανερό πως σε κάθε νέο υπολογιστικό 'κύκλο' η κατανομή θερμοκρασίας μιας οποιασδήποτε επιφάνειας εμφανίζεται διαφορετική από την προηγούμενο, ακριβώς εξαιτίας της θερμικής τους αλληλεξάρτησης. Η με οσοδήποτε μεγάλη ακρίβεια θερμική 'ιερορροπία' του ευστήματος ευμβάλνει όταν η διαφορά της κατανομής σε δύο διαδοχικούς υπολογιστικούς κύκλους είναι μικρότερη από το επιθυμητό ποσοστό για κάθε επιφάνεια του ευστήματος.

7. Σχεδιασμός του ευλλέκτη αέρα και επιλογή των πιο κατάλληλων υλικών για την κατασκευή

Η ανάπτυξη των πλιακών ευλλεκτών ευδέεται άμεσα με την επιλογή των υλικών κατασκευής τους. Η επιτυχία της κατασκευής, η ολική απόδοση και η αεφαλής και μεγάλη σε διάρκεια ζωή του πλιακού ευλλέκτη θέρμανσης αέρα είναι αποτελέσματα όχι μόνο της εωστής θεωρητικής μελέτης και των υπολογισμών αλλά σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την καταλληλότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του.

Οι πλιακοί ευλλέκτες γενικά πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από υλικά που να έχουν καθένα χωριστά και διαφορετικά μέρη σε διαίρεσης. Επειδή δεν πρέπει να φθείρονται εύντομα, να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και να διατηρούν τις υψηλές της διαδικασίες τους με το χρόνο για να μη μειώνεται η απόδοση του ευλλέκτη.

Οι πλιακοί ευλλέκτες πρέπει να διαθέτουν την απορρόφηση της πλιακής ακτινοβολίας και να ελαχιστοποιείται η απώλεια θερμότητας. Στην ανάπτυξη του θεωρητικού μέρους έγινε ανάλυση των βασικών διαδικασιών απώλειας θερμότητας τόσο από τα διαφανή καλύμματα, όσο και από τον γύρω από τη θερμή πλάκα απορρόφησης θερμότητας χώρο.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή του πιο κατάλληλου υλικού για χρήση διαφανούς καλύμματος αποτελεί η βαθειά γνώση όλων των διαφορετικών υλικών που υπάρχουν στην αγορά, των υδιοτήτων τους σε διάφορες με την αμφιπλευρη διέλευση της πλιακής ακτινοβολίας και της θερμικής ενέργειας. Ακόμη πρέπει να εξεταστεί η ευμπεριφορά τους με το χρόνο επισκευής εξωτερικές ευνθήκες περιβάλλοντος (άλιος, χιόνι, βροχή, εκόνη ή κλπ.) και ακόμη οι κατασκευαστικές και λειτουργικές ευκολίες που παρέχουν.

Από τα διαφανή υλικά φαίνεται ότι για τους πλιακούς ευλλέκτες θερμού αέρα αντί για το γιαλί θα μπορούνε να χρησιμοποιηθεί με πολύ καλά αποτελέσματα το polycarbonate ή τα ακρυλικά πλαστικά. Ιδιαίτερη εκτίμηση πρέπει να αποδοθεί στα πλαστικά διπλού τουχώματος αν και στη θεωρητική μελέτη δεν εξετάστηκαν λόγω πολυπλοκότητας των υπολογισμών.

Για την απορρόφηση της πλιακής ενέργειας εάν θερμικός ευλλέκτης φαίνεται φυσικό να χρησιμοποιηθούν αντί άλλων υλικών ψύλλα απλής βιερένιας λαμαρίνας υδιαίτερα γιατί υπάρχουν στο εμπόριο προδιαμορφωμένα ετοιμοπαράδοτα φθινά ψύλλα με αξιόλογες ευγκρίβειμες θερμικές αποδόσεις. Η χρήση επιλεκτικής μαύρης βαφής μπορεί να θεωρηθεί εάν ενισχυτικό ετοιχείο για την καλή απόδοση του ευλλέκτη κατά τις ευνθήκες λειτουργίας με νέφωση.

Για το μονωτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί τόσο στο πάνω μέρος του ευλλέκτη όσο και στα πλευρικά μέρη του πρέπει να εξεταστεί βελτιά ιριτηρών όπως η ευμπεριφορά του σε ευνθήκες υγρασίας, η ευφλεκτότητά του, ο ευντελεστής λ., η παραγωγή διληπτηριωδών αερίων κατά την καύση του, η επέδραση της θερμής πλάκας απορρόφησης, η διέλευση του θερμού αέρα από αυτό σε διάφορες με την υγρεινή του χώρου και εωρεία άλλων ετοιχείων μαζί με το κόβετος του.

Τέλος για το θέμα της μέτρησης της απόδοσης του πλιακού

ευλλέκτη θερμού σέρα τύπου βρόχου πρέπει να επιμεινθεί η ανάγκη εχεδιασμού ειδικού ευετήματος μέτρησης.

Β. Αριθμητικά αποτελέσματα και ευμπεράβεματα

Αριθμητικά αποτελέσματα έχουν υπολογισθεί για επιλεγμένες διαμορφώσεις ευλλεκτών. Όλοι όμως οι ευλλέκτες έχουν:

- 'Υψος 2.00 μέτρα
- Πλάτος 1.00 μέτρα

Η ευλλεκτήρια πλάκα είναι χαλυβδόφυλλο πάχους 0.8 χιλιοετά βαρμένο βαθύ πράσινο με:

- Θερμική αγωγιμότητα 70
- Συντελεστή απορρόφησης πλιακής ακτινοβολίας 0.95
- Συντελεστή ανάκλασης 0.50
- Συντελεστή εκπομπής 0.95

Η πίσει και πλευρική μόνωση του ευλλέκτη είναι υαλοβάμβακας με θερμική αγωγιμότητα 0.038 και μεταβλητό πάχος.

Σε δλες τις περιπτώσεις η θερμοκρασία υπαίθρου είναι 6°C δηλ. η θερμοκρασία μιας τυπικής χειμωνιάτικης μέρας ετην Ελλάδα, και η θερμοκρασία του προς θέρμανση χώρου 18°C.

Η απόσταση ευλλεκτήριας πλάκας-καλύμματος είναι 20 εκατοστά.

Όλες οι επιφάνειες για τις οποίες υπολογίζονται θερμοκρασιακές κατανομές έχουν διαιρεθεί σε 40 ζεις λωρίδες.

Οι τιμές του πλιασμού θεωρούνται ολικές τιμές ακτινοβολίας σε κατακόρυφη επιφάνεια.

Στο ΣΧΗΜΑ 2 δίνονται θερμοκρασιακές κατανομές της ευλλεκτήριας επιφάνειας κάτω από διαφορετικές ευνθήκες πλιασμού.

Στο επόμενο ΣΧΗΜΑ 3 γίνεται εύγκριση της καταλληλότητας του γιαλιού σε εχέση με το πλέξιγκλας εσωνικού για το διαφανές καλύμμα. Απεικονίζεται ο ολικός βαθμός απόδοσης του ευλλέκτη σε εχέση με τον πλιασμό.

Ο ρόλος της πίσεω μόνωσης του ευλλέκτη διερευνάται στο ΣΧΗΜΑ 4 όπου απεικονίζονται τιμές της ολικής απόδοσης σενός ευλλέκτη με διαφανές καλύμμα από πλέξιγκλας με μόνωση πάχους 1,3 και 4 εκατοστά.

Τέλος στο ΣΧΗΜΑ 5 δίνονται τιμές του ολικού βαθμού απόδοσης για ευλλέκτη με απόσταση ευλλεκτήριας πλάκας-καλύμματος 15 εκατοστά.

Από τις καμπύλες που προέκυψαν από τη γραφική παράσταση των αριθμητικών αποτελέσματων μπορούν να εξαχθούν μερικά ενδιαφέροντα ευμπεράβεματα. Κατ' αρχήν η θερμοκρασία της ευλλεκτήριας επιφάνειας δε μπορεί σε καμμία περίπτωση να θεωρηθεί επαθετή, ακόμη και για ευλλέκτες με υλικό μέγαλης αγωγιμότητας (μέταλλο).

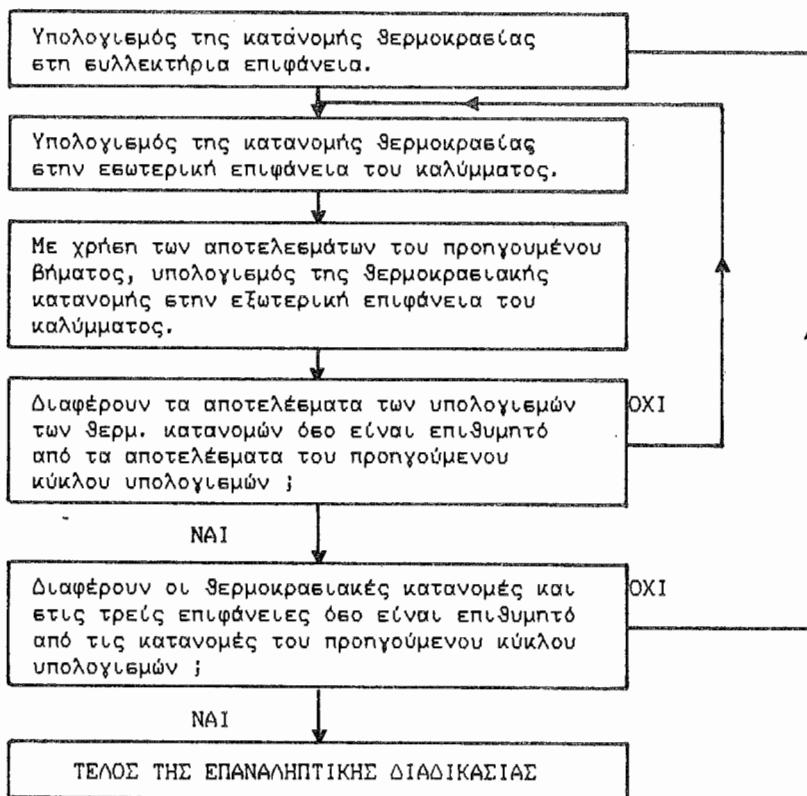
Η επιμείσα επαρκούς μόνωση σε επίπεδους γενικά ευλλέκτες είναι λόγη γνωστή από πλήθος εργασιών. Από τις προηγούμενες καμπύλες το ευμπέραβεμα είναι πως η αύξηση του πάχους της μόνωσης πέρα από μια τιμή δεν ανταποκρίνεται σε αντίστοιχη αύξηση απόδοσης.

Διαφανή καλύμματα από υλικό μικρής αγωγιμότητας είναι κατ' αρχήν προτιμότεα. Οπωδήποτε η αναμενόμενη βελτίωση του βαθμού απόδοσης πρέπει να επιτελθεί σε εχέση με την τιμή αλλά και τα λοιπά πλεονεκτήματα πλαστικών κλπ. καλυμμάτων.

Τέλος, όπως αναμενόταν, η απόσταση καλύμματος-ευλλεκτήριας επιφάνειας επειδρά ουσιαστικά στον ολικό βαθμό απόδοσης. Υπενθυμίζεται στο επιμείσα αυτό πως η μέθοδολογία της ανάλυσης και η κατακευαστική φιλοειδοφία του ευλλέκτη βασίστηκαν στο γεγονός πως η απόδοση αυξάνεται με την αύξηση της απόστασης ευλλεκτήριας επιφάνειας-καλύμματος μέχρι ένα επιμείσα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Daffie J.A., Beckmann W.A. : Solar Energy Thermal Processes, John Wiley, 1974.
2. Sferides A.D., Papadopoulos M. : Design and development of an easy-made convective type solar air collector, in "Solar Energy Applications to Dwellings, p. 223-228, 1983, D. Reidel.
3. Garg H.P. : Treatise on solar energy, Vol. 1: Fundamentals of Solar Energy, John Wiley, 1982.
4. Schmidt E., Beckmann W. : Das Temperatur und Geschwindigkeitsfeld vor einer Waerme abgebenden senkrechten Platte bei natuerlicher Konvektion, Techn. Mechan. u. Thermod., 1,11,Nov. 1930,s.391-406.
5. Vliet G.C., Liu C.K : An experimental study of turbulent natural convection boundary layers, Trans. ASME-J. of heat tr., 91,1969,p. 517-531.
6. Schlichting H. : Boundary Layer Theory, McGraw-Hill, 1955.
7. Eckert E.R., Jackson T.W. : Analysis of turbulent free-convection boundary layer on flat plate, NACA TN 2207,1950.
8. Bayley F.J. : An analysis of turbulent free-convection heat transfer, Proc. Inst. Mech. Eng., 169,20,1955,p. 361.
9. Raithby G.D., Hollands K.G.T. : A general method of obtaining approximate solutions to laminar and turbulent free convection problems, from "Advances in Heat Transfer", Vol. 11, Acad. Press, 1975,p.265-315.



ΣΧΗΜΑ 1. Σχηματικό διάγραμμα του αλγόριθμου της επαναληπτικής διαδικασίας.

ΣΥΔ-21

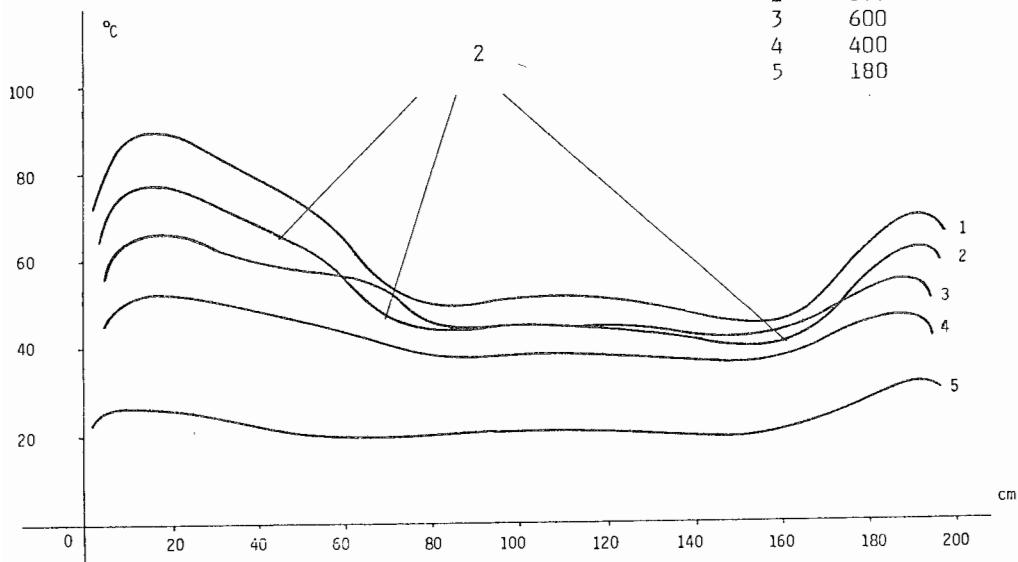
Διαφανές Κάλυμμα: Γυαλί

Πάχος Μόνωσης: 3 εκ.

Απόσταση συλλέκτη από διαφανές κάλυμμα: 20 εκ.

Τιμές Ηλιακής
Ακτινοβολίας

1	1000
2	800
3	600
4	400
5	180



Θερμοκρασία περιβάλλοντος 6°C - Θερμοκρασία χώρου 18°C

Σχήμα 2. Μεταβολή θερμοκρασίας ιατά μήκος της επιφάνειας του ηλιακού συλλέκτη για διάφορες τιμές ακτινοβολίας.

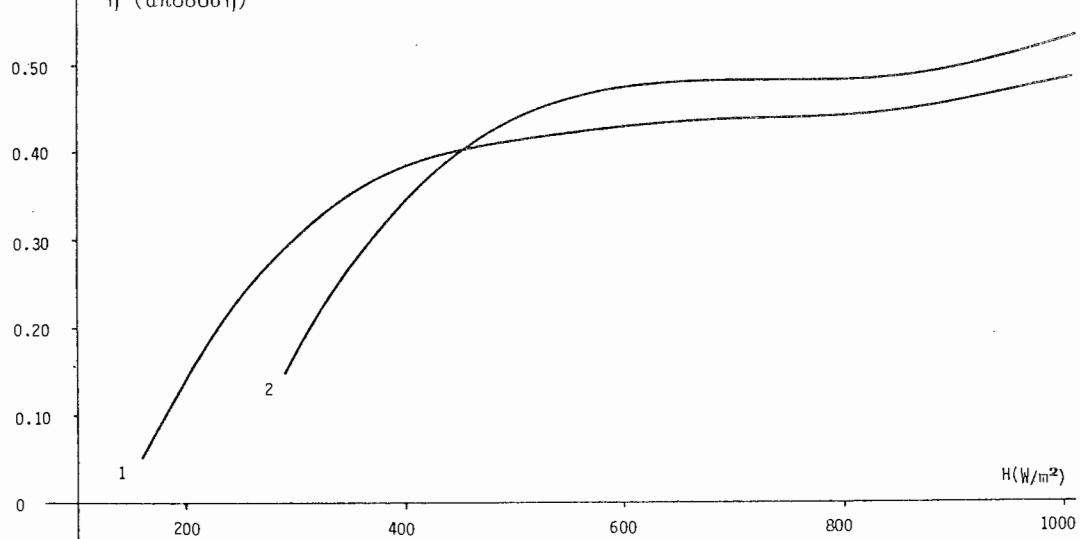
1 Διαφανές Κάλυμμα: Γυαλί
2 Διαφανές Κάλυμμα: Πλεξιγκλάς

1 και 2

Πάχος Μόνωσης: 3 εκ.

Απόσταση συλλέκτη
από διαφανές κάλυμμα: 20 εκ

η (απόδοση)



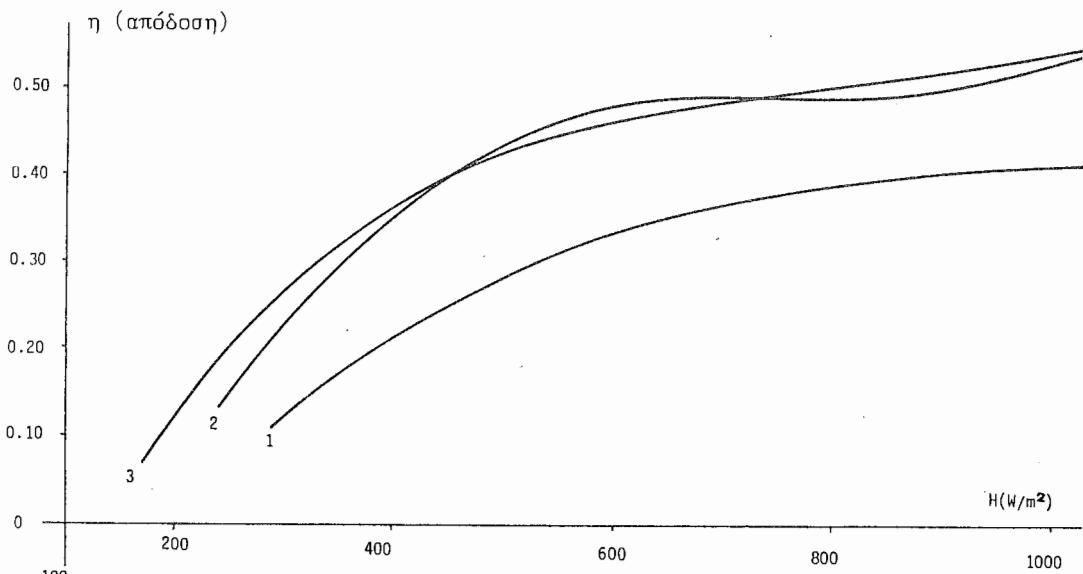
Θερμοκρασία περιβάλλοντος 6°C - Θερμοκρασία χώρου 18°C

Σχήμα 3. Απόδοση συλλέκτη σε διάφορες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας
με διαφανές κάλυμμα από γυαλί ή πλεξιγκλάς.

1, 2, 3

- 1 Μόνωση πάχους 1 εκ.
2 Μόνωση πάχους 3 εκ.
3 Μόνωση πάχους 4 εκ.

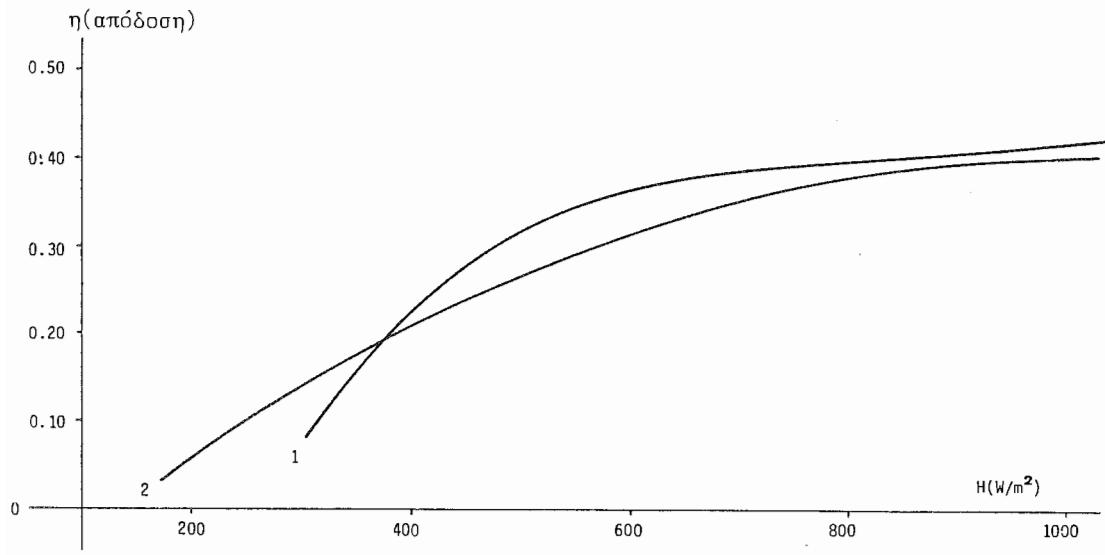
Διαφανές κάλυμμα: Πλεξιγκλάς
Απόσταση συλλέκτη-διαφανούς καλύμματος: 20 εκ.



Θερμοκρασία περιβάλλοντος 6°C - Θερμοκρασία χώρου 18°C

Σχήμα 4. Απόδοση συλλέκτη σε σχέση με την ακτινοβολία για διάφορα πάχη μόνωσης.

- 1 Απόσταση συλλέκτη-διαφανούς καλύμματος: 15 εκ. Διαφ. Κάλυμμα: Πλεξιγκλάς
2 Απόσταση συλλέκτη -διαφανούς καλύμματος: 20 εκ. Πάχος Μόνωσης: 1 εκ.



Θερμοκρασία περιβάλλοντος 6°C - Θερμοκρασία χώρου 18°C

Σχήμα 5. Απόδοση συλλέκτη σε σχέση με την ακτινοβολία για απόσταση συλλέκτη -διαφανούς καλύμματος 15 εκ. και 20 εκ.

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ CHEBYSHEV ΜΙΚΡΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΣΤΑΘΕΙΩΝ ΡΟΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΣΥΝΑΓΩΓΗΣ ΜΕΣΑ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΗΛΙΑΚΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

B. Γ. Στεργιεύσπουλος*
 Docteur d'Etat ès Sciences
 Docteur-Ingénieur
 D.E.A. Mécanique des Fluides
 Πολυτ. Μηχανικός Α.Π.θ.
 I.M.F.M.-Université d'Aix-
 Marseille II

B. Brenier**
 Docteur de Spécialité
 D.E.A Mécanique des Fluides
 Maître ès Sciences
 I.M.F.M.-Université
 d'Aix-Marseille II

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Παρουσιάζεται μια μέθοδος υπέρθεσης μικρών διαταραχών σε κάθε χαρακτηριστικό μέγεθος της ροής ελεύθερης συναγωγής μέσα σε κατακόρυφους ηλιακούς συλλέκτες. Η διεδιάστατη βασική ροή περιγράφεται με ζεύξη των εξισώσεων ενέργειας και Navier-Stokes, της υπόθεσης Boussinesq - Joseph, και με αναπτύγματα πολυωνύμων Chebyshev. Το πρόβλημα μετασχηματίζεται στην αναζήτηση των χαρακτηριστικών τιμών μιας μητρωϊκής εξισώσης, αντιπροσωπευτικών της ολικής χωροχρονοαστάθειας της ροής και των δυο διαφορετικών καταστάσεων της: α) της αστάθειας τύπου αγωγής και β) της αστάθειας ροής τύπου οριακού στρώματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Αστάθειες ροής - φασματικές μέθοδοι - πολυώνυμα Chebychev - μικρές διαταραχές - ηλιακός συλλέκτες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η βελτίωση των τεχνικών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και της θερμομόνωσης των κτιρίων προϋποθέτει μελέτη και έρευνα των μηχανισμών κινήσεων ελεύθερης συναγωγής και στοχεύει τη μείωση των θερμικών απωλειών, για τούς ηλιακούς συλλέκτες, ή αντίθετα, τη βέλτιστη χρησιμοποίηση της επιδρασής τους στα προβλήματα κρυσταλλικής ανάπτυξης σε αέρια φάση (Ostrach (1)). Σε ηλιακά συστήματα κατακόρυφης διαμόρφωσης τα σωματίδια του ρευστού αρχίζουν να κινούνται μόδις ο αριθμός Rayleigh Ra γίνεται διάφορος του μηδενός εξαιτίας της διαφοράς πυκνότητας που δημιουργεί η θερμοκρασιακή διαφορά των τοιχωμάτων και δεν υπάρχει το κάτω φράγμα Ra_c όπως στο πρόβλημα οριζόντιας διαμόρφωσης των Rayleigh - Benard (2). Τότε μια κίνηση του ρευστού προς τα άνω εμφανίζεται κοντά στο θερμό τούχωμα και μια αντίθετης φοράς κοντά στο ψυχρό. Η παρούσα μέθοδος στοχεύει τη θεωρητική πρόλεξη των θερμικών ασταθειών συναγωγής μέσα στους κατακόρυφους ηλιακούς συλλέκτες, την κατανόηση των μηχανισμών μετάβασης από μια οργανωμένη κατάσταση ροής σε μια άλλη εντελώς διαφορετική και των μηχανισμών γένεσης των απωλειών συναγωγής. Ο αριθμός Gr του Grashof θα θεωρηθεί σαν η βασική παράμετρος που χαρακτηρίζει τις διαφορετικές καταστάσεις αστάθειας. Θα γίνεται φανερός ο ρόλος του αριθμού Pr του Prandtl, του λόγου των διαστάσεων του συλλέκτη και της παραμέτρου στρωματοποίησης και θα ανιχνευτούν οι συνθήκες ενδιάμεσης επανασταθεροποίησης της ροής.

* Περιφερειακής 3, Μελέκη, 59031 Ημαθίας. ** E.D.F., Lille - France.

1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΡΩΤΗΣ ΡΟΗΣ

Για ένα ασυμμέτρεστο νευτώνιο ρευστό, πυκνούτητας ρ , σταθερών τιμών συντελεστών λειτουργίας μ. και αγωγιμότητας K , αφελητέας λειτουργίας διάχυσης, με γραμμικό υόρμο εξάρτησης της πυκνότητας από τη θερμοκρασία T , η ζεύξη των εξισώσεων Navier-Stokes και ενέργειας μπορεύ να πραγματοποιηθεύ αυτόματα με τη βοήθεια των δρών υδροστατικής πίεσης της υπόθεσης Boussinesq -Joseph (3). Για τη ροή μέσα στον κατακόρυφο συλλέκτη του σχήματος 1, -οριζόντιας διάστασης $2D$ και κατακόρυφης $2L$, λόγου μορφής $L=L/D$, χρησιμοποιούνται σαν εξαρτημένες μεταβλητές, η στατική θερμοκρασία, η στροβιλότητα και η ροή συνάρτηση φ. Αν ως και ν εύναι στη συνιστώσες της ταχύτητας κατά τόν κατακόρυφο και οριζόντιο δίξονα, c_p η ειδική θερμότητα σταθερής πίεσης, τότε το μαθηματικό πρόβλημα περιγράφεται από τις παρακάτω εξισώσεις, των οποίων οι δρός με δεύτερες x, xx, yy, yyy, u, v , αντιστοιχούν στην πρώτη και δεύτερη παράγυα των εξαρτημένων μεταβλητών.

$$\omega = \Lambda^{-2} \cdot \psi_{xx} + \psi_{yy}, \quad u = \psi_y, \quad v = -\Lambda^{-1} \cdot \psi_x, \quad T_t + u/L \cdot T_x + v/L \cdot T_y = \Lambda^{-2} \cdot T_{xx} + T_{yy} \quad (1)$$

$$\omega_t + u/L \cdot \omega_x + v/L \cdot \omega_y = Pr \cdot (\Lambda^{-2} \cdot \omega_{xx} + \omega_{yy}) + Ra \cdot Pr \cdot T_y / 16 \quad (2)$$

Pr και Ra εύναι σι αριθμού Prandtl $Pr=\mu \cdot c_p / K$ και Rayleigh $Ra = \rho_0^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot (2D)^3 \cdot Pr / \mu^2$. Ο δεύτερος ο αναφέρεται γενικά σε μεγέθη βασισμένα στη μέση θερμοκρασία $T_0 = (T_g + T_\infty) / 2$ της κατάντη θερμής πλευράς και της ανάντη φυχής πλευράς του συλλέκτη. Οι παραπάνω εξισώσεις βασίζονται στη γνωστή αδιαστατοποίηση του Bergholz (4) δίλων των αρχικών μεταβλητών του προβλήματος. Οι οριακές συνθήκες εύναι της μορφής:

$$\psi(\pm 1, y) = \psi(x, \pm 1) = \psi_x(\pm 1, y) = \psi_y(x, \pm 1) = 0 \quad \text{και} \quad T(x, \pm 1) = T_y(\pm 1, y) = 1 \quad (3)$$

$\omega(n) = \psi_{nn}(n) = 0$, διόπου η εύναι η κάθετη στο τούχωμα διεύθυνση.

2. ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΜΟΝΙΜΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

Μια πρώτη προσέγγιση της βασικής ροής μπορεύ να γίνεται υποθέτοντας αμελητέα τη συνιστώσα ταχύτητας v και $\Lambda^{-2} \cdot T_{xx} < T_{yy}$. Για μια μόνιμη ροή άμεση συνέπεια των υπόθεσεων αυτών είναι: $u = u(y)$, $\omega = \omega(y)$ και T_x ανεξάρτητο του x . Χρησιμοποιώντας την ισοδύναμη κατακόρυφη θερμοκρασιακή βαθμίδα $\beta = \Lambda^{-1} \cdot T_x$ και τον παράγοντα στρωματοποίησης $\pi = (0.25\beta \cdot Ra / 16)^{Q25}$ οι εξισώσεις 1 και 2 απλοποιούνται και οδηγούν στην εξήσωση $uyyy + 4 \cdot m^4 \cdot u = 0$ με λύση $u(y) = A \cdot (sinhy - B \cdot coshy \cdot shmy)$ (4) Οι σταθερές A, B και κατά συνέπεια η λύση $u(y)$ εξαρτώνται από τον τύπο της ροής.

2.1. Ροή τύπου οριακού στρώματος

Στην περίπτωση αυτή προσδιορίζονται εύκολα οι σταθερές A και B , επειδή λογίζεται $u(\pm 1) = 0$, $T(\pm 1) = \pm 1$ και $Tyy = \beta \cdot u$.
 $B = tanhy / thm$, $A = -2 \cdot m^2 \cdot \beta^{-1} \cdot (coshy \cdot shmy + B \cdot sinhy \cdot chmy)^{-1}$, (5)
Χρησιμοποιούνται τα σύμβολα $u(y)$, $uyy(y)$ στη ζέση των $u(y)$, $u_{yy}(y)$ τα οποία έχουν προκύψει από τη σχέση 4 καθώς και $T_x = \beta \cdot A$. Η θερμοκρασιακή βαθμίδα κατά την οριζόντια διεύθυνση προκύπτει έστι με:
 $T_y(y) = 0.5A \cdot B \cdot [(1-B) \cdot sinhy - (1+B) \cdot coshy \cdot chmy] / m$ (6)

Οι θερμοκρασιακές κατανομές επιβρέαζονται έντονα από την ζέση του ρευστού. Κοντά στο θερμότερο τούχωμα η θερμότητα παρασύρεται και μεταφέρεται από την ανοδική ή ίνηση του ρευστού, με αποτέλεσμα τη γρηγορότερη, σε σχέση με την κατάσταση αγωγής, μείωση της θερμοκρασίας έξω από τη ζώνη αυτή. Το αντίθετο παρατηρεύται κοντά στην φυχρότερη πλευρά.

2.2. Κατάσταση αγωγής για τη βασική ροή

Η βασική ροή τύπου αγωγής χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές τιμές Ra , ή μεγάλες τιμές του λόγου μορφής Λ και προκύπτει σαν οριακή κατάσταση της προηγούμενης περιπτώσης (ζέση $m=0$), ή σταν $T_x = 0$. Τότε $u(y) = Ra \cdot (-y^3 \cdot hy) / 96$, $uyy(y) = -Ra \cdot y / 16$, $T_y(y) = 1$. (7)

Στην περίπτωση ροής τύπου αγωγής φυμπεραίνεται διότι $T_y = 0$ κακά δτε η θερμοκρασία των ρευμάτων αφθορείται από τη διάδοση της θερμότητας μόνο με αγωγή μέσα στο συλλέκτη. Οι ταχύτητες καλούνται οι θερμοκρασίες πανύουν να εξαρτώνται από τις αδιάστατες παραμέτρους της ροής. Οι καμπύλες του σχήματος 2 της κατανομής ταχυτήτων καλούνται θερμοκρασιών κατά τον άξονα Ογ είναι αντεσυμμετρικές ως προς την αρχή των αξόνων. Οταν Λ είναι αρκετά μικρό καλούνται Ra αρκετά μεγάλο οι μέγιστες ταχύτητες επειταγχάνονται κοντά στα τοιχώματα, ενώ συγχρόνως παρατηρείται μείωση της βαθμύτητας στο κέντρο του συλλέκτη διότι ο αριθμός Rayleigh Ra αυξάνεται. Για παρδείγμα αν $Ra = 200\,000$ καλούνται $\Lambda = 5$ η ροή περιορίζεται κοντά στα τοιχώματα διπλα στα κλασικά οριακά στρώματα, ενώ στο διάστημα $|y| < 0.75$ το ρευστό είναι πρακτικά σχεδόν ακένητο.

3. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΣΤΑΘΕΙΩΝ

Η υπέρθεση σε κάθε μέγεθος της βασικής ροής μικρών διαταραχών, απειροστό αναλογικών των ποσοτήτων ελέγχεται στη χρησιμοποίηση των ευνοιών της ευστάθειας και αστάθειας. Ενας τύπος ροής είναι χρονικά ευαστάθης διότι η ροή τείνει να ξαναβρεί μετά την δροση της διαταραχής τα αρχικά της χαρακτηριστικά. Η αντίθετη περίπτωση του ασταθούς τύπου ροής, που αντιστοιχεί σε θετικές τιμές του πραγματικού μέρους $Re(\lambda)$ του εκθετικού συντελεστή λ, προϋποθέτει σημαντικές μεταβολές της βασικής ροής.

Η αστάθεια χαρακτηρίζεται μονότονη διάταξη ροής $Im(\lambda) < 0$. Ενδιαμέσον κατάσταση αποτελεί η ουδέτερη ευστάθεια διότι $Re(\lambda) = 0$. Αν Z είναι ένα οποιοδήποτε από τα μεγέθη w, ψ, T, u, v, Z' η διαταραχή του αντίστοιχου μεγέθους Z της βασικής ροής καλούνται συντελεστής των διαταραχών τότε ισχύει : $Z = Z' + \epsilon Z''$. Με βάση την ανάλυση αυτή εύκολα προκύπτει από τις εξισώσεις 1,2 και 3 το ακόλουθο σύστημα εξισώσεων διαταραχών στο οποίο δύναται παραλείποντας οι δροση ϵ^2 ή καλούμενη λύτερης τάξης.

$$\omega_t + \hat{u} \cdot \omega_x / \Lambda + \hat{v} \cdot \omega_y = Pr \cdot (\omega_{xx} / \Lambda^2 + \omega_{yy}) + Ra \cdot Pr \cdot T_y / 16 \quad (8)$$

$$T_t' + \hat{u} \cdot T_x' / \Lambda + \hat{v} \cdot T_y' = (T_{xx}' + T_{yy}') / \Lambda^2, \omega = \Lambda^{-2} \cdot \psi_{xx}' + \psi_{yy}' \quad (9)$$

$$\psi'(\pm 1) = \psi_y'(\pm 1) = T'(\pm 1) = 0 \quad (i.a.x + \lambda.t) \quad (10)$$

Οι διαταραχές τύπου $Z = \hat{Z}(y)$, είναι μετατρέπουν το προηγούμενο σύστημα σε ένα ομογενές σύστημα με μεταβλητούς συντελεστές που είναι συναρτήσεις του y . Τα μεγέθη Z εκφράστηκαν σαν σειρές των ορθογωνικών συναρτήσεων - πολυωνύμων Chebyshev σύμφωνα με τις εργασίες των Turner (5) και Gottlieb-Orszag (6). Μετά την ορθογωνοποίηση των εξισώσεων που προκύπτουν με κάθε οτοιχειώδη συνάρτηση Chebyshev το πρόβλημα μετασχηματίζεται στην αναζήτηση των χαρακτηριστικών τιμών μιας μητρώου εξέσωσης $A \cdot X = \lambda \cdot B \cdot X$ (με A, B , μητρώα μιγαδικών μεταβλητών και X μητρώο των συντελεστών του αναπτυγμάτος Chebyshev). Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τιμών έγινε με τη βοήθεια των προγραμμάτων υπολογισμού ELZHC, ELZVC, FFTSC της Βιβλιοθήκης I.M.S.L των υπολογιστών C.D.C. - CYBER-750, CNES και IBM-3033 του CNUSC.

Για καθορισμένο αριθμό Pr και λόγο μορφής Λ μπορούν να προσδιοριστούν οι καμπύλες ουδέτερης ευστάθειας συνδιάζοντας κατάλληλα τους αριθμούς a και Gr και να υπολογιστούν οι κρίσιμες τιμές (Gr_c , a_c). Οταν $Gr > Gr_c$ τότε υπάρχει αστάθεια.

3.1. Αστάθεια ροής τύπου αγωγής

Για μικρές τιμές του αριθμού Pr (0.71 για τον αέρα και 6.7 για το νερό) οι δυνάμεις θερμικής προέλευσης έχουν μικρή επέδραση στις συνθήκες εμφάνισης της αστάθειας. Η καμπύλη αστάθειας συμπεριλαμβάνει πρακτικά με

την αντίστοιχη καμπύλη υδροδυναμικής αστάθειας, η οποία δεν οφείλεται στις διαταραχές των θερμοκρασιών αλλά μόνο από τις διατητικές τάσεις που αναπτύσσονται σε κάποια "διεπιφάνεια" στο εσωτερικό του συλλέκτη. Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι καμπύλες αστάθειας $Gr_C = f(Pr)$. Για μικρές σχετικά τιμές του αριθμού Pr ($Pr < 11.5$), η αστάθεια εμφανίζεται σταν $Gr > 8000$ και είναι μονότονη. Το πέρασμα από την κατάσταση μονότονης αστάθειας στην ταλαντευτική αστάθεια τοποθετείται στη ζώνη $12 \leq Pr \leq 12.5$. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με τα αποτελέσματα του Gill (7) είναι ικανοποιητική.

