

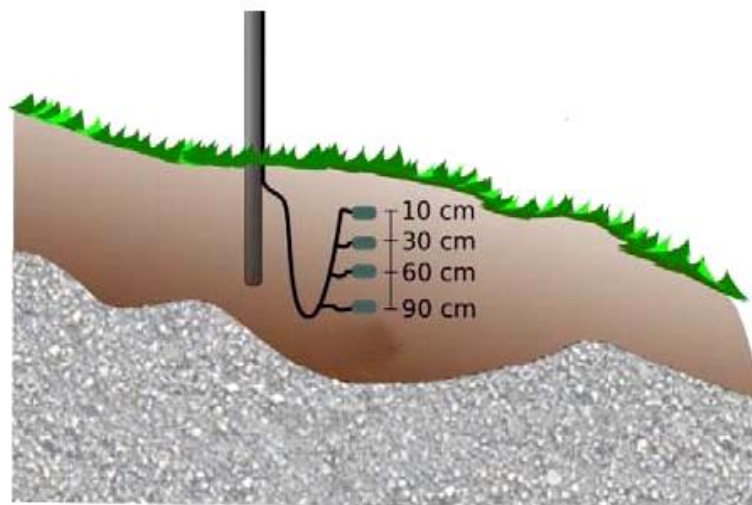


Αλεξάνδρειο

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

Τμήμα Αυτοματισμού

«Κατασκευή Συστήματος Μέτρησης Θερμοκρασίας Εδάφους»



Πτυχιακή Εργασία: **Φέκας Ευάγγελος (Α.Μ.06/2252)**

Επίβλεψη: **Κιζήρογλου Μιχάλης**

Θεσσαλονίκη, 2012

Αντί Προλόγου...

Η εργασία αυτή ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2012 και ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους με τη συγκέντρωση στοιχείων διαφορετικών πόλεων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Εφαρμογών του τμήματος Αυτοματισμού Θεσσαλονίκης κ. Μιχάλη Κιζήρογλου για την βοήθεια που μου προσέφερε και την άψογη συνεργασία που συνάψαμε. Επίσης, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την ψυχολογική και υλική βοήθεια που μου έδωσαν.

Περίληψη

Η θερμοκρασία του εδάφους εξαρτάται από την ποσότητα θερμότητας που δέχεται το έδαφος κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία και αυτήν που ανακλά. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους έχουν επίδραση στον καθορισμό των φυσικών διεργασιών του και αποτελούν σημαντική παράμετρο για την ύπαρξη και διατήρηση δασικών και γεωργικών οικοσυστημάτων .

Η γνώση της θερμοκρασίας του εδάφους βοηθάει στην διερεύνηση των διεργασιών που υφίστανται οι δραστικές ουσίες των φυτοπροστατευτικών φαρμάκων. Με την βοήθεια της παραπάνω γνώσης γίνεται επίσης αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διάφορων τεχνικών απολύμανσης των παρασίτων και των παθογόνων μικροοργανισμών στα καλλιεργούμενα εδάφη. Τέλος, η γνώση αυτή είναι απαραίτητη για εφαρμογές βιοκλιματικού σχεδιασμού (παθητική θέρμανση και ψύξη κτιρίων) , καθώς επίσης και στα θερμοκήπια .

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση και η εκτίμηση των θερμοκρασιών εδάφους σε συγκεκριμένα βάθη (0.15 m & 0.40 m) και σε διαφορετικούς τύπους εδαφών, όσο αφορά την σύστασή τους . Οι μετρήσεις έγιναν τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 2012 .

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και την σύγκρισή τους προέκυψαν :

- α) Διαφορές στην διακύμανση των θερμοκρασιών σε σχέση με το βάθος
- β) Χρονική καθυστέρηση μεταβολής της θερμοκρασίας ανά βάθος
- γ) Διαφορές μεταξύ διαφορετικών τύπων εδάφους
- δ) Εποχιακές διακυμάνσεις θερμοκρασίας .