3.2. Αστάθεια ροής τύπου οριακού στρώματος

Σημαντικό ρόλο. στη δυναμική συμπεριφορά της θερμοσυναγωγικής κύρησης οριακού στρώματος παίζει η παράμετρος στρωματοποίησης Λ του Bergholz (4). Η εισαγωγή των αποτελεσμάτων του De Vahl Davis (8),(9) με τη μορφή $\beta. \Lambda = (Ra, \Lambda^{-1} \cdot 25)$ επιτρέπει στο παρόν μοντέλο να προσδιορίζει καποία αρέσιμη τιμή Λ_c του λόγου μορφής Λ , αντιπροσωπεύτική του αριθμού Pr , κατά της οποίας οι δυνατές αστάθειας είναι μόνο ταλαντευτικού τύπου. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι συμπέρχουν, για σταθερά Λ και Pr , δυο αρέσιμες τιμές Gr_{c1} , Gr_{c2} . Για $Gr < Gr_{c1}$ η αστάθεια είναι μονότονη. Για $Gr_{c1} < Gr < Gr_{c2}$ παρατηρεύεται μια τάση επανασταθεροποίησης της ροής. Για $Gr > Gr_{c2}$ η αστάθεια είναι ταλαντευτική. Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα ενστάθειας-αστάθειας $Gr_c = f(\Lambda, Pr=0.71)$ για τον αέρα και $Gr_c = f(\Lambda, Pr=7.6)$ για το νερό, με παράλληλη σύγκριση με τα αποτελέσματα του Gill (10). Η τάση επανασταθεροποίησης της ροής σχετίζεται με τη μονοκυψελική κατάσταση στροβιλισμού, τύπου οριακού στρώματος, και οφείλεται κυρίως στην ευνοϊκή επέραση, που έχει στο κέντρο του συλλέκτη, η θερμοκρασιακή βαθμέδα. Αίξηση του Gr συνεπάγεται αύξηση της επέρασης των δυνάμεων θερμικής προέλευσης και πιθανότητα μετάβασης στην κατάσταση ταλαντευτικής αστάθειας. Ταυτόχρονα εμφανίζονται περισσότεροι στρόβιλοι τύπου Benard-Rayleigh με μετατοπισμένο άξονα περιστροφής. Για μεγάλες τιμές του αριθμού Pr ($Pr=1000$) οι υπολογισμοί έδειξαν ότι εξαφανίζεται εντελώς το φαινόμενο επανασταθεροποίησης καθώς και ότι για $\Lambda < \Lambda_c$ η αστάθεια που μπορεί να εμφανιστεί είναι μονότονη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με σκοπό τη θεωρητική προλεξη των υδροδυναμικών και θερμικών αστάθειών μέσα σε κατακρύψουσα ηλιακούς συλλέκτες και την κατανόηση τδού των μηχανισμών απωλειών συναγωγής, δύσκο και των μηχανισμών μετάβασης από μια οργανωμένη κατάσταση ροής σε μια διλή εντελώς διαφορετική, δημιουργήθηκε και παρουσιάστηκε στην εργασία αυτή μια μεθόδος μικρών διαταραχών. Η διερεύνηση της αστάθειας σε ηλιακούς συλλέκτες περιλαμβάνει την εξισώσεις Navier-Stokes και ενέργειας, την υρόθεση Boussinesq-Joseph και αναπτυγματα πολυωνύμων Chebyshev. Εξετάστηκε το πρόβλημα αστάθειας δύο διαφορετικών καταστάσεων: τύπου αγωγής και τύπου οριακού στρώματος. Οι υπολογισμοί οδήγησαν σε καμπύλες αστάθειας της μορφής $Gr_c = f(Pr)$ στην πρώτη περίπτωση και της μορφής $Gr_c = f(\Lambda, Pr)$ στη δεύτερη. Ανιχνεύτηκε ο ρόλος της παραμέτρου στρωματοποίησης, του λόγου μορφής του συλλέκτη και των δυνητικών ενδιέδρεσης. επανασταθεροποίησης της ροής. Πιθανή επέκταση της παρούσας μεθόδου για τη μελέτη του τρισδιάστατου μη γραμμικού προβλήτος των χωροχρονοαστάθειών σε επίπεδους κατακρύψους, οριζόντιους και με κλίση ηλιακούς συλλέκτες, θα απαιτήσει βελτίωση του σχήματος των μικρών διαταραχών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

C_p	= ειδική θερμότητα σταθερής πύεσης
D	= το μεσό της οριζόντιας διάστασης του συλλέκτη

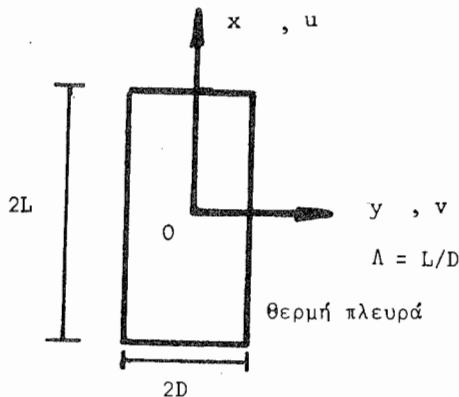
Gr	= αριθμός Grashof
K	= δυντελεστής θερμοκηπίας αγωγιμότητας
m	= παράγοντας στρωματοκοίνησης του Bergbholz
L	= μισθ της κατακρύψης διάστασης του συλλέκτη
Pr , Ra	= αριθμός Prandtl και αριθμός Rayleigh
T , t	= θερμοκρασία και χρόνος
u , v	= συντελεστές ταχύτητας κατά τους διενοες x , y
x , y	= κατακρύψης και οριζόντιος διενοες συστήματος αναφοράς
a	= αριθμός κυρμόνσεων κατά τον διενοα
β	= έσοδόναμη θερμοβαθμίδα
ε	= πολλαπλασιαστικός συντελεστής διεταραχής
λ	= εκθετικός συντελεστής αστράφειας (χαρακτηριστική τιμή)
Λ	= L/D λόγος μορφής του συλλέκτη
μ	= συντελεστής δυναμικού λειώδους
φ , ω	= ροήκη συνδρήτηση και στροβιλότητα

ΔΕΙΚΤΕΣ

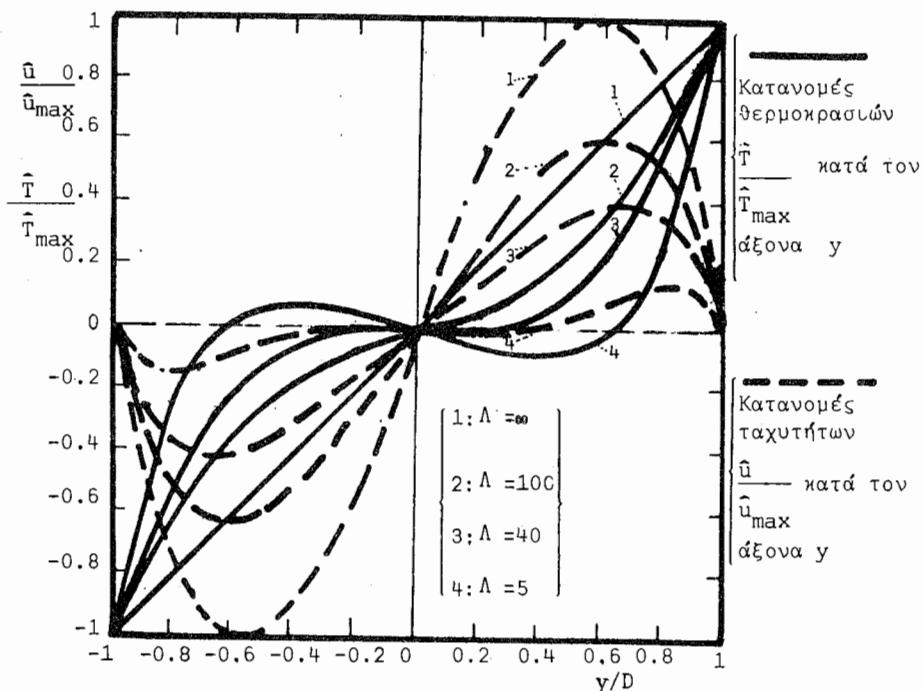
c	= κρύσιμες τιμές
t ,x, y	= παράγωγοι ως προς το χρόνο και τις διευθύνσεις x και y
xx ,yy	= δεύτεροι παράγωγοι
θ,φ	= θερμότερο και φυχρότερο τούχωμα του συλλέκτη
0	= μεγέθη βασισμένα στη θερμοκρασία $T_0 = (T_\theta + T_\phi)/2$
~, "	= μεγέθη βασικής ροής και διεταραχής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

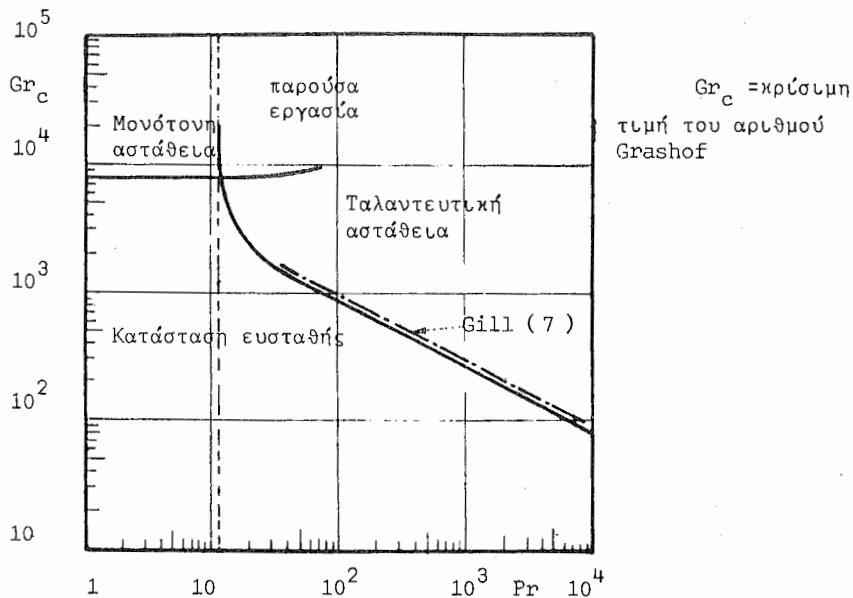
1. Ostrach S.(1978)."Convection phenomena at reduced gravity of importance for materials processing",ESA SP-114,2^e E.S.M.S.,pp.41-56.
2. Hurle D.T.J.,Jakeman E.,Pike E.R.(1967)."On the solution of the Benard problem with boundaries of finite conductivity",Proc.Roy.Soc. A.,Vol.296,pp.469-475.
3. Joseph D.D.(1976)."Stability of fluid motions",Springer Tracts in Natural Philosorhy,Vol.28.
4. Bergholz R.F.(1978)."Instability of steady natural convection in a vertical fluid layer",J.F.M.,Vol.84,pp.743-768.
5. Turner R.L.(1972)."Constrained Chebyshev approximations to some elementary functions suitably for evaluation with floating-point arithmetic",NASA TND-6698,68p.
6. Gottlieb D.,Orszag S.A.(1977)."Numerical analysis of spectral methods theory",NSF-CBSM Monograph 26,SIAM,Philadelphia.
7. Gill A.E.,Kirkham C.C.(1970)."A note on the stability of convection in vertical slot",J.F.M.,Vol.42,pp.125-127.
8. De Vahl Davis G.(1968)."Laminar natural convection in enclosed rectangular cavity",I.J.Heat and Mass Transfert,Vol.11,pp.1675-1693.
9. De Vahl Davis G.,Mallinson G.D.(1975)."A note on natural convection in a vertical slot",J.F.M.,Vol.72,pp.87-93.
- 10.Gill A.E.,Davey A.(1969)."Instability of a buoyancy-driven system", J.F.M.,Vol.35,pp.775-798.



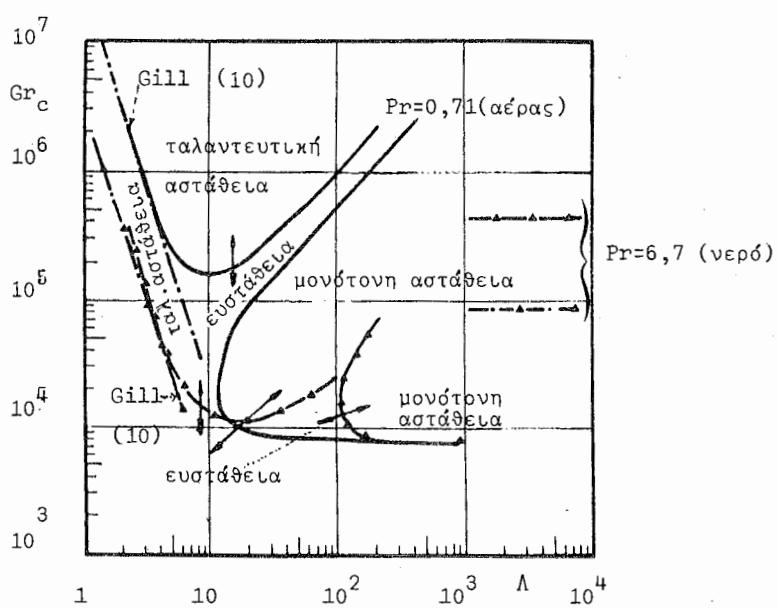
Σχ.1. Γεωμετρία της εξεταζόμενης κοιλότητας (συλλέκτη)



Σχ.2. Κατανομές θερμοκρασιών και ταχυτήτων κατά τον οριζόντιο άξονα y για τη βασική ροή μέσα σε δισδιάστατη κατακόρυφη ορθογωνική κοιλότητα (συλλέκτη), διαν $Ra=200\ 000$ και $\beta = \frac{dT}{dx} \cdot \Lambda^{-1} = 0,5$,



Σχ.3. Διαγράμματα ευστάθειας-αστάθειας $Gr_c = f(Pr)$. Αστάθεια τύπου αγωγής.



Σχ.4. Διαγράμματα ευστάθειας-αστάθειας $Gr_c = f(\Lambda, Pr)$ για δύο σταθερές τιμές του αριθμού Prandtl, $Pr=0.71$ και $Pr=6.7$. Αστάθεια τύπου οριακού στρώματος

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΕΗΡΑΝΗΣ
ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΑΕΡΑ

Π. Μάντζαρη, Ζ. Μαρούλης, Γ. Ραουζαίος, Δ. Μαρίνος-Κουρής

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Χημικών Μηχανικών
Εργαστήριο Τεχνικής Φυσικών Διεργασιών

Περίληψη

Εξετάζεται η δυνατότητα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για έκρανση γεωργικών προϊόντων. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε ένα σύστημα επίπεδων συλλεκτών αέρα για διάφορα τυπικά φορτία έκρανσης, σε ελληνικές τυπικές μετεωρολογικές συνθήκες.

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού κάλυψης των τυπικών φορτίων έκρανσης συναρτήσει του μεγέθους και των χαρακτηριστικών του συστήματος συλλεκτών, έγινε προσομοίωση με τη βοήθεια HY.

Το ποσοστό κάλυψης των τυπικών θερμικών φορτίων έκρανσης σε καμμιά περίπτωση δεν ξεπέρασε το 47%, γεγονός που αποδεικνύει την ανάγκη χρησιμοποίησης θερμικής αποθήκης.

Λέξεις κλειδιά

Θερμικό φορτίο, ηλιακή ενέργεια, προσομοίωση, έκρανση, συλλέκτης, γεωργικά προϊόντα, αποθήκη θερμότητας.

Εισαγωγή

Τεράστια ενεργειακά ποσά καταναλώνονται καθημερινά στη βιομηχανία τροφίμων για έκρανση ή αφυδάτωση προϊόντων. Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για τέτοιες διεργασίες, (π.χ. έκρανση γεωργικών προϊόντων) αντιστοιχούν σε περιοχές που επιτυγχάνονται από επίπεδους συλλέκτες αέρα. Η αιχμή των ενεργειακών αναγκών στην έκρανση γεωργικών προϊόντων εμφανίζεται στους θερινούς μήνες και κατά συνέπεια συμπίπτει με την περίοδο της εντονότερης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η μελέτη των δυνατοτήτων κάλυψης του θερμικού φορτίου για έκρανση γεωργικών προϊόντων με ηλιακή ενέργεια από σύστημα επίπεδων συλλεκτών αέρα για τις συνθήκες του ελληνικού τυπικού μετεωρολογικού έτους, αποτελεί το αντικείμενο της εργασίας.

Το θερμικό φορτίο ξήρανσης γεωργικών προϊόντων

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός θερμικού φορτίου για ξήρανση γεωργικών προϊόντων συνίστανται στην απαιτούμενη ποσότητα "θερμικής ισχύος", της θερμοκρασίας που απαιτείται η "θερμική ισχύς" και τις χρονικές διακυμάνσεις της ζητούμενης ισχύος σε ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση.

Στην περίπτωση της ξήρανσης γεωργικών προϊόντων οι ζητούμενες θερμοκρασίες του αέρα είναι μεταξύ 60-80°C (1). Τα εξεταζόμενα θερμικά φορτία φαίνονται στον Πιν. 1.

Πιν. 1. Θερμικά φορτία ξήρανσης γεωργικών προϊόντων
Παροχή αέρα σταθερή σε 24ωρη λειτουργία: 1 Nm³/s

Φορτίο	Ζητούμενη θερμοκρασία TZ (οC)	Θερμοκρασία διαθέσιμου αέρα ΤΔ (°C)	Χρόνος λειτουργίας του συστήματος	Συνολικό θερμικό φορτίο GJ/έτος
Φ26/1	60	20	όλο το έτος	1524
Φ26/2	60	20	Απρ.-Σεπτ.	762
Φ46/1	60	40	όλο το έτος	762
Φ46/2	60	40	Απρ.-Σεπτ.	381
Φ28/1	80	20	όλο το έτος	2288
Φ28/2	80	20	Απρ.-Σεπτ.	1144
Φ48/1	80	40	όλο το έτος	1526
Φ48/2	80	40	Απρ.-Σεπτ.	763

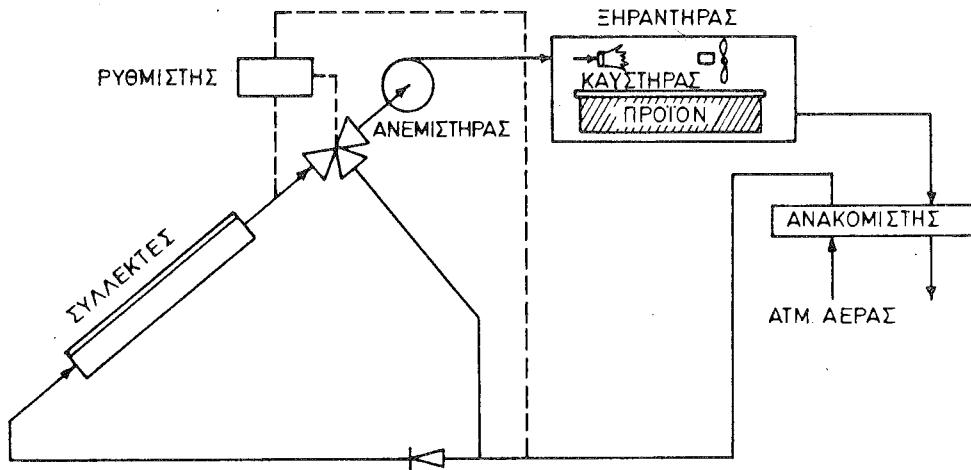
Εξ άλλου η θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο του συστήματος συλλεκτών λαμβάνεται σταθερή, (ση με 20°C ή 40°C μετά από ανάκτηση θερμότητας.

Το σύστημα ξήρανσης με ηλιακή ενέργεια

Το υπό μελέτη σύστημα περιλαμβάνει μία συστοιχία επίπεδων συλλεκτών αέρα μέσα από τους οποίους διαβιβάζεται το ρεύμα του προς θέρμανση αέρα, όταν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια, είναι επαρκής, πράγμα που αποφασίζεται με τη βοήθειά ενός διαφορικού ρυθμιστή, δημοσιεύεται στο Σχ. 1.

Για την προσομοίωση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το μαθηματικό μοντέλο (one-node or single node model) των Klein-Duffie-Beckman (2), στο οποίο λαμβάνεται υπόψη η θερμοχωρητικότητα του συλλέκτη.

Στην εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και οι συνολικές ημερήσιες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο για το τυπικό ελληνικό έτος, δημοσιεύεται από τους Ραουζάλο - Μωύση (3).



Σχ.1. Σύστημα θέρμανσης αέρα με ηλιακή ενέργεια σε σύνδεση με τυπικό ξηραντήρα και ανακομιστή θερμότητας.

Αποτελέσματα προσομοίωσης

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του συστήματος για το φορτίο Φ26/1 (βλ. Πιν. 1) δταν οι μεταβλητές σχεδιασμού παίρνουν τις τιμές του Πιν. 2 φαίνονται στα Σχ. 2-4.

Στο Σχ. 2 παρουσιάζεται, το μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του συστήματος ενώ στα Σχ. 3 και 4 το ποσοστό καλύψης του θερμικού φορτίου Φ26/1 από το σύστημα και η απόδοση του συστήματος αντίστοιχα σε ημερήσια βάση.

'Όπως διαπιστώνεται, το ποσοστό καλύψης του φορτίου κατά τους θερινούς μήνες ανέρχεται σε 40% αποδεικνύοντας τις σημαντικές δυνατότητες του συστήματος ιδιαίτερα στην περίοδο ζήτησης θερμικών φορτίων για ξήρανση.

Πιν. 2. Τυπικές τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού του συστήματος

Συνολική επιφάνεια συλλεκτών A_C : 200 (m^2)

Γωνία ακλίσης συλλέκτη ω (βέλτιστη καλοκαιρινή): 26°

Ισοδύναμη θερμοχωρητικότητα συλλέκτη $(\rho C)_C$: 10 (kJ/m^2K)

Παράγοντας αποτελεσματικότητας συλλέκτη F_F (4,5): 0.8

Ενεργό γινόμενο διαβίβασης απορρόφησης ακτιν. $(\tau_a)_E$: 0.75

Ολικός συντελεστής θερμικών απωλειών U_L (4,5) : 8 (w/m^2K)

Χαρακτηριστικά διαφορικού ρυθμιστή: $\Delta T_{on} = 40^\circ C$, $\Delta T_{off} = 8^\circ C$

Δυνατότητες κάλυψης των θερμικών φορτίων ξήρανσης
με ηλιακή ενέργεια

Στα Σχ. 5-6 απεικονίζεται το ποσοστό κάλυψης του φορτίου με ηλιακή ενέργεια συναρτήσει της ολικής επιφάνειας των συλλεκτών για διάφορες τιμές των παραμέτρων του συλλέκτη, δηλ. ολικού συντελεστή απωλειών U_L , γινόμενου διαβίβασης απορρόφησης (τ_a)_e και παράγοντα αποτελεσματικότητας F . Τα σχήματα αναφέρονται για ζητούμενη παροχή αέρα $1N \text{ m}^3/\text{s}$ που αντιστοιχεί σε μία μετρίου μεγέθους εγκατάσταση ξήρανσης.

Είναι προφανές ότι τα συμπεράσματα μπορούν να γενικευθούν για μεγαλύτερες παροχές αυξάνοντας τα εκτατικά και διατηρώντας σταθερά τα εντατικά μεγέθη του συστήματος.

Στο Σχ. 5, φαίνονται τα ποσοστά κάλυψης των ολικών θερμικών φορτίων του Πιν. 1 όταν η επιφάνεια των συλλεκτών ήταν μεταξύ 0 και 1000 m^2 ενώ ο συντελεστής θερμικών απωλειών παίρνει ακραίες τιμές 6 και 10 W/m^2 κ. το ενεργό γινόμενο διαβίβασης-απορρόφησης 0.6 και 0.9 ενώ ο συντελεστής αποτελεσματικότητας 0.7 και 0.9.

Στο Σχ. 6, απεικονίζονται αντίστοιχα τα ποσοστά κάλυψης των φορτίων για τους θερινούς μήνες του Πιν. 1.

Όπως διαπιστώνεται από τα σχήματα με τη χρήση συλλέκτη καλής απορροφητικής πλάκας (τ_a)_e = 0.9 το ποσοστό κάλυψης του φορτίου μπορεί να φθάσει μέχρι και 35% για τα ολικά φορτία και 47% για τα φορτία των θερινών μηνών. Με συλλέκτες απορροφητικής πλάκας μικρότερου (τ_a)_e (π.χ. 0.6) τα ποσοστά κάλυψης φθάνουν το 30% για τα ολικά φορτία και το 42% για τα θερινά φορτία.

Συμπεράσματα

Η σημασία των αποτελεσμάτων έγκειται στο ότι παρουσιάζουν συμπυκνωμένα και παραστατικά τις δυνατότητες του συστήματος να καλύψει τα θερμικά φορτία ξήρανσης γεωργικών προϊόντων.

Οι βασικές παρατηρήσεις από τα Σχ. 5-6 είναι:

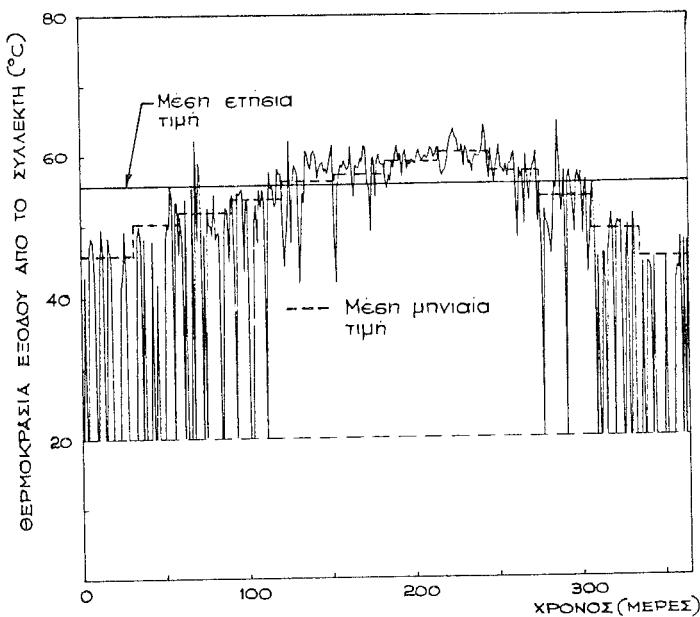
Η κάλυψη των θερμικών φορτίων τους θερινούς μήνες σε καμμία περίπτωση σεν ξεπερνά το 42% αν χρησιμοποιηθούν συλλέκτες με χαμηλά (τ_a)_e και ψηλά U_L δηλαδή συλλέκτες χαμηλού κόστους. Αντίθετα με τη χρήση ακριβών συλλεκτών το ποσοστό κάλυψης φθάνει και 47%.

Για τα ολικά φορτία το ποσοστό κάλυψης για συλλέκτες χαμηλού κόστους φθάνει ως 30% ενώ για καλούς συλλέκτες ξεπερνά το 35%.

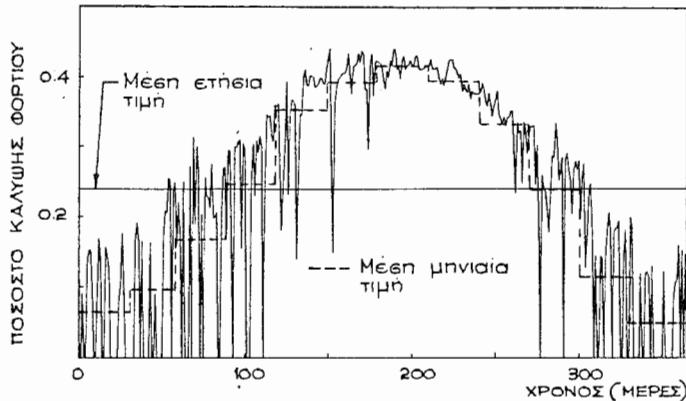
Βέβαια εκείνα που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι τα φορτία των θερινών μηνών γιατί τότε ούρια γίνεται η ξήρανση. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση της επιφάνειας των συλλεκτών πέρα από μία ορισμένη τιμή που εξαρτάται από το συγκεκριμένο φορτίο (όπως προκύπτει από τα Σχ. 5-6) δεν βελτιώνει ουσιαστικά το ποσοστό κάλυψης του φορτίου λόγω των απορριπτόμενων σημαντικών ενεργειακών ποσών. Στην περίπτωση αυτή καθίσταται αναγκαία η χρήση θερμικής αποθήκης.

Βιβλιογραφία

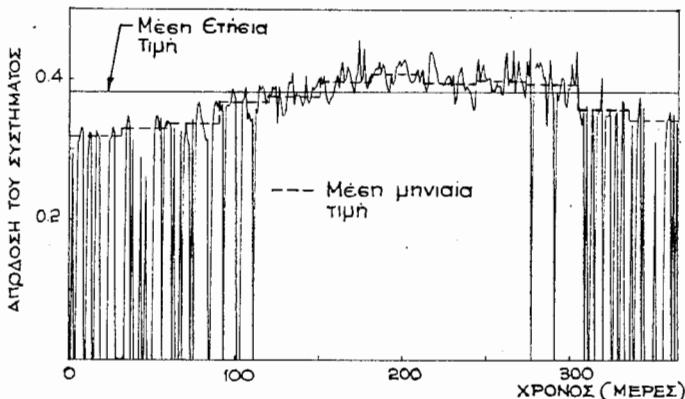
1. E.J. Carnegie and J.G. Pohl: "Food Dehydration", Chapter 35 of Solar Energy Technology Handbook. Part B: Applications Systems design and economics. Edited by William C. Dickinson and Paul N. Cheremisinoff.
2. S.A. Klein, J.A. Duffie, W.A. Beckman (1974). "Transient Considerations of Flat-plate Collectors". Journal of Engineering of Power. April 109.
3. G.S. Rauzeos, D.E. Moassis (1983): "Determining the typical year of Solar Radiation for use in models simulating solar systems". International Conference "Passive and Energy Architecture", Crete.
4. J.A. Duffie, W.A. Beckman 1980: "Solar Engineering of thermal Processes" Wiley-Interscience.
5. Ζ.Β. Μαρούλης (1984). "Αποθήκευση ηλιακής ενέργειας σε αλίνη ανοργάνων στερεών για συστήματα ηλιακής θέρμανσης αέρα τεχνικών διεργασιών". Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ.



Σχήμα 2. Μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του συστήματος κατά τη διάρκεια του τυπικού ελληνικού έτους. Οι τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού φαίνονται στον Πιν. 2.

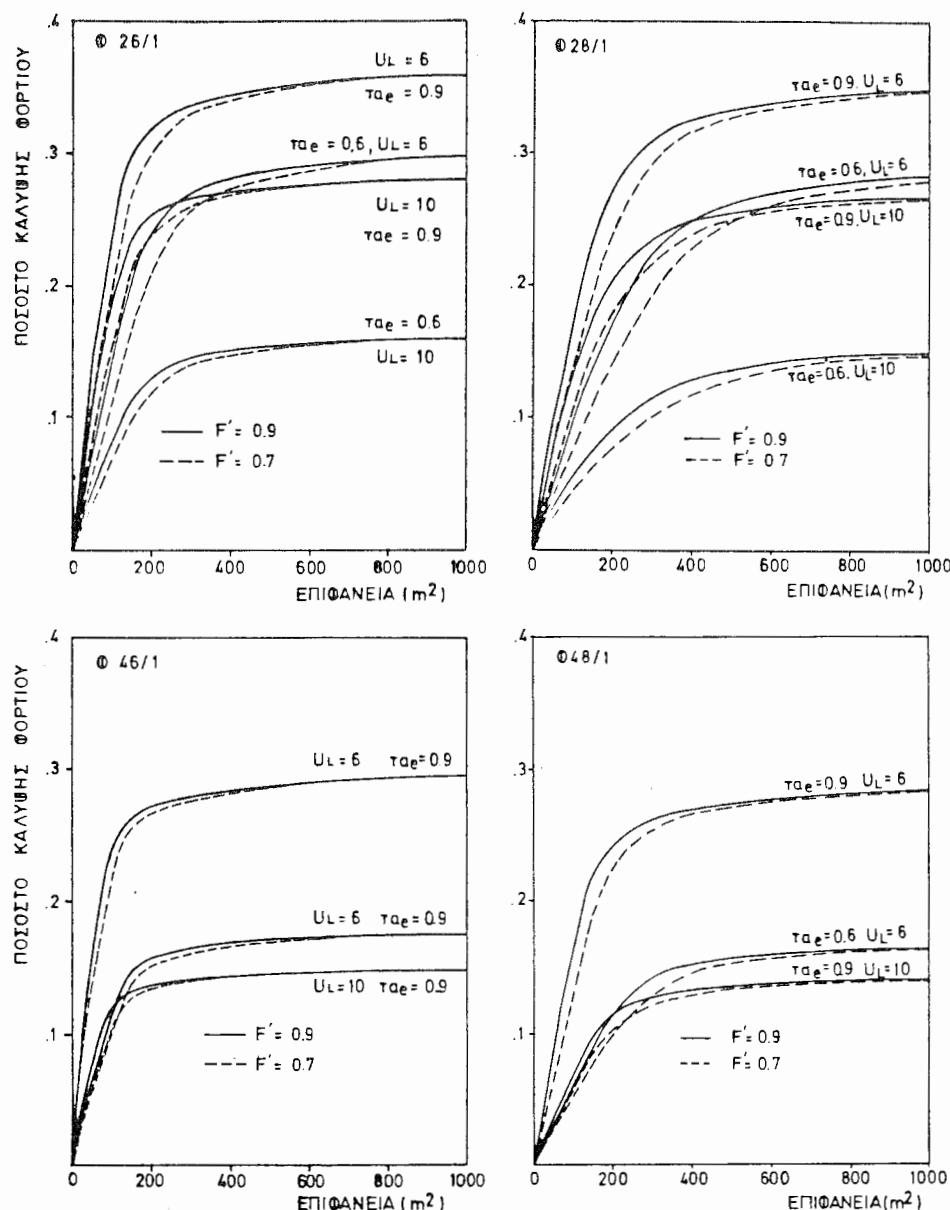


Σχήμα 3. Ημερήσιες τιμές του ποσοστού κάλυψης του θερμικού φορτίου F26/1 κατά τη διάρκεια του τυπικού ελληνικού έτους. Οι τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού φαίνονται στον Πιν. 2.



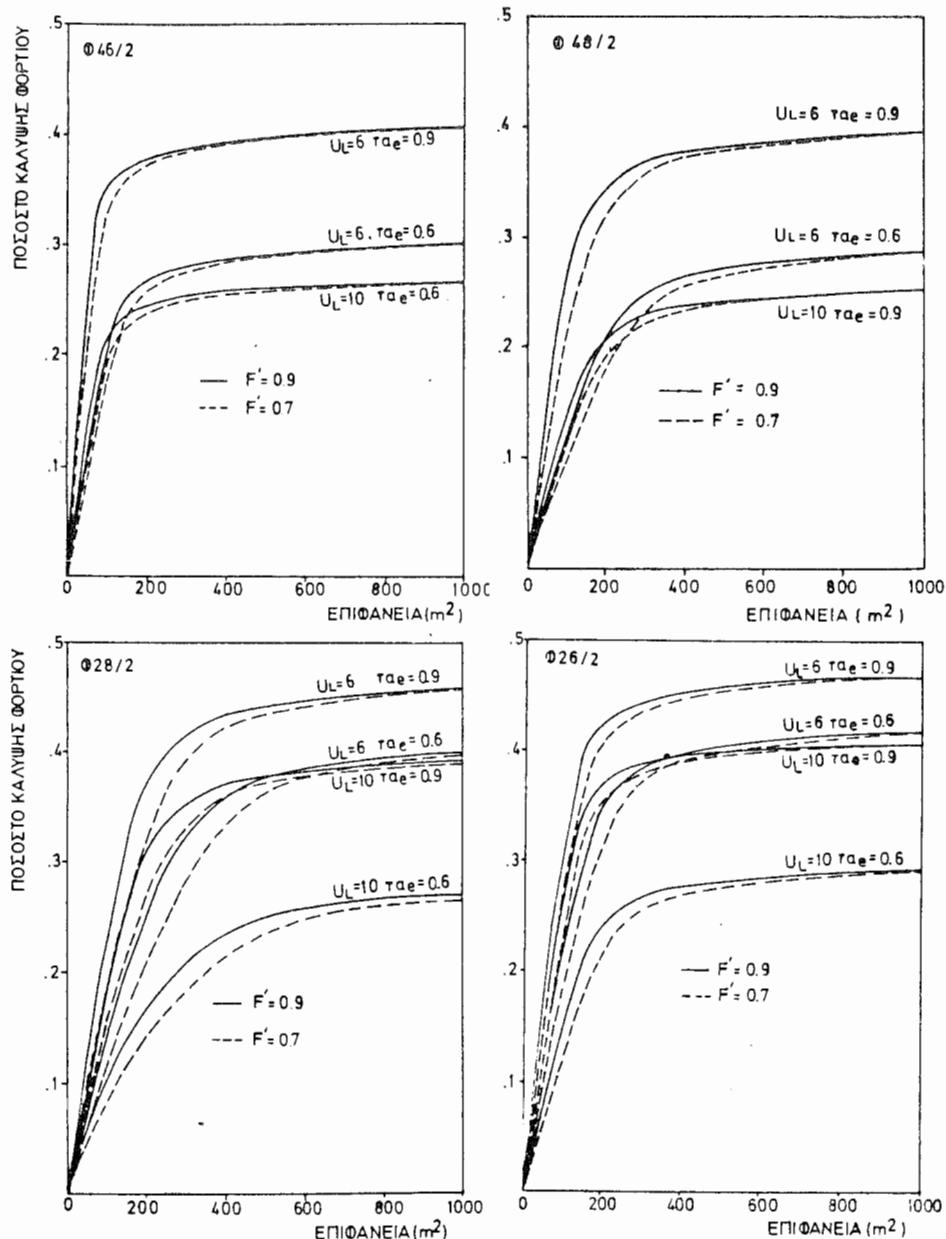
Σχήμα 4. Μέσος ημερήσιος βαθμός απόδοσης του συστήματος κατά τη διάρκεια του ελληνικού τυπικού έτους. Οι τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού φαίνονται στον Πιν. 2.

ΘΕΔ-7



Σχ. 5. Πισσοστός κάλυψης θερμικών φορτίων ξήρανσης γεωργικών προϊόντων (Ετήσια λειτουργία του συστήματος).

ΘΕΔ-8



Σχ.6. Ποσοστό καλύψης θεριμικών φορτίων ξήρανσης γεωργικών προϊόντων (Δειτουργία του συστήματος κατά τους θερινούς μήνες).

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΔΙΑΦΑΝΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΔΙΚΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Α. Φραγκουδάκης, Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος
Αρχιτεκτόνων της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η εφαρμογή των αριθμοτικών μεθόδων προσδομοίωσης στη μελέτη των δομικών υλικών έβειξε στο παρελθόν την μεγάλη θημασία της εφαρμογής διάφανων θερμομονωτικών υλικών στην ηλιακή τεχνική. Στην εργασία αυτή χίνεται μια προεπάθεια πειραματικής επαλήθευσης των θεωρητικών αποτελεσμάτων με τη χρήση ενός ακρυλικού διάφανου μονωτικού υλικού κάτω από πραγματικές συνθήκες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παθητικά συστήματα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

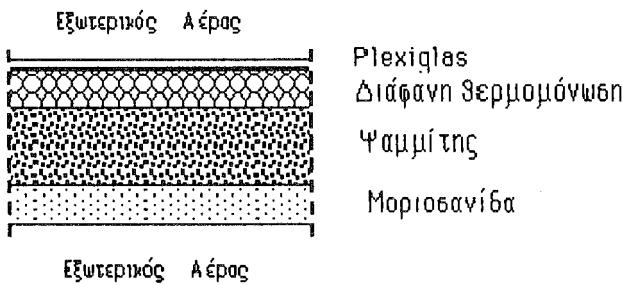
Η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς χώρων σε μη ετάσειμη κατάσταση χίνεται επίμερα σχετικά εύκολα με τη χρήση αριθμοτικών μεθόδων προσδομοίωσης. Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των χώρων στο βύνολο τους και την ανάλυση της αλληλεπίδρασης των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής του χώρου μεταξύ τους και πάνω στη θερμική συμπεριφορά του βυνόλου, βλέπε [1] με [10].

Οι αριθμοτικές μέθοδοι προσδομοίωσης επιτρέπουν ακόμα τη μελέτη των δομικών υλικών που υπάρχουν δίνοντας τη δυνατότητα διερεύνησης των ιδιοτήτων που έχουν ή που θα έπρεπε να έχουν, χια να επιτευχθεί η βέλτιστη κάθε φορά λύση. Η θεωρητική αυτή ανάλυση έβειξε στο παρελθόν τη μεγάλη συμβολή που θα μπορούσαν να έχουν τα διάφανα θερμομονώτικα υλικά, εάν υπήρχαν, στην εξέλιξη της ηλιακής τεχνικής με εφαρμογές τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας όσο και στην παραγωγή της, βλέπε [9] και [12].

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προεπάθεια πειραματικής επαλήθευσης της θεωρίας με χρήση ενός διάφανου ακρυλικού θερμομονωτικού υλικού κάτω από πραγματικές συνθήκες. Η αντιπαράθεση των θεωρητικών με τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνει την πιεστότητα των αριθμητικών υπολογισμών και επιτρέπει τη χρήση τους στην αναζήτηση των βέλτιστων λύσεων, δηλαδή την αναζήτηση των ιδιοτήτων που πρέπει να έχουν τα υλικά στην κάθε περίπτωση δίνοντας έτει την κατεύθυνση που πρέπει ν' ακολουθήσει η εξέλιξη των υλικών αυτών.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Η πειραματική διάταξη, που περιγράφουμε εδώ, είχε τα εκοπό την επαλήθευση των θεωρητικών αποτελεσμάτων και την προσέγγιση της αποτελεσματικότητας των διάφανων θερμομονωτικών υλικών με τον απλούστερο δυνατό τρόπο. Τοποθετήθηκε λοιπόν πάνω σε ένα δύμα τη διάταξη του σχήματος 1., με τρόπο που να επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα κάτω από αυτήν. Δηλαδή η μοριοσανίδα βρισκόταν σε ένα ύψος 0,20 m από το δύμα.

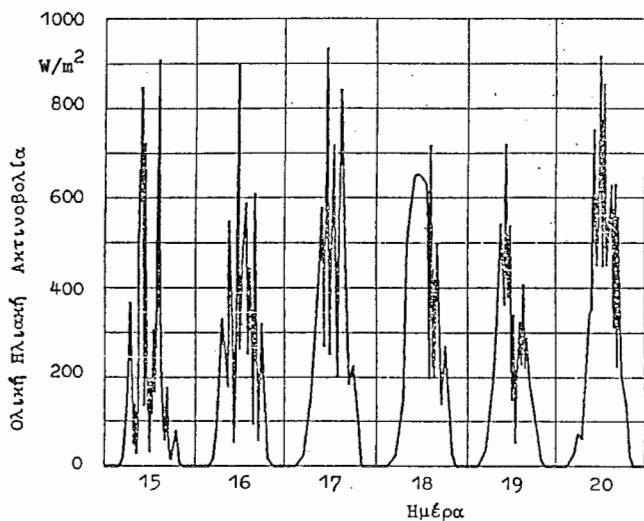


ΣΧΗΜΑ 1: Εγκάρεια τομή της πειραματικής διάταξης.

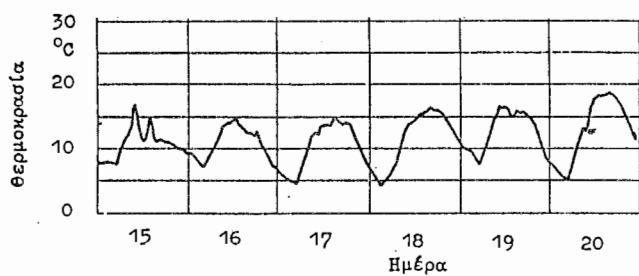
Στρώση	Πάχος m	Θερμική μεταχειρότητα W/mK	Ειδικό Βάρος kg/m ³	Ειδική θερμότητα J/kg K
Plexiglas	0,003	0,184	1180	1440
Διάφανη Μόνωση	0,030	0,074	21	1440
Ψαμμίτης	0,072	1,2	2078	840
Μοριοσανίδα	0,028	0,17	1100	2390

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.: Θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών.

Οι εξωτερικές συνθήκες (ολική ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια και θερμοκρασία του αέρα) μετρήθηκαν κοντά στην πειραματική διάταξη. Οι μετρήσεις έγιναν στο Fraunhofer-Institut fuer Bauphysik Stuttgart υπό την εποπτείαν του κ. Bertsch. Μετρήθηκαν μέσες ωριαίες τιμές, οι οποίες δίνονται στα εχήματα 2. και 3. για την περίοδο 15 με 20 Ιουνίου 1983.



ΣΧΗΜΑ 2 : Ολική ηλιακή ακτινοβολία μετρημένη πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια από τις 15 μέχρι τις 20.6.83



ΣΧΗΜΑ 3 : Θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα μετρημένη από τις 15 μέχρι τις 20.6.83

Η τιμή του συντελεστή περατότητας της διάφανης μόνωσης στην ηλιακή ακτινοβολία προσβιορίστηκε χιλιάδες φορές πρόσπετη σε $t=0,55$, του συντελεστή απορρόφησης $\alpha=0,15$ και του συντελεστή ανάκλασης $r=0,30$. Σαν εκθέτης χιλιάδες φορές την μεταβολή των συντελεστών αυτών με τη γωνία πρόσπετης της ηλιακής ακτινοβολίας προσβιορίστηκε η τιμή $r=2$.

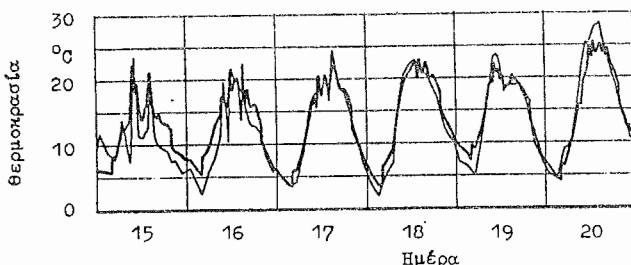
Η μεταβολή των μεγεθών εαυτού στην της χωνίας πρόσπτωσης υπολογίζεται με βάση την εκθέση (1) από την [1]. Επειδή δεν υπήρχαν διαθέσιμες μετρήσεις διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας αυτή μετωπίζεται η ολική εαυτή. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη απόσβεση της ακτινοβολίας με τη χωνία πρόσπτωσης (ο ευντελεστής περατότητας για την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία δεν εξαρτάται τελικά από την χωνία πρόσπτωσης).

$$\tau_{\phi} = \tau \{ 1 - (\cos \phi)^r \} \quad (1)$$

όπου τ_{ϕ} είναι ο ευντελεστής περατότητας για τη χωνία πρόσπτωσης φ και r ο εμπειρικός εκθέτης που καθορίζει την εξάρτηση από τη χωνία φ, βλέπε [1]. Η επιφάνεια του ψαμμίτη κάτω από τη διάφανη μόνωση βάφτηκε μαύρη και θεωρήθηκε ότι έχει ένα ευντελεστή απορρόφησης $\alpha=0,9$ για την ηλιακή ακτινοβολία. Στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος δύλα τα υλικά έχουν ένα ευντελεστή απορρόφησης ίσο με 0,9.

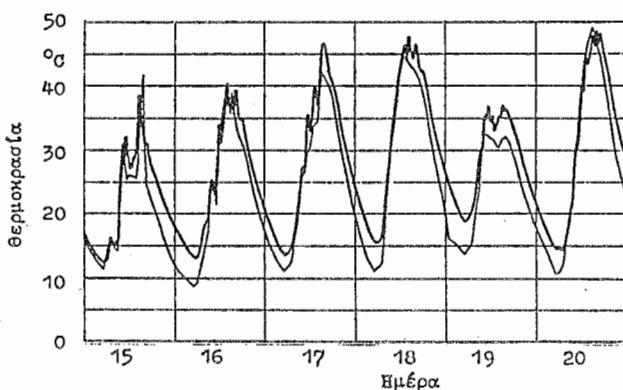
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα έχουν υπολογισθεί της μεταβολής της θερμοκρασίας στις διαχωριστικές επιφάνειες plexiglas-διάφανη μόνωση και διάφανη μόνωση-ψαμμίτη. Στις διαχωριστικές αυτές επιφάνειες μετρήθηκε η μεταβολή της θερμοκρασίας και στα εκόματα 4. και 5. παρουσιάζονται τ' αποτελέσματα (τ' αποτελέσματα των μετρήσεων σχεδιάστηκαν με λεπτή γραμμή). Στα ίδια διαγράμματα έχουν προστεθεί και τ' αποτελέσματα της μεθόδου προσδοκίων για να είναι ευκολότερη η βύγκριση. Στο εκόμα 4. παρατηρούμε ότι, οι διαφορές ανάμεσα στα θεωρητικά και τα πειραματικά αποτελέσματα είναι μικρές και μάλιστα μετά της 17.6.83.



ΣΧΗΜΑ 4 : θερμοκρασία της διαχωριστικής επιφάνειας plexiglas και διάφανης μόνωσης την περίοδο 15 - 20.6.83
(η μέτρηση σχεδιάστηκε με λεπτή γραμμή).

Είναι φυσικά δύσκολο να χίνει προβομοίση της θερμικής ευμπεριφοράς της κατασκευής για μέρες με σχετικά άστατο καιρό και μάλιστα όταν οι μετρήσεις των κλιματικών βεβομένων περιορίζονται σε μέρες ωριαίες τιμές. Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για τις διαφορές ανάμεσα στα θεωρητικά και τα πειραματικά αποτελέσματα στην δεύτερη διαχωριστική επιφάνεια, Στο σχήμα 5, παρατηρούμε ακόμα ότι, οι μεγαλύτερες αποκλίσεις παρουσιάζονται κατά την ψύξη της πειραματικής διάταξης και μάλιστα μεγαλύτερες στη διαχωριστική επιφάνεια διάφανη μόνωση-ψαμμίτη. Αυτό οφείλεται στις πλευρικές απώλειες (η διάταξη δεν είχε θερμομονωθεί πλευρικά) και πολύ περισσότερο στη διενέργεια εκεκαφών κοντά στο κτίριο που είχε τοποθετηθεί η διάταξη. Για τον λόγο αυτό έπρεπε να καθαρίζεται η διάταξη κάθε πρώι από το παχύ στρώμα εκόνης που την σκέπαζε μεταβάλοντας τις ιδιότητες της.



ΣΧΗΜΑ 5 : Θερμοκρασία της διαχωριστικής επιφάνειας ψαμμίτη και διάφανης μόνωσης την περίοδο Ι5 - 20.6.83
(η μετρηση σχεδιάστηκε με λεπτή γραμμή).

1. ΣΥΝΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ είναι εηματικά χιατι, από τη μία μεριά διαπιετώνουμε την εύγκλιση των θεωρητικών μα τα πειραματικά αποτελέσματα και από την άλλη φαίνεται καθαρά η ευμβολή των φωτεινών μονωτικών υλικών στην ηλιακή τεχνική. Ειδικότερα παρατηρούμε τα παρακάτω.

Οι αποκλίσεις ανάμεσα στα θεωρητικά και τα πειραματικά αποτελέσματα είναι ελάχιστες παρά τις δύσκολες συνθήκες κάτω από τις οποίες έχιναν

οι μετρήσεις. Δεν είναι βυνατάν υα απαιτούμε καλύτερη προσέχγιση από μια μέθοδο που δεν μπορεί να προσομοιώσει τα διάφανα υλικά με τόσο γρήγορο εκέπαθμα με εκόνη. Αλλά ακόμα και κάτω από αυτές τις δύσκολες βυνθήκες η μέθοδος δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούν ν' αποτελέσουν τη βάση για την μελέτη και του εκενιασμό μιας κατασκευής χωρίς κανένα ουσιαστικό κόστος, πράγμα αδύνατο πειραματικά. Άποτελεί δηλαδή η μέθοδος ένα χρήσιμο εργαλείο μελέτης και εκενιασμού αφήνοντας στο πείραμα την βελτιστοποίηση και την επαλήθευση, βλέπε [5] με [10].

Οι θερμοκρασίες που υπολογίστηκαν και μετρήθηκαν στην πειραματική διάταξη δείχνουν ότι, η διάφανη μόνωση επιτρέπει τη εημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού, που βρίσκεται πίσω της, παρά τις απώλειες θερμότητας. Η απόδοση που θα πετυχαίναμε θα ήταν φυσικά πολύ μεγαλύτερη ως ένα ευλλέπτη ή ένα κλειστό χώρο, βλέπε και [9]. Η μεχάλη αυτή αύξηση της θερμοκρασίας γίνεται προβληματική τις μέρες με μεχάλη ηλιοφάνεια ως σημείο που να χρειάζονται μέτρα ηλιοπροστασίας, διαφορετικά το ακρυλικό υλικό καταστρέφεται, βλέπε [9] και [12].

Τ' αποτελέσματα, που αναφέραμε εδώ, δείχνουν τη μεχάλη προσφορά που μπορούν να έχουν τα διάφανα θερμομονωτικά υλικά στην εξέλιξη της ηλιακής τεχνικής. Η βελτιστοποίηση των υλικών αυτών μπορεί να οδηγήσει ως μεχάλη οικονομία ενέργειας, αν φυσικά ξεπεραστούν οι εημερινές τεχνικές δυσκολίες (μικρή αυτοκή στη θερμοκρασία, ευμερισμοί στον υερό και τον υδρατμό, κλπ.), που θα μπορούν με την ανάπτυξη της έρευνας στου τομέα αυτό, να οδηγήσει ως πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία των κτιρίων ως θέρμανση-ψύξη και ζεστό υερό.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Haferland,F.,Heindl,W.,Fuchs,H.: (1977) Entwicklung eines einfach anzuwendenden Rechenprogramms zur Ermittlung von Luft- und Bauteiltemperaturen sowie Heiz- und Kuehlleistungen.
Durchgefuehrt im Auftrag des Bundesministers fuer Raumordnung,Bauwesen und Staedtebau,Berlin.
- [2] Palmiter,L.,Wheeling,T.: (1982) Suncode,Ecotope Groupe,2328 East Madison,Seattle-WA 98112.

- [3] Architecture and Buildings Aids Computer Unit Strathclyde (ABACUS): (1982) The ESP System, University of Strathclyde, Glasgow Scotland.
- [4] Balcomb,J.D.: (1984) Ανοθίκευση και διανομή της θερμότητας σε Παθητικά Ηλιακά Κτίρια, Δελτίο ΣΑΔΑΣ 5-6/83 σελ.19-26.
- [5] Frangoudakis,A.,Kupke,Chr.,Mechel,F.P.: (1982) Berechnung des Wärmedurchgangs durch mehrschichtige Wände mit gleichzeitiger Wärmeleitung,Konvektion und Strahlung, Gesundheits-Ingenieur,103 (1982) Heft 1,pp. 35-39.
- [6] Frangoudakis,A.,Koenig,H.: (1982) Die numerische Simulation als Ergänzung wärmetechnischer Experimente, Gesundheits-Ingenieur,103 (1982) Heft 6,pp. 275-278 und 373.
- [7] Frangoudakis,A.,Koenig,H.: (1983) Regulation of thermal comfort and heat energy consumption of rooms using various heating modes, Proceedings of the International Conference "System Simulation in Buildings", Liege 6-8 December 1982.
- [8] Frangoudakis,A.,Koenig,H.: (1983) Die numerische Simulation als Ergänzung wärmetechnischer Experimente, Teil II, Gesundheits-Ingenieur,104 (1983) Heft 3,pp. 124-130.
- [9] Bertsch,K.,Boy,E.,Frangoudakis,A.,Heim,U.: (1985) Licht-transparente Wärmedämmung-Eine Möglichkeit zur drastischen Reduzierung des Verbrauchs an fossilen Energieträgern im Haushaltsbereich, Proceedings of the First EC Conference on Solar Heating, Amsterdam 30 April - 4 May 1984.
- [10] Frangoudakis,A.: (1985) Essais de vérification expérimentale d' un modèle, Comptes Rendus des Journées d' Etudes 84 "Modélisation et Simulation en Thermique", Poitiers 20-21 Septembre 1984,pp. 443-448.
- [11] Gertis,K.: (1982) Solarenergienutzung mit passiven statt aktiven Massnahmen, HLH 33 (1982) Heft 3,pp. 169-173..
- [12] Frangoudakis,A.: (1983) Lichtdurchlässige Dämmschicht, Zwischenbericht Nr. 1,Fraunhofer-Institut fuer Bauphysik Stuttgart SA 02/83.

Η "ΗΛΙΑΚΗ ΛΙΜΝΗ" ΩΣ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ.- ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

Παναγιώτης Θ. Τσιλιγγίρης Διπλ. Μ-Η
DEPT. OF ENGINEERING
UNIVERSITY OF READING
WHITEKNIGHTS, READING, RG6 2AY, ENGLAND

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίασις ενός εξελιγμένου θεωρητικού μοντέλου Η.Υ. κατάλληλου για εξομόλωση της λειτουργίας μιας Ηλιακής λίμνης τύπου βαθμίδος άλατος στον Ελληνικό χώρο. Τα αποτελέσματα της αναλύσεως επιτρέπουν τον υπολογισμό της ετήσιας θερμικής αποδόσεως του συστήματος Ηλιοθερμικής μετατροπής και αποθηκεύσεως θερμότητος υπό διαφόρους συνθήκας εξαγωγής φορτίου.

Εξετάζεται διεξοδικά η επίδραση των γεωμετριών των ζωνών και του εδάφους στην θερμική απόδοση της λίμνης και υπολογίζονται οι βέλτιστες διαστάσεις της λίμνης βαθμίδος άλατος για διάφορες θερμοκρασίες εξυπηρετήσεως του φορτίου. Προσδιορίζεται η διάρκεια του μεταβατικού φαινομένου προθερμάνσεως και η προσεγγιση σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας υπό διαφόρους τύπους φορτίων.

Τα διαθέσιμα αποτελέσματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την επιτυχή σχεδίαση και βελτιστοποίηση του συστήματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακή Λίμνη, Ηλιοθερμική μετατροπή Ενέργειας, Θερμική Αποθήκευση.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Η.Λ. είναι μεγάλης εκτάσεως τεχνητές λίμνες μικρού βάθους, στις οποίες ρεύματα συναγωγής προερχόμενα από ανάπτυξη θερμοκρασιακής βαθμίδος λόγω απορροφήσεως ηλιακής ακτινοβολίας καταστέλλονται μέσω εγκατεστημένης βαθμίδας άλατος. Σήμερα θεωρούνται διεθνώς ως διατάξεις παραγωγής και αποθηκεύσεως ηλιακής θερμότητος σε μεγάλη κατασκευή, με αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα χαμηλού κόστους και υλικών κατασκευής του αμέσου περιβάλλοντος, με ευρύ φάσμα εφαρμογών που καλύπτει παραγωγή θέρμοτητος βιομηχανικών διεργασιών, αφαλάτωση, θέρμανση χώρων και θερμοκηπίων, παραγωγή άλατος κλπ. (1).

Δεδομένου ότι η αρχή λειτουργίας των παρέχει λύσεις στα σημαντικότερα προβλήματα ηλιοθερμικής μετατροπής ενέργειας σε ευρείακλίμακα, προσφέρουν την μοναδική δυνατότητα απρόσκοπτης εξυπηρετήσεως φορτίου κάτω από συνθήκες πολλών διαδοχικών ημερών δίχως ηλιοφάνεια, διεποχικής θερμικής αποθηκεύσεως καθώς και οικονομικά ανταγωνιστικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές της γης. Τέλος θεωρούμενες ως μεγάλης εκτάσεως επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες και συγκρινόμενες με αυτούς από απόψεως θερμικής συμπεριφοράς, αν και παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες διαβάσεως λόγω ισχυράς απορροφήσεως του Υ.Ε. τμήματος του ηλιακού φάσματος, επιδεικνύουν εξαιρετική ικανότητα θερμικής μονάσεως που τους καθιστά αποδοτικότερους για υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

2. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΛΟΥ

Λόγω της μεγάλης χρονικής ακλίμακος των φαινομένων μεταβατικής θερμάνσεως και προσεγγίσεως σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας των λιμνών, η τεχνική εξομοιώσεως της λειτουργίας των μέσω θεωρητικών μοντέλων Η.Υ. παρέχει την πλέον επιτυχή μέθοδο αναλύσεως, με αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα έναντι διατυπώσεως αναλυτικών λύσεων, λόγω της παρεχομένης δυνατότητος επεξεργασίας πλέον ρεαλιστικών παραδοχών και οριακών συνθηκών που έχουν αποτέλεσμα την επαρκή προσέγγιση του πολύπλοκου φυσικού συστήματος.

Δεδομένου ότι οι θερμικές απώλειες στην περιφέρεια για μικρού μεγέθους λίμνες θεωρούνται πολύ υψηλές, ο Η.Λ. θεωρούνται ιδιαίτερως ανταγωνιστικές σε μεγάλη σχετικά ακλίμακα όπου οι περιφερειακές απώλειες είναι δυνατόν να αμεληθούν και το πρόβλημα μελετάται με ικανοποιητική ακρίβεια σε μία μόνο διάσταση. Εάν και η τεχνική εξομοιώσεως μέσω Η.Υ. πρώπον προτάθηκε το 1967 από τον Tybout (2), αποτελέσματα έχουν δημοσιευθή μόλις πρόσφατα από συναφείς αναλύσεις όπως των Jayardev και Henderson (3), Hawlader και Brinkworth (4), J.Hull (5) και Hadidy, Nimmro και Zubair (6). Τα μειονεκτήματα των ανωτερών πλέον σημαντικών μοντέλων είναι η μη δυνατότης υπολογισμού θερμικής αποδόσεως υπό σταθερή θερμοκρασία εξαγωγής φορτίου, η υπεραπλούστευσης του συστήματος εδάφους η παραδοχή χρονικά σταθερών οπτικών απωλειών καλπ. Το μοντέλο που περιγράφεται εξελίχθηκε σταδιακά και περιγράφει την λειτουργία τρίζωνης λίμνης με την αναπόφευκτη Α.Σ.Ζ. που δημιουργείται λόγω κυματισμού και εξατμίσεως, και την Ζ.Β.Α. και Κ.Σ.Ζ. που καθορίζονται από τον τύπο και την θερμοκρασιακή στάθμη εξυπηρετήσεως του φορτίου.

Ο πυθμένας της χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή απορροφήσεως $\alpha \neq 1$ που επιτρέπει ανάκλαση και επαναπορρόφηση της ακτινοβολίας προς τα επάνω.

Το έδαφος κάτω από τον πυθμένα της λίμνης εκτέίνεται μέχρι βάθους εξ μέτρων όπου θεωρείται ροή υπογείων υδάτων σταθερής ετήσιας θερμοκρασίας 10°C . Προκειμένου να ληφθεί υπ' όψιν ο γεωλογικός τύπος ή η ημέρηνη περιεντικότης υγρασίας σε μεγαλύτερα βάθη, που επειρρεάζει σημαντικά την θερμική αγωγιμότητα, οι θερμοφυσικές ιδιότητες εδάφους θεωρούνται συναρτήσεις βάθους. Παρομοίως συναρτήσεις βάθους θεωρούνται οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υδάτων της λίμνης.

Ενω το ορατό τμήμα διεισδύει βαθειά στην μάζα των υδάτων το Υ.Ε. τμήμα του ηλιακού φάσματος απορροφάται ταχύτατα στην επιφάνεια της λίμνης. Δεδομένου ότι ο δείκτης διαθλάσεως και ο φασματικός συντελεστής εξασθενήσεως των υδάτων είναι συνάρτηση της συγκεντρώσεως άλατος θερμοκρασίας και ρύπου και η φασματική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας συνάρτηση της αερίου μάζας και ατμοσφαιρικών συνθηκών, δηλαδή συνάρτηση της ώρας της ημέρας, εποχής του έτους και γεωγραφικής θέσεως, ο ακριβής υπολογισμός εξασθενήσεως της ηλιακής ενέργειας από την μάζα των υδάτων της λίμνης είναι εξαιρετικά δυσχερής. Δεδομένου ότι η διάχυτος ακτινοβολία είναι συνήθως μικρό ποσοστό της ολικώς προσπίπτουσας και μετατοπισμένη φασματικά σε μικρότερα μήκη αύματος (7), (8), για τα οποία η εξασθένηση είναι ασθενέστερη, η παραδοχή 100% άμεσης ακτινοβολίας οδηγεί σε συντηρητικότερα αποτελέσματα. Αρκετά απλοποιημένα μοντέλα εξασθενήσεως έχουν κατά καιρούς δημοσιευθεί όπως των Harleman (9), Usmanov (10), Rabl-Nielsen (11) κατάλληλα για υπολογισμούς

σε λίμνες. Πιστεύεται ότι το τελευταίο είναι το πληρέστερο του οποίου η εξαγωγή βασίζεται σε παλαιότερες εργασίες για απεσταγμένο νερό. Όμως αν και τα φυσικά ύδατα λιμνών ουδέποτε αναμένονται τόσο διαυγή, μετρήσεις σε λειτουργούσες Η.Λ. απέδειξαν σε ορισμένες περιπτώσεις χαμηλότερες εξασθενήσεις από τις προβλεπόμενες από το θεωρητικό μοντέλλο (12), (13).

Αναθεώρηση των παλαιών υπολογισμών και χρήση νέων ακριβών αριθμητικών μεθόδων και δεδομένων, απέδειξε ότι το ανώτερο δυνατό όριο διαβάσεως του ηλιακού φάσματος είναι σημαντικά υψηλότερο από το προβλεπόμενο από το μοντέλλο του Rabl-Nielsen. Παρόλα αυτά, με βάση συγκρίσεις μετρήσεων σε λειτουργούσες Η.Λ. πιστεύεται ότι το μοντέλλο τούτο που παρέχει διεισδυτικότητα του ηλιακού φάσματος το 75% του μεγαλύτερου ορίου για πρακτικά βάθη λιμνών και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ανάλυση, θα ήταν δυνατό να περιγράφει εξασθένηση ακτινοβολίας τοπική για υψηλής καθαρότητος ύδατα λιμνών (16).

Η θερμοκρασία της Α.Σ.Ζ. ισούται με την μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος και πειραματικές μετρήσεις αποδεικνύουν την αλήθεια της παραδοχής αυτής.

Τα Μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου αναφέρονται στην γεωγραφική περιοχή της Αττικής (38° N) και βασίζονται σε πρόσφατη στατιστική επεξεργασία πολυετών παρατηρήσεων (14), (15).

Η εξίσωση που περιγράφει την θέρμανση της Ζ.Β.Α είναι η

$$\rho_{1b} c_{1b} \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (K_{1b} \frac{\partial T(x,t)}{\partial x}) + \dot{S}(x,t)$$

όπου $\dot{S}(x,t) = -dI(x,t)/dt$ η συνάρτηση πηγών και $I(x,t)$ η συνάρτηση που περιγράφει το χρονικά μεταβαλλόμενο ποσό προσπίπτουσας ακτυνοβολίας σε βάθος x και παριστάνεται από τον εκθετικό υόμιο πέντε όρων με προσθήκη επανακτινοβολίας προς τα επάνω:

$$I(x,t) = \tau(t) \cdot I(t) \sum_{i=1}^5 a_i e^{-b_i x} + (1-\alpha) \cdot \tau(t) \cdot I(t) \cdot \sum_{i=1}^5 a_i e^{-b_i (2H-x)}$$

όπου $\tau(t)$ ο χρονικά μεταβαλλόμενος συντελεστής οπτικών απωλειών που λαμβάνει υπόψιν τις απώλειες ανακλάσεως Fresnel στην επιφάνεια και γωνιακής αποκλίσεως από την κατακόρυφο. Έχοντας σαν είσοδο την ημερήσια μεταβολή της εντάσεως της προσπίπτουσας ακτινοβολίας επί οριζόντου επιπέδου για μια τυπική ημέρα κάθε μηνός του έτους και την γεωγραφική θέση του τόπου, μία υπορουτίνα στο κύριο πρόγραμμα υπολογίζει και εφοδιάζει τους απαιτούμενους συντελεστές τ , σε αντιδιαστολή με τις προηγούμενες αναλύσεις που θεωρούν σταθερούς συντελεστάς όπως προκύπτουν, συμφώνως προς (11), από την θέση του ήλιου στις 2 μ.μ. κατά την ισημερία. Η μετάδοση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\rho_{1s} c_{1s} \frac{\partial T_s(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (K_{1s} \frac{\partial T_s(x,t)}{\partial x})$$

και όι εξισώσεις επιλύονται μέσω του ευσταθούς σχήματος πεπερασμένων διαφορών Laasonen, με οριακές συνθήκες την μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος στην Α.Σ.Ζ., το θερμικό ισοζύγιο στην Κ.Σ.Ζ. και την σταθερή ετήσια θερμοκρασία υπογείων υδάτων.

Το μοντέλλο παρέχει επίσης την δυνατότητα υπολογισμού εκτός της θερμικής αποδόσεως υπό σταθερό ποσό εξαγομένης θερμότητας και εκείνην υπό σταθερή θερμοκρασία εξαγωγής θερμότητος σε αντιδιαστολή με συναφή δημοσιευμένα μοντέλλα. Δεδομένου ότι η υπό την πρώτη παραδοχή υπολογιζομένη ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας στην Κ.Σ.Ζ. είναι μεγάλη, υπερβαίνοντας συνήθως φυσικά θερμοκρασιακά όρια και λόγω της φύσεως των συνήθων φορτίων που απαιτούν σταθερές θερμοκρασίες εξυπηρετήσεως, η λειτουργία υπό χρονικά μεταβαλλόμενη εξαγωγή θερμότητος υπό σταθερή θερμοκρασία, παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Σταθερότητας θερμοκρασίας εξαγωγής φορτίου επιτυγχάνεται με εξαγωγή θερμότητος κατά σταθερά βήματα 36, 54, 72 ήπια w/m² αναλόγως του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας της Κ.Σ.Ζ. και διακόπτεται τελείως όταν η θερμοκρασία της γίνει χαμηλότερη από την προκαθορισμένη θερμοκρασία εξαγωγής φορτίου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ανάλυσις της επιδράσεως μεγάλου αριθμού παραμέτρων, γεωμετριών των ζωνών και σχήματος εξαγωγής φορτίου, επιτρέπουν την δυνατότητα σχεδιάσεως με σκοπό την βελτιστοποίηση της θερμικής αποδόσεως. Εξετάσθηκε η συνεχής και διακοπτόμενη εξαγωγή διαφόρων βηματικών φορτίων και η εξαγωγή χρονικώς μεταβαλλομένου ποσού θερμότητος υπό διαφόρους σταθερές θερμοκρασίες. Το Σχ. 1 παρουσιάζει τυπική λειτουργία υπό εξαγωγή βηματικού φορτίου 18 w/m². Στα Σχ. 2 και 3 παρουσιάζεται τυπική λειτουργία για θερμοκρασία εξαγωγής 60°C και 80°C για πάχη Z.B.A. 2 και 1,5 m αντιστοίχως. Η ικιμακώτη συνάρτηση παρουσιάζει την χρονικώς μεταβαλλόμενη εξαγωγή φορτίου κατά τα προκαθορισμένα βήματα για τα τρία πρώτα διαδοχικά έτη λειτουργίας.

Μόνιμη κατάσταση λειτουργίας προσεγγίζεται ταχύτερα όσο οι θερμικές απώλειες εδάφους και εξαγωγή φορτίου είναι υψηλότερες, και τούτο συνήθως συμβαίνει μεταξύ δευτέρου και τρίτου έτους λειτουργίας.

Εξομοιώσεις εξ διαδοχικών ετών απέδειξαν ότι η ετήσια θερμική απόδωση, αυξανόμενη κατά τα πρώτα δύο διαδοχικά έτη λειτουργίας, σταθεροποιείται από το τρίτο έτος λειτουργίας. Αυξανομένου του πάχους της Z.B.A. ελαττώνεται η ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας και αυξάνεται η ελαχίστη θερμοκρασία K.Σ.Ζ., επιτρέποντας εξαγωγή θερμότητος καθ' όλην την διάρκεια του έτους όπως παρουσιάζεται στο Σχ. 4 για πάχος Z.B.A. 4m και θερμοκρασία εξαγωγής 80°C.

Στο Σχ. 5 έχει παρασταθεί η επίδραση του πάχους της Z.B.A. στην θερμική απόδοση της λίμνης με παραμέτρο την θερμοκρασία εξυπηρετήσεως του φορτίου. Αυξανομένου του πάχους της Z.B.A. ελαττούνται οι απώλειες αγωγιμότητος αλλά και το διαθέσιμο ποσό ακτινοβολίας στη Κ.Σ.Ζ., με αποτέλεσμα για δεδομένες συνθήκες λειτουργίας να αντιστοιχεί ένα βέλτιστο πάχος ζώνης. Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων βελτίστης αποδόσεως προσεγγίζει παχύτερες Z.B.A. καθώς η θερμοκρασία εξαγωγής αυξάνεται.

Στο Σχ. 6 παρουσιάζονται αποτελέσματα ευαισθησίας ως προς παραμέτρους που αφορούν την σχεδίαση λιμνών. Η καμπύλη (1) παριστά την επίδραση της Z.B.A. για θερμοκρασία 80°C και A.S.Z. πάχους 0.1m, η (2) την επίδραση του πάχους της A.S.Z. όταν το πάχος της Z.B.A. είναι 1.5m, η (3) την επίδραση προσθήκης στρώματος θερμικής μονάδεως υαλοβάμβακος πάχους δ υπό τον πυθμένα

της λίμνης, η (4) την επίδραση της ανακλαστικότητος του πυθμένος και η (5) την επίδραση της (%) αυξήσεως της θερμικής αγωγιμότητας των υποκειμένων στρωμάτων εδάφους εξ αιτίας απορροφίσεως υγρασίας. Λόγοι οικονομικής βελτιστοποίησεως επιβάλλουν συνεπώς την λειτουργία της λίμνης υπό βέλτιστο ή μικρότερο πάχος Z.B.A., ελαχιστοποίηση του πάχους A.Z.S. και μέχιστο δυνατό a. Αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους ελαττώνει σημαντικά την θερμική απόδοση της λίμνης και προσθήκη θερμικής μονάσεως, ιδίως σε μεγάλα πάχη εμφανίζεται σαν ελάχιστα πιθανόν να συνεισφέρει στην οικονομικά αποδεκτή βελτίωση αποδόσεως και πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση με προσοχή.

Τέλος το Σχ. 7 παρουσιάζει συγκριτικά την επίδραση σταθερών και χρονικά μεταβαλομένων οπτικών απωλειών συμφώνως προς τους ακριβείς υπολογισμούς. Προφανώς ο προσεγγιστικός υπολογισμός των οδηγεί σε υπερεκτίμηση της θερμικής αποδόσεως του συστήματος.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εξέλιξη ενός ευέλικτου μοντέλλου Η.Λ. επέτρεψε την εκτίμηση της αναμενόμενης θερμικής αποδόσεως για τυπικές Ελληνικές μετεωρολογικές συνθήκες, υπό διαφόρους συνθήκας εξαγωγής φορτίου. Διεξοδική ανάλυση της ευαισθησίας του μοντέλλου που βασίσθηκε σε εξόμοιώσεις Η.Υ. τριών ετών, προσφέρει την δυνατότητα ευχερούς σχεδιάσεως και βελτιστοποίησεως της αποδόσεως μονίμου καταστάσεως, στην οποία το σύστημα προσεγγίζει τόσο ταχύτερα όσο οι απώλειες εδάφους και εξαγωγή φορτίου είναι υψηλότερες. Τα διαθέσιμα αποτελέσματα αποδεικνύουν την καταλληλότητα των Η.Λ. σαν ηλιοθερμικών μετατροπέων και διατάξεων αποθηκεύσεως θερμότητος χαμηλών θερμοκρασιών και καθιστούν απαραίτητη την περαιτέρω πειραματική έρευνα για εφαρμογή των υπό Ελληνικές μετεωρολογικές συνθήκες.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

A.S.Z.	'Ανω Συναγώγιμη ζώνη
Z.B.A.	Ζώνη Βαθμίδος άλατος
K.S.Z.	Κάτω συναγώγιμη ζώνη
H.L.	Ηλιακή λίμνη
Y.E.	Υπερ-έρυθρον

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

α	Συντελεστής απορροφίσεως πυθμένος
ai	Ποσοστό ενεργείας στην ζώνη i του ηλιακού φάσματος
bi	Μέσος φασματικός συντελεστής εξασθενήσεως για την ζώνη i του φάσματος (m^{-1})
C _{lb} , C _{ls}	Ειδική θερμότης διαλύμματος και εδάφους (J / kg°C)
H	Βάθος της λίμνης (m)
I	πυκνότητας προσπίπτουσας ακτινοβολίας (w/m^2)
K _{lb} , K _{ls}	Θερμική αγωγιμότης διαλύμματος και εδάφους (w/m^0C)
S	Συνάρτησις πηγών (w/m)
T, Ts	Θερμοκρασία υδάτων και εδάφους (0C)
ρ _{lb} , ρ _{ls}	Πυκνότης υδάτων και εδάφους (kg/m^3)

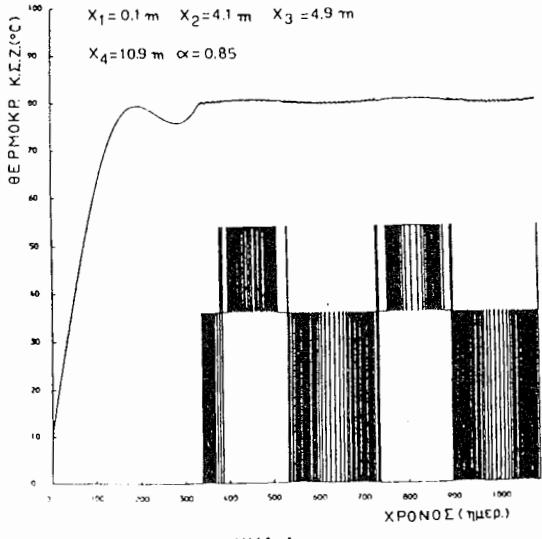
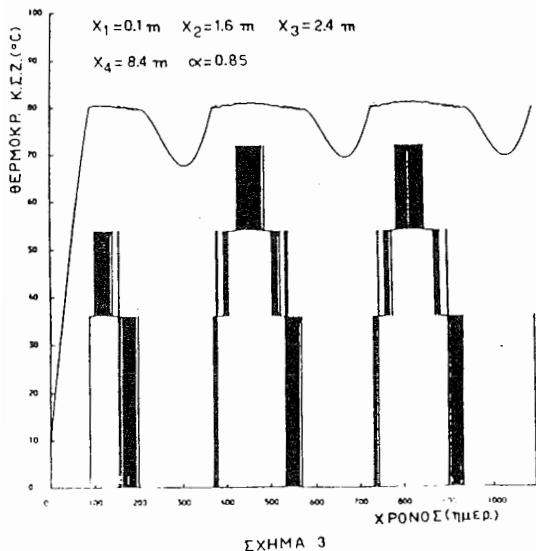
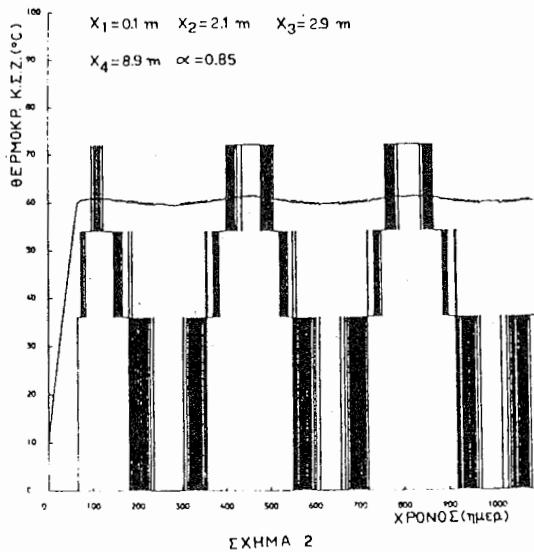
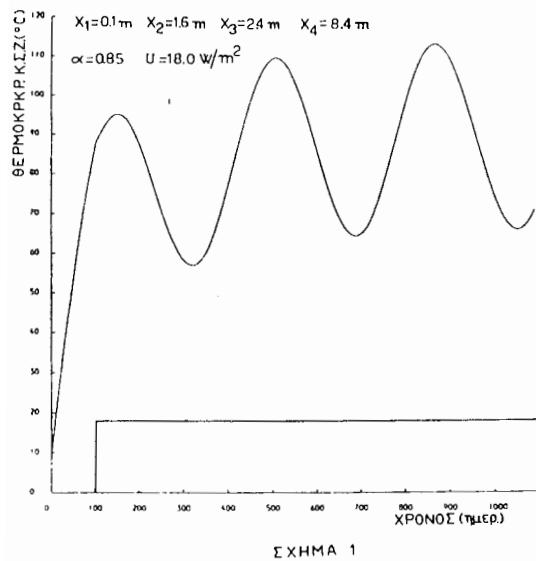
- τ Συντελεστής οπτικών απωλειών
 x₁ Βάθος (από την επιφάνεια) της Α.Σ.Ζ. (m)
 x₂ Βάθος της Ζ.Β.Α. (m)
 x₃ Βάθος της Κ.Σ.Ζ.= H (m)
 x₄ Βάθος υπογείων υδάτων (m)

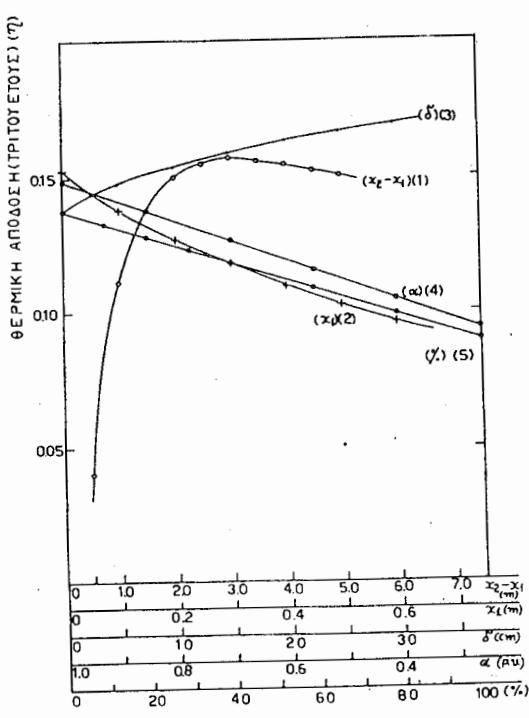
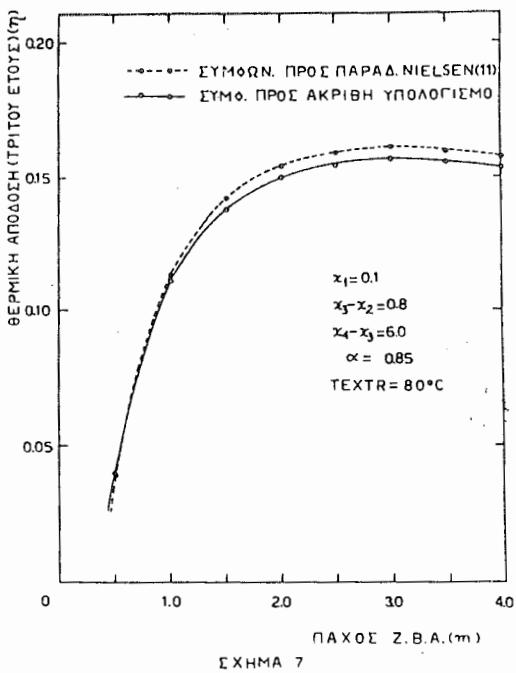
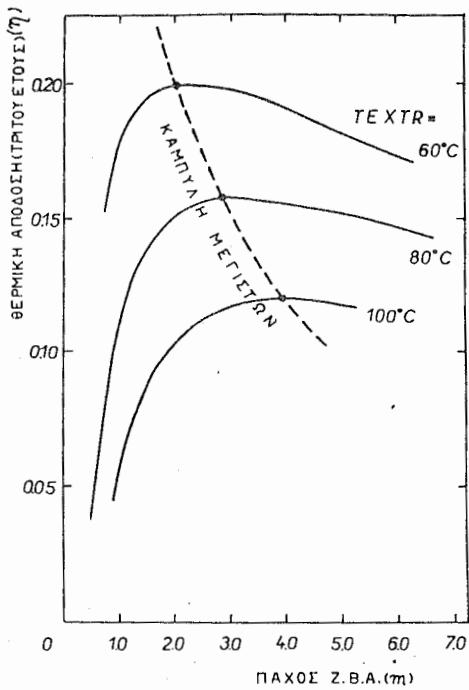
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Tabor H. (1980) "Non Convecting Solar Ponds" Phil. Trans. of Roy. Soc. London A295, pp423-433.
- (2) Tybout A.R. (1967) "A vecursive Alternative to Weinberger's model of the Solar Pond" Solar Energy, Vol 11, No2, pp 109-111
- (3) Jayardev T.S., Henderson J. (1977) "Salt concentration gradient solar ponds-Modelling and OPTIMISATION" Proc. of As/ISES Conf. Atlanta, GA, Vol II pp 1015-1019.
- (4) Hawlader M.N.A., Brinkworth B.J. (1981) "An Analysis of the Non Convecting Solar pond" Solar Energy, Vol. 27, No3, pp 195-204
- (5) Hull J.R. (1980) "Computer Simulation of Solar Pond Thermal Behaviour" Solar Energy, Vol 25, pp33-40
- (6) Hadidy M., Nimmo B., Zubair S. (1981) "Salt Gradient Solar Ponds in the Eastern Province of Saudi Arabia:Numerical and Experimental results" Ανακοίνωση που παρουσιάσθηκε στο Διεθνές Συνέδριο ISES, Brighton U.K.
- (7) Leckner Bo (1978) "The spectral Distribution of Solar Radiation at the Earth's Surface-Elements of a Model" Solar Energy, Nol 20, pp 143-150
- (8) Kok C.J. (1972) "Spectral Irradiance of Daylight in Pretoria" Joural of Physics, D:Appl. Ph. Vol 5, pp 1513-1520
- (9) Dake J.M.K, Harlemann D.R.F. (1969) "Thermal Stratification in Lakes:Analytical and Laboratory Studies" Water Res. Research, Vol15, No2, pp 484-495.
- (10) Usmanov Y., Eliseev N., Umarov G.W. (1971) "On Optical Characteristics of a Solar Pond" Applied Solar Energy, Vol 7, No3, pp78-81
- (11) Rabl A., Nielsen C.E. (1975) "Solar Ponds for Space Heating", Solar Energy, 17, 1(1975), pp 1-12
- (12) Tabor H., Matz R. (1965) "Solar Pond Project" Solar Energy, Vol 9, No 4, pp 177-182.
- (13) Wittemberg L.J., Harris M.J. (1981) "Construction and Startup Performance of the Miamisburg S.G.S.P." Trans. of ASME, Vol 103, pp 11-16
- (14) Couremenog D.A. (1983) "Solar Energy Incident in Athens" Techica Chronica Sc. Journal of Tech. Ch. of Greece, Sect. B, Vol 2, pp 113-128

(15) Κουρεμένος Δ.Α. "Temperature and Relative Humidity in Athens" υπό δημοσίευση στα Τεχν. Χρονικά

(16) Τσιλιγγίρης Π.Θ. (1984): "Transmission of Radiation in Salt Gradient Solar Ponds-
-An accurate upper limit".
Ανακοίνωση που παρουσιάσθηκε
στο διεθνές συνέδριο "ENERGY
84" Tel Aviv, Israel.





ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ: ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΣΕ ΕΝΑ ΘΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΕΜΜ. ΜΟΣΧΑΤΟΣ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ-ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η παρούσα έρευνα προσπαθεί να ορίσει, να κωδικοποιήσει και να παρουσιάσει μια συγκριτική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ενός θερμικού στρώματος από στερεά που επηρεάζουν τη θερμική διαδικασία φόρτισης ή αποφόρτισης αυτής της θερμικής αποθήκης. Ακόμα επιχειρείται μια βελτιστοποίηση της θερμικής αλίνης κάτω από ορισμένες συνθήκες και δεδομένα.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Θερμικό στρώμα, ισοδύναμη διάμετρος, συντελεστής σφαιρικότητας, ογκομετρίας και επιφανειακός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, θερμική αγωγιμότητα στρώματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Μετά την ενεργειακή ιρίση του 1973 και την γρήγορη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας η έρευνα της ενεργειακής αποθήκης, που θα εξομάλυνε τις διακυμάνσεις στον εφοδιασμό ενός ενεργειακού συστήματος αλλά και θα περιείχε αρκετή ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες και τις διακυμάνσεις της κατανάλωσης, έγινε κύριο πρόβλημα. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες για να αποφασίσει κανείς το είδος της θερμικής αποθήκης που χρειάζεται στην περίπτωση μιας θερμικής διαδικασίας και το βέλτιστο μέγεθός της. Ειδικά για τις ηλιακές εφαρμογές η χωρητικότητα και το είδος της θερμικής αποθήκης εξαρτάται:

- α. Από τα ηλιακά δεδομένα
- β. Από το είδος και το μέγεθος των καταναλώσεων
- γ. Από το βαθμό αξιοπιστίας της εγκατάστασής
- δ. Το είδος της βοηθητικής πηγής
- ε. Από την οικονομική ανάλυση της εγκατάστασης

Παρακάτω θα ασχοληθούμε με το θερμικό στρώμα από στερεά υλικά που καλύπτει σε ικανοποιητικό βαθμό τα ιριτήρια (1), (2) μιας καλής θερμικής αποθήκης και είναι πολύ πρόσφορο για ηλιακές εφαρμογές.

2. ΘΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΣΤΕΡΕΩΝ
2.1 Εισαγωγή

Έτσι καλείται η θερμική αποθήκη που αποτελείται από ένα στρώμα από κάποιο θερμοαπορροφητικό στερεό υλικό, δια μέσω του οποίου, ένα ρευστό, συνήθως ατμοσφαιρικός αέρας ρέει διαν μεταφέρεται θερμική ενέργεια από το στερεό προς το ρευστό ή αντίστροφα. Μια ποικιλία από στερεά μπορεί να χρησιμοποιηθεί, δημοσια, σιδερο, τσιμέντο, πυρότουβλα κ.λ.π.

Τα πλεονεκτήματα στη χρήση μιας τέτοιας θερμικής αποθήκης είναι:

- α. Ο μεγάλος συντελεστής της θερμικής μεταφοράς μεταξύ του αέρα και του στερεού υλικού της αποθήκης, που οδηγεί σε θερμική στρωμάτωση.
- β. Η μικρή αγωγιμότητα της αποθήκης διαν δεν υπάρχει ροή ρευστού.
- γ. Το μικρό συνήθως κόστος, τόσο του υλικού της αποθήκης δύο και του περιβλήματος.

Από την άλλη μεριά υπάρχουν και μειονεκτήματα δημοσιας είναι:

- α. Η μεγάλη πτώση πλεονεκτήματος που απαιτείται για να διελθει το ρευστό μέσα από την αποθήκη, που σημαίνει μεγάλο μέγεθος ανεμιστήρα και τελικά μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.
- β. Ο δύκος ενός θερμικού στρώματος είναι συνήθως τρεις φορές μεγαλύτερος από την ισοδύναμη θερμική αποθήκη νερού.
- γ. Το θερμικό στρώμα παρουσιάζει προβλήματα λειτουργίας που είναι σχετικά με τον καλό καθαρισμό του στερεού από σκόνη, προβλήματα υγρασίας, αποχέτευσης κ.λ.π.

Κάθε θερμικό στρώμα σαν μέσο που παίρνει ή δίνει θερμότητα έχει ορισμένα φυσικά και θερμικά χαρακτηριστικά, που βέβαια εξαρτώνται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του και από τα υλικά που το συγκροτούν.

Στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του θερμικού στρώματος, θα αναφέρουμε τα πιο σπουδαία που είναι:

2.2 Ο δύκος V (m^3) και το σχήμα

Ο δύκος του θερμικού στρώματος χαρακτηρίζει μαζί με άλλα μεγέθη την ινανδητά του να αποθηκεύει θερμική ενέργεια και το σχήμα του τις θερμικές του απώλειες, για ένα συγκεκριμένο τρόπο μόνωσής του.

Θεωρητικά το σφαιρικό σχήμα δίνει για τον ίδιο δύκο τη μικρότερη εξωτερική επιφάνεια παρουσιάζει δύως δυσκολίες στη κατασκευή και στη λειτουργία της αποθήκης. Αντί αυτού κατασκευάζονται συνήθως κυλινδρικές αποθήκες με μεγάλη διάμετρο και μικρό μήκος, ανάλογα βέβαια, με το χώρο που προσφέρεται για τη τοποθέτησή τους.

ΑΠΘ-3

2.3 Το μήκος L (π) και η τομή κάθετη προς αυτό A (m^2)

Το μήκος είναι ένα κρίσιμο μέγεθος γιατί από αυτό εξαρτάται ευθέως ανάλογα η πτώση πλεσης του αέρα δταν διέρχεται μέσα από το στρώμα και φυσικά δεν μπορεί να μεγαλώσει παρά πολύ, αντίθετα μάλιστα, πρέπει να κρατείται μικρό. Ακόμα το μήκος και η τομή κάθετη προς αυτό υπεισέρχονται στους θερμικούς υπολογισμούς του θερμικού στρώματος.

Μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών του θερμικού στρώματος εκτός των θερμικών, τα πιο σημαντικά είναι:

2.4 Η ισοδύναμη διάμετρος των στερεών από τα οποία αποτελείται το στρώμα D_{pe} (m)

Ορίζεται σαν διάμετρος σφαιρικών στερεών που έχουν τον ίδιο δγκο και διδεται από τη σχέση,

$$D_{pe} = \left(\frac{6m_p}{\pi \rho_p N} \right)^{1/3} \quad (1) \text{ δπου}$$

D_{pe} Ισοδύναμης διάμετρος των στερεών

ρ_p η πυκνότης των στερεών

N το πλήθος των στερεών στο στρώμα

2.5 Το ποσοστό κενού χώρου του θερμικού στρώματος, ϵ

Ορίζεται σαν λόγος του δγκο μεταξύ των στερεών προς τον συνολικό δγκο του στρώματος και μετράται αφού ζυγίσουμε το στρώμα πριν και μετά την πλήρωσή του με νερό.

Οπότε

$$\epsilon = \frac{m_w / \rho_w}{V} \quad (2) \text{ δπου}$$

ϵ το ποσοστό του κενού χώρου

m_w, ρ_w είναι η μάζα και η πυκνότης του νερού αντίστοιχα.

2.6 Συντελεστής σφαιρικότητας της επιφάνειας των στερεών, α .

Είναι ο λόγος της επιφάνειας των στερεών από τα οποία αποτελείται το στρώμα προς την επιφάνεια των ισοδύναμων σφαιρών. Η ειτίμηση αυτού του συντελεστή είναι δύσκολη. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε δτι χαλίκια από σπαστήρα έχουν συντελεστή σφαιρικότητας που ποικίλει από 2.5 μέχρι 1.5 για λεία δε θαλασσινά χαλίκια ο συντελεστής αυτός είναι περίπου 1.5 ανεξαρτήτως μεγέθους.

Η ισοδύναμη διάμετρος, το ποσοστό κενού χώρου και ο συντελεστής σφαιρικότητας είναι ποσότητες που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα στερεά από τα οποία αποτελείται το θερμικό στρώμα.

2.7 Μέτρο της ροής μάζης του ρευστού G_f (kg/sm^2)

Ορίζεται από το λόγο της μάζας του ρευστού που ρέει μέσα στο θερμικό στρώμα ανά διεύτερολέπτο δια της διατομής του στρώματος. Η ποσότητα αυτή εισάγει ένα νέο παράγοντα που μέχρι τώρα δεν είχε εντιμηθεί, το ρευστό που διαρρέει τη θερμική αποθήκη.

2.8 Η πτώση πίεσης ΔP ($\text{kg}/\text{m}^2 \text{s}^2$)

Η ίδιη σημείωση του ρευστού μέσα σε ένα θερμικό στρώμα ακολουθεί τυχαίες διδόσους που δημιουργούνται δταν κατασκευάζουμε το θερμικό στρώμα. Το μέγεθος και η κατανομή αυτών των διδόσων είναι συνάρτηση του μεγέθους των στερεών από τα οποία αποτελείται το θερμικό στρώμα, το ποσοστό κενού χώρου, τα φυσικά χαρακτηριστικά ρευστού και στερεών και τη ταχύτητα ιλινησης του ρευστού.

Πολλοί πειραματικοί τύπου έχουν προταθεί που ύπολογίζουν αυτό το μέγεθος (3), (4), (5). Εδώ παραθέτουμε δύο εξισώσεις αυτές που προτείνουν οι Dunkle και Efful (6)

$$\Delta P = \frac{\rho_f D}{\rho_f D_{pe}} \left(21 + 1750 \frac{\mu_f}{G_f D_{pe}} \right) \quad (3) \text{ και}$$

$$\frac{\Delta P \rho_f D^3}{\mu_f} = e^{-2,6} \left[185 \left(\frac{G_f D_{pe}}{\mu_f} \right) + 1.7 \left(\frac{G_f D_{pe}}{\mu_f} \right)^2 \right] \quad (4)$$

$$\text{για } 0.33 < e < 0.46 \quad \text{και } 1 < \frac{G_f D_{pe}}{\mu_f} < 1000$$

που προτείνουν οι Chandra και Willits και άλλοι, (7), (8) μετά από έκτεταμένες μετρήσεις και πειράματα όπου

μ_f είναι το ιερός του ρευστού
 ρ_f η πυκνότητα του

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαφορά μεταξύ των εξισώσεων (3) και (4).

Η πρώτη δεν προβλέπει καμιά διαφορά στη πτώση πίεσης δταν αλλάζει το ποσοστό κενού χώρου, ενώ η δεύτερη δέχεται ένα διπλασιασμό σχεδόν της πτώσης πίεσης μεταξύ $e=0.35$ και $e=0.45$ δταν δλα τα άλλα χαρακτηριστικά του θερμικού στρώματος είναι τα ίδια.

Έτσι η εξισωση (4) πρέπει να θεωρηθεί πιο έγκυρη και η (3) να χρησιμοποιείται δταν δεν είναι γνωτό το e .

ΑΠΘ-5

Τέλος τα θερμικά χαρακτηριστικά ενός θερμικού στρώματος είναι τα παρακάτω.

2.9 Ογκομετρικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας h_u ,
(W/m³ °C)

Είναι ο συντελεστής που μας δίνει το μέτρο της θερμότητας που περνάει από το ρευστό στο στρώμα ανά δευτερόλεπτο ανά κυβικό μέτρο και ανά βαθμό.

Πολλές μελέτες (6), (9), (10) και πειράματα έχουν γίνει για τον υπολογισμό του h_u , οι πιο έγκυρες σχέσεις δίδονται δύμας από τους Courtier και Farber (11).

$$h_u = 700 \left[\frac{G_f}{D_{pe}} \right]^{0.76} \quad (5a)$$

και από τους Chandra και Willits (2)

$$\frac{h_u D_{pe}^2}{k_f} = 1.45 \left(\frac{G_f D_{pe}}{\mu_f} \right)^{0.7} \quad (5) \quad 100 < \frac{G_f D_{pe}}{\mu_f} < 1000$$

διότι k_f είναι η θερμοαγωγιμότητά του ρευστού που αποδεχόμαστε σαν πιο έγκυρη γιατί εξαρτά τον ογκομετρικό συντελεστή θερμοαγωγιμότητά δχι μόνον από τα χαρακτηριστικά του στρώματος D_{pe} και G_f αλλά και από τα χαρακτηριστικά του αέρα μ_f και k_f .

2.10 Επιφανειακός συντελεστής μεταφοράς θερμότητος h_s , (W/m² °C)

Ο υπολογισμός αυτού του συντελεστή γίνεται πειραματικά (2) ή έμμεσα (12) από τον ογκομετρικό συντελεστή βάσει της σχέσης

$$h_u = 6h_s (1-\epsilon) \frac{a}{D_{pe}} \quad (6)$$

2.11 Θερμική αγωγιμότητα των θερμικού στρώματος δταν δεν διαρρέεται από ρευστό, k_e (W/m °C)

- a. Στη θερμική στρωμάτωση μέσα στη θερμική αποθήκη που λόγω ακριβώς αυτής της αγωγιμότητας τείνει να αποκτήσει ομοιόμορφη θερμοκρασία.
- b. Στην αποφόρτιση του θερμικού στρώματος προς το περιβάλλον δταν αποφορτιζόμενα τα εξωτερικά στρώματα, θερμότητα μεταφέρεται προς αυτά από τα εσωτερικά.

Εδώ συνιστούμε την εξίσωση που μας δίνουν οι Wakao και Kato (13) σχέσεις δύμας μας δίνουν και άλλοι ερευνητές

(14, 15, 16, 17, 18)

$$\frac{k_e}{k_f} \left(\frac{k_e}{k_f} \right)_{Nu=0} + 0.707 \left(Nu \right) \cdot \left(\frac{k_s}{k_f} \right)^{0.96}^{1.11} \quad (7)$$

$$20 \leq \frac{k_s}{k_f} \leq 1000 \quad 0 \leq Nu \leq 0.3$$

$$10 \leq \frac{k_s}{k_f} \leq 500 \quad 0 \leq Nu \leq 0.1$$

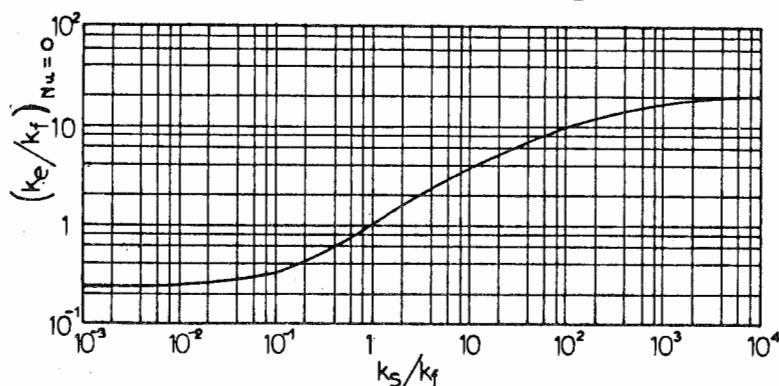
$$Nu = \frac{h_r D}{k_s} Pe$$

h_r συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία

k_s αγωγιμότητα του στερεού

Ο λόγος $\left[\frac{k_e}{k_f} \right]_{Nu=0}$ έχει υπολογισθεί από τους Wakao και

Κατό σαν συνάρτηση του λόγου $\frac{k_s}{k_f}$ (σχήμα 1).



Σχήμα 1

Τέλος το h_r δίδεται από τη σχέση

$$h_r = \frac{\frac{0.223}{e} - 0.264}{\frac{2}{e}} \left(\frac{273 + T}{100} \right) \quad W/m^2 ^\circ C \quad (8)$$

δησού ε συντελεστής εκπομπής των στερεών.

3. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Η απόδοση του θερμικού στρώματος σαν μέσου αποθήκευσης

θερμικής ενέργειας καθορίζεται από τις παραμέτρους που εξετάσαμε παραπάνω δηλ. τα γεωμετρικά, τα φυσικά και τα θερμικά χαρακτηριστικά.

Πέραν αυτών υπάρχουν ορισμένες άλλες μεταβλητές δύναται να αρχική κατάσταση του στρώματος κατά τη διάρκεια της φόρτισης ή της εκφόρτισής του, η θερμοκρασία εισαγωγής του ρευστού και η διάρκεια της αποθήκευσης.

Γενικά το συνολικό θερμικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύεται ένα θερμικό στρώμα, μπορεί να εκφρασθεί σαν συνδρτηση των παραπάνω μεταβλητών δηλαδή:

$$Q_T = Q_T [L, A_f G_f, D_{pe}, h_s, t, T_{si}, T_{fi}, \epsilon, \rho_p, \rho_f, C_p, C_f, (UA)_s, T_a] \quad (9)$$

δηλου

t είναι η διάρκεια φόρτισης ή εκφόρτισης της αποθήκης
 T_{si} η αρχική θερμοκρασία του στρώματος

T_{fi} η " " του ρευστού

C_p η ειδική θερμότητα του στρώματος

C_f η " " του ρευστού

ρ η πυκνότητα του υλικού του στρώματος

$(UA)_s$ οι θερμικές απώλειες του στρώματος ανά $^{\circ}C$

T_a η θερμοκρασία του περιβάλλοντος

Οι μεταβλητές δύναται να φανερδούν είναι πολλές και μια προσπάθεια για βελτιστοποίηση του θερμικού στρώματος είναι πολύ δύσκολη. Επειδή φορά πρέπει να ορισθεί ποιές μεταβολές θεωρούνται σταθερές, δεδομένες και ποιές μπορούν να μεταβάλλονται.

Συνήθως πάντας είναι δεδομένες ή ορίζονται οι παρακάτω μεταβλητές:

$T_a, A, (UA)_s, T_{si}, T_{fi}, t$, και το υλικό του στρώματος και του ρευστού και τα χαρακτηριστικά τους. Γνωρίζοντας τις παραπάνω μεταβλητές και καθορίζοντας τον επιφανειακό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας από την εξισωση (6), οι εναπομένουσες μεταβλητές είναι το μήκος, L , και το μέτρο ρεής μάζης του ρευστού G_f . Οι παραπάνω μεταβλητές μπορούν βέβαια να μεταβάλλονται μέσα σε καθοριζόμενα από ορισμένους περιορισμούς δρια και για κάθε ζεύγος L, G_f μπορούμε να υπολογίσουμε και να μεγιστοποιήσουμε δύο ποσότητες που αποτελούν κριτήρια βελτιστοποίησης του θερμικού στρώματος (2).

Η πρώτη είναι ο λόγος της θερμότητας που αποθηκεύτηκε στην αποθήκη προς την διαθέσιμη στο εισερχόμενο ρευστό ήτοι

$$A^+ = \frac{Q_T}{A_f G_f \cdot t \cdot C_f (T_{fi} - T_{si})}$$

Η δεύτερη είναι ο λόγος της θερμότητας που συσσωρεύτηκε στην αποθήκη προς τη θερμότητα που θα μπορούσε να συσσωρευθεί αν η θερμοκρασία του στρώματος ήταν ομοιόδιμοφή και ίση με τη θερμοκρασία του ρευστού.

$$Q_T^+ = \frac{Q_T}{\rho_p C_p L (1-\epsilon) (T_{fi} - T_{si})}$$

Είναι προφανές δτι δσο το A^+ και το Q_T^+ πλησιάζει προς τη

μονάδα τόσο βελτιστοποιείται η απόδοσή του στρώματος. Πολλά πειράματα έχουν γίνει είτε μεταβάλλοντας τις ποιότητες L και Gf ή ακόμα και τις υπόλοιπες μεταβλητές για να θετέοια μεταβολή ορίζεται και αντίστοιχη μεταβολή των Q[±] και A που πρέπει να πούμε εδώ διε τη μεγιστοποίησή του.

Τελείως δεν συνεπάγεται τη μεγιστοποίηση του άλλου. Πάντως εξαρτάται από τον κάθε μελετητή ή κατασκευαστή, τι θέλει να θεωρήσει σταθερό και τι να μεγιστοποιήσει, οπότε θα ακολουθήσει και την ανάλογη μαθηματική διερεύνηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Committee on Advanced Storage Systems, Criteria for Energy Storage Rand D, 1976, National Academy of Science Washington D.C.
2. Frank N. Schmidt and A. John Willmott, 1981, Thermal Energy Storage and Regeneration, Mc Graw-Hill Book Company London, page 1-9.
3. W. E. Ranz, 1952, Friction and Heat Transfer Coefficients for Single particles and Packed Beds, Chem. Eng. Proc. vol. 48, p. 247.
4. S. Ergun, 1952, Fluid Flows Through Packed Columns, Chem. Eng. Proc. vol. 48, p. 89.
5. Mc. Corquodale et al, 1978, Hydraulic Conductivity of Rock Fill, Jurnal of Hydraulic Research, vol. 16, p. 2.
6. Duncle and Efful, 1972, Randomly Packed Particulate Bed Regenerators and Evaporative Coolers, Transactions of the Institution of Engineers (Australia) MC8, p. 117.
7. P. Chandra, L.D. Albright and G.E. Wilson, 1981, Pressure drop of unidirectional air flow through rock beds, Trans ASAE.
8. P. Chandra, D.H. Willits, 1981, Pressure drop and heat transfer characteristics of air-rockbed thermal storage systems, Solar Energy, Vol.27, No.6, p. 547-553.
9. G.O.G. Lof and R.N. Hawley, 1948, Unsteady State Heat Transfer Between Air and Loose Solids, Ind. and Eng. Chemistry, V 40, p. 1061.
10. E. Alanis, L. Saravia and L. Rovethy, 1977, Measurement of rock pile heat transfer coefficients, Solar Energy V. 19, p. 57.
11. J. Pascal Courtier and E.A. Farber, Two Applications of a Numerical Approach of Heat transfer Process within Rock Beds Solar Energy V. 29, p. 451.
12. John A. Duffie and William A. Beckman, 1980, Solar Engineering of Thermal Processes, J. Wiley and Sons, New York.
13. N. Wakao and K. Kato, 1969, Effective thermal Conductivity of Pached Beds, Chem. Engng. Japan, V. 8, p. 24.
14. J.K. Chen and S.W. Churchill, 19863, Chem. Eng. Japan, V.9, p.35.
15. R.G. Deissler and J.S. Boegli, 1958, Trans. Amer. Soc. Mech. Eng. V. 80, p. 1417.
16. F.B. Hill and R.H. Wilhelm, 1959, Chem. Eng. Japan, V. 5, p. 486
17. D. Kunii and J.M. Smith, 1959, Chem. Eng. Japan, V. 6, p. 486.
18. D. Kunii and S. Yagi, 1957, Chem. Eng. Japan, V.3, P.373

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ: Μελέτη της επίδρασης της θερμικής αγωγιμότητας στην αξιοποίηση ενδιαφορέα χαμηλής ενθαλπίας σε συνδυασμό με αποθήκευση θερμικής ενέργειας.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Α. Μπαγτζόγλου, Γ. Αποστολίδης, Δ. Τολίας,
Κ. Κατσιφαράκης.

Τουέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία αυτή μελετάται η δυνατότητα αξιοποίησης επιφανειακών υδροφορέων, πολύ χαμηλής ενθαλπίας σε συνδυασμό με αποθήκευση ηλιακής θερμικής ενέργειας.

Χρησιμοποιείται ένα αριθμητικό μοντέλο που βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, παρουσιάζοντας με τη μορφή "ισοθερμικών" καμπυλών τα αποτελέσματα για ένα τυπικό "Ελληνικό" σύνολο δεδομένων και υπολογίζεται ο συντελεστής απόδοσης με τον οποίο γίνεται η χρησιμοποίηση του υδροφορέα σαν σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Γεωθερμική Ενέργεια, Ηλιακή Ενέργεια, Θερμικός Όγκος, Διαβατική-Αδιαβατική Εξέλιξη, Θερμικό Μέτωπο, Συντελεστής Απόδοσης, Μοντέλο Προσομοίωσης Σ.Ρ., Συναγωγή, Φαινόμενη Θερμική Αγωγιμότητα, Αριθμητική Διάχυση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η θέρμανση χώρων απορροφά μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται σε παγκόσμια αλίμανα. Η ενέργεια όμως αυτή είναι χαμηλής στάθμης. Γιατό οι γεωθερμικές πηγές χαμηλής ενθαλπίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά στον τομέα αυτό.

Την ίδια εφαρμογή έχει και η ηλιογεωθερμική ενέργεια δηλαδή η ηλιακή ενέργεια, που αποθηκεύεται σε επιφανειακούς υδροφορείς πολύ χαμηλής ενθαλπίας το καλοκαίρι, για να χρησιμοποιηθεί τον χειμώνα. Ας σημειωθεί ότι η ηλιογεωθερμική ενέργεια απαιτεί απλά τεχνολογικά μέσα: ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση του νερού και γεωτρήσεις μικρού βάθους για τη διακίνησή του από και προς τον υδροφορέα.

Η εργασία αυτή μελετά την μεταφορά μάζας και θερμότητας μέσα στους υπό εκμετάλλευση υδροφορείς, για να βγάλει συμπεράσματα για την αποδοτικότητα τους σαν πηγή θέρμανσης.

ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι κύριοι τρόποι μεταφοράς θερμότητας, μέσα στους υδροφορείς, είναι:

α) Η συναγωγή: Το κινούμενο νερό συνάγει (δηλ. μεταφέρει μαζί) ποσά θερμότητας. Η συναγωγή διακρίνεται, ανάλογα με το αύτιο που την προκαλεί, σε εξαναγκασμένη και φυσική.

Στην εξαναγκασμένη συναγωγή η κίνηση του νερού οφείλεται στη διαφορά υδραυλικού φορτίου που δημιουργείται από την άντληση και την επαναφόρτιση, δηλ. από την λειτουργία του συστήματος.

Η φυσική συναγωγή έχει σαν κινητήρια δύναμη την βαρύτητα (άνωση) και οφείλεται στη διαφορά πυκνότητας θερμού και ψυχρού νερού. Επειδή οι διαφορές θερμοκρασίας - και οι συνακόλουθες διαφορές πυκνότητας - είναι σχετικά μικρές, η επίδραση της φυσικής συναγωγής είναι αμελητέα. Η παρατήρηση αυτή επιτρέπει, δημοσ. ότι φανεί στην συνέχεια, τον μαθηματικό διαχωρισμό του θερμικού από το υδραυλικό μέρος του προβλήματος.

β) Η κινηματική διασπορά: Είναι, στην ουσία, τμήμα του μηχανισμού της συναγωγής, το οποίο ξεχωρίζουμε για να ευκολύνουμε τους υπολογισμούς. Προκαλείται από την τοπική διακύμανση των συναγωγικών ταχυτήτων.

γ) Η αγωγή: Η αυξημένη κινητική ενέργεια των μορίων της θερμότερης περιοχής μεταφέρεται στα γειτονικά τους μόρια της ψυχρής περιοχής χωρίς μεταφορά ύλης.

δ) Η μοριακή διάχυση: Η θερμότητα μεταφέρεται με τα μόρια που περνούν από την θερμή στην ψυχρή περιοχή του νερού.

Η συνολική δράση των τριών τελευταίων μηχανισμών μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά με τον συντελεστή φαινόμενης θερμικής αγωγιμότητας, ενώ η σπουδαιότητά τους σε σχέση με την εξαναγκασμένη συναγωγή δίνεται από τον αριθμό του Rē-

$$R_e = \frac{\rho_w \cdot c_w}{\lambda_a} \cdot \frac{Q}{2\pi \cdot H} = \frac{c_a \cdot R^2}{2 \cdot \lambda_a \cdot t_e} \quad (1)$$

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός του Rē-clet τόσο μικρότερη είναι η επίδραση της φαινόμενης θερμικής αγωγιμότητας.

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το φαινόμενο μεταφοράς θερμικής ενέργειας κατά την φόρτιση νερού σε έναν υδροφορέα, που περικλείεται από υδραυλικώς αδιαπέρατα στρώματα (σχήμα 1) περιγράφεται από τις εξισώσεις που ακολουθούν.

Για τα αδιαπέρατα στρώματα:

$$\lambda_c \cdot \frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \lambda_c \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta T}{\delta r} + \lambda_c \cdot \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = c_c \cdot \frac{\delta T}{\delta t} \quad (2)$$

Για τον υδροφορέα:

$$\lambda_a \cdot \frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \lambda_a \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta T}{\delta r} + \lambda_a \cdot \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} - \frac{C_w \cdot Q_i}{2\pi \cdot H} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta T}{\delta r} = C_a \cdot \frac{\delta T}{\delta t} \quad (3)$$

Με οριακές συνθήκες:

$$T \Big|_{z=(H/2)+0} = T \Big|_{z=(H/2)-0} \quad \text{και} \quad (4)$$

$$\lambda_c \cdot \frac{\delta T}{\delta z} \Big|_{z=(H/2)+0} = \lambda_a \cdot \frac{\delta T}{\delta z} \Big|_{z=(H/2)-0}$$

Η δυσκολία που υπάρχει στην αναλυτική λύση αυτών των εξισώσεων οδήγησε στην χρήση αριθμητικών μεθόδων επίλυσης, οι οποίες είχαν σαν εγγενή δυσκολία τους την εισαγωγή αριθμητικής διάχυσης.

Με το μοντέλο προσομοίωσης Σ.Ρ. (σταθερής ροής) εισάγεται η πρωτοτυπία του διαχωρισμού της συναγωγής από την φαινόμενη θερμική αγωγιμότητα με την χρησιμοποίηση κάναβου ιδιάζουσας μορφής (σχήμα 2), ο οποίος από τη δημιουργία του και μόνο προσομοιάζει την υδραυλική εξέλιξη του φαινομένου. Το μοντέλο αυτό περιγράφεται από τους Doughty et al (1). Αναφέρεται επίσης και από τους Sauty et al (2).

Η απόσταση S των κόμβων του κάναβου κατά την κατακόρυφη διεύθυνση παραμένει σταθερή, ενώ η οριζόντια μειώνεται δύο απομακρυνόμαστε από το πηγάδι φόρτισης με βάση τον τύπο

$$R(I) = \frac{I - 1}{M} \cdot R \quad (5)$$

Όπου

$$a) \quad R = \frac{Q_i \cdot t_e \cdot C_w}{\pi \cdot H \cdot C_a} \quad (6)$$

είναι η θερμική ακτίνα, ένα υποθετικό μέγεθος, που αντιστοιχεί στον θερμικό δύκο, τον δύκο δηλαδή ενός κυλίνδρου μέσα στον υδροφορέα (στερεό - ρευστό) που θα είχε με σταθερή θερμοκρασία T_1 συνολική θερμική ενέργεια ίση μ' αυτήν που αποθηκεύτηκε (φορτίστηκε) στον υδροφορέα (σχήμα 3).

$$\beta) \quad M = t_e / Dt \quad \text{παράμετρος που μας βοηθά να καθορίσουμε την εξέλιξη της φόρτισης} \quad (7)$$

Αν η παροχή φόρτισης Q_i ή άντλησης Q_p είναι σταθερή η μετακίνηση από κόμβο σε κόμβο κατά την οριζόντια διεύθυνση αντιστοιχεί ουσιαστικά στην προσθήκη ή αφαίρεση, κατά τη διάρκεια του χρονικού βήματος, ενός δύκον υερού σταθερού καθ' όλη την εξέλιξη του φαινομένου.

Η μετάδοση της θερμότητας με φαινόμενη θερμική αγωγιμότητα διέπεται από την εξίσωση:

$$C \cdot \frac{\delta T}{\delta t} = \nabla (\lambda \cdot \nabla T) = - q \quad (8)$$

όπου q : η ροή θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας.

Η εξίσωση αυτή ολοκληρώνεται για κάθε στοιχείο του κάναβου (σχήμα 4).

Χρησιμοποιώντας την προσεγγιστική μέθοδο των πεπερασμένων

διαφορών έχουμε:

$$\begin{aligned} NT(I, J) = T(I, J) + \frac{DT}{C(I, J) \cdot V(I, J)} \cdot & \left[q_x(I, J) \cdot 2\pi \cdot R(I) \cdot S - \right. \\ & - q_r(I+1, J) \cdot 2\pi \cdot R(I+1) \cdot S + q_z(I, J) \cdot \pi \cdot (R^2(I+1) - R^2(I)) - \\ & \left. - q_z(I, J+1) \cdot \pi \cdot (R^2(I+1) - R^2(I)) \right] \end{aligned} \quad (9)$$

Όπου:

$$q_x(I, J) = [T(I-1, J) - T(I, J)] \cdot \left[\frac{R(I) - R(I-1)}{2 \cdot \lambda(I-1, J)} + \frac{R(I+1) - R(I)}{2 \cdot \lambda(I, J)} \right]^{-1}$$

και

$$q_z(I, J) = [T(I, J-1) - T(I, J)] \cdot \left[\frac{z(J) - z(J-1)}{2 \cdot \lambda(I, J-1)} + \frac{z(J+1) - z(J)}{2 \cdot \lambda(I, J)} \right]^{-1} \quad (10)$$

Η εξίσωση (9) που δίνει τη θερμοκρασία καθενός στοιχείου του κάναβου μετά την πάροδο ενός χρονικού βήματος, εφαρμόζεται σε όλη την έκταση του εξεταζόμενου πεδίου ροής για όλη τη διάρκεια ενός πλήρους ετήσιου αύκλου φόρτισης-άντλησης.

Για να λειτουργήσει το αριθμητικό μοντέλο χρειάζονται κάποιες αρχικές συνθήκες όπως επίσης και κάποιοι περιορισμοί οι οποίοι καθορίζουν την ύπαρξη ή μη ροής στην εξεταζόμενη θέση κατά την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

$$'Ετσι: $T(1, J) = T_i$, $T(I, J) = T_a$ $\forall I > 1$ \quad (11)$$

$$T(I, J) = NT(I, J) \quad (12) \quad \text{για τα σημεία που δεν υπάρχει ροή}$$

$$T(I-1, J) = NT(I, J) \quad \text{ή} \quad T(I+1, J) = NT(I, J) \quad (13)$$

δταν έχουμε άντληση ή φόρτιση αντίστοιχα.

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το μοντέλο Σ.Ρ. στηρίζεται στις παρακάτω παραδοχές:

α) Ο υδροφορέας είναι οριζόντιος, σταθερού πάχους, χωρίς προϋπάρχουσα ροή μέσα του.

β) Το θερμικό μέτωπο δεν παρουσιάζει αλίση ως προς την κατακόρυφο εξαιτίας ροών άνωσης.

Χρησιμοποιήσαμε τα ακόλουθα δεδομένα:

$$\text{Παροχή } Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Βάθος υδροφορέα } H = 50 \text{ m}$$

Περίοδος φόρτισης και περίοδος άντλησης: $t_e = t_p = 120$ μέρες

Περίοδοι διακοπής λειτουργίας: $t_s = t_r = 60$ μέρες

Θερμοκρασία φόρτισης: $T_i = 320^\circ\text{K}$. Αρχική θερμοκρασία υδροφορέα $T_a = 290^\circ\text{K}$.

Θερμοχωρητικότητες: $C_a = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \text{ OK}$, $C_w = 4,1 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \text{ OK}$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στον υδροφορέα την περίοδο λειτουργίας και κατά την διεύθυνση της ροής είναι $2,5 \text{ J/ms OK}$. Κάθετα προς αυτήν και κατά τις περιόδους διακοπής της λειτουργίας είναι $1,25 \text{ J/ms OK}$. Την ίδια τιμή ($1,25 \text{ J/ms OK}$) έχει και στα θερμοπερατά στρώματα που περι-

βάλλουν τον υδροφορέα. Με τα δεδομένα αυτά βρέθηκε ότι:

$$\Lambda = \frac{C_a^2 \cdot H}{C_c \cdot \lambda_c \cdot t_e} = 12 < 300$$

που σημαίνει, σύμφωνα με το ικανότερο του Fabris, ότι το φαινόμενο εξελίσσεται διαβατικά.

Κρίθηκε κατά συνέπεια σκόπιμο να πάρουμε αποτελέσματα και για διαβατική εξέλιξη, ώστε να είναι εμφανής η διαφορά των δυο περιπτώσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το βασικότερο αποτέλεσμα είναι ο συντελεστής απόδοσης, το μέτρο σύγκρισης δηλαδή μεταξύ της ενέργειας που προσδόθηκε στον υδροφορέα και της ενέργειας που αποδόθηκε απ' αυτόν.

Δίνεται από τον τύπο:

$$\epsilon = \frac{\bar{T}_p - \bar{T}_a}{\bar{T}_i - \bar{T}_a} \quad (14)$$

'Οπου: \bar{T}_p είναι ο μέσος όρος όλων των θερμοκρασιών των στοιχείων της πρώτης στήλης ($I=1$) τα οποία κατά την περίοδο της άντλησης μετατοπίστηκαν μια θέση προς το πηγάδι, δηλαδή αντλήθηκαν.

Ο συντελεστής απόδοσης όπως υπολογίσθηκε από τους ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗ-ΜΠΑΓΤΖΟΓΛΟΥ (3) υπολογίσθηκε γύρω στο 80% και είναι τόσο μεγαλύτερος όσο πιο κοντά βρισκόμαστε σε μια αδιαβατική εξέλιξη του φαινομένου (86% - 81,5%), όπως επίσης όσο μικρότερη είναι η περίοδος αποθήκευσης.

Η διαφορά, $T_i - T_a$, θερμοκρασίας νερού φόρτισης από θερμοκρασία νερού υδροφορέα επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα τον συντελεστή απόδοσης κατά τη διαβατική εξέλιξη ενώ η επιρροή της είναι πρακτικά αμελητέα κατά την αδιαβατική εξέλιξη.

Στα σχήματα 5 και 6 φαίνονται οι ισοθερμικές καμπύλες που δίνει το μοντέλο για διάφορες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια ενός πλήρους ετήσιου κύκλου.

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι η όλη επεξεργασία, λειτουργία και εφαρμογή του μοντέλου έγινε σε H.Y. Apple συνδεδεμένο με Plotter DMP-4. Γιαυτό και ας συγχωρεθεί η χρησιμοποίηση λατινικών χαρακτήρων σε μερικά σχήματα.

Αξίζει να παρατηρήσουμε την αδράνεια που παρουσιάζει το αδιαπέρατο στρώμα στο να παρακολουθήσει τις θερμοκρασιακές μεταβολές του υδροφορέα (ιδιαίτερα εμφανής κατά την περίοδο άντλησης), όπως επίσης και τη μικρή αλλά σταθερή επιρροή της μετάδοσης θερμότητας με αγωγή (ομαλοποίηση αιχμών θερμικού μετώπου κατά τις περιόδους αποθήκευσης και ηρεμίας). Χαρακτηριστικό είναι επίσης το μικρό μέρος των αδιαπέρατων στρωμάτων που επηρεάζεται από το φαινόμενο.

ΚΡΙΤΙΚΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος του μοντέλου S.P. δεν ήταν δυνατόν όπως και κάθε αριθμητική μέθοδος προσομοίωσης να επιτύχει απόλυτη ταύτιση με τα αποτελέσματα πεδίου, τόσο ως προς την τιμή του συντελεστή απόδοσης (ο οποίος στο μοντέλο υπερεκτιμά-

ται κατά (5% - 10%) δύο και ως προς την ακριβή μορφή των ισοθερμικών καμπυλών.

Παρ'όλα αυτά η προσέγγιση που προσφέρει ικανοποιητική, αν αναλογιστεί κανείς τον λίγο χρόνο στον οποίο μας πληροφορεί γύρω από την θερμοαποθήκευτικότητα του υδροφορέα καθώς και τα λίγα σχετικά στοιχεία που απαιτεί.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

C_a, C_c : Θερμοχωρητικότητα υδροφορέα, αδιαπεράτων στρωμάτων ($J/m^3 \text{ } ^\circ K$)

H : Πάχος υδροφορέα (m)

Q_i, Q_p : Παροχές φόρτισης, άντλησης ($m^3/\text{μέρα}$)

$R(I)$: Αποστάσεις θέσεων θερμικού μετώπου (m)

$T(I,J), NT(I,J)$: Θερμοκρασίες θέσεων στον υδροφορέα κατά την στιγμή t και $t+Dt$ ($^\circ K$)

T_i, T_a : Θερμοκρασίες νερού φόρτισης, υδροφορέα

V : Όγκος στοιχείου του κάναβου (m^3)

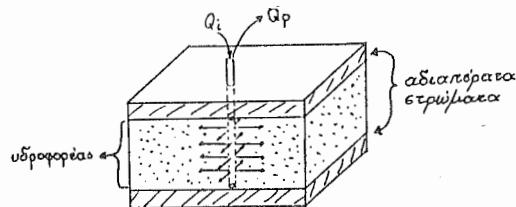
t_e, t_s, t_p, t_r : Χρόνοι φόρτισης, αποθήκευσης, άντλησης, ηρεμίας (μέρες)

λ_a, λ_c : Θερμικές αγωγιμότητες ($J/m.s.K$)

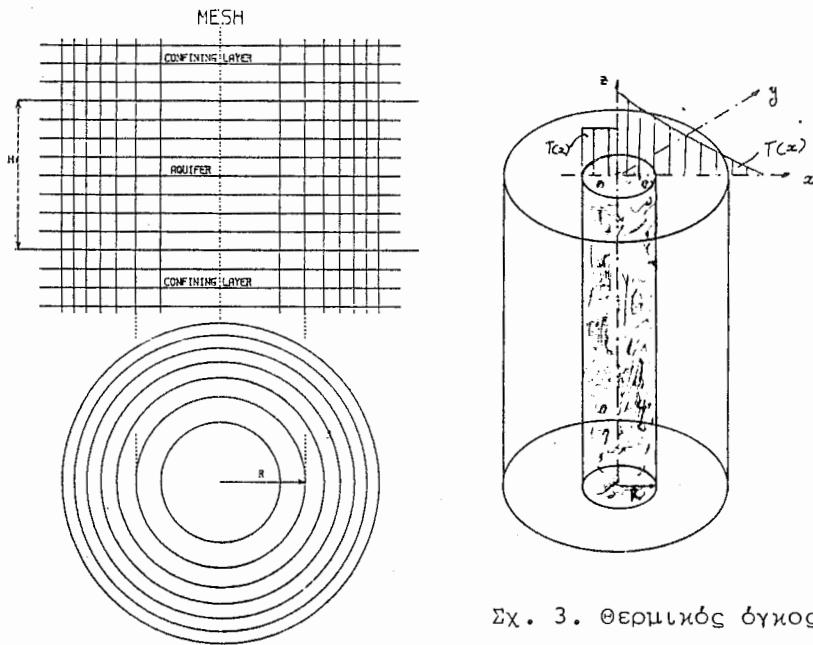
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Doughty C., G. Hellström, C.F. Tsang and J. Claesson (1982) A Dimensionless Parameter Approach to the Thermal Behavior of an Aquifer Thermal Energy Storage System, Water Resour. Res., 18(3), pp. 571-587.
2. Sauty J.P., A.C. Gringarten, A. Menjoz and P.A. Landel (1982) Sensible Energy Storage in Aquifers 1. Theoretical Study, Water Resour. Res., 18(2), pp. 245-252.
3. Αποστολίδης Γ., Α. Μπαγτζόγλου (1984) Μελέτη της Συμπεριφοράς ενός Υδροφορέα Θεωρούμενου σαν Σύστημα Αποθήκευσης Θερμικής Ενέργειας, με την Χρήση Αριθμητικού Μοντέλου, Διπλωματική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
4. Sauty J.P. (1981) Du Comportement Thermique des Réservoirs Aquifères Exploités pour la Stockage d'Eau Chaude ou la Géothermie Basse Enthalpie Thèse Doct. d'Etat, Grenoble, Doc BRGM 33.
5. Ganoulis J., K. Katsifarakis and P. Latinopoulos (1983) Numerical Modeling of Helio-geothermal Energy Utilisation for House Heating Proc. Sec. Int. PLEA Conf., pp. 693-698, Pergamon Press, Greece.

ΑΠΘ-15

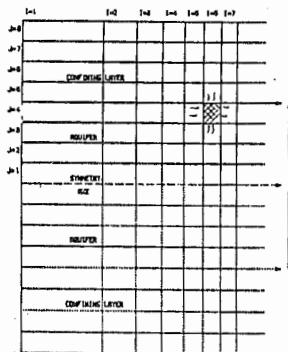


Σχ. 1. Υδροφορέας και αδιαπέραστα στρώματα

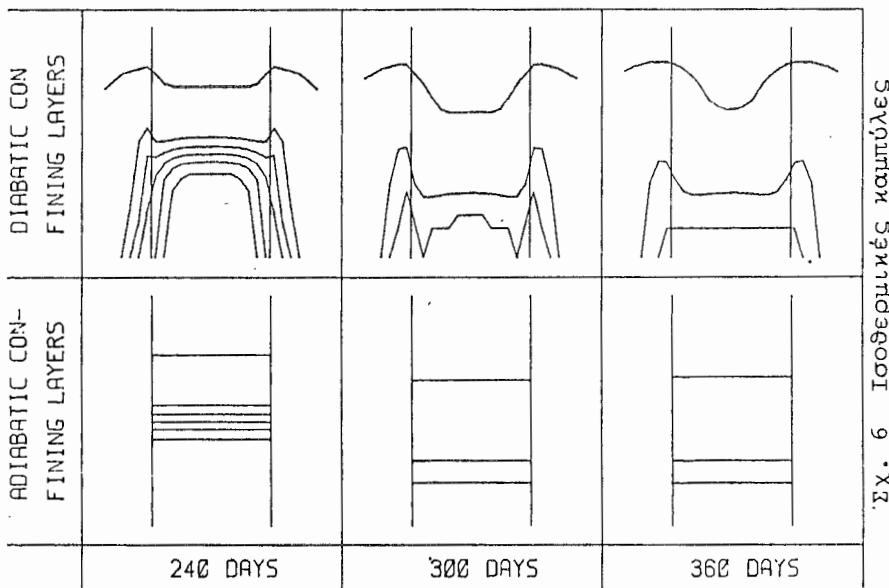


Σχ. 3. Θερμικός δύκος

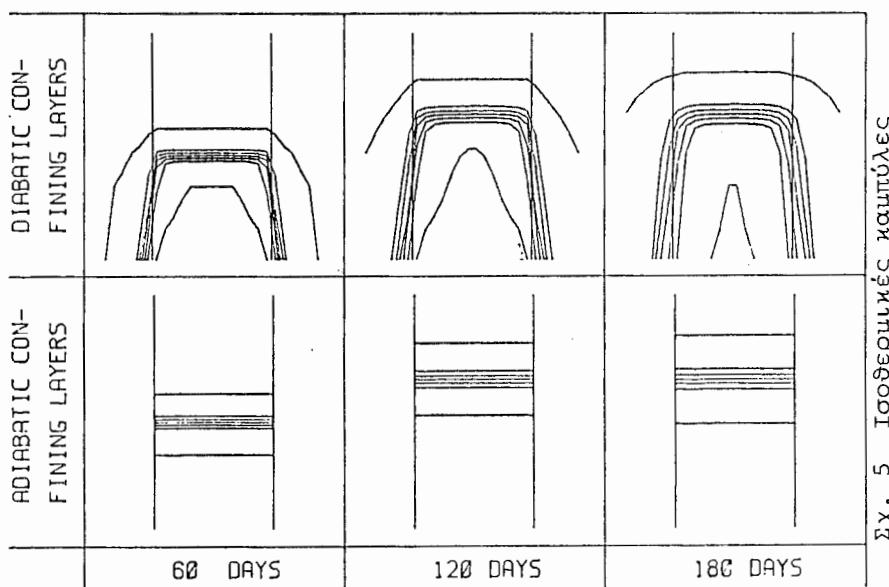
Σχ. 2. Τομή και κάτοψη κανάβου



Σχήμα 4.



Σχ. 6 Ισοθερμικές καμπύλες



Σχ. 5 Ισοθερμικές καμπύλες

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ
ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Ν.Λεονταρίδης, Ζ.Μαρούλης, Γ.Ραουζαίος και Δ.Μαρίνος-Κουρής

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Χημικών Μηχανικών
Εργαστήριο Τεχνικής Φυσικών Διεργασιών

Περίληψη

Για την πρόβλεψη της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς ενός συστήματος επίπεδου συλλέκτη αέρα και αποθήκης με πληρωτικά υλικά, χρησιμοποιήθηκαν τα μαθηματικά πρότυπα Hottel - Whillier-Bliss (συλλέκτης) και Mumma-Marvin (αποθήκη).

Προκειμένου να προσδιορισθεί η αξιοπιστία των προβλεπομένων τιμών από αυτά τα μαθηματικά μοντέλα, έγινε σύγκριση με εκείνες που λαμβάνονται από πειραματική εγκατάσταση, αποτελούμενη από ένα επίπεδο συλλέκτη αέρα 3m^2 και μία αποθήκη 196 lit με πληρωτικό υλικό σφαίρες σκυροδέματος διαμέτρου 4 cm . Η εγκατάσταση λειτούργησε για 9 ημέρες σε 3 διαφορετικές παροχές ($245 \text{ m}^3/\text{h}$, $175 \text{ m}^3/\text{h}$, $105 \text{ m}^3/\text{h}$).

Η σύμπτωση μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών τιμών θεωρήθηκε ικανοποιητική (μέση τυπική απόκλιση συλλέκτη $2,9^\circ\text{C}$, μέση τυπική απόκλιση αποθήκης $1,3^\circ\text{C}$).

Διαπιστώθηκε ότι οι παραπάνω αποκλίσεις εμφανίζουν μεγάλο βαθμό ευαισθησίας ως προς τις τιμές των F_R , U_L και U_S .

Λέξεις Κλειδιά

Αποθήκη θερμότητας, ηλιακή ενέργεια, συλλέκτης, προσομοίωση, μαθηματικά πρότυπα.

Εισαγωγή

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση αέρα ή-ρανσης γεωργικών προϊόντων χρησιμοποιώντας επίπεδους συλλέκτες αέρα και αποθήκη θερμότητας με πληρωτικά υλικά, είναι ένα από τα ερευνητικά προγράμματα του Εργαστηρίου Τεχνικής Φυσικών Διεργασιών (ΤΦΔ) τα τελευταία χρόνια (1).

Στα πλαίσια του προγράμματος εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας το εργαστήριο ΤΦΔ έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με την αξιοπιστία των χρησιμοποιουμένων μαθηματικών μοντέλων για προσομοίωση συστημάτων ηλιακής θέρμανσης αέρα.

Στην εισήγηση αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής επαλήθευσης σε εγκατάσταση ημιβιομηχανικής αλιμακας του μαθηματικού μοντέλου Hottel-Whillier-Bliss για τον ηλιακό συλλέκτη και τον μοντέλου Mumma-Marvin για τη θερμική αποθήκη.

Περιγραφή μαθηματικών μοντέλων

Εξετάζεται το απλούστερο και συνήθως χρησιμοποιούμενο μοντέλο μηδενικής θερμοχωρητικότητας των Hottel-Whillier-Bliss για την προσομοίωση της λειτουργίας του συλλέκτη. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό (2,3) η λειτουργία του συλλέκτη καθορίζεται από τα βασικά του χαρακτηριστικά, δηλαδή τον παράδοξο των Mumma-Marvin (4) διαμορφώνουν το ομώνυμο μοντέλο. Σύμφωνα με το μοντέλο των Mumma-Marvin η λειτουργία της αποθήκης καθορίζεται από τα κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά, τις θερμοφυσικές ιδιότητες των πληρωτικών υλικών της αποθήκης, τον ογκομετρικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας αέρα - σωματιδίων (h_v), και το συντελεστή θερμικών απωλειών (U_L) που υπολογίζονται από εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας (2,3,5).

Η δυναμική θερμική συμπειριφορά της θερμικής αποθήκης εκφράζεται με τη βοήθεια των διαφορικών εξισώσεων Schumann, οι οποίες λυδίενες με αριθμητικές μεθόδους σύμφωνα με τις παραδοχές των Mumma-Marvin (4) διαμορφώνουν το ομώνυμο μοντέλο. Σύμφωνα με το μοντέλο των Mumma-Marvin η λειτουργία της αποθήκης καθορίζεται από τα κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά, τις θερμοφυσικές ιδιότητες των πληρωτικών υλικών της αποθήκης, τον ογκομετρικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας αέρα - σωματιδίων (h_v), και το συντελεστή θερμικών απωλειών (U_L) που υπολογίζονται από εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας (2,3,5).

Πειραματική εγκατάσταση

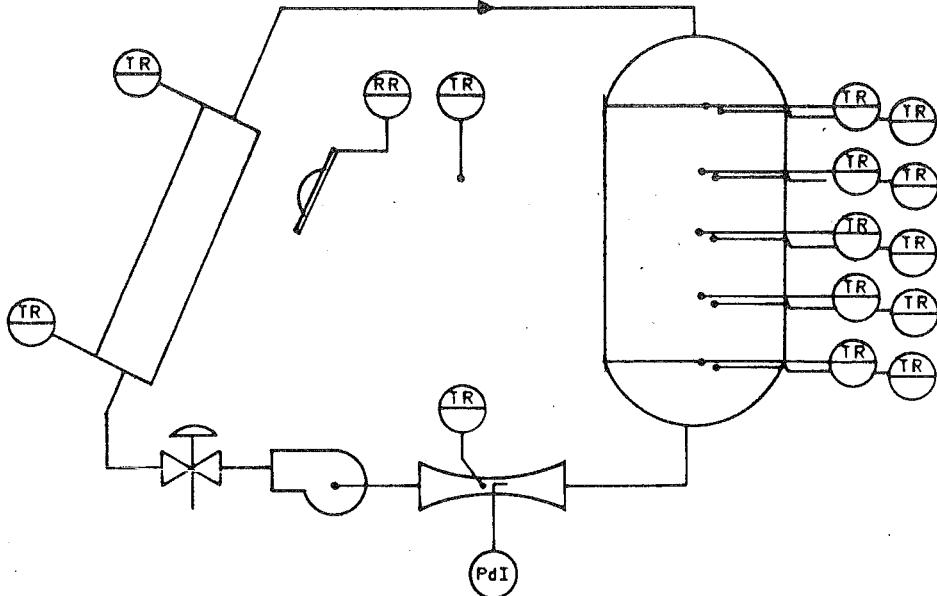
Το σύστημα συλλογής-αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 1983 στο Εργαστήριο ΤΦΔ. Αποτελείται από: επίπεδο συλλέκτη αέρα, αποθήκη αισθητής θερμότητας και ανεμιστήρα ηυλοφορίας του αέρα συνδεδεμένα οπώς φαίνεται στο Σχ. 1.

Ο επίπεδος συλλέκτης αέρα έχει διαστάσεις: μήκος 2 m, πλάτος 1.5 m και πάχος 0.14 m, με απορροφητική επιφάνεια αποτελούμενη από αλουμίνιο (βαμμένο μαύρο) και γυάλινο ηάλυμα. Η θερμική αποθήκη αποτελείται από ένα κυλινδρικό δοχείο διατόμης 0.196 m^2 και ύψους 1 m, που περιέχει 2900 σφαιρίδια διαμέτρου 4 cm απλού σκυροδέματος (τεχνητές πέτρες) συνολικού βάρους 210 kg συγκρατούμενα από μεταλλικό διάτρητο δίσκο. Το δοχείο φέρει εξωτερικά μόνωση με Armafleks πάχους 10 mm. Οι θερμοσιμές ιδιότητες των σφαιρίδιων σκυροδέματος είναι: πυκνότητα 1880 kg/m^3 , ειδική θερμότητα 1200 J/kg K και θερμική αγωγιμότητα $1 \text{ W/m}^2 \text{K}$ (Η συνολική θερμοχωρητικότητα της αποθήκης είναι της τάξεως των 250 MJ/K).

Η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας έγινε με πυρανόμετρο Yellot, της παροχής του αέρα με σωλήνα Pitot και των θερμοκρασιών (σε διάφορα σημεία της εγκατάστασης) με θερμοστοιχεία Copper-Constantan. Όλες οι μετρήσεις καταγράφονται από πολυκάναλο προγραμματιζόμενο αποθηκευτή πληροφοριών (Data logger) της Acurex Corp.

Έγιναν συνολικά τρείς σειρές πειραμάτων από 22-30 Ιουνίου του 1984. Κάθε σειρά περιελάμβανε τρία 24ωρα πειράματα. Χρησιμοποιήθηκαν τρείς παροχές αέρα 245, 175 και 105 (N m^3/h) σε αντιστοιχία με κάθε σειρά πειραμάτων.

- (TR) ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
- (RR) ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
- (PdI) ΔΙΑΘΟΡΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

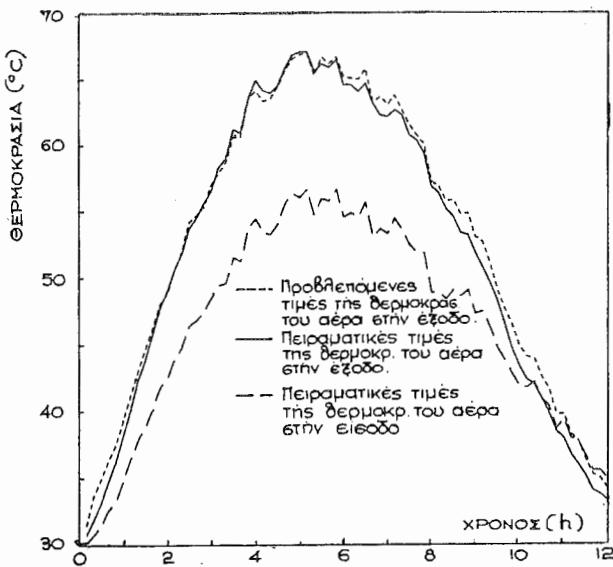


Σχήμα 1. Μεθοδολογικό διάγραμμα ροής και οργάνων.

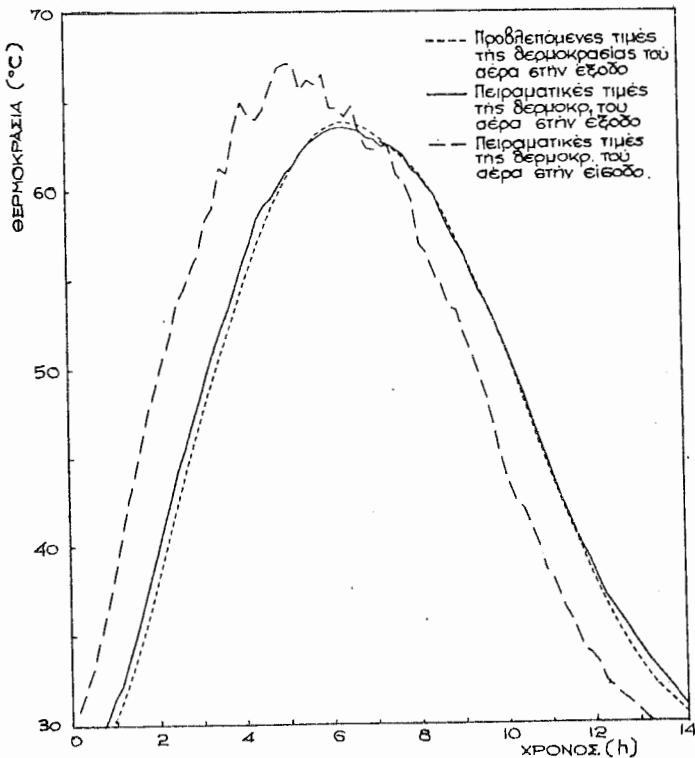
Πειραματική επαλήθευση των μαθηματικών μοντέλων

Εφαρμόζοντας τα μοντέλα Hottel-Whillier-Bliss και Mumma - Marvin υπολογίσθηκε η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του συλλέκτη και της αποθήκης συναρτήσει του χρόνου, με δεδομένα: α) τις πειραματικές τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στην είσοδο του συλλέκτη και της αποθήκης, β) τα χαρακτηριστικά του συλλέκτη και της αποθήκης όπως αυτά μετρήθηκαν ή εκτιμήθηκαν από τη βιβλιογραφία ($F_R = 0.7$, $U_L = 11 \text{ W/m}^2\text{K}$, $(\tau_a)_{\text{e}} = 0.80$, $h_v = 3100 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_S = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Οι προβλεπόμενες τιμές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες πειραματικές ενδεικτικά για την τρίτη πειραματική μέρα στα Σχ. 2 και 3. Οι αποκλίσεις προβλεπομένων-πειραματικών τιμών θεωρούνται ικανοποιητικές. Για τα Σχ. 2 και 3 η μέση τυπική απόκλιση είναι 2.0°C για το συλλέκτη και 0.7°C για την αποθήκη. Οι μέσες τυπικές αποκλίσεις για τον συλλέκτη και την αποθήκη δίνονται στον Πίν. 1, από τον οποίο προκύπτει ότι η μεγαλύτερη παρατηρούμενη απόκλιση για το συλλέκτη είναι 4°C και για την αποθήκη 2°C .



Σχήμα 2: Μεταβολή της θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου στην είσοδο και έξοδο του συλλέκτη (3η Πειραματική ημέρα)



Σχήμα 3: Μεταβολή της θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου στην είσοδο και έξοδο της αποθήκης θερμότητας (3η Πειραματική ημέρα)

Πίν. 1. Μέσες τυπικές αποκλίσεις θερμοκρασίας

Πειραματικές ημέρες	Συλλέκτης οC	Αποθήκη °C	Παροχή αέρα (Nm ³ /h)
1	2,16	0,64	
2	2,18	0,84	245
3	2,01	0,67	
4	2,05	1,05	
5	2,41	0,98	175
6	2,69	0,95	
7	3,98	1,97	
8	4,30	2,11	105
9	4,29	2,26	

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι αποκλίσεις μεταξύ προβλεπομένων-πειραματικών τιμών εξετάζεται η επίδραση της μεταβολής των παραμέτρων U_L , F_R , (τ_a)_ε και h_v , U_S στις προσδιοριζόμενες από το μοντέλο θερμοκρασίες. Δεδομένου ότι μία διακύμανση στις τιμές των παραμέτρων είναι αναμενόμενη λόγω της εκτίμησής τους από βιβλιογραφικά δεδομένα.

Από την ανάλυση της ευαισθησίας προκύπτει σημαντική επίδραση στις προβλέψεις του μοντέλου από τις παραμέτρους U_L , F_R και U_S . Στο Σχ. 4 φαίνεται ενδεικτικά η επίδραση στη θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη από τη μεταβολή της τιμής του U_L στο διάστημα από 6 - 16 W/m² °C. Ταυτόχρονα από το ίδιο σχήμα δεν προκύπτει βελτίωση των αποκλίσεων μεταξύ προβλεπομένων - πειραματικών για τιμή του U_L διαφορετική από 11 W/m² °C (που χρησιμοποιήθηκε στους αρχικούς υπολογισμούς). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και από την εξέταση των παραμέτρων F_R και U_S .

Στον Πιν. 2 αναγράφονται τα ποσά ενέργειας που μετρήθηκαν και εκτιμήθηκαν από το μοντέλο. Οι παρατηρούμενες αποκλίσεις είναι σημαντικές, συγκεκριμένα 25% (max) για το συλλέκτη και 15% (max) για την αποθήκη.

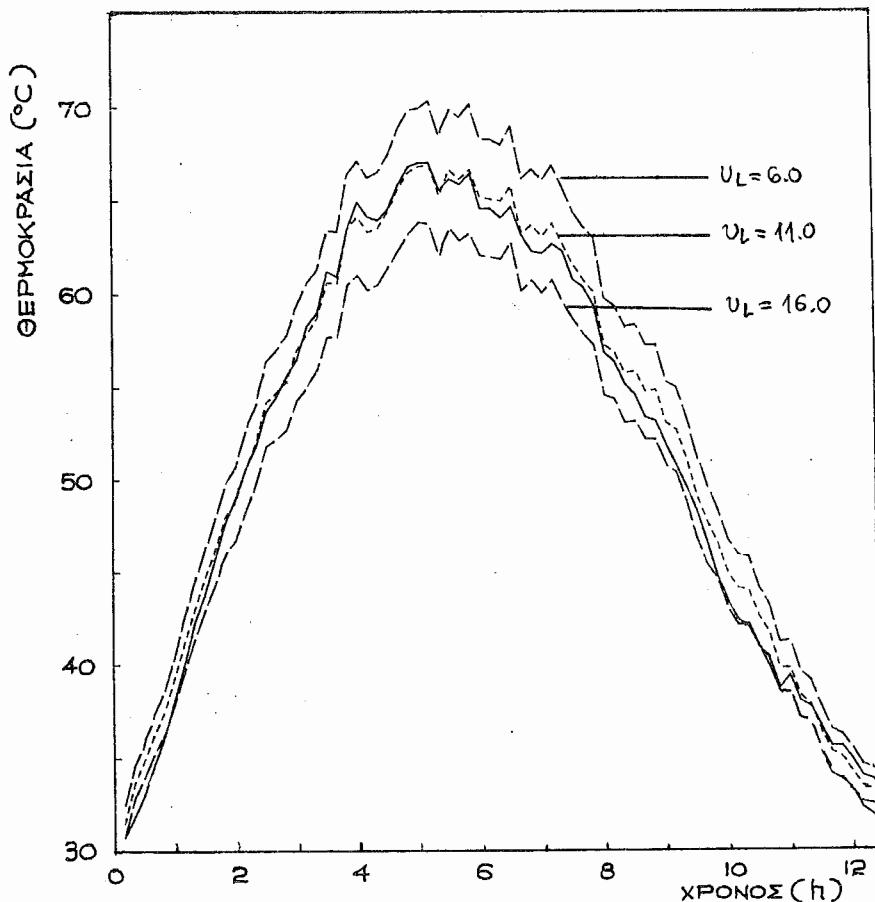
Συμπεράσματα

Το μέσο τυπικό σφάλμα εκτίμησης της θερμοκρασίας του αέρα στην έξοδο του συλλέκτη χρησιμοποιώντας το μοντέλο Hottel - Whillier - Bliss είναι 2,9 °C, που συνεπάγεται μέχρι 25% σφάλμα στην εκτίμηση της ωφέλιμης ενέργειας.

Το μέσο τυπικό σφάλμα εκτίμησης της θερμοκρασίας του αέρα στην έξοδο της αποθήκης χρησιμοποιώντας το μοντέλο Mumma - Marvin είναι 1,3 °C, που συνεπάγεται μέχρι 15% στην εκτίμηση της ενέργειας που αποθηκεύεται ή αποδίδεται από την αποθήκη.

Βιβλιογραφία

1. G.D. Saravacos, 1983. "Solar drying of agricultural products". Final report to EEC Project H. No ESH-023-HE, Brussels.
2. J.A. Duffie, W.A. Beckman, 1980. "Solar engineering of thermal processes". Wiley-Interscience.
3. J.F. Kreider, F. Kreight, 1978. "Principles of solar engineering". Hemisphere Publ. Co., Washington.
4. S.A. Mumma, W.C. Marvin, 1976. "A method of simulating the performance of a pebble bed thermal energy storage and recovery system". ASME paper 76-HT-73, presented at ASME-AIChE Heat Transfer Conf. St.Louis, Aug.
5. G.O. Löf, R.W. Hawley, 1948. "Unsteady state heat transfer between air and loose solids". Ind. and Eng. Chem., 40.



Σχήμα 4: Επέδραση της τιμής του U_L στη θερμοκρασία εξόδου του συλλέκτη (3η Πειραματική ημέρα)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ-ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ (ΓΙΑ 16 ΔΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ	ΕΩΛ. ΣΥΛΛΕΚΤΗ (Μ.Ι.)	Q _c (Μ.Ι.)	Q _{c'} (Μ.Ι.)	ΑΠΟΚΛΙΣΗ %	Q _d (Μ.Ι.)	Q _{d'} (Μ.Ι.)	ΑΠΟΚΛΙΣΗ %	Q _s (Μ.Ι.)	Q _{s'} (Μ.Ι.)	ΑΠΟΚΛΙΣΗ %.
1	62.38	13.14	10.51	+25	7.63	7.82	-2	11.03	9.89	+12
2	72.83	19.70	15.89	+24	8.09	7.80	+4	11.86	10.69	+11
3	71.94	19.16	15.58	+23	8.53	9.20	+7	12.43	11.01	+13
4	75.74	22.68	19.72	+15	8.49	8.57	-1	12.44	11.12	+12
5	74.22	23.21	18.67	+23	8.26	8.32	-1	11.69	10.33	+13
6	79.10	28.22	24.54	+15	7.88	7.56	+4	11.29	9.81	+15
7	76.98	28.05	23.97	+17	8.27	9.40	-12	12.02	12.39	-3
8	73.53	22.01	18.34	+20	9.12	10.96	-17	14.33	14.66	-2
9	72.96	21.63	17.88	+21	9.73	11.45	-15	14.57	15.39	-5

ΕΩΛ. ΣΥΛΛΕΚΤΗ = ΣΥΝΔΟΛΙΚΗ ΠΡΟΤΙΠΤΟΥΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Q_c Q_{c'} = ΔΦΕΛΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗQ_s Q_{s'} = ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΟΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗQ_d Q_{d'} = ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΆΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ :

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ
132 W , ΜΕ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΥΣ :

Π. Χ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ M/H E.M.P, B.S.C; (ENG) LON (HONS).
A.M.I.E.E , M.B.N.E.S, T.E.E. *

ΠΕΡΙΛΗΨΗ :

Με στόχο την ανάπτυξη δυνατοτήτας κατασκευών φωτοβολταϊκών σταθμών αυτόματης παρακολούθησης της κίνησης του Ηλίου, μικρής ισχύος, (πρός το παρόν) για τοποθέτηση αυτων σε απομακρυσμένες περιοχές και με περιορισμένη εποπτεία, βάσει ανεπτυγμένης ερευνητικής εργασίας μου στους απαιτούμενους αυτοματισμούς, σχεδιάζεται πρότυπο, σε συνδιασμό με πρόταση (Διεθνής Ειθεσι Θεσσαλονίκης 1984) επιχορηγησής μου από EOMMEX. Το πρότυπο έχει ονομαστική ισχύ 132 W.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ :

Εντοπισμός , παρακολούθηση κίνησης Ηλίου, προσδιορισμός (φωτοβολταϊκών) πλαισίων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ :

Στηριζόμενος στις μετρησεις μου , Ηλιακής Αιτινοβολίας και μετατροπής αυτης σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών, με την βοήθεια παρομοίου συστηματός μου μικρού μεγέθους (TRACKING) , είναι εμφανές ότι το κέρδος σε ενέργεια και ισχύ των φωτοβαλταϊκών είναι σημαντικό, σε σύγκριση με στατά συστήματα , έχοντας δε ελαχιστοποιήσει το κόστος, θα επιτραπεί προφανώς και σε μικρού μεγέθους φωτοβολταϊκές μονάδες να αυτοματοποιηθούν στο μέλλον, με έλεγχο προσανατολισμού.

Γενικώτερα , μετα την κατασκευή της όλουληρωμένης πρότυπης μονάδος, θα δοθεί ίσως η ευκαιρία να συνταχθούν συγκριτικές ιαμπύλες, επι ολοιλήρου χρόνου για να βγούν πρόσσιμη συμπερασματική αποδεικτικά για την βιοσιμότητα τέτοιων συστημάτων, της συμπεριφοράς των καταλλήλου χρόνου για πλήρη παραγωγή αυτών.

Τέλος , τονίζεται, πάλι, ότι το κέρδος από την εμπειρία αυτη θα είναι πολύ σημαντικό και για την συμβολή στην ανάπτυξη παρομόίων συστημάτων στην Ελλάδα.

* Τμηματάρχης Δοκιμαστηρίων παρελκομένων κινητήρων EAB

1. ΕΡΕΥΝΑ

Με αρχινό σκοπό την ειμετάλλευση, ιατά το μέγιστο δυνατό, της Ηλιαικής Αιτινοβολίας και συγχρόνως την εις το ελάχιστο χρήση ηλεκτρονικών (ουσιαστικά ιατάργηση χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή), επενοήθη σύστημα αυτοματισμού το οποίο δίνει εντοπίζουν τον Ήλιο, μέσα σε όρια 270° αζιμουθιανά και όρια εντοπισμού ύψους ηλίου 90° (επίσης σύμφωνα με την θεωρία δίνεται ή δυνατότητα εφαρμογής συστημάτος με αζιμουθιανή ίκινηση 180° και ιάθετη ίκινηση 180° για ιάλυψη όλου του ουράνιου θόλου).

Το σύστημα ελειτούργησε εργαστηριανά όπως αιριθώς αρχινά σχεδιαστηκε (η πρώτη αυτη ιατασκευή των λογικών ιυκλωμάτων έγινε με ηλεκτρονόμους), αλλά χρειάσθηκε ειδική ιατασκευή ενισχυτή επειδή δεν ανταπεκρίνετο σωστά στις πραγματικές δοκιμές στον ελεύθερο αέρα λόγω παρεμβολών από το διάχυτό φως της ατμόσφαιρας. Δηλαδή χρειάζετο "φιλτράρισμα" του φωτός.

Για αυτο το λόγο επενοήθη ένας ειδικός ενισχυτής τρανζίστορ (φωτοδιακόπτης φωτός φωτός), και η εφαρμογή του έγινε σε ένα σύστημα μικρού μεγέθους πρωτύπου όπου το λογικό του σχεδιασθηκε αυτη τη φορά με ολοκληρωμένα ιυκλώματα αντί ηλεκτρονόμων (ίκινηση σε ένα άξονα).

Με βάση τα πιο πάνω ξαναετοιμάσθηκε το πρώτο πρώτυπο πάλι με ιατνούργιο λογικό ιύκλωμα με ηλεκτρονόμους (ιένηση σε δύο άξονες).

Κατά την διάρκεια των πολύωρων μετρησεων παρετηρήθησαν θερμάνσεις ορίσμενων τραντσίστορ και απεφασίσθη να ξανασχεδιασθεί ο ενισχυτής με την εισαγωγή του τελεστικού ενισχυτή 741. (Διαφορικός φωτοδιακοπτής ή αιριθέστερα Διανυσματικός Διαφορικός ενισχυτής φωτός).

Η εφαρμογή του νέου αυτου ενισχυτη έγινε τον Σεπτέμβριο 1983 και χρησιμοποιεύται έντοτε στην συνεχιζόμενη ερευνητική εργασία.

‡.Α. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ :

Η βασική ιδέα στηρίζεται στην επεξεργασία σημάτων που συνδυάζουν την θέση του ηλίου και την διεύθυνση προσανατολισμού του συλλέκτη.

Σετ σταθερών γωνιών (90°) Α,Β,Γ,Δ, (4 Διαφορικοί φωτοενισχυτές) ορίζουν, την θέση του Ήλιου αζιμουθιανά μέσα σε στερεες γωνίες τετάρτου ημισφαιρίου. Αντίστοιχο, σετ 4 γωνιών Α', Β', Γ', Δ', ελεύθερο.να ιινηθή παράλληλα και σύγχρονα με τον άξονα οριζόντιας (αζιμουθιανής) ιένησης όρι-

Ζει τον ανά κάθε στιγμή προσανατολισμό του συλλέκτη ώς πρός τον Ήλιο. Οι διάφοροι συνδυασμοί των σημάτων, των δύο σετ σημειώσεων που έχουν να διορθώνουν το σφάλμα απόκλισης μεταξύ προσανατολισμού του συλλέκτη και του Ήλιου εντός των 270 και με την προϋπόθεση ότι ενώ η κίνηση παρακολούθησης του ηλίου είναι δεξιόστροφη, η πρωινή κίνηση του συστήματος για τον εντοπισμό είναι αριστερόστροφη.

Ισος φωτισμός στις γωνίες Γ' και Β' σταματά την οριζόντια κίνηση. (Παρόμοια λειτουργεί και η κάθετη κίνηση των 90°, αφού σταματήση η οριζόντια, αλλά είναι απλούστερη).

Η αρχή του Διαφορικού ενισχυτη στηρίζεται στην ιδέα ότι μέσα σε τέσσερις γωνίες A₁, A₂, A₃, A₄, τοποθετούνται φωτοαγώγια. Το ένα από αυτά διεγείρεται ρελέ του ενισχυτη όταν πέσει φως ενώ αντίθετα αποδιεγείρεται ο ρελές όταν το φώς πέσει σε οποιοδήποτε από τα άλλα τρία.

1.B. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ :

Από τις καμπύλες που σχεδιάστηκαν βάσει των μετρήσεων, η ενέργεια που συγκεντρώνεται μία ημέρα με 13,5 ώρες ηλιοφάνεια (19.8.83) είναι περίπου διπλάσια για τον ηλιοστάτη συγκριτικά με τον στατό συλλέκτη.

Από την καμπύλη της εικ. 6 προκύπτει ότι για τον στατό συλλέκτη η μέση τάση είναι $(6.4 + 4.7) / 2 = 5.55$ βόλτη ή μέση ένταση είναι $(18 + 1) / 2 = 9.5$ MA για χρόνο (17:00-13:00) X 2 = 8 ώρες.

Το γινόμενο των ανωτέρω είναι ενέργεια 150 με 421 MWH. Για τον συλλέκτη "TRACKER" αντίστοιχα η μέση τάση είναι $(6.6 + 5.25) / 2 = 5.925$ βόλτη, μέση ένταση = $(20+3)/2 = 11.5$ MA για χρόνο (19:00 - 13:00) X 2 = 12 ώρες με γινόμενο ίσο με 818 MWH.

Από την εικόνα 5 εξάγεται ότι για την 20/7/83 οι λόγοι ισχύων των δύο συγκρινομένων συλλεκτών έχουν ώς εξής

1.14 (μεσημέρι)

2.2 10 π.μ.

3.9 9 π.μ.

8.4 8.30 π.μ.

και αντίστοιχα τις απογευματινές ώρες.

Επίσης, τάση πάνω από 5.5 βόλτη ο στατός συλλέκτης αποδίδει για 4 ώρες ενώ ο "TRACKER" για 9 ώρες.

Για δε 6 βόλτ ο στατός τα αποδίδει για 1 ώρα περίπου ενω ο " TRACKER " για περίπου 6 ώρες.

Τα πέριο πάνω είναι χρήσιμα στο ότι το προσθετό ιόστος των παρελκομένων εξοπλισμών εξαρτάται από την μέγιστη εικετάλλευση μη ισχύ του εικετού συστηματος, που στην περίπτωση στατού συλλέκτη η εικετάλλευση γίνεται μόνο δύο μεσημέρια πο χρόνο με τις ιαλλίτερες συνθήκες.

2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ

Η κατασκευή προτύπου ηλιοτροπικού συστήματος πέρα από την κατανόηση των συστημάτων ελέγχου (όπως αναπτύχθηκαν από τον Π.Χ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΗ στις ευρεσιτεχνίες του 69349, 71013, 71494, 71495, 72575 και 73966) απαιτεί και την Μηχανική της Δυναμικής του συστήματος (ΑΡ. 850781).

Εδώ βάσει τις ονομαστικής ισχύος των φωτοβολταικών πλαισίων, των διαστάσεων των και του βάρους των, υπολογίζονται οι διαστάσεις του φορέα των για συνθήκες περιβάλλοντος, ιδιαίτερα για άνεμο και πάγο.

Ητοι ότι υπολογίζονται οι ροπές αδρανείας μαζών, οι ροπές αδρανείας των στοιχείων, οι ροπές ιάμψης και συστροφής των αξόνων και σύμφωνα με τα δεδομένα η ισχύς επόδου των κινητήρων για σχετικά αργή ιένηση, υπό τις δυσμενείς του ανέμου συνθήκες.

(Για όλες τις γωνίες προσβολής υπολογίζονται : η οπισθελκούσα δύναμη, ή άντωση, το κέντρο πίεσης, το αεροδυναμικό κέντρο και η διαμήκης ροπή ή ροπή σημαπάνευσθα βάσματος).

Η κατασκευή προβλέπει λειτουργία συστηματος και με ταχύτητες ανέμου τάξεως 45 χιλ./ώρα καθώς και αντοχή των υλικών για ανέμους 90 χιλ./ώρα, παγο 15 εικατ., επάνω στα πλαίσια, με συντελεστή ασφαλείας 3 : (μελλοντικά προβλέπεται συστήμα πιεζοδιακοπών, οριζοντιώσης " FEATHERING " τερματικού διακόπτες ασφαλείας και σύστημα ελέγχου εσφαλμένου σήματος).

Τα φωτοβολταικά πλαίσια που προβλέπονται είναι 4 τεμάχια των 33 WATT, διαστάσεων 133 X 30.2 X 3.6 εικατ. επιφανείας 0.4 τεμ. (ήτοι 1.6 τ.μ. συνολικά) και βάρους 6 ιιλά το ένα.

Υπελογίσθη ότι για αργή ιένηση του συστήματος (I.R.P.M.) 20 βάτισχος, μοτέρ D.C. με υποβιβαστή καλύπτει τις απαιτήσεις.

Ο φέρων τα φωτοβολταικά πλαίσια άξονας υπελογίσθη να έχη διάμετρο διατομής 5.5 εικατ. (συμπαγής-ατσάλι) ή διατροπος με 6.8 εικατ. εξωτερική διάμετρος και 5.3 εικατ. εσωτερική διάμετρο.

Τέλος από την ανάπτυξη αυτης της μονάδας και την καλή λειτουργία της θα εξαρτηθή η βιομηχανοποίηση μεγαλυτέρων παρομίων βολταϊκών σταθμών με αυτοματη παρακολούθηση της ιένησης του Ήλιου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Π.Χ ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ ΟΚΤ. 1982 , ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΛΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ " ΕΞΟΙΚΟΝΩΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ",

ΣΕΛΙΔΕΣ : 114 - 117

2) Π.Χ ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ , 20-22 ΟΚΤ. 1982 ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΩΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ " ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ " ΠΕΡΙΔΗΨΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕΛΙΣ 143.

ΕΥΡΕΣΙΤΕΧΝΙΕΣ Π.Χ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΗ

1) AP. 69349 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΡΙΒΟΥΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΗΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΘΗΝΑ 1982.

2) AP. 71013 : ΦΩΤΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΩΤΟΣ ΦΩΤΟΣ ΑΘΗΝΑ 1983.

3) AP. 71494 : ΗΛΙΟΣΤΑΤΗΣ ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΟΥ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΗΣ ΔΕΣΜΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΘΗΝΑ 1983.

4) AP. 71495 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΕΩΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΖΟΜΕΝΗΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΠΗΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΘΗΝΑ 1983.

5) AP. 72575 : ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΦΩΤΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΑΘΗΝΑ 1983.

6) AP. 73966 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΤΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ (ΠΗΓΗΣ) ΕΠΙ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΙΟΥ ΘΟΛΟΥ ΑΘΗΝΑ 1984.

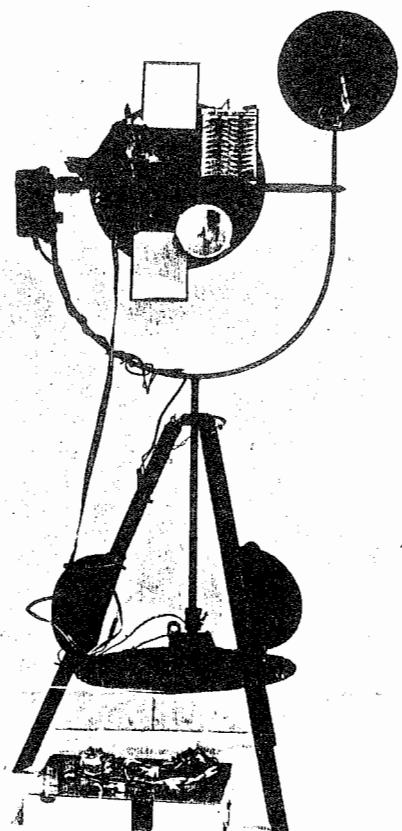
7) AP. 850781 : ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ-ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ - ΕΚΘΕΣΕΙΣ

1) ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΚΘΕΣΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ 1984
(ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΚΕΝΟΤΟΜΙΩΝ ΕΟΜΜΕΧ)

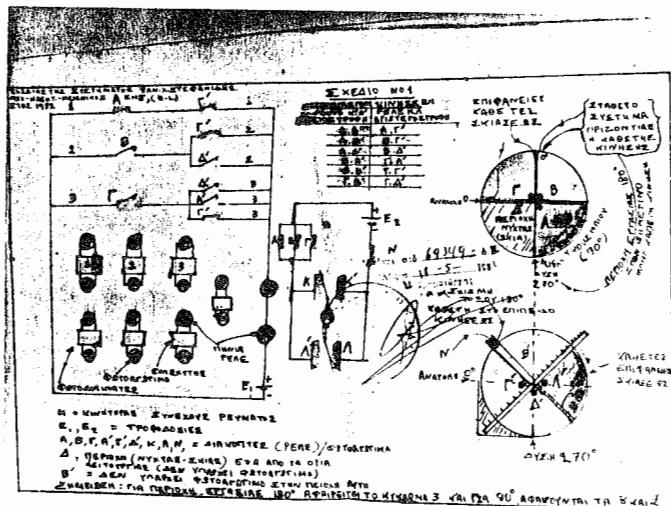
2) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ERT 1
16 ΣΕΠ. 1984 (ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΕΚΘΕΣΗΣ)

3) ΕΚΘΕΣΗ ΕΚΣΕΝΗ / ΕΦΕΤΗΠΕΝ
(Β' ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΧΙΛΤΟΝ) ΑΘΗΝΑ 1984)



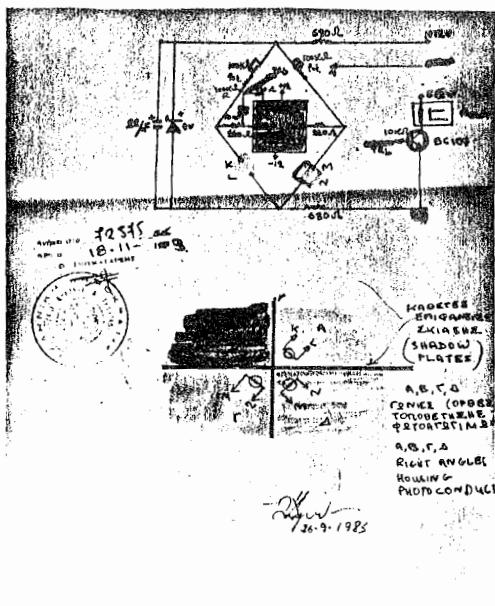
EIK. 1

Πρότυπο αυτοματισμού



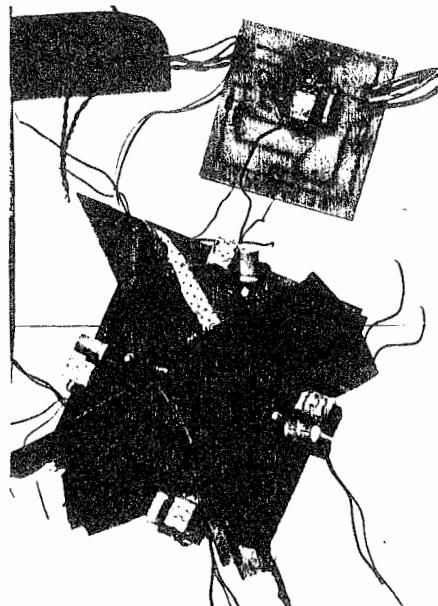
EIK. 2.

ΕΙΚ. 2.

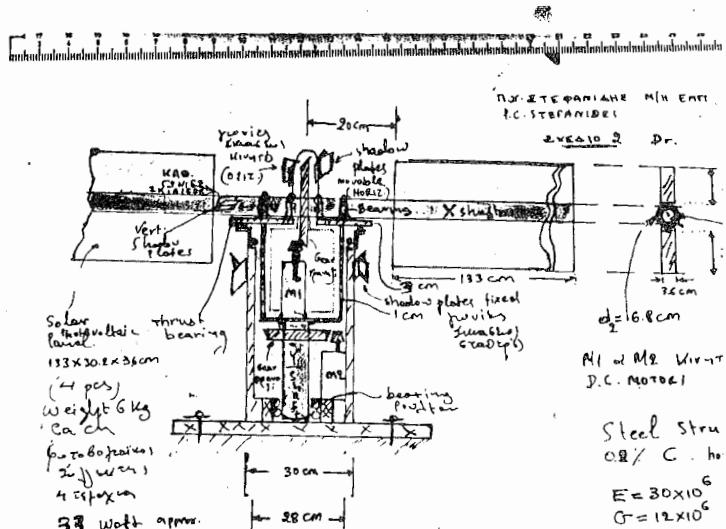


EIK. 3

Θεωρητικό κύκλωμα και εφαρμογή Διαφορικού φωτοενισχυτή.

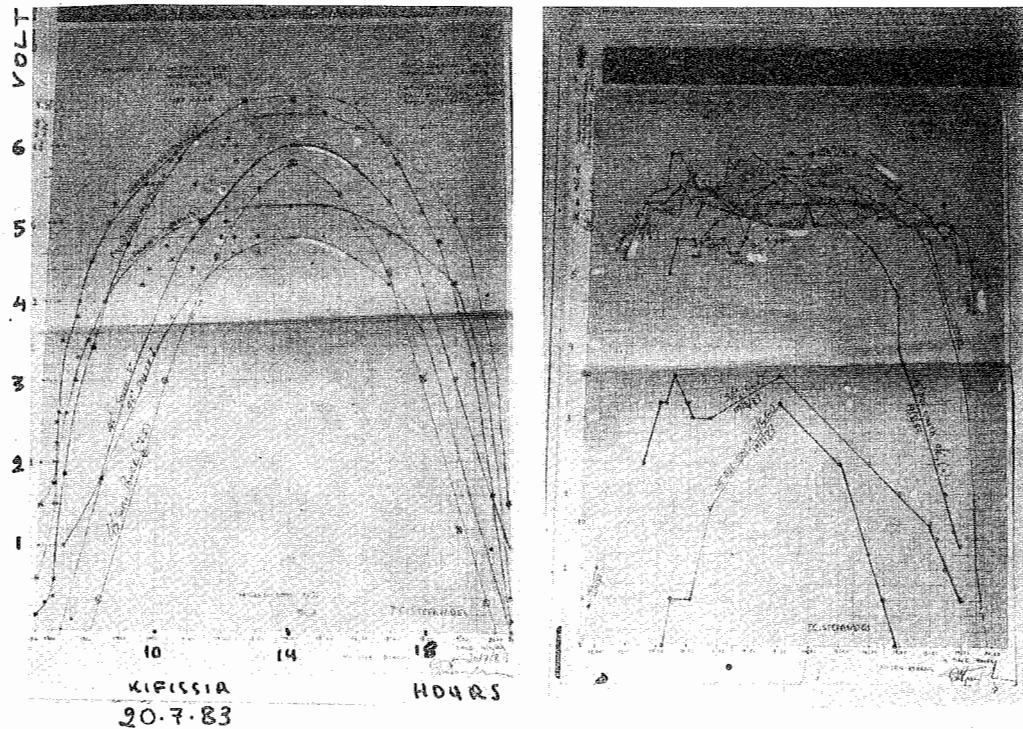


EIK. 3A



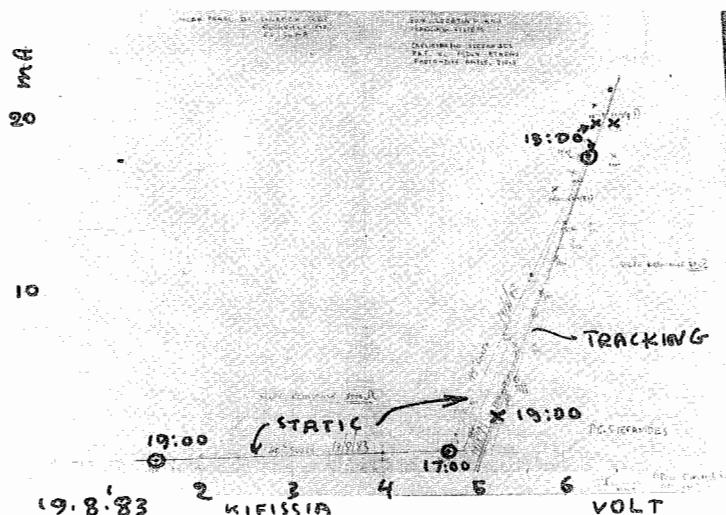
EIK. 4

Προτεινόμενη κατασκευή φωτοβολταϊκού σταθμού "TRACKING" 132 W.



ΕΙΚ. 5-5A

Συγκριτικές καμπύλες Ισχύος / Βόλτ / Αμπέρ / Χρόνος φωτοβολταϊκού συλλέκτη " στατού " ή αν " TRACKING "



ΕΙΚ. 6

Καμπύλες Σύγκρισης Μεταβολής Βόλτ/Αμπέρ με του Χρόνο φωτοβολταϊκού συλλέκτη " στατού " ή αν " TRACKING ".

ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΥΤΗΣ: ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Φ.Γ. Τσαλίδης και Α. Θαναηλάκης

Εργαστήριο Τεχνολογίας Ηλεκτροτεχνικών και Ηλεκτρονικών
Υλικών, Πολυτεχνική Σχολή Δ.Π. Θράκης, Ξάνθη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια τεχνική βέλτιστου σχεδιασμού αυτόνομων φ/β συστημάτων, με ωριαία προσομοίωση της λειτουργίας τους, που βασίζεται στην αξιοπιστία του συστήματος και στις παραμέτρους αυτής. Υπολογίζεται μαθηματικά ως συνάρτηση της γωνίας κλίσης και του προσανατολισμού των πανώ το ελάχιστο, και επομένως οικονομικώτερο, φ/β σύστημα με επιθυμητή αξιοπιστία. Επιπλέον, μελετάται η επίδραση της γωνίας κλίσης και της αξιοπιστίας του συστήματος στο ετήσιο ποσό της ενέργειας που παράγεται και δεν χρησιμοποιείται. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε στο σχεδιασμό ενός αυτόνομου φ/β συστήματος.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Αυτόνομο, Φωτοβολταϊκό, Σύστημα, Σχεδιασμός, Αξιοπιστία, ΙΟΙΡ, Κλίση, Προσανατολισμός, Φόρτιση, Μπατταρία, Κόστος, Μη χρησιμοποιούμενη, Ενέργεια, Ηλιακή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Στις περισσότερες δημοσιευμένες μεθόδους ανάλυσης των φ/β συστημάτων [1-4], δεν υπάρχει σχέση που να συνδέει απευθείας το εμβαό των πανώ με τη χωρητικότητα των μπατταριών του συστήματος. Η χωρητικότητα των μπατταριών, σε δλες αυτές τις περιπτώσεις, υπολογίζεται ως άθροισμα των διαφορών μεταξύ παραγωγής και ζήτησης για δλο το έτος και της ζήτησης για ένα συγκεκριμένο αριθμό ημερών "μηδενικής ηλιοφάνειας". Ο αριθμός αυτός των ημερών "μηδενικής ηλιοφάνειας" καθορίζεται από τον σχεδιαστή του συστήματος με σκοπό το σύστημα να είναι απόλυτα αξιόπιστο. Το πλεονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι η απλότητα του σχεδιασμού, ενώ το κυριώτερο μειονέκτημά της είναι ότι το σύστημα που σχεδιάστηκε δεν είναι και το οικονομικότερο.

Η συμβολή της παρούσας εργασίας αναφέρεται στα παρακάτω: α) καθορίζεται η ακριβής μαθηματική λύση (όχι η γραφική), που βασίζεται στην ωριαία προσομοίωση, για το ελάχιστο (και επομένως το οικονομικώτερο) φ/β σύστημα με επιθυμητή αξιοπιστία και β) μελετάται η επίδραση της γωνίας κλίσης και του προσανατολισμού των πανώ στο ελάχιστο φ/β σύστημα καθώς και στο ετήσιο ποσό ενέργειας που παράγεται και δεν χρησιμοποιείται, εξασφαλίζοντας συγχρόνως την επιθυμητή αξιοπιστία του συστήματος. Η αξιοπιστία του συστήματος μελετάται με το δείκτη ΙΟΙΡ (πιθανότητα να μην ικανοποιείται το φορτίο από το σύστημα κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης ώρας). Στον ορισμό αυτό του δείκτη ΙΟΙΡ θεωρείται ότι το φορτίο δεν ικανοποιείται όταν η ολική διαθέσιμη ενέργεια του συστήματος, δηλαδή από τα φ/β πανώ και τη μπατταρία, είναι μικρότερη από τη ζήτηση εκείνης της ώρας. Επίσης εχει ληφθεί υπόψη, ως συμπληρωματικό μέτρο της αξιοπιστίας του συστήματος, το αναμενόμενο ετήσιο ποσό της ενέργειας σε κάθη που παράγεται και δεν χρησιμοποιείται.

2. Η πορεία της προσομοίωσης

2.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Το πρώτο βήμα της πορείας για την προσομοίωση της λειπουργίας του φ/β συστήματος είναι να υπολογιστεί η ωριαία ολική ακτινοβολία που προσπίπτει στην κεκλιμένη επιφάνεια των φ/β πανώ. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα στοχαστικό μοντέλο προσομοίωσης της ωριαίας ηλιακής ακτινοβολίας [5]. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην κεκλιμένη επιφάνεια των πανώ (για διαφορετικές γωνίες και προσανατολισμούς των πανώ) υπολογίζεται με τη γνωστή σχέση των Garnier και Ohniura:

$$H_T = H_B \cdot DBF + H_D \cos^2(S/2) + aH_S \sin^2(S/2) \quad (1)$$

όπου H_T είναι η ολική ωριαία ακτινοβολία που προσπίπτει στα πανώ, H_B είναι η άμεση συνιστώσα της ακτινοβολίας, H_D είναι η διάχυτη συνιστώσα της ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, H είναι η ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, a είναι ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους, S η γωνία κλίσης των πανώ και DBF είναι το κλάσμα άμεσης ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κεκλιμένη επιφάνεια και δίνεται από τον Kondratyev.

2.2. Ημερήσια ζήτηση

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν για δλη τη διάρκεια του έτους οι τρείς καμπύλες φορτίου που φαίνονται στο σχ. 1.

2.3. Ωριαία έξοδος των φ/β πανώ.

Η ωριαία έξοδος των πανώ προσομοιώθηκε χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση [6] :

$$E_T = A H_T n_{RO} (1 - \beta_R \tau_a \frac{H_T}{U_{LO}}) \quad (2)$$

όπου

A είναι το εμβαδό των πανώ (το ελάχιστο εμβαδό των πανώ που είναι ικανό να ικανοποιήσει την ετήσια ζήτηση ορίζεται [7] ως A_m).

τ_a , β_R , U_{LO} είναι τυπικές παραμέτροι των φ/β πανώ, και

Τα είναι η ωριαία θερμοκρασία του περιβάλλοντος θεωρώντας [8] διτί ο συντελεστής ρ μεταξύ της ωριαίας ηλιακής ακτινοβολίας H_T και της ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος είναι ίσος με ένα, δηλαδή

$$\rho(H_T, T_a) = 1 \quad (3)$$

τότε, για μια ορισμένη τιμή της ακτινοβολίας H_T , υπολογίζεται και η θερμοκρασία T_a .

2.4. Ορισμός του δείκτη LOLP και της ενέργειας που δεν χρησιμοποιείται

Στην παρούσα εργασία, η κατάσταση φόρτισης των μπατταριών, $B(t)$, χρησιμοποιήθηκε σαν τη μεταβλητή του συστήματος για τον ορισμό του ενεργειακού ισοζύγιου. Η κατάσταση φόρτισης των μπατταριών $B(t)$ κατασκευάζεται μεταξύ δύο οριακών τιμών, της μέγιστης τιμής B_M και της ελάχιστης B_m . Όταν η κατάσταση φόρτισης της μπατταρίας τείνει να υπερβεί το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο B_M , το φαινόμενο είναι γνωστό σαν υπερφόρτιση, το σύντημα ελέγχου σταματά τη διεργασία της φόρτισης. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν η ζήτηση είναι μικρή ή όταν η ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγάλη. Αντίθετα, όταν

η κατάσταση φόρτισης τείνει να υπερβεί το κατώτερο επιτρεπόμενο δριο εκφόρτησης B_M , το φαινόμενο είναι γνωστό σαν υπερεκφόρτιση, το σύστημα ελέγχου αποσυνδέει το φορτίο από το φ/β σύστημα. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν η ζήτηση είναι μεγάλη ή όταν η ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρή.

Στην παρούσα εργασία ο δείκτης αξιοπιστίας LOLP ορίζεται ως εξής:

$$\text{LOLP} = \text{Πιθανότητα} \left\{ \text{Ολική διαθέσιμη ενέργεια} < L \right\} \quad (4)$$

για μια ορισμένη χρονική στιγμή t , και

$$\text{Ολική διαθέσιμη ενέργεια} = E + BPA = \eta_C E_T + BPA$$

όπου

E είναι η ολική ενέργεια που παράγεται από τα εγκατεστημένα φ/β πανώ, τη χρονική στιγμή t , (η_C είναι ο συντελεστής απόδοσης του ενδιάμεσου υποσυστήματος) και

BPA είναι η διαθέσιμη ενέργεια από τη μπαταρία, τη χρονική στιγμή t , που είναι ίση με μηδέν ή θετική όταν η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, $B(t)$, είναι αντίστοιχα ίση ή μεγαλύτερη από το δριο B_M .

L είναι η ζήτηση (φορτίο) την ίδια χρονική στιγμή t .

Στην παρούσα εργασία, η ενέργεια που παράγεται από το φ/β σύστημα και δεν χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια ενός έτους (σε KWh), ορίζεται ως εξής:

$$W = \sum_{j=1}^N U(E_j - L_j) \times (E_j - L_j) \quad (5)$$

όπου N είναι ο αριθμός των ωρών της χρονικής περιόδου της προσομοίωσης (ένα έτος) - θεωρώντας συγχρόνως ότι η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας είναι η ανώτατη επιτρεπόμενη B_M - και

$U(E_j - L_j)$ είναι η μοναδιαία βηματική συνάρτηση, που ορίζεται ως εξής:

$$U(E_j - L_j) = \begin{cases} 1 & \text{αν } E_j > L_j \\ 0 & \text{αν } E_j < L_j \end{cases}$$

2.5. Μέθοδος ελαχιστοποίησης του κόστους κύκλου ζωής του συστήματος.

Ο δείκτης LOLP της αξιοπιστίας του συστήματος υπολογίζεται με την ωριαία προσομοίωση του συστήματος για τη χρονική περίοδο ενός έτους. Η έξοδος των φ/β πανώ προσομοιώθηκε κάθε ώρα της ημέρας χρησιμοποιώντας την εξ.(2), για μια σειρά γωνιών κλίσης με βήμα 2° και για διάφορους προσανατολισμούς των πανώ, θεωρώντας ότι το εμβαδόν των πανώ είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το ελάχιστο εμβαδόν A_m , δηλαδή

$$A \geq A_m$$

Η μεταβλητή A δεν είναι συνεχής αλλά μεταβάλλεται με γνωστό βήμα. Στην παρούσα εργασία το βήμα, ΔA , είναι ίσο με $1m^2$. Επιπλέον, η χωρητικότητα των μπαταριών B , (μια άλλη μεταβλητή που δεν είναι συνεχής) πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από τη χωρητικότητα που αντιστοιχεί στο ελάχιστο εμβαδό των πανώ A_m , για απόλυτη αξιοπιστία του συστήματος (100%). Το βήμα μεταβολής της μπαταρίας ΔB , είναι ίσο με 20 KWh . Αυξάνοντας το εμβαδόν των πανώ με διαδοχικά βήματα ΔA , δηλαδή

$$A = A_m + j\Delta A \quad j = 0, 1, 2, \dots n \quad (6)$$

υπολογίζεται η χωρητικότητα των μπαταριών ώστε το σύστημα να ικανοποιεί πάντοτε τη ζήτηση, δηλαδή $\text{LOLP} = 0$ (αξιοπιστία 100%). Στην εξ.(6) το n αντιστοιχεί σε εκείνο το εμβαδόν των πανώ, που στην πα-

ρεύσα εργασία ορίζεται ως το μέγιστο Αμ, για το οποίο η εγκατεστημένη χωρητικότητα των μπατταριών παραμένει σταθερή σε μια ελάχιστη τιμή.

Για $LOLP \neq 0$ (αξιοπιστία < 100%) για ορισμένες τιμές του εμβαδού Α και της χωρητικότητας Β (η τελευταία χρησιμοποιείται ως παράμετρος), η ωριαία εξοδος των πανώ συγκρίνεται με τη ζήτηση που αντιστοιχεί στην ίδια ώρα. Αν η ζήτηση, κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης ώρας, είναι μεγαλύτερη από την έξοδο των πανώ και, συγχρόνως, η διαθέσιμη ενέργεια όπως ορίστηκε στην παρούσα εργασία, είναι μικρότερη από τη ζήτηση, τότε το φ/β σύστημα δε μπορεί να ικανοποιήσει το φορτίο κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης ώρας. Ο συνολικός αριθμός ωρών / έτος, κατά τη διάρκεια των οποίων το φ/β σύστημα δε μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση, σύμφωνα με την εξ.(4), υπολογίζεται προσθέτοντας δλες αυτές τις ώρες κατά τη διάρκεια του έτους.

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω συνδυασμών των παραμέτρων Α και Β, υπολογίζεται ο δείκτης αξιοπιστίας $LOLP$ για διάφορες γωνίες κλίσης δεδομένου προσανατολισμού. Μετά, για το ίδιο $LOLP$ και χρησιμοποιώντας τη γωνία κλίσης των πανώ ως παράμετρο, υπολογίζονται τα ζεύγη (Α,Β) (απευθείας σχέση μεταξύ του εμβαδού των πανώ και της χωρητικότητας των μπατταριών), καθώς και τα ζεύγη (W,A) (απευθείας σχέση μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας που δε χρησιμοποιείται και του εμβαδού), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

Και στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή για $LOLP=0$ και $LOLP\neq0$, το πρόγραμμα της προσομοίωσης παίρνει υπόψη του την κλίση καθώς και τον προσανατολισμό των φ/β πανώ.

Το ολικό κόστος του κύκλου ζωής του συστήματος, TLC, ορίζεται [9] όπως παρακάτω:

$$TLC = pA + bB + c \quad (7)$$

όπου

- p είναι το κόστος της εγκατεστημένης μονάδας ισχύος ($\$/m^2$) και περιλαμβάνει το ετήσιο κόστος συντήρησης,
- b είναι το κόστος της εγκατάστημένης μονάδας χωρητικότητας των μπατταριών ($\$/KWh$), που περιλαμβάνει το ετήσιο κόστος συντήρησης και αντικατάστασης, και
- c είναι το ολικό σταθερό κόστος που περιλαμβάνει τα έξοδα σχεδιασμού, εγκατάστασης και οργάνωσης (εκφρασμένα σε εκατοστιαίες μονάδες του κόστους των υλικών).

Η ελάχιστη τιμή της συνάρτησης TLC (η ακριβής μαθηματική λύση), υπολογίζεται αντικαθιστώντας τα ζεύγη τιμών (Α,Β), που αντιστοιχούν στην επιθυμητή αξιοπιστία, στην εξ.(7).

3. Παράδειγμα

Το παράδειγμα της προσομοίωσης που περιγράφτηκε, εφαρμόστηκε στο σχεδιασμό ενός αυτόνομου φ/β συστήματος, σε ένα ορεινό και απομονωμένο χωριό στη βόρεια Ελλάδα, που ονομάζεται Πλαγιά, με 60 κατοίκους (10 σπίτια) και χωρίς να είναι διασυνδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ. Η προβλεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς του 1,8 KW περιλαμβάνει: α) τρείς λαμπτήρες των 40W η κάθε μία ανά σπίτι β) δέκα όμοιους εξωτερικούς λαμπτήρες γ) μια συσκευή τηλεόρασης δ) ένα ψυγείο, κυρίως για λατρικούς λόγους, ε) ένα σύστημα άντλησης νερού. Βέβαια το σύστημα χωρίς να είναι ιδανικό, θα βελτιώσει πολύ τη ζωή των κατοίκων του χωριού.

Οι τυπικές παράμετροι των φ/β πανώ, των μπατταριών και του συστήματος που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία δείχνονται στον Πίνακα 1. Σε αυτό τον Πίνακα, η β συμβολίζει το συντελεστή απόδοσης των μπατταριών.

Το σχ. 2 δείχνει την απευθείας σχέση, για $LOLP = 0$, που συνδέει το εμβαδό των πανώ και τη χωρητικότητα των μπατταριών (τις καμπύλες

προσέγγισης για τα διακριτά ζεύγη τιμών (Α,Β)) για πανώ νότιου προσανατολισμού και για τέσσερεις διαφορετικές γωνίες κλίσης, $S = 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$ και 70° . Από το σχήμα αυτό είναι προφανές, ότι υπάρχει μία βέλτιστη γωνία κλίσης των πανώ ($S_{βελ.} = 60^\circ$) για την οποία το φ/β σύστημα, αξιοπιστίας 100%, είναι ελάχιστο, και επομένως το οικονομικώτερο.

Στο σχ. 3 φαίνονται οι καμπύλες προσέγγισης των διακριτών τιμών των ζευγών (Α,Β) για $LOLP = 24\text{h}/\text{έτος}$. Το ελάχιστο φ/β σύστημα αντεστοιχεί και πάλι στη γωνία των 60° .

Το σχ. 4 δείχνει την ενέργεια που δεν χρησιμοποιείται ως συνάρτηση του εμβαδού των πανώ Α, με παράμετρο τη γωνία κλίσης, για $B = 100 \text{ kWh}$. Από το σχήμα αυτό είναι προφανές, ότι η ποσότητα ως είναι γραμμική συνάρτηση του εμβαδού των πανώ Α και ελαχιστοποιείται για $S = 60^\circ$ (η βέλτιστη γωνία). Το ετήσιο ποσό της ενέργειας που δεν χρησιμοποιείται αυξάνεται όταν μειώνεται η αξιοπιστία του συστήματος, όπως φαίνεται στο σχ. 5 για δύο τιμές αξιοπιστίας, $LOLP = 24\text{h}/\text{έτος}$ και $48\text{h}/\text{έτος}$.

Θεωρώντας τα κόστη που δίνονται στην εργασία [9], τα σχ. 6 και 7 δείχνουν την επίδραση της γωνίας κλίσης και του προσανατολισμού των πανώ στο κόστος κύκλου ζωής TLC του ελάχιστου συστήματος. Όπως φαίνεται, στο σχ. 6, υπάρχει μία γραμμική σχέση που συδέει το κόστος και την αξιοπιστία του συστήματος. Η κλίση των ευθεών είναι μικρή και αυτό ίσως οφείλεται στην ιδιαιτερότητα των καμπυλών φορτίου του παραδείγματος (πολύ μικρή ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας). Για ορισμένη τιμή του δείκτη $LOLP$, η επίδραση της γωνίας κλίσης είναι αμελητέα. Από το σχ. 7 είναι επίσης προφανές ότι για μια ορισμένη τιμή του δείκτη $LOLP$, το κόστος του συστήματος αυξάνεται, όταν αυξάνεται η απόκλιση από το νότιο προσανατολισμό (ειδικά για αποκλίσεις μεγαλύτερες από $\pm 30^\circ$). Από το ίδιο σχήμα είναι επίσης προφανές, ότι η βέλτιστη γωνία κλίσης μειώνεται όταν αυξάνεται η απόκλιση από το νότιο προσανατολισμό.

4. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μία τεχνική βέλτιστου σχεδιασμού αυτόνομων φ/β συστημάτων που βασίζεται στο δείκτη αξιοπιστίας $LOLP$ και στις παραμέτρους που έχουν σχέση με αυτή.

Για δεδομένο προσανατολισμό των πανώ, υπάρχει μία βέλτιστη γωνία κλίσης που είναι μεγαλύτερη από το γεωμ. πλάτος του τόπου, η οποία ελαχιστοποιεί το φ/β σύστημα, ανεξάρτητα από την τιμή του δείκτη αξιοπιστίας $LOLP$. Όταν αυξάνεται η απόκλιση από το νότιο προσανατολισμό η βέλτιστη αυτή γωνία μειώνεται. Η επίδραση της γωνίας κλίσης στο κόστος TLC του συστήματος, για την περιοχή των τιμών του δείκτη $LOLP$ που εξετάστηκε και για τη μορφή των καμπυλών φορτίου, είναι αμελητέα.

Βρέθηκε επίσης ότι, για δεδομένη χωρητικότητα μπαταριών, το ετήσιο ποσό της ενέργειας που δε χρησιμοποιείται αυξάνεται γραμμικά με το εμβαδόν των πανώ. Επιπλέον, το ποσό της ενέργειας αυτής αυξάνεται όταν μειώνεται η αξιοπιστία του συστήματος. Για δεδομένο προσανατολισμό των πανώ και χωρητικότητας των μπαταριών, το ελάχιστο ποσό της ενέργειας αυτής αντιστοιχεί στη βέλτιστη γωνία κλίσης των πανώ.

Βρέθηκε επίσης ότι υπάρχει μία γραμμική σχέση, η κλίση της ευθείας είναι μάλλον μικρή, μεταξύ του κόστους TLC του ελάχιστου συστήματος και των τιμών του δείκτη $LOLP$, για την περιοχή τιμών του δείκτη που εξετάστηκε και που είναι συγκρίσιμες με εκείνες των παραδοσιακών συστημάτων. Η μικρή κλίση της ευθείας οφείλεται μάλλον στην μορφή των καμπυλών φορτίου (μικρή ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας).

Το κόστος TLC του ελάχιστου συστήματος αυξάνεται όταν αυξάνεται η η απόκλιση των πανώ από το νότιο προσανατολισμό, και ειδικώτερα για αποκλίσεις μεγαλύτερες από $\pm 30^\circ$.

Πίνακας συμβόλων

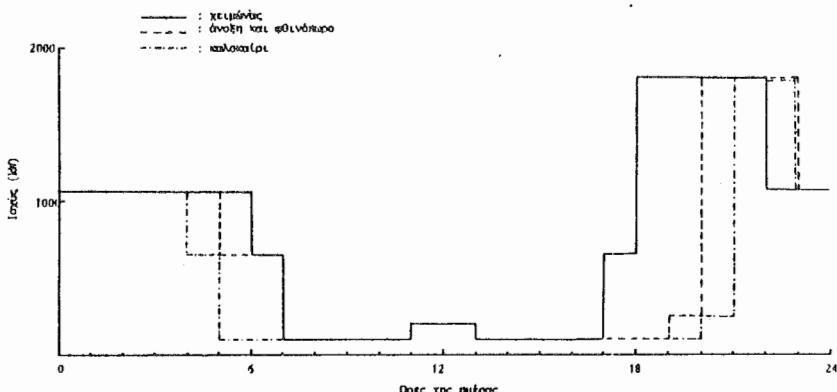
- H_T : ωριαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο (lys).
 H_D : ωριαία διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (lys).
 H_B : ωριαία άμεση ακτινοβολία (lys).
 H : ωριαία ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (lys)
 S : γωνία κλίσης του επιπέδου (μοίρες).
 α : συντελεστής ανάκλασης του εδάφους.
DBF: κλάσμα της άμεσης ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κεκλιμένη επιφάνεια.
 A : εμβαδό των φ/β πανώ (m^2).
 B : χωρητικότητα των μπαταριών (KWh).
 T_a : ωριαία θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^{\circ}C$).
 $B(t)$: κατάσταση φόρτισης των μπαταριών.
 B_m : κατώτερο επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης.
 B_M : ανώτερο επιτρεπόμενο όριο φόρτισης.

Βιβλιογραφία

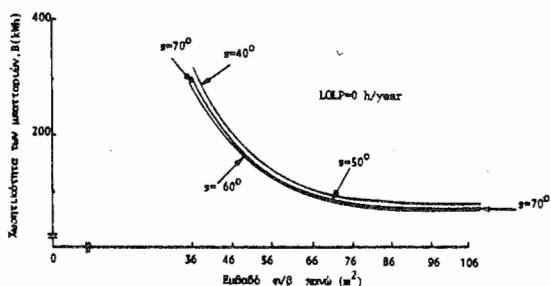
- Y.A. Abed, M.H. El-Maghrahy and M.A. El-Sayes, 1983, Reliability-related parameters influencing the optimum design of an autonomous Solar PV system, Proc. of the Mediterranean Electr. Conf., pp. D11.07-D11.08.
- M.S. Abou-Hussein, P.P. Groumpas and F.A. El-Geldawy, 1983, Optimizing the solar array of stand-alone PV Energy Systems as a function of time and load-profiles, Proc. of the Mediterranean Electr. Conf. pp. D11.03-D11.04.
- Luis L. Bucciarelli, 1984, Estimating Loss-of-Power Probabilities of stand-alone PV Solar Energy Systems, Solar Energy, pp. 205-209.
- Ph. Tsalides and A. Thanailakis, 1985, Direct computation of the array optimum tilt angle in constant-tilt PV systems, Solar Cells, pp. 83-84.
- A. Balouktsis and Ph. Tsalides, 1985, Stochastic simulation model of hourly total Solar radiation, submitted for publication in Solar Energy.
- M.D. Siegel, 1980, Simplified design methods for PV systems, M.S. Thesis, University of Wisconsin-Madison.
- A. Kiperman, 1982, The PV system, analysis and basic design rules, Proc. of the 4th E.C. PV Solar Energy Conf., p. 280.
- A.A. Sfeir, 1980, A stochastic model for predicting solar system performance, Solar Energy, pp. 149-154.
- Engineering Design Handbook for stand-alone PV systems, 1980, Monogram report No. M108.

Πίνακας 1. Τυπικές παράμετροι φ/β πανώ, μπαταριών και ενδιάμεσου υποσυστήματος.

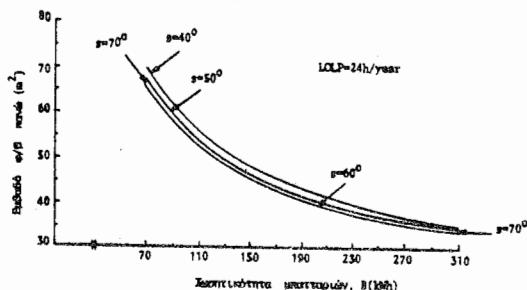
Παράμετροι φ/β πανώ	Παράμετροι μπαταριών
$U_{LO} = 20W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	75% επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης
$\tau\alpha = 0,95$	$\eta_B = 0,85$
$\eta_{RO} = 0,12$	
$\beta_R = 0,004/^{\circ}C$	
Παράμετροι ενδιάμεσου υποσυστήματος	
	$\eta_C = 0,95$



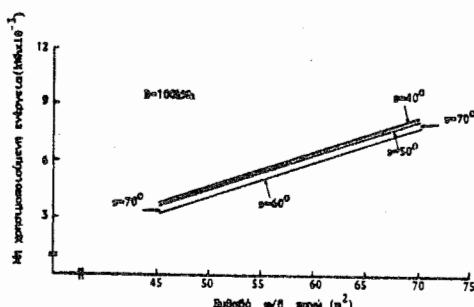
Εικόνα 1. Κατανομής αρπαγών που χρησιμοποιήθηκε στα παραβάτημα.



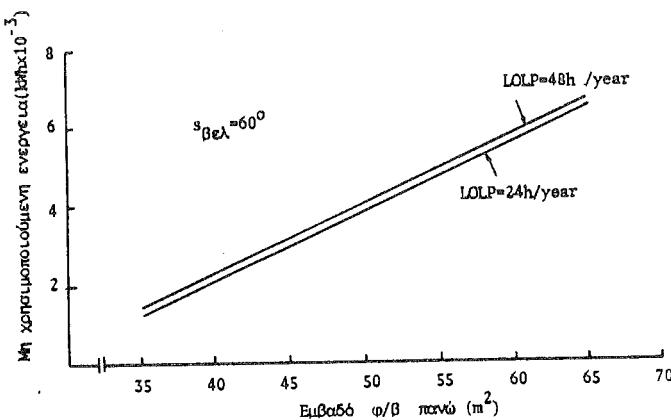
Εικόνα 2. Χρεωκότητα που προτείνεται σε συνάρτηση του ευδόξου που α/β γίνεται γύρω από το προστατευόμενο, όταν $LOLP=0$ και για τις διαφορετικές μεταλλικές καλών.



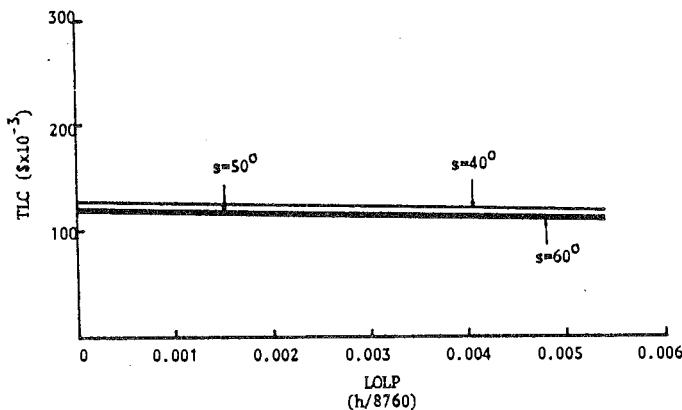
Εικόνα 3. Ευδόξο που α/β γίνεται σε συνάρτηση της χρεωκότητας που προτείνεται (οι αντονομασίες που προτείνονται), όταν προβλέπεται τη γενική καλών, για τις νέες γύρω προστατευόμενου τη $LOLP=24 \text{ h/year}$.



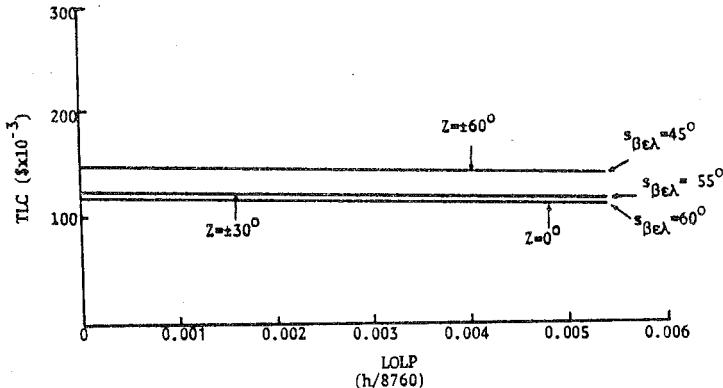
Εικόνα 4. Οι χρεωκοποιούμενες επιχειρείς σε συνάρτηση του ευδόξου που α/β γίνεται, όταν προβλέπεται τη γενική καλών, για τις νέες γύρω προστατευόμενου τη χρεωκότητα που προτείνεται $B=100000$.



Σχήμα 5. Μη χρονικοποιούμενη ενέργεια ως συνάρτηση των εμβαδού των φ/β πονών (νότιου προσανατολισμού), για $LOLP = 24h/year$ και $48h/year$ και κάτιον λογ με τη βέλτιστη γωνία κλίσης $s_{\beta\alpha} = 60^\circ$.



Σχήμα 6. TLC ως συνάρτηση του δείκτη αξιοποίησης $LOLP$, με παράμετρο τη γωνία κλίσης, για πονώ νότιου προσανατολισμού.



Σχήμα 7. TLC που αντιστοιχεί στο ελάχιστο σύστημα ως συνάρτηση του δείκτη αξιοποίησης $LOLP$, με παράμετρο την προσανατολισμό των πονών.

ΤΙΤΛΟΣ ΕΙΣΗΓΗΣΗΣ:

Ηλιακό ηλεκτρικό εργοστάσιο, μέσω δημιουργίας ρεύματος αέρος. (Sonnenauwindkraftwerk).

Συγγραφέας: Παπαδοπούλου Μαρία.
Πολιτικός Μηχανικός.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η πλούσια σε ενέργεια Ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται δια μέσου μιας μεγάλης επιφανείας από διαφανές λεπτό συνθετικό φύλλο (FOLIE) και συναντά το δάπεδο. Εκεί η Ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμότητα και θερμαίνεται τον αέρα που υπάρχει μεταξύ του δαπέδου και του διαφανούς λεπτού συνθετικού φύλλου (FOLIE). Ο αέρας έτσι γίνεται ελαφρότερος και κινείται προς τα επάνω. Μ' αυτό τον τρόπο ο θερμός αέρας κινείται έναν έλικα που βρίσκεται στην βάση ενός καπνοδόχου, τοποθετημένου στο κέντρο της διαφανούς συνθετικής επιφανείας. Στον ίδιο άξονα με τον έλικα είναι μία γεννήτρια συνδεδεμένη, η οποία μετατρέπει την κίνηση του έλικα σε ηλεκτρικό ρεύμα.

ΔΕΣΜΟΙ - ΚΛΕΙΔΙΑ: Ηλιακό - ηλεκτρικό - ρεύμα - θερμός αέρας - παραγωγή - καπνοδόχος - επιφάνεια διαφανούς φύλλου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Στα πλαίσια της αναζήτησης για ήπιες μορφές ενέργειας που χαρακτηρίζει την επιχή μας, συνδεδεμένη με την όσο το δυνατό λιγώτερο κόστος παραγωγής της, συμπεριλαμβάνεται και η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

Μία ενδιαφέρουσα λύση αυτού του προβλήματος περιέχεται στην εργασία αυτή, που έγινε μετά από πρόταση του καθηγητή Prof. Dr. Ing. G. Köniq πολυτεχνείο Darmstadt και με συνεργασία των F. FATH, R. Fink, J. Höpp, A. Karύδα, G. Kressnicka, A. Ringsdorf. Επίκαιρη αφορμή ήταν η κατασκευή του πρώτου SONNEN Aufwind Kraftwerk στο Manzanares της Ισπανίας, που κατασκευάσθηκε με τις προσπάθειες Μηχανικών της Stuttgart, όπου εν τω μεταξύ προς στιγμήν παράγεται μέχρι 100 KW ηλεκτρικό ρεύμα. Προσπολογισμοί, πειράματα, αξιολόγηση πειραμάτων, κατασκευή μοντέλου, μετρήσεις στο μοντέλο, προτάσεις για βελτίωση, ήταν η μεθοδική σειρά που ακολουθήθηκε. Έπι πλέον δύναται συνηθίζεται σε κάθε εργασία ενός νέου ιλάδου συγκέντρωση και μελέτη σχετικών συγγραμμάτων.

Το περιεχόμενο της εργασίας αποτελείται από επτά κεφάλαια με θέματα:

1ον αστρονομία: Υπολογισμός της θέσεως του ηλίου (ύψος ηλίου, γωνία προσπτώσεως και προσδιορισμός οριζόντος). - Υπολογισμός σκιάς.

2ον Καιρικές συνθήκες: Επίσια και ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας, επηρεασμός της διέλευσης ακτινοβολίας από

τις τοπικές και ρικές συνθή-
κες, (συνεφιά, μόλυνση, υγ-
ρασία).

3ον Ακτινοβολία: Επίδραση ακτινοβολίας επί ενός σώματος (Βαθμός μεταδόσεως, χωρη-
τηκότης αντανάκλασης και απορόφη-
σης). Το μελάν σώμα, ο νόμος του Stefan - Boltzmann, ηλιακή ακτινο-
βολία.

4ον Θερμότης: Διαπερατότης της Folie για ακτινοβο-
λία και θερμότητα, επίδραση της φύ-
σεως του δαπέδου, και της κίνησης του
αέρος, απώλεια θερμότητος στην καπνο-
δόχο.

5ον Υγρασία: Δημιουργία δροσοσταλίδων, επίδραση του
υδρατμού επί της ηλιακής ακτινοβολίας,
αποθήκευση θερμότητος.

6ον Αεροδυναμική - Μέτρηση διαστάσεων της καπνοδόχου
κατασκευή του μοντέλου.

7ον Κατασκευή στροβίλου: Χρησιμοποίησης αιολικής ε-
νέργειας κατασκευή και σχε-
διασμός γεννήτριας - στρο-
βίλου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ MONTELO:

Μετά από πειράματα και μετρήσεις, καταλήξαμε σε αρισ-
μένα συμπεράσματα όσον αφορά τις ιδιότητες των υλικών
που χρησιμοποιήσαμε για το μοντέλο, με σκοπό την καλλί-
τερη και αποδοτικότερη λειτουργία του.

1ον. Folie
Η διαπερατότης της Folie για ακτινοβολία, είναι σχεδόν
ανεξάρτητη από το πάχος της. Εξαρτάται όμως αντιστρό-
φως ανάλογα από τον αριθμό των στρωμάτων της Folie. Η
αλιμάκωση της διαπερατότητος ανέρχεται:

- 1 στρώμα 90%
- 2 στρώματα 81% (ανά 1mm πάχος)
- 3 στρώματα 73%

Πήραμε για παράδειγμα την Makrolon Doppelstegplatte
της φίρμας RÖHM, με ένα εναέριο χώρο 4mm, έτσι έχουμε
έναν συντελεστή διαπερατότητος θερμότητος από: μία πλά-
κα $K=3,76$

διπλή πλάκα $K=1,81$ (για σύγκριση)

τριπλή πλάκα $K=0,86$ ($\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$)

Παρατηρούμε την άνοδο της αντίστασης της θερμότητος
απολύτως και ποσοστιαίως, έτσι προκύπτει για $\frac{1}{K}$:

μία πλάκα $0,278 \frac{1}{K} 100\%$

διπλή πλάκα $0,553 \frac{1}{K} 199\%$

τριπλή πλάκα $1,163 \frac{1}{K} 418\%$

Παρατηρεί κανείς ότι η διαπερατότητα είναι αντιστρό-
φως ανάλογη με την αύξηση του βαθμού μόλυνσης.

Παρατηρούμε τώρα ένα ιλειστό σύστημα με μία σταθερή
ακτινοβολία των $600 \text{ Kcal}/\text{m}^2$, με ισχύουσες τις παραπάνω
αναφερόμενες απώλειες, έτσι έχουμε στον υπολογισμό μας
την ακόλουθη λύση:

$$Q=600 \text{ Kcal}, A=1 \text{ m}^2, c_p(\text{αέρος})=0,241, V(\text{αέρος})=42,42 \text{ m}^3$$

Επιστεγάσεις Θ(απώλειες)	$\Delta\theta$	Q (απώλεια K)	ΣQV
μία πλάκα	$600-60 = 540$	58°	218
διπλή "	$600-114=486$		51
τριπλή "	$600-162=438$		35

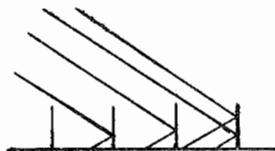
Kcal/m² οκ Kcal/m²

Από το παραπάνω υπολογιστικό παράδειγμα, συμπεραίνουμε ότι η ιδανικότερη FOLIE για το μοντέλο μας ($150^\circ - 280^\circ$ εξωτερική, $45-750$ εσωτερική θερμοκρασία) είναι η DOPPELSEGPLATTE (διπλή πλάκα). Το κρίσιμο σημείο είναι στους $100^\circ C$; όπου το υλικό χάνει τις ψυσικές του ιδιότητες.

2ον Δάπεδο.

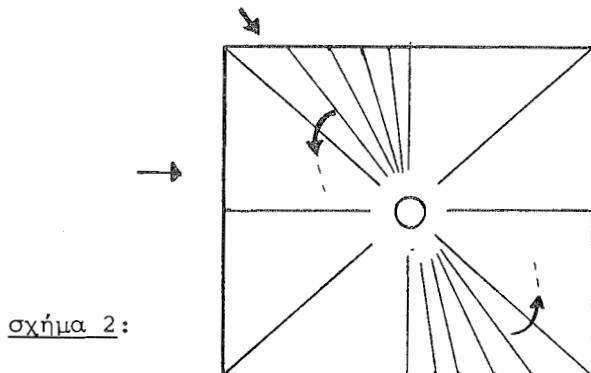
Για να μπορέσουμε να κρατήσουμε όσο το δυνατό ελαχιστότερη την αντανάκλαση, πρέπει να βάψουμε το δάπεδο με μαύρο χρώμα.

Η καρβουνόσκονη είναι μία οικονομική λύση. Εξαιτίας της σκόνης που επικάθεται στην επιφάνεια της FOLIE (1) και του μη αποφευχθέντος ποσοστού αντανάκλασης έχουμε απώλεια ενεργείας. Όσον αφορά την DOPPELSEGPLATTE εξαιτίας της οποίας έχουμε 9% απώλεια ακτινοβολίας ($114 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}$), με την κανονική ακτινοβολία $Q=600 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}$, έχουμε για ένα λείο μαύρο βαμμένο δάπεδο, 20% αντανακλωμένη ακτινοβολία. Ο τύπος δαπέδου που διαλέξαμε (βλέπε σχήμα (1)) μετά από δοκιμές που κάναμε, επιταχύνει τον χρόνο θέρμανσης του αέρα, λόγω του ότι λαμβάνει χώρα στο δάπεδο πρώτη και δεύτερη αντανάκλαση, έτσι ακόμη και στην χειρότερη περίπτωση, έχουμε ελάτωση της ολικής αντανάκλασης κατά 4%.



σχήμα 1.

Επιπλέον τοποθετήσαμε κεντρικά κατευθυνόμενες νευρώσεις (βλέπε σχήμα 2), για να επιτύχουμε αύξηση της επιφανείας του δαπέδου, πράγμα που συντελεί στην άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα. ($Q=\alpha \cdot A \cdot \Delta\theta \cdot t$) όπου A εμβαδόν). Επί πλεόν οι νευρώσεις βοηθούν την διέλευση του θερμού αέρα με τρόπο που να αποφεύγεται η δημιουργία στροβίλων.



Βασική ιδιότητα του δαπέδου του μοντέλου μας θα πρέπει να είναι η ικανότητα του να αποδίδει στον αέρα την ολική θερμότητα που δέχεται. Παράγοντας που επηρεάζει αυτή την λειτουργία είναι η σταθερά λ., και η απόδοση είναι μεγαλύτερη όσο πιο μικρό είναι το λ.

Το λ της πλάκας από φελιζόλ που χρησιμοποιήσαμε, έχει την τιμή: $\lambda=0,04 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{k}$.

'Ετσι ουσιαστικά είναι σαν να θερμαίνεται μόνο η επιφάνεια του μαύρου χρώματος και να αποδίδει όλη την ενέργεια στον αέρα. Ένα μικρό μέρος της θερμότητας λαμβάνεται από το φελιζόλ η οποία θεωρείται όμως σχεδόν αμελητέα. Για να επιτύχουμε καλή μόνωση στις αρθρώσεις, χρησιμοποιύμε πλάκες οι οποίες ενώνονται ατα σημεία αυτά με ελατήρια.

Σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια, μπορεί κανείς ακόμη και σε περιόδους με συνυεφιασμένο ουρανό, να διατηρήσει την απόδοση στα ίδια ύψη, δια μέσου αποθήκευσης ενέργειας. Χαρακτηριστικό μέγεθος για την περίπτωση αυτή, είναι η ειδική θερμότητα C. Το ιδανικότερο μέσο αποθήκευσης θερμότητας είναι το νερό με $C=1,00 \text{Kcal/KgK}$.

Για την αποφυγή εξάτμισης και δημιουργίας δροσοσταλίδων είναι απαραίτητο το νερό να διοχετευθῇ σε ένα απομονωμένο δοχείο, όπως ένα σύστημα συλλέκτου. Μία δυνατότητα είναι η χρησιμοποίηση σωλήνων συνθετικής ύλης, γεμάτα με νερό, εγκατεστημένους υπό μορφή πλακιδών. Η ποσότητα του νερού καθορίζεται από την ποσότητα της αχρησιμοποίητης ηλιακής ενέργειας. Εάν για παράδειγμα είχαμε μία ποσότητα ακτινοβολίας στο δάπεδο ($Q=540 \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$) και μόνο μία αύξηση θερμοκρασίας 350C στον αέρα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο μία ποσότητα θερμότητος των $Q=438 \text{ Kcal}$. Αυτό σημαίνει ότι υπολείπονται 98 Kcal ανά ώρα και ανά τετραγωνικό μέτρο, αχρησιμοποίητα. Μ' αυτή την ποσότητα θερμαίνονται στους $9,80\text{C}$ μόνο 10 l νερό. Υπάρχουν δύο τρόποι αξιοποίησις αυτής της θερμότητας. Η μία είναι απευθείας μετατροπή και αξιοποίηση της με έναν εναλακτήρα θερμότητος. Η άλλη δυνα-

τότητα είναι να αποδίδεται η αποθηκευμένη ενέργεια στο Sonnenaufwindkraftwerk σε περιόδους συνεφιάς και κατά τις υγιεινές ώρες.

Σον. Η καπνοδόχος που κατασκευάσαμε, είχε διάμετρο $r=0,25m$ (οικονομικοί λόγοι) ήταν κατάλληλη όμως να επιτρέπει την άνετη διέλευση του αέρα δια μέσου του στόμιου της καπνοδόχου. Χρησιμοποιήσαμε για μονωτικό υλικό θερμόστητας, τρείς στρώσεις φελιζόλ 0,3 mm και την εξωτερική επιφάνεια την επενδύσαμε με λεπτό φύλλο χρυσού (Goldfliē).

Οι ταχύτητες που μετρήσαμε σε μία από τις πολλές δοκιμές που έκαναμε, με μία διαφορά θερμοκρασίας $\Delta T=30^\circ C$ ήταν:

$$v=2,5 \frac{m}{s} \text{ χωρίς στροβίλο και γεννήτρια}$$

$$v=1,5 \frac{m}{s} \text{ με } " " "$$

Θερμοφοράτητη χρήσιμο ποίηση της αιολικής ενέργειας σύμφωνα με τον A. Betz, με χρήση στροβίλου, επιτυγχάνεται τότε έμφορτη μέγιστη απόκτηση ενέργειας που είναι το 60%, ήταν η εισερχομένη ταχύτητα του ρεύματος αέρος είναι το $1/3$ της εισερχομένης.

Δοκιμάσαμε τρείς τύπους κινητήρων, εκ των οποίων ο 3ος έφερε τα καλλύτερα αποτελέσματα. Απέδωσε με 2,4 VOLT ισχύ 41,14mW. Σύμφωνα με το διάγραμμα 7/4 αντιστοιχούσε σε 445 rpm.

Ο 1ος και 2ος τύπος κινητήρων χορηγούσαν 1 Volt ανά 1.000rpm και 1,1 Volt ανά 1.000 rpm αντιστοίχως. Η μεγαλύτερη απόδωση ήταν 1,44mW με 0,36V και αντίσταση των 90 Ohm.

Για λόγους έλλειψης οικονομικών πόρων δεν καταφέραμε να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλο τύπο κινητήρα που να μπορεί να πετυχαίνει την μεγίστη απόδοση του στις 500 rpm.

Έτσι παρόλο που στο θεωρητικό μέρος υπολογίσαμε την απόδοση όσον αφορά το μοντέλο μας, ίση με 270 mW από τον τύπο: $(P=\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot v^3 \cdot r^2 \cdot \frac{16}{27} \cdot n_f)$ στο πείραμα πετύχαμε να έχουμε μόνο 40mW.

Τα αποτελέσματα σίγουρα μπορούν να βελτιωθούν, αν χρησιμοποιηθή κατόπιν ανάλογης προεργασίας, κατάλληλο σύστημα επαγγειακού τύμπανου με γεννήτρια. Αυτό ήταν αδύνατο να επιτευχθή όσον αφορά την προσπάθειά μας γιατί τα μέσα που διαθέτουμε δεν ήταν επαρκή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

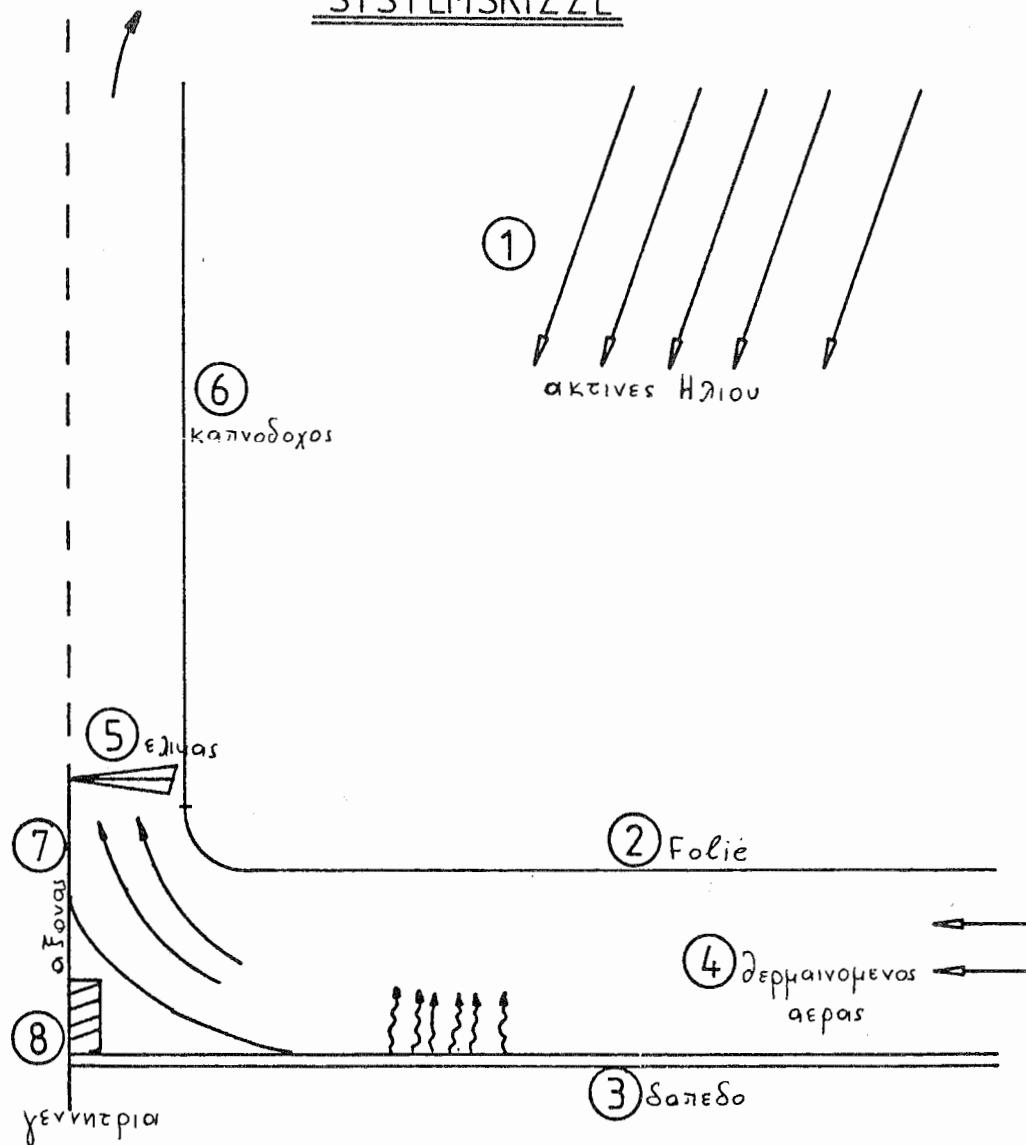
- Bernd Stoy - Wunschenergie Sonne
- Energie Verlag Energiebilanz der Erde
- (2) Heinrich Heßgen Bauen mit der Sonne
Vorschläge und Anregungen
- (3) Josef Kiraly Architektur mit der Sonne
1X1 der passiven Sonnenheizsysteme
- (4) Blüthgen, Neschet Lehrbuch der Allgemeinen
3. Auflage Geographie
Allgemeine Klimageographie

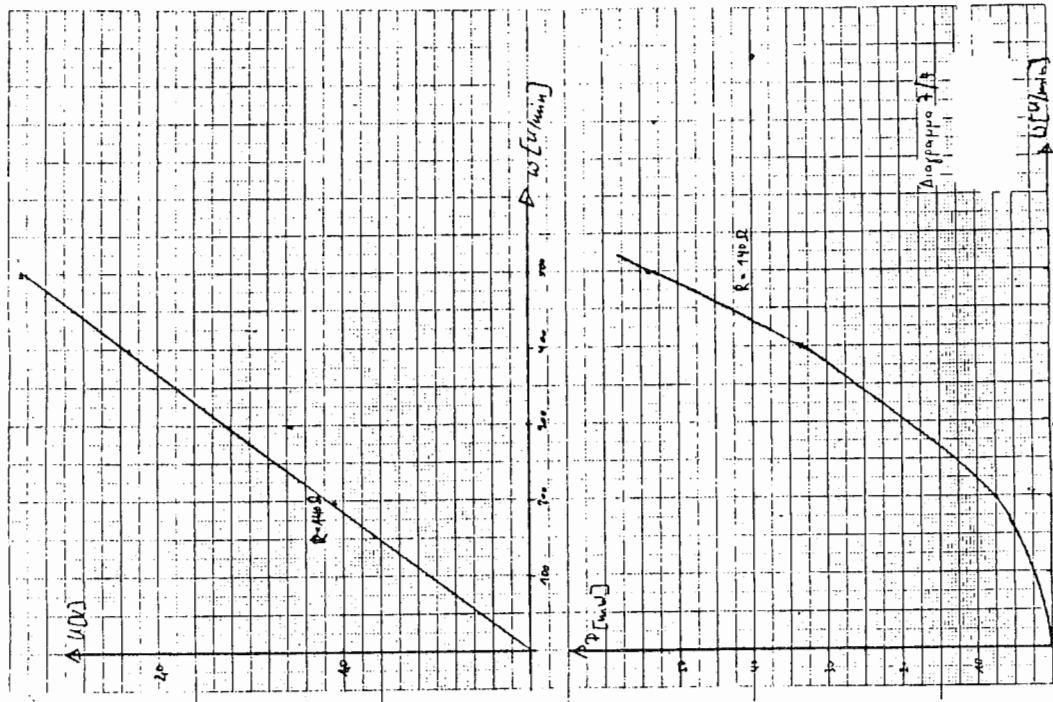
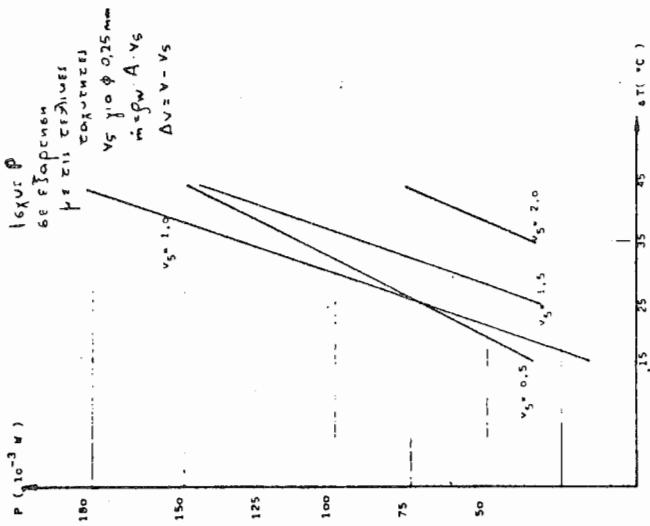
- (5) Recknagel, Sprenger "Taschenbuch F. Heizung u. Klimatechnik"
R. Oldenburg, München-Wien 1972
- (6) Heben Heinrich "Bauen mit der Sonne"
Energieverlag, Heidelberg 1982
- (7) Lorent-Ladener, Glaudia "Solargewächshäuser"
Öko-Buchverlag und 1981
- (8) Brodtmann Nordert "Solartechnik Grenzen u. Möglichkeiten"
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbh, Stuttgart 1983.
- (9) Stelzer, F. Wärmeübertragung und Strömung
Verlag K. Thiemic KG, München 1971
- DIN-Norm 4108 Teil 1: Wärmeschutz im Hochbau
Grössen und Einheiten
Teil 2: Kennwerte.
- (10) Baehr, H-D Thermodynamik 4 An lage
Springer-Verlag 1978
- (11) Becker Theorie der Wärme, Heidelberger TB
Spriger-Verlag 1978
- (12) DIN 18159 Schaumkunststoffe als Ortsschäume
für die Wärmedämmung (Teil 1 und 2)
- (13) DIN 13165 Faserdämmstoffe für die Wärmedämmung
- (14) DIN 52614 Wärmeableitung von Fussböden
- (15) DIN 52611 Wärmedurchlasswiderstand von Wänden
und Decken
- (16) Recknagel-Sprenger Taschenbuch für Heizung, Lüftung, Klima
- (17) Scham Strömungs lehre und Hydraulik
- (18) Schumacher Strömungsvorgänge in Feuerstätten und Schornsteinen
- (19) Becker Strömungslehre
- (20) DIN 4705
- (21) Vorlesung Thermodynamik I-III, Prof. Beer
- (22) Technische Hydraulik. A, Prof. Schröder
- (23) Molly, jens-Peter "Windenergie in Theorie und Praxis" Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1978
- (24) Henchen, Nordert "Strom aus der Luft"
Idea Verlag, 1982
- (25) König, Felix von "Wie man Windräder baut"
Verlag Udo Pfriemer, 1980
- (26) König, Felix von "Windenergie in praktischer Nutzung" Verlag Udo Pfriemer, 1978.

Ταμπέλλες

- DIN 4108/1 Wärmeschutztechnische Grössen
DIN 4108/1 Feuchteschutztechnische "
DIN 4108/4 Wärmedämmstoffe Kennwerte

SYSTEMSKIZZE





ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙ-
ΦΑΝΕΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Α . ΜΠΑΛΟΥΚΤΣΗΣ, Δ.ΤΣΑΝΑΚΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Γ. ΒΑΧΤΣΕΒΑΝΟΣ

Georgia Institute of Technology
School of Electrical Engineering
Atlanta, Georgia 30332

Περίληψη

Βεβετάζεται η δυνατότητα αύξησης της παραγόμενης ενέργειας με φωτοβολταϊκά στοιχεία και η δυνατότητα οικονομικότερου σχεδιασμού αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων, ρυθμίζοντας εποχιακά τη γωνία κλίσης των επιφανειών τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν α) μία αναλυτική σχέση, με την οποία υπολογίζεται η βέλτιστη γωνία κλίσης των πανώ, ώστε να δέχονται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία για δεδομένη χρονική περίοδο και β) μία σχέση για τη βέλτιστη γωνία κλίσης με σκοπό τον οικονομικότερο σχεδιασμό των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Για την πρώτη περίπτωση προέκυψε ότι μία σταθερή βέλτιστη κλίση συνεπάγεται την παραγωγή 94% έως 95% της μέγιστης δυνατής ενέργειας (για μεγάλο αριθμό βέλτιστων κλίσεων ανά έτος). Δύο κλίσεις ανεβάζουν το ποσοστό αυτό στο 99%. Για τη δεύτερη περίπτωση προέκυψε ότι για σταθερό φορτίο κατά τη διάρκεια του έτους επαρκεί μία κλίση, για μεγάλες διαφορές μεταξύ θερινής και χειμερινής καμπύλης φορτίου απαιτούνται το πολύ δύο κλίσεις.

Λέξεις-Κλειδιά

Φωτοβολταϊκά στοιχεία, κλίση πανώ, σχεδιασμός.

1 Εισαγωγή

Η κλίση των φωτοβολταϊκών (φ/β) πανώ επηρεάζει σημαντικά την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια διαφόρων χρονικών περιόδων. Τα φ/β πανώ συνήθως τοποθετούνται σε μία κλίση ίση με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας και κατά μήκος του άξονα βορρά-νότου. Η βέλτιστη όμως κλίση των φ/β πανώ εξαρτάται από το εξεταζόμενο σύστημα:

α) εκμετάλλευση της μέγιστης δυνατής ηλιακής ενέργειας (π.χ. σε σύστημα που συμπεριλαμβάνει και συμβατικές μονάδες)

β) προσαρμογή της παραγωγής στη ζήτηση για τον οικονομικότερο σχεδιασμό (π.χ. αυτόνομο φ/β σύστημα με αποθήκευση).

Η διερεύνηση της βέλτιστης κλίσης και στις δύο περιπτώσεις βασίσθηκε στο μοντέλο των Liu-Jordan /1,2/, με το οποίο υπολογίζεται η μέση ανά μήνα ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο.

2. Βέλτιστη γωνία και παραγόμενη ενέργεια

2.1 Καθορισμός της βέλτιστης γωνίας

Μία μέθοδος εκτίμησης της μέσης ανά μήνα ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας \bar{H} που δέχεται κεκλιμένη επιφάνεια έχει αναπτυχθεί στις εργασίες /1,2/ και δίδεται από τη σχέση:

$$\bar{H} = \bar{R} \cdot H \quad (1)$$

Στη σχέση (1), \bar{H} είναι η μέση ημερήσια ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για τον εξεταζόμενο μήνα. Με το συντελεστή \bar{R} εκφράζεται η άμεση, η διάχυτη και η ακτινοβολία από ανάκλαση, που δέχεται η κεκλιμένη επιφάνεια. Με την προϋπόθεση ότι η διάχυτη ακτινοβολία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στον ουράνιο θόλο (ισοτροπικό μοντέλο), ισχύει η σχέση:

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}_\delta / \bar{H}) \cdot \bar{R}_\alpha + (\bar{H}_\delta / \bar{H}) \cdot (1 + \cos \theta) / 2 + \rho \cdot (1 - \cos \theta) / 2 \quad (2)$$

όπου \bar{H}_δ η μέση ανά μήνα διάχυτη ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο,

\bar{R}_α ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας που δέχεται η κεκλιμένη επιφάνεια προς αυτή της οριζόντιας,
 θ η γωνία κλίσης της επιφάνειας και
 ρ ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους (κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,7)

Ο λόγος \bar{R}_α που αναφέρεται στην άμεση συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι θεωρητικά μία πολύπλοκη συνάρτηση της ατμοσφαιρικής διαπερατότητας· μπορεί δημοσ να ληφθεί με ικανοποιητική ακρίβεια ίσος με τον λόγο χωρίς την επίδραση της ατμόσφαιρας και δίδεται από τη σχέση:

$$\bar{R}_\alpha = \frac{(\cos(L-\theta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_\theta + \omega'_\theta \cdot \sin(L-\theta) \cdot \sin \delta)}{(\cos L \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_\theta + \omega'_\theta \cdot \sin L \cdot \sin \delta)} \quad (3)$$

όπου ω_θ η γωνία ώρας ανατολής:

$$\omega_\theta = \text{arc cos}(-\tan L \cdot \tan \delta) \quad (4)$$

ω'_θ η γωνία ώρας ανατολής στη κεκλιμένη επιφάνεια:

$$\omega'_\theta = \min\{\omega_\theta, \text{arc cos}(-\tan(L-\theta) \cdot \tan \delta)\} \quad (5)$$

L το γεωγραφικό πλάτος της εξεταζόμενης τοποθεσίας
 δ η απόκλιση του ήλιου σε μοίρες:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\{360 \cdot (284+n)/365\}, \text{ όπου} \quad (6)$$

n η ημέρα του έτους που αντιστοιχεί στη μεσαία ημέρα του εξεταζόμενου μήνα

Ο λόγος \bar{H}_δ / \bar{H} συνδέεται με το μέσο ανά μήνα ημερήσιο δεύτη αιθριότητας \bar{K}_τ

$$\bar{K}_\tau = \bar{H} / \bar{H}_{\text{on}} \quad (7)$$

όπου $\bar{H}_{\text{on}} = (24/\pi) \cdot I_{\text{sc}} \cdot \{1 + 0,033 \cdot \cos(360 \cdot n/365)\} \cdot \{\cos L \cdot \cos \theta \cdot \sin \omega_\theta + \omega'_\theta \cdot \sin L \cdot \sin \delta\} \quad (8)$

Στην εργασία /3/ έχει βρεθεί η σχέση η οποία συνδέει το \bar{H}_δ / \bar{H} και το \bar{K}_τ για την Ελλάδα:

$$(\bar{H}_\delta/\bar{H}) = \lambda = 1,446 - 2,965 \cdot \bar{K}_T + 1,727 \cdot \bar{K}_T^2 \quad (9)$$

Η κλίση η οποία δίνει τη μέγιστη προσπίπτουσα ανά μήνα ηλιακή ακτινοβολία βρίσκεται από τη συνθήκη:

$$\frac{\partial \bar{H}_\theta}{\partial \theta} = 0 \text{ η ισοδύναμα } \frac{\partial \bar{R}}{\partial \theta} = 0$$

Από την τελευταία συνθήκη προκύπτει η βέλτιστη γωνία κλίσης θ_β για μέγιστο \bar{H}_θ :

$$\theta_\beta = \arctan \{ (1-\lambda) \cdot \alpha / (\beta \cdot (1-\lambda) + (\lambda-\rho)/2) \} \quad (10)$$

$$\text{όπου } \alpha = (\tan L \cdot \sin \omega_\theta - \omega_\theta \cdot \tan \delta) / (\sin \omega_\theta + \omega_\theta \cdot \tan L \cdot \tan \delta) \quad (10\alpha)$$

$$\beta = (\sin \omega_\theta + \omega_\theta \cdot \tan L \cdot \tan \delta) / (\sin \omega_\theta + \omega_\theta \cdot \tan L \cdot \tan \delta) \quad (10\beta)$$

Όταν είναι $\delta > 0$ τότε είναι $\alpha = f(\theta)$ και $\beta = f(\theta)$. Παρ' όλα αυτά, θέτωντας $\omega_\theta = \omega_0$ και καθορίζοντας τα μεγέθη ακαι β ($\beta = 1$) με τις σχέσεις (10α) και (10β), προκύπτει από τη σχέση (10) πρακτικά η γωνία $\theta_\beta \approx \theta_\beta$ (με σφάλμα σε λίγες περιπτώσεις μέχρι 1,5°, του οποίου η επίδραση στη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι αμελητέα). Προκύπτει έτσι για την πρακτική εφαρμογή η σχέση (11):

$$\theta_\beta = \arctan \{ (1-\lambda) \cdot \alpha / (1-(\lambda+\rho)/2) \}$$

$$\text{όπου } \alpha = (\tan L \cdot \sin \omega_\theta - \omega_\theta \tan \delta) / (\sin \omega_\theta + \omega_\theta \cdot \tan L \cdot \tan \delta) \quad (11)$$

$$\lambda = f(\bar{K}_T) \text{ σύμφωνα με τη σχέση (9), με } \bar{K}_T = \bar{H}/H_{on},$$

$$H_{on} \text{ από τη σχέση (8)}$$

Η γωνία θ_β, για τη μέγιστη προσπίπτουσα ανά μήνα ηλιακή ακτινοβολία προκύπτει έτσι αναλυτικά με μόνα δεδομένα το γεωγραφικό πλάτος L και τη μέση ανά μήνα ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.

Με τη σχέση (11) υπολογίζεται για τις περιοχές Σερρών, Κύθουν και Γαύδου ο πίνακας 1, στον οποίο φαίνεται η κλίση θ_β για κάθε μήνα, καθώς επίσης και ο λόγος $\bar{H}_{\theta\beta}/\bar{H}$ μεταξύ της μέσης ανά μήνα ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια βέλτιστης κλίσης προς εκείνης στην οριζόντια. Από το πίνακα 1 φαίνονται οι μεγάλες διακυμάνσεις ανά μήνα της θ_β και οι σημαντικές επιπτώσεις τους στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

2.2 Επίδραση της έποχιακής μεταβολής της κλίσης των πανώ πανώ στην παραγόμενη ενέργεια

Εξετάζονται συστήματα στα οποία στόχος είναι η κατά το δυνατό μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από τα φ/β (π.χ συστήματα στα οποία περιλαμβάνεται συμβατική πηγή ενέργειας) Επειδή η παραγόμενη ενέργεια είναι ανάλογη της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας συνεπάγεται και αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την επίδραση της έποχιακής μεταβολής της κλίσης των φ/β πανώ στην ηλιακή ακτινοβολία, ισχύουν και για τη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Μήνας	Η ΚWh/ημέρα			θβ σε μοίρες			Πθβ / Η		
	Σ	Κ	Γ	Σ	Κ	Γ	Σ	Κ	Γ
Ιανουάριος	1,5	1,9	2,1	61	59	57	1,69	1,64	1,55
Φεβρουάριος	2,3	2,1	3,1	53	45	49	1,44	1,24	1,38
Μάρτιος	3,0	3,7	4,3	38	37	36	1,18	1,18	1,18
Απρίλιος	4,6	4,9	5,7	22	19	18	1,05	1,04	1,04
Μάιος	5,5	6,6	7,0	8	5	3	1,01	1,00	1,00
Ιούνιος	6,3	7,4	7,5	0	0	0	1,00	1,00	1,00
Ιούλιος	6,4	7,3	7,8	3	0	0	1,00	1,00	1,00
Αύγουστος	5,9	6,7	6,6	17	14	12	1,03	1,02	1,01
Σεπτέμβριος	4,5	5,6	5,7	35	33	30	1,16	1,15	1,12
Οκτώβριος	3,0	3,7	3,5	50	48	44	1,39	1,37	1,28
Νοέμβριος	1,8	2,5	2,7	60	60	57	1,66	1,70	1,60
Δεκέμβριος	1,3	1,8	2,0	62	61	59	1,68	1,72	1,62

Πίνακας 1. Μέση ανά μήνα ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο Η, βέλτιστη γωνία θβ και λόγος Πθβ / Η για τις περιοχές Σερού (Σ), Κύθνου (Κ) και Γαύδου (Γ)

Η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει κατά την διάρκεια χρονικής περιόδου δίδεται από τη σχέση:(12):

$$\bar{H}_{\theta} = (1/\mu) \cdot \sum_{i=K}^{\lambda} H_{\theta i} \quad (12)$$

όπου μ είναι ο αριθμός των μηνών της συγκεκριμένης περιόδου και K, λ ο πρώτος και ο τελευταίος μήνας της περιόδου.

Η συνθήκη $\frac{\partial \bar{H}_{\theta}}{\partial \theta} = 0$ οδηγεί στη σχέση:

$$\theta_{\beta} = \arctan \left\{ \frac{(\sum \bar{H}_{\theta i} \cdot (1 - \lambda_i) \cdot \alpha_i)}{(\sum \bar{H}_{\theta i} \cdot (1 - (\lambda_i + \rho)/2))} \right\} \quad (13)$$

όπου τα λ_i και α_i ορίζονται όπως και στη σχέση (11).

Η σχέση (13) χρησιμοποιήθηκε για τις περιοχές Σερού, Κύθνου και Γαύδου για να ευρεθούν οι βέλτιστες γωνίες κλήσης των φ/β πανώ για τις διάφορες περιοδικές ρυθμίσεις τους (1 γωνία, 2 γωνίες, . . . , 12 γωνίες ανά έτος), καθώς επίσης και του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει με τις παραπάνω ρυθμίσεις προς την ηλιακή ακτινοβολία για τις 12 ρυθμίσεις ανά έτος. Ο πίνακας 2 δείχνει τα αποτελέσματα αυτά από τα οποία φαίνονται τα ακόλουθα:

περιοχή	μία κλίση	δύο κλίσεις			οριζόντια επιφάνεια	κάθετη επιφάνεια	
		η	θβ	η	θβ ₁	θβ ₂	η
Σέρρες	0,95	29°	0,99	49°	10°	0,87	0,61
Κύθνος	0,95	27°	0,99	47°	7°	0,87	0,57
Γαύδος	0,94	25°	0,99	45°	4°	0,88	0,55

Πίνακας 2. Συντελεστής η για την παραγόμενη ενέργεια και βέλτιστες γωνίες θβ. Θβ₁ είναι η γωνία για τους μήνες Σεπτέμβριο έως Μάρτιο και θβ₂ από Απρίλιο έως Αύγουστο.

Αν η μέγιστη δυνατή παραγόμενη ενέργεια για ένα μεγάλο αριθμό βέλτιστων κλίσεων ανά έτος (π.χ βέλτιστη κλίση ανά μήνα) εκφρασθεί με $\eta=1$, τότε για τις τρείς περιοχές που εξετάσθηκαν προκύπτουν πρακτικά οι ίδιοι συντελεστές η.

Συγκεκριμένα:

- για την τοποθέτηση με μία σταθερή βέλτιστη κλίση είναι $\eta=0,94$ έως $0,95$
- για δύο βέλτιστες κλίσεις (αλλαγή της κλίσης δύο φορές το έτος) είναι $\eta=0,99$
- περισσότερες μεταβολές της κλίσης κατά την διάρκεια του έτους δεν προκαλούν ουσιαστική αύξηση του συντελεστή η.
- Η οριζόντια και η κάθετη διάταξη περιορίζουν σημαντικά την παραγόμενη ενέργεια· οι συντελεστές είναι $\eta=0,87$ έως $0,88$ και $\eta=0,55$ έως $0,61$ αντίστοιχα.

3 Επίδραση της γωνίας κλίσης των πανώ στον οικονομικό σχεδιασμό αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί ο βέλτιστος από οικονομικής απόψεως συνδιασμός φ/β πανώ-αποθήκευσης (συσσωρευτές), ο οποίος να ικανοποιεί το φορτίο με δεδομένη διαθεσιμότητα.

Εξετάσθηκε το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα του σχήματος 1, ως προς την επίδραση της μεταβολής της γωνίας κλίσης των πανώ στον βέλτιστο καθορισμό ισχύος, φ/β και χωρητικότητας συσσωρευτών. Για την εξέταση αυτή αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης με χρησιμοποίηση ημερήσιων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας, του οποίου τα σημαντικότερα βήματα είναι:

- α) Υπολογισμός της διαθέσιμης ημερήσιας ηλεκτρικής ενέργειας E_{dc} στην πλευρά συνεχούς ρεύματος (σημείο 1 στο σχήμα 1)

$$E_{dc} = A \cdot \eta_{\phi} \cdot \eta_{\mu} \cdot H \quad (14)$$

όπου A εμβαδό των φ/β πανώ σε m^2 ,

η_{ϕ} βαθμός απόδοσης των πανώ,

η_{μ} βαθμός απόδοσης του μετατροπέα DC/DC,

H ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε KWh .

- β) Υπολογισμός της απαιτούμενης ενέργειας E_{α} πριν τον μετατροπέα DC/AC (σημείο 2 στο σχήμα 1)

$$E_{\alpha} = E_{dc} / \eta_{\epsilon} \quad (15)$$

όπου E_{dc} το ημερήσιο φορτίο σε KWh ,

η_{ϵ} συντελεστής με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι

απώλειες του μετατροπέα DC/AC.

- γ) Εξέταση των τριών περιπτώσεων :

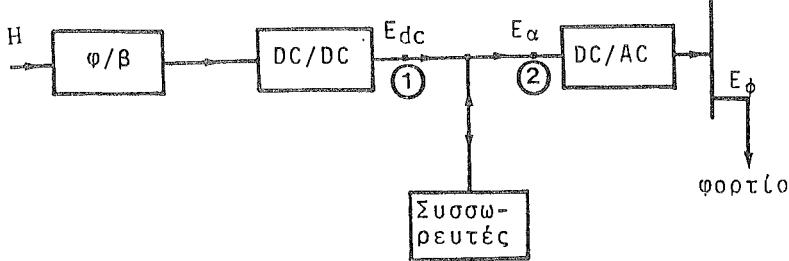
- 1) $E_{dc} > E_{\alpha}$, φόρτιση συσσωρευτών με ενέργεια $(E_{dc} - E_{\alpha}) \cdot \eta_{\alpha}$

- 2) $E_{dc} = E_{\alpha}$, ισοζύγιο παραγωγής-κατανάλωσης

- 3) $E_{dc} < E_{\alpha}$, εκφόρτιση συσσωρευτών με ενέργεια $(E_{\alpha} - E_{dc}) / \eta_{\alpha}$

όπου η_{α} βαθμός απόδοσης συσσωρευτών κατά την φόρτιση και εκφόρτισή τους

ΗΕΦ-6



Σχήμα 1. Αυτόνομο φωτοβολταικό σύστημα

Στην διερεύνηση που έγινε λήφθηκαν οι ακόλουθες τιμές των συντελεστών απόδοσης, ενώ οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργούνται με το μοντέλο της εργασίας /4/.

Συντελεστής απόδοσης φ/β πανώ $\eta_{\phi} = 10\%$

Απόδοση μετατροπέα DC/DC $\eta_{\mu} = 95\%$

Απόδοση συσσωρευτών $\eta_{\alpha} = 85\%$

Απόδοση μετατροπέα DC/AC $\eta_{\epsilon} = 85\%$

Χωρητικότητα συσσωρευτών $B_{min} = 0,7 \cdot B_{max}$

Με το πρόγραμμα προσομοίωσης σχηματίστηκαν οι καμπύλες του σχήματος 2β (εμβαδό φ/β πανώ A σε m^2 και χωρητικότητα συσσωρευτών B σε kWh), γιά τις δύο διαφορετικές καμπύλες φορτίου του σχήματος 2α. Ο βέλτιστος συνδυασμός εμβαδού φ/β πανώ και χωρητικότητας συσσωρευτών, δίδεται από το σημείο εκείνο των καμπυλών (2β) γιά το οποίο ισχύει η συνθήκη:

$$\frac{\partial B}{\partial A} = -\frac{K_a}{K_b} \quad (16)$$

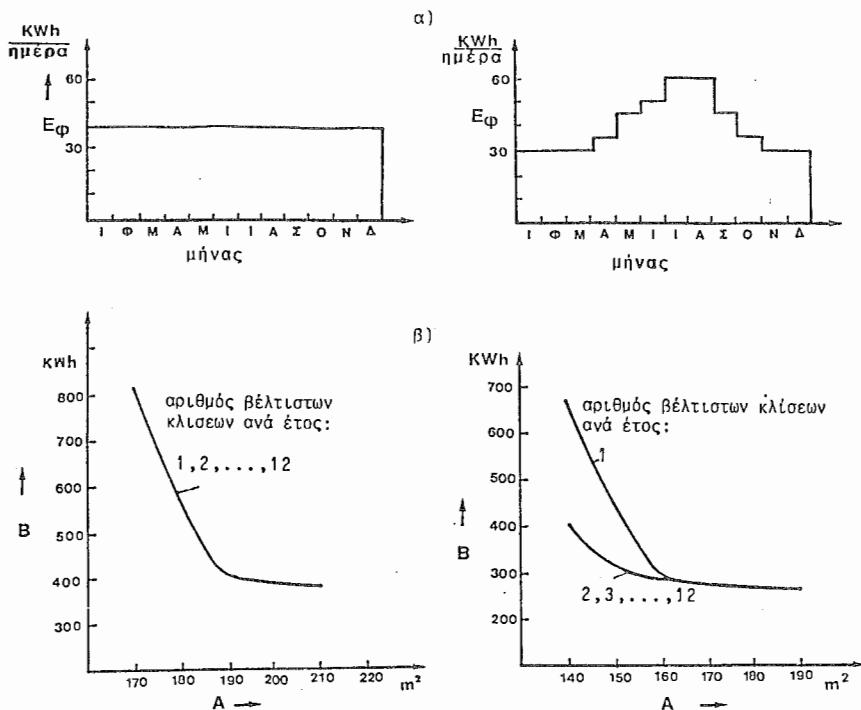
όπου K_a και K_b είναι οι δαπάνες των φ/β πανώ και συσσωρευτών ανά m^2 και kWh, αντίστοιχα.

Μία επίπονη μέθοδος για τον καθορισμό των βέλτιστων γωνιών κλίσης των πανώ που αναφέρονται στο σχήμα 2, θα ήταν να υπολογισθούν με προσομοίωση καμπύλες του σχήματος 2β για διάφορες κλίσεις και να επιλεγεί η κλίση που δίδει την καμπύλη με τις μικρότερες τιμές A και B. Αντί αυτού αναπτύχθηκε η σχέση (17), η οποία οδήγησε γιά διάφορες μορφές φορτίων, σε κλίσεις που προσεγγίζουν με ακρίβεια από 0° εως 30° τις κλίσεις που προκύψαν με την προσομοίωση:

$$\min_{\theta} \sum_i \left\{ \left(\frac{E_{\phi i}}{\sum E_{\phi i}} \right) - \left(\frac{H_{\theta i}}{\sum H_i} \right) \right\}^2 \quad (17)$$

όπου $i = 1, 2, \dots, 12$ και j οι μήνες γιά τους οποίους ισχύει $\left(\frac{E_{\phi j}}{\sum E_{\phi i}} \right) - \left(\frac{H_{\theta j}}{\sum H_i} \right) > 0$

Η σχέση (17) δείχνει, ότι επιλέγεται η γωνία θ η οποία ελαχιστοποιεί τα τετράγωνα των θετικών διαφορών των κανονικοποιημένων μέσων ανά μήνα ημερήσιων τιμών φορτίου από τις κανονικοποιημένες μέσες ανά μήνα ημερήσιες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 2. Καμπύλες φορτίου (σχήματα α) και χωρητικότητα συσσωρευτών Β ως συνάρτηση του εμβαδού των φωτοβολταϊκών πανώ Α (σχήματα β).

Η σχέση (17) είναι γενική και ισχύει για οποιαδήποτε μορφή φορτίου. Αποτελεί έτσι επέκταση της εργασίας | 5 |, όπου το φορτίο θεωρείται σταθερό.

Από τις καμπύλες του σχήματος 2β φαίνεται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στον οικονομικό σχεδιασμό του συστήματος με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πανώ σε μία σταθερή κλίση για όλη τη διάρκεια του έτους από το να τοποθετηθούν σε 2 κλίσεις, όταν δεν υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ χειμερινής και θερινής καμπύλης φορτίου. Διαφορετικά μπορεί να προκύψουν 2 βέλτιστες κλίσεις.

Βιβλιογραφία

- /1/ B.Y.H.Liu and R.C.Jordan: Daily isolation on surfaces tilted toward the equator. Trans. ASHRAE (1962), pp. 526-541.
- /2/ S.A.Klein: Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. Solar Energy, Vol. 19, (1977), pp. 325-329.
- /3/ Δ.Π.Λάλας, Δ.Κ.Πισιμάνης, Β.Α.Νοταρίδου: Μέθοδοι υπολογισμού εντάσεως ηλιακής ακτινοβολίας σε αυθέρετης κλίσεως επίπεδο και πίνακες για 30° , 45° και 60° στον Ελληνικό χώρο. Τεχνικά Χρονικά - B, 1982, Τομ. 2, Τευχ. 3-4.

- /4/ Α.Μπαλουκτσής, Δ.Τσανάκας, Γ.Βαχτσεβάνος: Στοχαστική προσομοίωση της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας. Β' Εθνικό Συνέδριο για τις 'Ηπιες Μορφές Ενέργειας, Θεσσαλονίκη 1985.
- /5/ Ph.Tsalides, A.Thanailakis:Direct computation of the array optimum tilt angle in constant-tilt Photovoltaic systems. Solar Cells 14 (1985), pp. 83 - 89.
- /6/ Δ.Ε.Η. Μετρήσεις για την αξιοποίηση του ηλιακού και αιολικού δυναμικού της Ελλάδας. 1983, Τόμος IV.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΥΠΟΥ ΔΙΟΔΩΝ
SCHOTTKY ΑΠΟ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΥΡΙΤΙΟ

Δ. Γκιργκινούδη

Εργαστήριο Τεχνολογίας Ηλεκτροτεχνικών και Ηλεκτρονικών Υλικών, Πολυτεχνική Σχολή Δ.Π.Θράκης, Ξάνθη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Κατασκευάστηκαν δίοδοι Schottky με την απόθεση σε κενό (π ίεστι $\approx 5 \times 10^{-6}$ torr) υμενίων αλουμινίου ή μολύβδου πάνω σε πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Η μελέτη των ηλεκτροτεχνικών ιδιοτήτων των διόδων Schottky έγινε με μετρήσεις I-V σε σκοτάδι και φώς για διαφορετικές θερμοκρασίες καθώς και με μετρήσεις C-V.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μηχανισμός της μεταφοράς των φορέων σε σκοτάδι και φώς ελέγχεται από το φράγμα δυναμικού που υπάρχει στην επαφή μετάλλου-ημιαγωγού. Βρέθηκε ότι το ύψος φράγματος σε διόδους Al-(πολυ-Si) και Pb-(πολυ-Si) είναι 0.68 και 0.66 V αντίστοιχα, τιμές που είναι μεγαλύτερες από εκείνες του μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Μετρήσεις του φωτοβολταϊκού φαινομένου έδειξαν ότι το ρεύμα βραχυκυλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος και ο παράγοντας πληρότητας χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές τιμές, γεγονός που αποδίδεται στις καλές ηλεκτρικές ιδιότητες των διόδων αυτών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φωτοβολταϊκά στοιχεία, δίοδοι Schottky, πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (πολυ-Si) φαίνεται να είναι το υλικό με τις πολλές ελπίδες για φτηνή φωτοβολταϊκή μετατροπή πάνω στη γή (1,2). Η δίοδος Schottky και η δίοδος τύπου MIS αποτελούν μία άλλη δυνατή εναλλακτική λύση ως προς την επαφή P-n για την κατασκευή φτηνών φωτοβολταϊκών στοιχείων, δεδομένου ότι έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: χαμηλή θερμοκρασία κατασκευής και χαμηλό κόστος υλικού και τεχνικής κατασκευής. Για το λόγο αυτό, έγινε αρκετή πειραματική έρευνα σε φωτοβολταϊκά στοιχεία του τύπου MIS (3)-(9), όπου αναφέρονται αποδόσεις μέχρι και 17.6%. Οι έρευνες αυτές συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο είναι όμοιο με το μονοκρυσταλλικό υλικό ως προς τις σημαντικότερες ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες και η απόδοση των στοιχείων από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο πλησιάζει τις τιμές του μονοκρυσταλλικού υλικού.

Απότι γνωρίζουμε, είναι πολύ λίγες οι μελέτες που αναφέρονται με λεπτομέρεια σε πειραματικά αποτελέσματα φωτοβολταϊκών στοιχείων τύπου διόδων Schottky από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (10)-(12). Μιά συμβολή προς την κατεύθυνση αυτή είναι η παρούσα εργασία, στην οποία παρουσιάζονται πειραματικά αποτελέσματα που πήραμε από φωτοβολταϊκά στοιχεία τύπου διόδων Schottky, που κατασκευάστηκαν από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο τύπου p και τα οποία δείχνουν ότι η συμπεριφορά των στοιχείων αυτών είναι όμοια με την συμπεριφορά φωτοβολταϊκών στοιχείων από μονοκρυσταλλικό υλικό.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων τύπου διόδων Schottky ήταν πλακίδια πολυκρυσταλλικού πυριτίου, πάχους 350 μμ του όίκου Solarex. Τα δείγματα αυτά καθαρίστηκαν διαδοχικά με τριχλωροαιθυλένιο, ακετόνη και μεθανόλη. Στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε χημικό καθαρισμό της επιφάνειας με διάλυμα από $1HF:6HNO_3$ (etching) (13) και τελικά ξεπλήθηκαν με αποϊονισμένο νερό. Βρέθηκε ότι είναι δυνατόν να καθαριστούν τα δείγματα Solarex σαν καθρέπτης αν ο χρόνος κατεργασίας της επιφάνειας είναι αρκετά μεγάλος. Εν τούτοις, η παράταση του χρόνου χημικού καθαρισμού συνήθως επιφέρει μια βαθύτερη χημική χάραξη στα όρια των κρυσταλλιτών έτσι ώστε το ρεύμα διαρροής της διόδου να γίνεται πολύ μεγάλο.

Για τό λόγο αυτό δοκιμάστηκαν διαφορετικοί χρόνοι χημικής χάραξης. Βρέθηκε, ότι για την κατασκευή καλών διόδων η επιφάνεια των δειγμάτων πρέπει να είναι σχετικά λεία και δίχως σημαντική βαθιά διάβρωση στα όρια των κρυσταλλιτών. Τυπικοί χρόνοι χημικής χάραξης είναι 10 ως 15 λεπτά.

Η ειδική αντίσταση των δειγμάτων Solarex μετρήθηκε ηλεκτρονικά και στις δύο πλευρές τους ομικές επαφές αλουμινίου με την κραμματοπόληση στους 500°C .

Για την κατασκευή των διόδων Schottky, αποτέλθηκε σε κενό (πίεση $\sim 5 \times 10^{-6}$ Torr) αλουμινίο καθαρότητας 99.999% ή μόλυβδος καθαρότητας 99.999% με τη βοήθεια κατάλληλης μάσιας από μολυβδανίο (σχήμα 1).

Οι διόδοι αυτόί μελετήθηκαν κάνοντας μετρήσεις των χαρακτηριστικών τους καμπυλών I-V με καταγραφικό X-Y και με τη βοήθεια του κυκλώματος του σχήματος 2, καθώς και με μετρήσεις των χαρακτηριστικών τους καμπυλών C-V με γέφυρα υψηλής συχνότητας (1MHz LRC METER 410) του οίκου Electro Scientific Industries.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

Η αγωγιμότητα μετρήθηκε για την περιοχή θερμοκρασίας από 200 ως 3000K. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3 η αγωγιμότητα αυξάνεται ελαφρά καθώς η θερμοκρασία ελαττώνεται, που δείχνει ότι το φαινόμενο της ευκινησίας είναι όμοιο μ' εκείνο του μονοκρυσταλλικού πυριτίου για την ίδια περιοχή θερμοκρασίας (14).

Η ειδική αντίσταση στη θερμοκρασία δωματίου βρέθηκε ότι είναι $1.7 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ που αντιστοιχεί, χρησιμοποιώντας την ευκινησία του μονοκρυσταλλικού υλικού, σε μια συγκέντρωση $1.2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Το αποτέλεσμα αυτό σύμφωνεί με την τιμή που υπολογίστηκε από τις C-V μετρήσεις στις διόδους Schottky.

Στο σχήμα 4 δίνεται η C-V χαρακτηριστική σε υψηλή συχνότητα (1MHz) μιας διόδου Schottky Al-(πολυ-Si) από την οποία προκύπτει ότι η συγκέντρωση των προσμέτεων στο δείγμα είναι $N_A = 2.1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, και το ύψος του φράγματος δυναμικού της επαφής Al-(πολυ-Si) είναι 0.68V. Το ύψος του φράγματος δυναμικού είναι αρκετά μεγαλύτερο από την τιμή που υπολογίστηκε για το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο τύπου p από τους Smith και Roderick (13).

Στο σχήμα 5 δίνεται η τυπική χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης για ορθή και αντίστροφη τάση πόλωσης της ανωτέρω διόδου Schottky. Μια περισσότερο λεπτομερής I-V χαρακτη-

ριστική για ορθή τάση πόλωσης δίνεται στο σχήμα 6 για διαφορετικές θερμοκρασίες. Η εκθετική εξάρτηση του ρεύματος από την τάση της ιδανικής διόδου παρατηρείται μόνο για μια περιορισμένη περιοχή, γεγονός που οφείλεται στην εμφάνιση της αντίστασης στη σειρά περίπου στα $0.2V$. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να υπολογιστεί ο παράγοντας ιδανικότητας ή και η πυκνότητα του ρεύματος κορεσμού J_s με μεγάλη ακρίβεια. Από το σχήμα 6 προκύπτει ότι ο παράγοντας ιδανικότητας ή είναι ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία στην περιοχή 300 ως $350^{\circ}K$, ίσος με 1.23 ± 0.02 , και η πυκνότητα του ρεύματος κορεσμού J_s είναι $1.1 \times 10^{-5} A/cm^2$.

Τα πειραματικά δεδομένα ταιριάζουν με το ρεύμα θερμοινικής εκπομπής (15)

$$J = A^{**} T^2 \exp(-\frac{q\Phi_b}{kT}) \exp(\frac{qV}{nkT})$$

όπου A^{**} είναι η τροποποιημένη σταθερή του Richardson, T είναι η απόλυτος θερμοκρασία σε $^{\circ}K$, kT είναι η θερμική τάση, Φ_b είναι το ύψος του φράγματος, n είναι ο παράγοντας ιδανικότητας της διόδου και V η τάση πόλωσης. Το ύψος του φράγματος δυναμικού από αυτή την $I-V$ μέτρηση βρέθηκε δια $0.69V$ που συμφωνεί με την πιο πάνω τιμή από τα C-V δεδομένα. Τα γεγονός δια ο παράγοντας ιδανικότητας ή είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα μπορεί να εξηγηθεί με το φαινόμενο της ανασύζευξης στα δρια των κρυσταλλιτών και την ύπαρξη ενός ενδοεπιφανειακού στρώματος από οξείδιο του πυριτίου SiO_2 (13,16).

Μια εναλλακτική μέθοδος για τη μελέτη των ιδιοτήτων της διόδου είναι η μελέτη της εξάρτησης του ρεύματος βραχυκυκλώματος I_{sc} από την τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} . Οπως φαίνεται στο σχήμα 7 το ρεύμα βραχυκυκλώματος I_{sc} έχει εκθετική εξάρτηση από την τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} και συνδέεται μ' αυτήν με τη γνωστή εξίσωση

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q} \ln \left[\frac{J_{sc}}{\frac{J_s}{s} + 1} \right]$$

όπου η και J_s είναι ο παράγοντας ιδανικότητας της διόδου και το ρεύμα κορεσμού σε φάση αντίστοιχη. Από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι ο παράγοντας ιδανικότητας είναι ίσος με 1.19 και η πυκνότητα του ρεύματος κορεσμού είναι ίση με $2 \times 10^{-5} A/cm^2$. Τέλος στο σχήμα 8 δίνεται η ένταση του ρεύματος βραχυκυκλώματος I_{sc} σε συνάρτηση με την ένταση φωτισμού, όπου φαίνεται η γραμμική εξάρτηση του ρεύματος βραχυκυκλώματος από την προσπίπτουσα πυκνότητα φωτονίων. Μια γραμμική μεταβολή του $\log I_{sc}$ ως προς το V_{oc} για διαφορετικούς φωτισμούς δείχνει επίσης ότι ο μηχανισμός της αγωγιμότητας των φορέων είναι σχετικά ανεξάρτητος από το φωτισμό.

Μετρήσεις του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγιναν χρησιμοποιώντας μια λάμπα Ultra Vitalux των $300W$. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία μετρήθηκε μ' ένα πυριηλιόμετρο τύπου Oriel 81020 και βρέθηκε ότι η ένταση της πηγής είναι $20mW/cm^2$. Στα σχήματα 10 και 11 δίνονται οι φωτοβαλταϊκές χαρακτη-

ριστικές των διόδων Schottky Al-(πολυ-Si) και Pb-(πολυ-Si) αντίστοιχα. Από τις καπμύλες των σχημάτων αύτων προκύπτει ότι οι τιμές της τάσης ανοικτού κυκλώματος V_{OC} και του ρεύματος βραχυκυκλώματος I_{SC} είναι αρκετά ικανοποιητικές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο μηχανισμός μεταφοράς των φορέων που κυριαρχεί στις διόδους Schottky Al και Pb πάνω σε πολυκυρυσταλλικό πυρίτιο είναι αυτός της θερμοιονικής εκπομπής. Το ύψος του φράγματος δυναμικού των διόδων αυτών είναι 0.68 και 0.66 V, τιμές που είναι μεγαλύτερες από εκείνες του μονοκυρυσταλλικού πυρίτου. Ο παράγοντας ιδανικότητας της διόδου είναι 1.2 περίπου, που δείχνει ότι τα κέντρα ανασύζευξης που υπάρχουν επιφέρουν αύξηση στο ρεύμα ανασύζευξης.

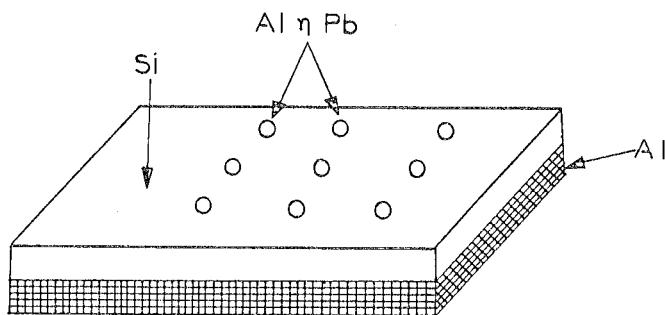
Οι καλλίτερες τιμές που μετρήθηκαν για την τάση ανοικτού κυκλώματος V_{OC} είναι 0.26V και για τον παράγοντα πληρότητας FF είναι 8.61(20mW/cm²).

Σύμφωνα με δύο αναφέρθηκαν πιο πάνω μπορούν να κατασκευασθούν δύοδοι Schottky από πολυκυρυσταλλικό πυρίτιο με εξίσου καλές ηλεκτρικές και οπτικές ιδιότητες σε σύγκριση μ' εκείνες από μονοκυρυσταλλικό υλικό.

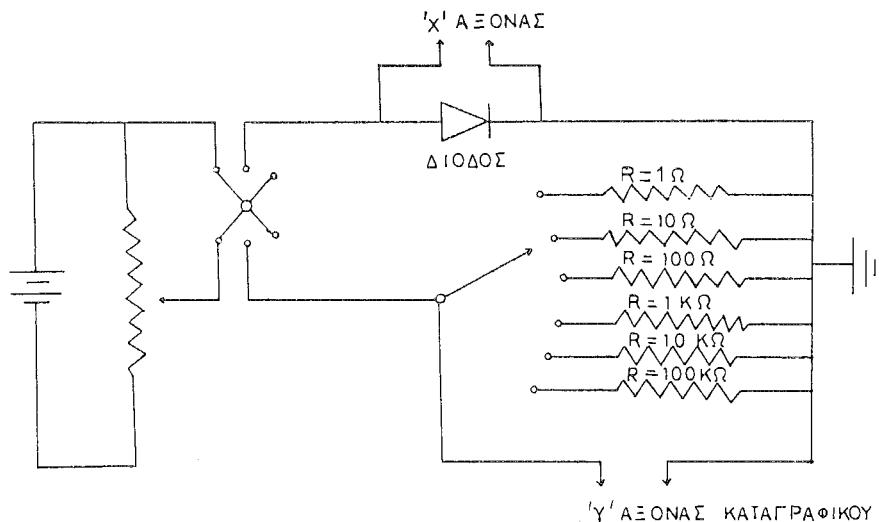
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Lindmayer, 1978, "Characteristics of semicrystalline silicon solar cell", 13th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 1319.
2. T.L. Chu, S.S. Chu, E.D. Stokes, C.L. Lin and R. Abderrassoul, 1978, "Thin film polycrystalline silicon solar cells", 13th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 1106.
3. W.A. Anderson et al., 1978, "High efficiency Cr-MIS solar cells on single and polycrystalline silicon", Appl. Phys. Lett., vol. 33, pp. 588.
4. R.B. Godfrey and M.A. Green, 1979, "655mV open-circuit voltage, 17.6% efficient silicon MIS solar cells", Appl. Phys. Lett., vol. 34, pp. 790-793.
5. M.A. Green et al., 1980, 14th Photovoltaic Specialists Conference, pp. 684.
6. K. Rajkanan et al., 1981, Solar Cells, vol. 3, pp. 17-25.
7. A. Ariotedjo, K. Emery, G. Cheek, P. Pierce, and T. Surek, 1981, "MIS and PN junction solar cells on thin film polycrystalline silicon", Proc. 15th Photovoltaic Specialists Conference.
8. C. Cheek and R. Mertens, 1982, "MIS and SIS solar cells on polycrystalline silicon, Solar Energy Research Institut, SERI, pp. 311-493.
9. J. Lindmayer and Z. Putney, 1980, "Semicrystalline Versus Single Crystal Silicon", Proc. 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 208.
10. D.R. Lillington and W.G. Townsend, 1977, "Cast polycrystalline silicon Schottky barriers solar cells", Appl. Phys. Lett., vol. 31, pp. 471-472.
11. G.M. Storti, 1981, "The fabrication of a 17% AM1 efficient semicrystalline silicon solar cell", Proc. 15th Photovoltaic Specialists Conference, pp. 442-445.

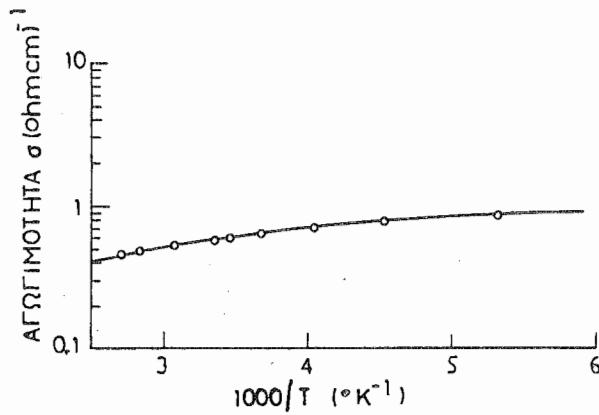
12. A.W. De Groot and Howard C. Card, 1984, "Charge Emission from interface states at silicon grain boundaries by thermal emission and thermionic field emission. Part I: Theory", IEEE Trans. Electron Devices ED-31, pp. 1369, Part II: Experiment", idid., pp. 1370-1376.
13. B.L. Smith and E.H. Roderick, 1971, "Schottky barriers on p-type silicon", Solid-State Electron. Vol. 14, pp. 71-75.
14. S.M. Sze, 1969, Physics of Semiconductor Devices. New York: Wiley.
15. E.H. Rhoderick, 1978, "Metal Semiconductor contacts", Clarendon Press, Oxford.
16. Crowell, C.R. and Sze, S.M., 1970, Solid State Electron. Vol. 13, pp. 1011.



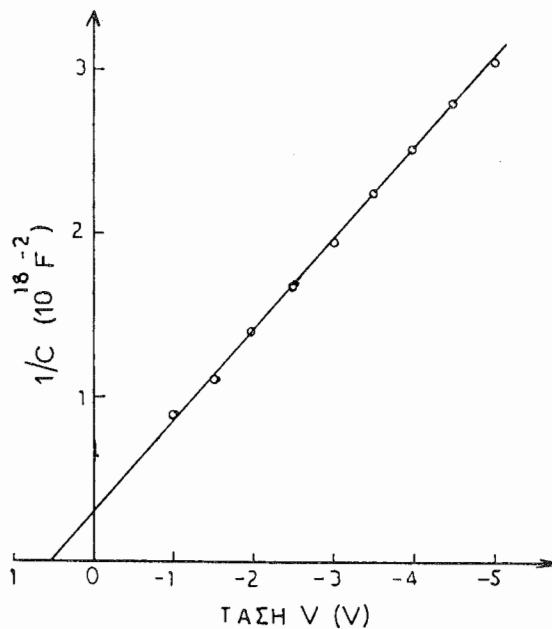
Σχ.1. Διαγραμματική παράσταση μιάς διόδου Schottky
(διαμέτρος διόδου 2 mm).



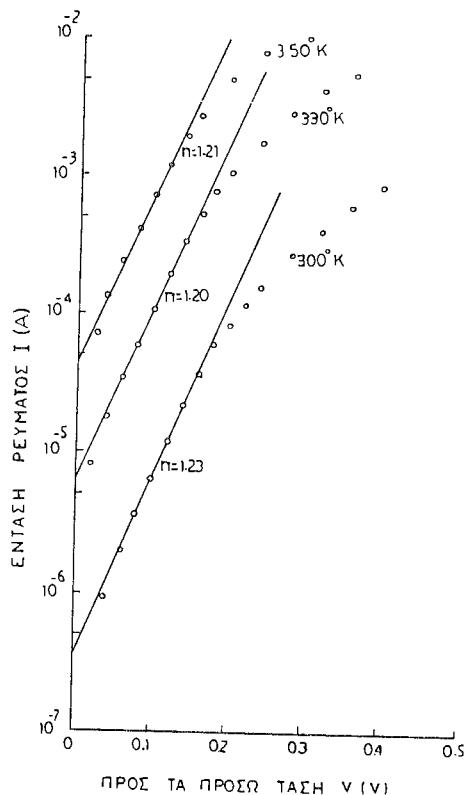
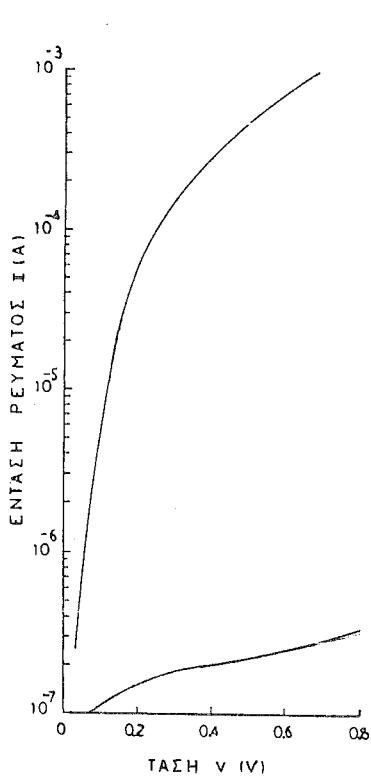
Σχ.2. Κύκλωμα για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών καμπυλών I-V διόδων Schottky με καταγραφικό X-Y.



Σχ.3. Αγωγιμότητα του πολυκρυσταλλικού πυριτίου τύπου β του οίκου Solarex.

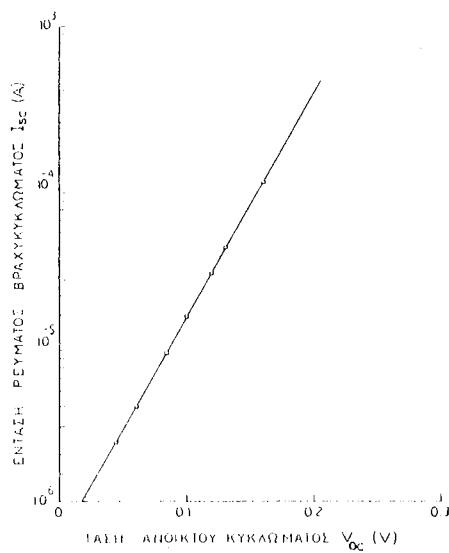


Σχ.4. C-V χαρακτηριστική καμπύλη μιάς διόδου Schottky Al-(πολυ-Si) σε υψηλή συχνότητα (1 MHz).

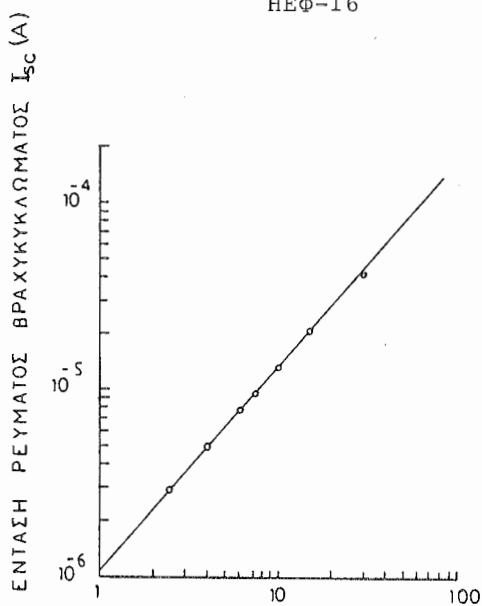


Σχ.5. Τυπική προς τα πρόσω
και αναστροφή I-V χα-
ρακτηριστική διόδου
Schottky Al-(πολύ-Si)
σε σκοτάδι.

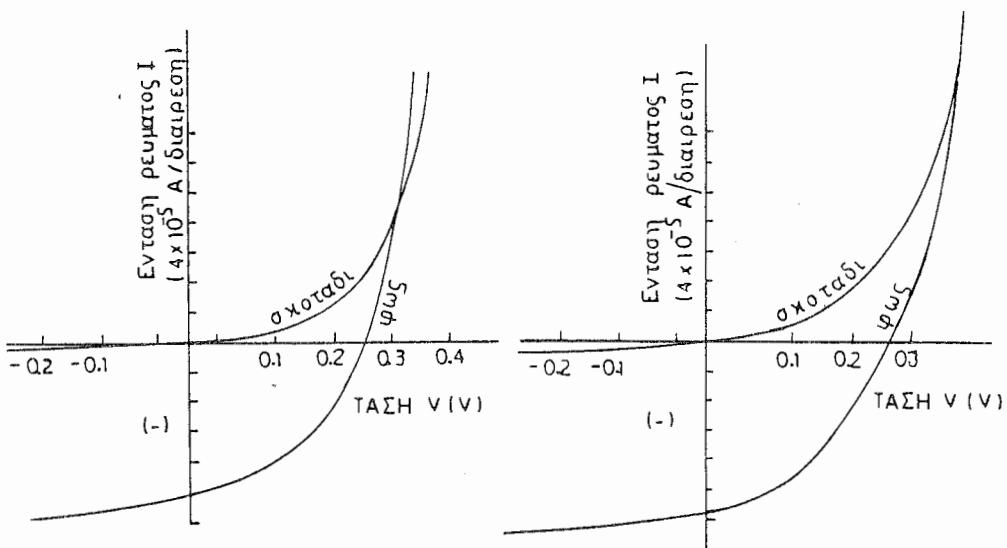
Προς τα πρόσω Ι-ν χαρακτηριστικές για διαφορετικές θερμοκρασίες διόδου Schottky Al-(πολυ-Si) σε σκοτάδι.



Σχ.7. Ι-ν χαρακτηριστική διάδοση Schottky Al-(πολυ-Si) σε φώς.



Σχ.8. Ρεύμα βραχυκυκλώματος διόδου Schottky Al-(πολυ-Si) σε συνάρτηση με την ένταση φωτισμού.



Σχ.9. I-V φωτοβολταϊκή χαρακτηριστική διόδου Schottky Al-(πολυ-Si).

Σχ.10 I-V φωτοβολταϊκή χαρακτηριστική διόδου Schottky Pb-(πολυ-Si).

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ
ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΝΕΤΩΝ ΚΑΡΠΑΘΟΥ

Ε. ΒΑΖΑΙΟΣ : BP ΕΛΛΑΔΟΣ (Calpak)
Δρ. Ι. ΑΒΑΡΙΤΣΙΩΤΗΣ,
Μ. ΤΣΙΛΗΣ : Εργαστήριο Ηλεκτρονικής
Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Στην κοινότητα Μενετών Καρπάθου πρόκειται να κατασκευασθεί πρωτότυπο φωτοβολταϊκό αντλητικό συγκρότημα για αρδευση, με την υποστήριξη της ΕΤΒΑ και της ΕΟΚ. Μεταξύ διαφόρων μεθόδων για φωτοβολταϊκή αντληση επιλέχθηκε σύστημα που συνδυάζει: γεννήτρια 10Kw, μετατροπέα συνεχούς/εναλλασσόμενου και υποβρύχια φυγοκεντρική αντλία με τριφασικό κινητήρα. Δεν χρησιμοποιούνται μιταταρίες, αλλά το αντλούμενο νερό αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές: μία ψηλότερα και μία χαμηλότερα από το άνοιγμα της γεώτρησης. Ήταν τον υπολογισμό της ετήσιας ποσότητας του αντλούμενου νερού καταστρώθηκε πρόγραμμα προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Για την αξιολόγηση των λειτουργικών επιδόσεων του συγκροτήματος θα εγκατασταθεί σύστημα μετρήσεων.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΑΕΙΔΙΑ : Φωτοβολταϊκή γεννήτρια, αντληση νερού, μετατροπέας συνεχούς/ εναλλασσόμενου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευή φωτοβολταϊκού αντλητικού συστήματος για αρδευση στη περιοχή Κήπων Αφιάρητη της Κοινότητας Μενετών Καρπάθου έχει περιληφθεί στο χρηματοδοτικό πρόγραμμα των επιδεικτικών σχεδίων της ΕΟΚ, για το 1983. Ηρόκειται για φωτοβολταϊκή συστοιχία 10 Kwρ που τροφοδοτεί φυγοκεντρική αντλία μέσω ηλεκτρονικού μετατροπέα DC/AC. Το φρέαρ βάθους 80 περίπου μέτρων υπάρχει ήδη στη περιοχή, διπλας ειρίσης και δύο δεξαμενές όπου θα αποθηκεύεται το αντλούμενο νερό. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τα δόκιμα συστήματα και συνδιασμοί μηχανημάτων για φωτοβολταϊκή αντληση νερού. Γίνεται επιλογή του πλέον κατάλληλου συστήματος για την συγκεκριμένη εφαρμογή, περιγράφονται συνοπτικά τα κύρια υποσυστήματα που το απαρτίζουν, και ο τρόπος λειτουργίας της δίλης διάταξης. Για τον υπολογισμό της ποσότητας του αντλούμενου νερού έχει καταστρώθει πρόγραμμα προσομίωσης σε H/Y. Περιγράφεται τέλος συνοπτικά το σύστημα λήψης και καταγραφής μετρητικών στοιχείων.

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΑΝΤΑΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Στο σχήμα 1 φαίνεται η γενική διάταξη ενός φωτοβολταϊκού αντλητικού συστήματος. Από τα υποσυστήματα που περιλαμβάνονται στο σχήμα 1, τρία είναι τα βασικά: η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, ο κινητήρας και η αντλία, ενώ ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής και οι μπαταρίες δεν είναι πάντα απαραίτητες. Γενικά είναι πιο οικονομικό να παραλειπούνται οι μπαταρίες καὶ να αποθηκεύεται νερό αντί για ηλεκτρική ενέργεια, γι' αυτό στο εξής θα μας απασχολήσουν συστήματα λιγεπόπειρα υποσυστήματα πρέπει να έχουν μεγάλη απόδοση σε ευρεία περιοχή λειτουργίας, έτσι ώστε το σύστημα να αξιοποιεί υψηλό ποσοστό της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας. Οσον αφορά το ζεύγος κινητήρα-αντλίας αναφέρονται ειδικότερα τα εξής [1]:

Οι τύποι ηλεκτρικών κινητήρων που θεωρούνται οι πλέον κατάλληλοι για φωτοβολταϊκές εφαρμογές είναι δύο:

- Α. Κινητήρες συνεχούς ρεύματος, με μόνιμο μαγνήτη, (DC permanent magnet motors) συνήθως με ψύκτρες. Πρόσφατα εμφανισθηκαν παραλλαγές χωρίς ψύκτρες, όπου η βραχυκύκλωση των τυλιγμάτων γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο.
- Β. Τριφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με τύλιγμα κλωβού.

Διακρίνονται επίσης δύο τύποι αντλιών κατάλληλων για φωτοβολταϊκή αντληση [3]:

- α. Αντλίες θετικής εκτόπισης (positive displacement pumps), περιστροφικές ή παλινδρομικές.
- β. Φυγοκεντρικές αντλίες. Οι τελευταίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές.

Οι ακόλουθοι συνδυασμοί των παραπάνω τύπων κινητήρων - αντλιών φαίνεται να έχουν προοπτικές για φωτοβολταϊκή αντληση υερού:

- Α. Φ/Β Εννήτρια - Κινητήρας συνεχούς με μόνιμο μαγνήτη - Φυγοκεντρική αντλία.
Η ορθή επιλογή των χαρακτηριστικών κάθε υποσυστήματος είναι κρίσιμη για την απόδοση του όλου συστήματος: η φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρέπει να λειτουργεί κοντά στο σημείο μεγίστης ισχύος για ευρείες διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας [2]. Η αντλία μπορεί να τοιοτετηθεί μέσα ή έξω από το νερό. Ο κινητήρας πρέπει να είναι έξω από το νερό, εκτός αν χρησιμοποιείται τύπος χωρίς ψύκτρες.
- Β. Φ/Β Γεννήτρια - Μετατροπέας συνεχούς/συνεχούς - Κινητήρας συνεχούς με μόνιμο μαγνήτη - Φυγοκεντρική αντλία.
Ο μετατροπέας πρέπει να περιλαμβάνει σύστημα παρακολούθησης σημείου μεγίστης ισχύος (MPPT). Στη περίπτωση αυτή υπάρχει μεγαλύτερη ελαστικότητα σήμην επιλογή των χαρακτηριστικών του κινητήρα και της αντλίας απ' ότι στην περίπτωση 1.

- Γ. Φ/Β Γευνήτρια - Μετατροπέας συνεχούς / εναλλασσόμενου - Τριφασικός κινητήρας - Φυγοκεντρική αντλία.
 Ο κινητήρας και η αντλία είναι συνήθως συνδυασμένα σε ένα τεμάχιο με τέτοιες διαστάσεις ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους μέσα στο φρέαρ. Και στη περίπτωση αυτή ο μετατροπέας πρέπει να περιλαμβάνει MPPT. Εδώ η χρησιμότητα του μετατροπέα έγκειται επιπλέον στο δια παρέχει δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα ανάλογα με την προστίτουσα ηλιακή ακτινοβολία διατηρώντας πρακτικά σταθερή τη μηχανική ροπή στον άξονα της αντλίας. Αυτό επιτυγχάνεται με ταυτόχρονη μεταβολή του δυναμικού και της συνχρόνητας του ρεύματος τροφοδότησης του κινητήρα εποιεί ώστε ο λόγος F/V να παραμένει πρακτικά σταθερός. Έτσι η μαγνητική ροή στον κινητήρα διατηρείται σταθερή, η μέγιστη ροπή μειώνεται ελαφρά καθώς μειώνεται η συχνότητα, ενώ η ροπή εκκινήσεως αυξάνεται ελαφρά.
- Δ. Φ/Β Γευνήτρια - Μετατροπέας συνεχούς/συνεχούς - Κινητήρας συνεχούς με μόνιμο μαγνήτη - Αντλία θετικής εκτόπισης.
 Ο μετατροπέας πρέπει να περιλαμβάνει MPPT. Η αντλία είναι υποβρύχια, ενώ ο κινητήρας πρέπει να εγκατασταθεί στην επιφάνεια του φρέατος εκτός και αν χρησιμοποιηθεί κινητήρας χωρίς ψύκτρες.
- Ε. Φ/Β Γευνήτρια - Μετατροπέας συνεχούς/εναλλασσόμενου - Τριφασικός κινητήρας - Αντλία θετικής εκτόπισης.
 Ο μετατροπέας πρέπει να περιλαμβάνει MPPT. Η αντλία είναι υποβρύχια ενώ ο κινητήρας μπορεί να είναι είτε υποβρύχιος είτε επιφανειακός.

Από τα προαναφερθέντα συστήματα φωτοβολταϊκής αντλησης νερού υπάρχουν σήμερα σε εμπορική κλίμακα μόνο συστήματα τύπου Α, για μανομετρικά ύψη μέχρι 10m. Αντλητικά φωτοβολταϊκά συστήματα των άλλων τύπων συναντώνται σε περιορισμένη κλίμακα, σε επιδεικτικές εφαρμογές, κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες και με κύριο χαρακτηριστικό δια έχουν σχεδιασθεί για μικρά μανομετρικά ύψη (<10m). Στην περίπτωση του Φωτοβολταϊκού αντλητικού συστήματος Μενετών Καρπάθου το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι δια έχει σχεδιασθεί για αντληση νερού από γεωτρηση μεγάλου βάθους (μανομετρικό ύψος 70m).

Το σύστημα της Καρπάθου μπορεί να ταξινομηθεί στον τύπο Γ, αν και θα μπορούσε να έχει σχεδιασθεί σύμφωνα με τον τύπο Δ. Όμως ένα σύστημα τύπου Δ για μεγάλα μανομετρικά ύψη παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

Οι κινητήρες με ψύκτρες έχουν ανάγκη συχνής συντήρησης. Επισης ο άξονας που, κατά μήκος του φρέατος, μεταφέρει την ισχύ του κινητήρα από την επιφάνεια του φρέατος στην υποβρύχια αντλία παρουσιάζει τεχνικές δυσκολίες στην συντήρηση του. Επί πλέον οι κινητήρες χωρίς ψύκτρες είναι ακόμη αρκετά ακριβοί, η λειτουργία τους δεν έχει ακόμη αποδειχθεί τεχνικά αφού υπάρχουν προβλήματα υπερθέρμανσης των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και, το σπουδαι-

δύτερο, δεν είναι εύκολο να βρεθούν στην αγορά μηχανές με τις οποίες μεγαλύτερες από 1KW.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ

Το σύστημα της Καρπάθου αποτελείται (σχ. 2) από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια 10KWp, ένα τριφασικό μετατροπέα συνεχούς/εναλλασσόμενου με σύστημα παρακολούθησης σημείου μεγιστηρίου ισχύος, ένα τριφασικό κινητήρα 6,3 KW και μία 8-βάθμια φυγοκεντρική αντλία. Πιο αναλυτικά :

3.1. Η Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η Φ/Β γεννήτρια αποτελείται από 303 φωτοβολταϊκούς συλλέκτες (Photovoltaic modules) τύπου BP A 1233 της BP SOLAR SYSTEMS Ltd, συνολικής μέγιστης ισχύος 10KW. Αιτό το σύνολο των φωτοβολταϊκών συλλεκτών 288 αποτελούν το κύριο σύστημα, που τροφοδοτεί την υιοθετήσαντα αντλία για την άντληση του νερού από το πηγάδι. Οι υπόλοιποι 15 φωτοβολταϊκοί συλλέκτες αποτελούν το βοηθητικό σύστημα που σκοπό έχει να τροφοδοτεί τα βοηθητικά κυκλώματα του συγκροτήματος, δημοσιού : το μετρητικό σύστημα, του ηλεκτρονικού υπολογιστή, τους αυτοματισμούς, του φωτισμού του οικισκού που θα στεγάζει τα μηχανήματα (σχ. 3), κλπ. Οι Φ/Β συλλέκτες θα τοποθετηθούν με τη βοήθεια μεταλλικών βάσεων με κλίση 36° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και θα εδράζονται πάνω σε τσιμεντένια βάθρα ειτή του εδάφους. Η ηλεκτρική σύνδεση των Φ/Β συλλεκτών γίνεται σε σειρά ανά ομάδες. Το κύριο σύστημα περιλαμβάνει 12 ομάδες των 24 συλλεκτών με συνομαστική τάση 330V. Το βοηθητικό σύστημα περιλαμβάνει 3 ομάδες των 5 συλλεκτών με συνομαστική τάση 60V.

3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC/AC

Ο μετατροπέας DC/AC ισχύος 10kVA, μετατρέπει την συνεχή ηλεκτρική τάση σε εναλλασσόμενη μεταβλητής συχνότητας και εύρους. Η τροφοδοτική συνεχής τάση μπορεί να μεταβλητεί μέσα σε σχετικά ευρέα δρια, χωρίς να επηρεάζεται η τάση εξόδου. Ο λόγος της τάσεως προς τη συχνότητα εξόδου διατηρείται σταθερός για διαφορετικές συχνότητες. Επιτά ο κινητήρας της αντλίας λειτουργεί συνεχώς με σταθερή μαγνητική ροή και μπορεί να αναπτύξει την συνομαστική ροπή του για διάφορες ταχύτητες περιστροφής. Ο μετατροπέας περιλαμβάνει επίσης MPPT και μηχανισμό αυτόματης εκκίνησης που επιτρέπει στην αντλία να εκκινεί μόνον όταν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία έχει φθάσει σε κάποιο προκαθορισμένο δριο. Ο μετατροπέας είναι ικανός να αξιοποιεί το μέγιστο δυνατό από την διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και να την μεταφέρει στο φορτίο (αντλία) με μεγάλη απόδοση.

3.3 Αντλία - Κινητήρας

Θα χρησιμοποιηθεί 8-βάθμια φυγοκεντρική αντλία, συνδεδεμένη με στεγανό τριφασικό ηλεκτροκινητήρα. Αντλία και κινητήρας αποτελούν ενιαίο συγκρότημα που λειτουργεί καταδυόμενο κάτω από την στάθμη του νερού. Η αντλία θα κρέμεται από τον σωλήνα καταθλιφεως σε

βάθος 70 π. από την επιφάνεια του φρέατος. Η αυτλία είναι πολυβαθμίου μορφής, ευκόλου αποσυναρμολογήσεως και επανασυναρμολογήσεως. Το σώμα των βαθμίδων κατασκευάζεται από λεπτόκοκκο χυτοσίδηρο αριστης ποιότητας ή φωσφορούχο ορείχαλκο. Η πτερωτή είναι μικτής ροής. Κατασκευάζεται από φωσφορούχο ορείχαλκο και είναι δυναμικά ζυγοσταθμισμένη. Ο υποβρύχιος ηλεκτροκινητήρας είναι τριφασικός, βραχυκυκλωμένου δρομέως, με στεγανή υδατοβρεκτη περιέλιξη.

4. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2 το αντλούμενο νερό θα διοχετεύεται εναλλακτικά σε δύο δεξαμενές, η μία εκ των οποίων βρίσκεται 25 π. πάνω από την επιφάνεια της γεωτρησης και η άλλη μερικά μέτρα κάτω από αυτήν. Η διευθέτηση των δεξαμενών έγινε έτσι για δύο λόγους :

- α. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης μόνο της κάτω δεξαμενής, επειδή η μεγίστη παροχή της γεωτρησης είναι $12 \text{ m}^3/\text{h}$, υπήρχε πρόβλημα περιορισμού της προς τον κινητήρα παρεχομένης ηλεκτρικής ισχύος για μεγάλα χρονικά διαστήματα, σε βάρος φυσικά του βαθμού χρησιμοποίησης της Φ/Β γεννήτριας. Αντίθετα σε περίπτωση χρησιμοποίησης μόνο της πάνω δεξαμενής το συνολικά αντλούμενο νερό σε ετήσια βάση για την εγκατεστημένη ισχύ της Φ/Β γεννήτριας θα ήταν αρκετά μειωμένο.
- β. Ο συνδυασμός των δύο δεξαμενών δχι μόνο βελτιστοποιεί τον βαθμό χρησιμοποίησης της Φ/Β γεννήτριας αλλά και επιτρέπει την δρδευση μεγαλύτερης έκτασης.

Η άντληση του νερού στην πάνω δεξαμενή αρχίζει μόλις η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των Φ/Β συλλεκτών ανά ώρα, με βάση μέσες ημερήσιες τιμές των τελευταίων 10 ετών για Ρόδο και Αγ. Νικόλαο [4]. Υπολογίζεται κατόπιν η παραγόμενη ανά ώρα ηλεκτρική ενέργεια λαμβανομένης υπόψη της θερμοκρασίας λειτουργίας των Φ/Β κινητών και των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της Φ/Β γεννήτρια [5]. Η ποσότητα του νερού υπολογίζεται ανά ώρα με βάση τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του κινητήρα, της αντλίας και του φρέατος. Τα αποτελέσματα της προσομείωσης φαίνονται στα σχήματα 4 και 5 για δύο κατώφλια, προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας : 400 W/m^2 και 600 W/m^2 .

5. ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στο πρόγραμμα που αναπτύχθηκε, κατ' αρχήν υπολογίζεται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των Φ/Β συλλεκτών ανά ώρα, με βάση μέσες ημερήσιες τιμές των τελευταίων 10 ετών για Ρόδο και Αγ. Νικόλαο [4]. Υπολογίζεται κατόπιν η παραγόμενη ανά ώρα ηλεκτρική ενέργεια λαμβανομένης υπόψη της θερμοκρασίας λειτουργίας των Φ/Β κινητών και των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της Φ/Β γεννήτρια [5]. Η ποσότητα του νερού υπολογίζεται ανά ώρα με βάση τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του κινητήρα, της αντλίας και του φρέατος. Τα αποτελέσματα της προσομείωσης φαίνονται στα σχήματα 4 και 5 για δύο κατώφλια, προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας : 400 W/m^2 και 600 W/m^2 .

6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

Οι λειτουργικές επιδόσεις του συστήματος θα είναι δυνατόν να μελετηθούν με την κατάλληλη επεξεργασία των καταγραφομένων στοιχείων, δημοσιεύσας :

- α) λειτουργικά, π.χ. παροχή αντλούμενου νερού, στάθμη νερού στο φρέαρ, παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς κ.λ.π.
- β) Μετεωρολογικά, π.χ. ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασία περιβάλλοντος κ.λ.π.
- γ) γεγονότα, π.χ. αλλαγή της τρόφιδοτούμενης δεξαμενής.

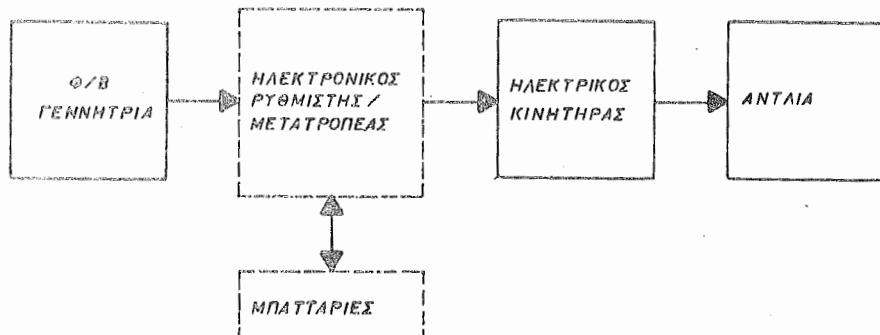
Η λήψη και καταγραφή των στοιχείων αυτών θα γίνεται με χρήση κατάλληλων αισθητήρων και μικρουπολογιστικού συστήματος.

7. ΗΡΟΟΠΙΓΚΕΣ

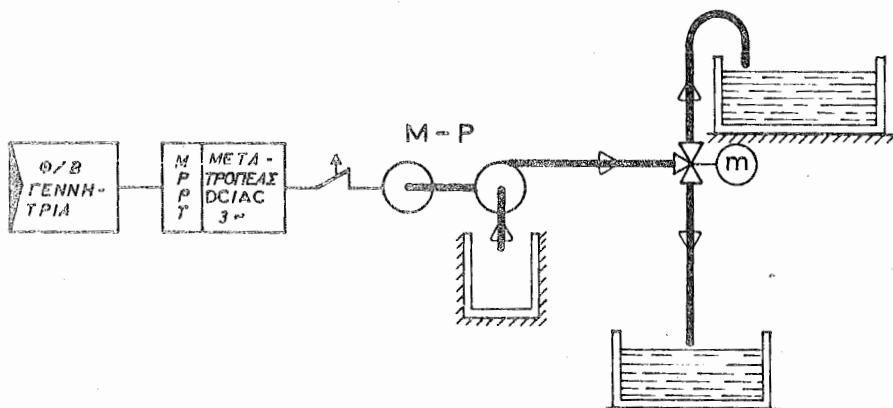
Η ειδιαίτερη φύση του περιγραφέντος έργου το καθιστά πρωτοριακό στον τομέα του. Πιστεύεται ότι η αξιολόγηση των λειτουργικών επιδόσεων θα συνεισφέρει στην βέλτιστη σκεδιαση παρόμοιων συστημάτων. Πρέπει να τονισθεί ότι η χρησιμοποίηση τέτοιων συστημάτων σε συνδυασμό με συσκευές αφαλάτωσης μπορεί να δώσει τεχνοικονομικά βιώσιμες λύσεις για δρεσνή και δρευση μικρών απομονωμένων κοινοτήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

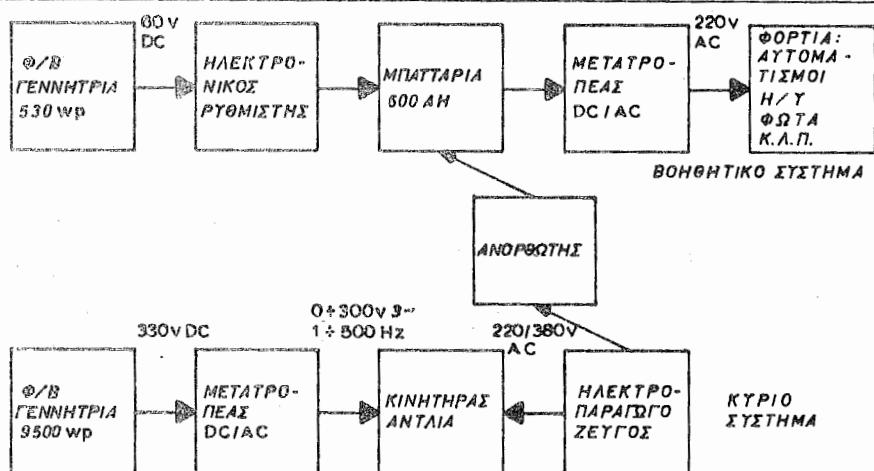
1. MATLIN, R.W. (1979), Design Optimization and Performance Characteristics of a Photovoltaic Micro-Irrigation System for Use in Developing Country. MIT Lincoln Lab.
2. HSIAO, Y.R. and B.A. Blevius (1984), Direct Coupling of Photovoltaic Power Source to Water Pumping System. Solar Energy, Vol. 32, No. 4, p.p. 489-498.
3. K S B (1980), Centrifugal Pump - Lexicon, Frankenthal.
4. ΛΑΛΑΣ, Δ.Η., Δ.Κ. Πισιμάνης και Β.Α. Νοταρέδου (1982). Μέθοδοι Υπολογισμού Εντάσεως Ηλιακής ακτινοβολίας σε Αυθαίρετης Κλίσεως Επίπεδο και Ημικακες για 30°, 45° και 60° στον Ελληνικό Χώρο. Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση Τ.Ε.Ε., τομ. 2, τευχ. 3-4, σ.129.
5. GOLDSTEIN, L.H. and G.R. Case (1978), PUSS-A Photovoltaic System Simulation Program. Solar Energy, Vol. 21, p.p. 37-43.



ΣΧΗΜΑ 1. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Φ/Β ΑΝΤΑΝΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

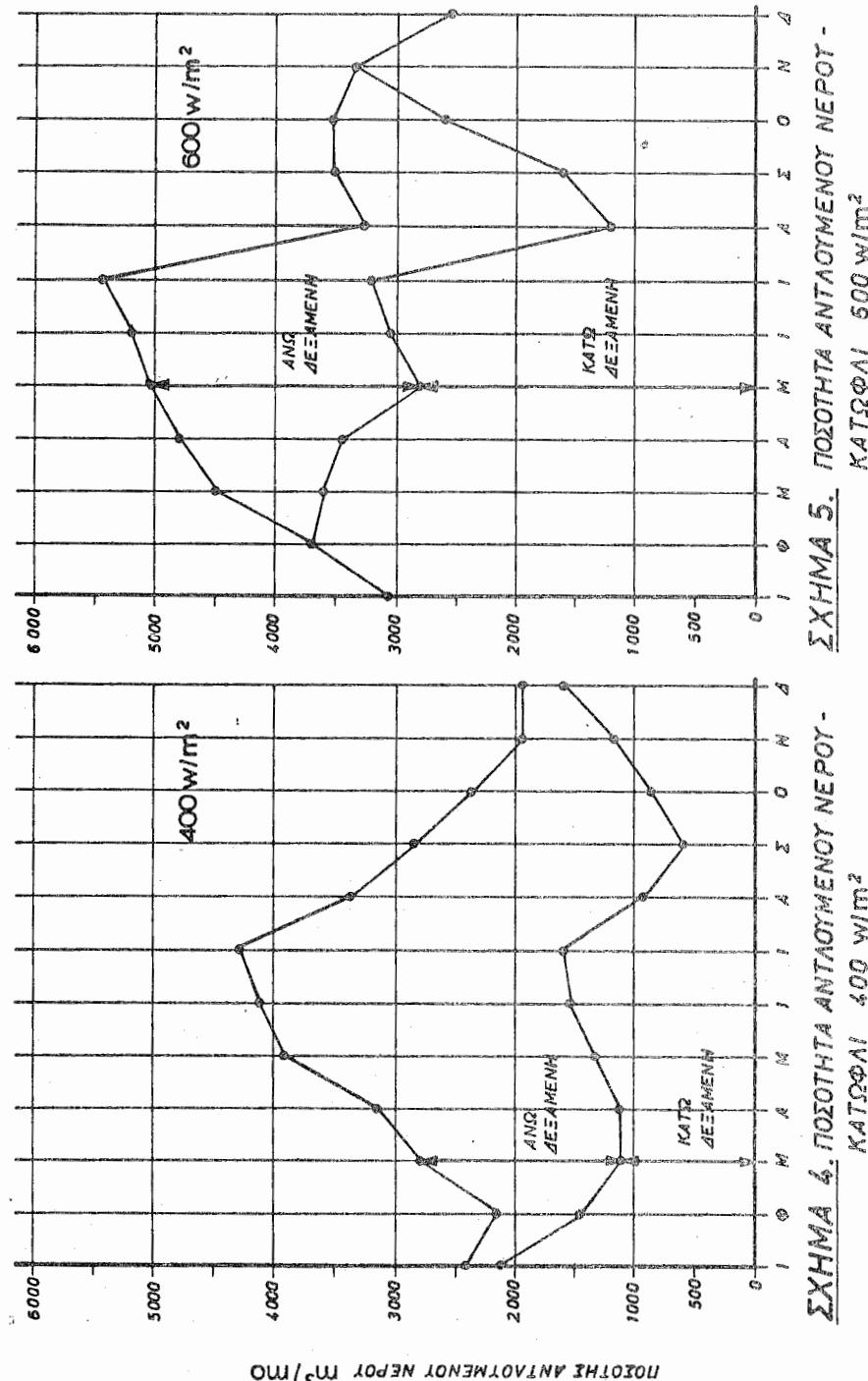


ΣΧΗΜΑ 2. ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Φ/Β ΑΝΤΑΝΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ



ΣΧΗΜΑ 3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ

НЕФ-24



ΣΧΗΜΑ 4. ΝΟΕΤΟΗΤΑ ΑΝΤΑΟΤΜΕΝΔΥ ΝΕΠΟΥΡ -
ΚΑΤΩΦΛΙ 400 W/m²

ΣΧΗΜΑ 5. ΝΟΕΤΟΗΤΑ ΑΝΤΑΟΤΜΕΝΔΥ ΝΕΠΟΥΡ -
ΚΑΤΩΦΛΙ 500 W/m²