ABSTRACT

The temperature of the soil depends on the amount of heat it approves, mainly from the solar radiation and also the amount it reflects. The fluctuations in soil temperature affect the determination of its natural processes and play an important role in the existence and maintenance of forest and agricultural ecosystems.

Knowing the temperature of the soil helps us to explore the processes that the active substances of plant protection drugs undergo. The above knowledge also helps us in the evaluation of the effectiveness of different techniques for decontamination of parasites and pathogens in agricultural soils. Finally, this knowledge is vital for bioclimatic design applications (passive heating and cooling of the buildings), as well as for greenhouses.

The purpose of this thesis is the analysis and the assessment of soil temperatures in specific soil depths (0.15 m & 0.40 m) and different soil types, regarding to their composition. The measurements were held during June, July, August and September of 2012.

According to the taken measurements, we are conducted to the following conclusions:

- a) There are differences in variation of temperature with respect to the depth,
- b) There is, also, time delay of a temperature change per depth,
- c) There are differences between different soil types,
- d) And finally, there is seasonal fluctuation of temperature.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1:Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 2:Βιβλιογραφική Επισκόπηση	8
Κεφάλαιο 3:Περιγραφή ηλεκτρονικού μέρους	15
Κεφάλαιο4:Κατασκευή και χαρακτηρισμός του συνολικού συστήματος	17
Κεφάλαιο 5:Μετρήσεις.....	24
Κεφάλαιο 6:Συμπεράσματα	31
Κεφάλαιο 7:Μελλοντικές βελτιώσεις συστήματος μετρήσεων..	34
Κεφάλαιο 8:Προοπτικές αξιοποίησης αποτελεσμάτων	36
Βιβλιογραφία	38

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι συνάρτηση της ποσότητας της θερμότητας που δέχεται το έδαφος και αυτής που ανακλά. Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοκρασία του εδάφους είναι τα φυσικά συστατικά (άμμος, άργιλος, λίθοι κτλ) τα οποία καθορίζουν και την υφή του, όπως επίσης και η υγρασία που περιέχει. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους επιδρούν στον καθορισμό των φυσικών διεργασιών του, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν σημαντική παράμετρο για την ύπαρξη και την διατήρηση γεωργικών και δασικών οικοσυστημάτων.

Η κύρια πηγή θερμότητας για το έδαφος είναι ο ήλιος. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους μεταβάλλονται ανάλογα με τις διακυμάνσεις της ηλιοφάνειας κατά την διάρκεια της μέρας αλλά και την εποχή του χρόνου, με μία χρονοκαθυστέρηση λόγω της αντίστασης στη μεταφορά θερμότητας. Στην παρούσα εργασία επιβεβαιώνεται ότι οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του εδάφους μειώνονται όσο μεγαλώνει το βάθος. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση των διακυμάνσεων όταν η επιφάνεια καλύπτεται από βλάστηση. Εξαιτίας της αντίστασης του εδάφους στις θερμοκρασιακές μεταβολές (θερμοχωρητικότητας του νερού), κατά τη νύχτα το υπέδαφος είναι θερμότερο από το επιφανειακό έδαφος. Για τον ίδιο λόγο, το χειμώνα η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη στα βαθύτερα στρώματα της Γης. Διαπιστώνεται επίσης ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία εδάφους σε οποιοδήποτε βάθος είναι πάντα ελαφρώς υψηλότερη από την αντίστοιχη ατμοσφαιρική στην ίδια τοποθεσία.

Η εργασία αυτή αφορά την κατασκευή ειδικής διάταξης ταυτόχρονης παρακολούθησης θερμοκρασίας, σε διάφορα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους έως ένα μέτρο βάθος.

Στο κεφάλαιο 2 παρατίθενται μετρήσεις θερμοκρασίας εδάφους από παλαιότερη δημοσίευση. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η γενική μορφή του συστήματος μέτρησης των θερμοκρασιών του εδάφους που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται η μέθοδος

κατασκευής. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το παραπάνω σύστημα σε διάφορα βάθη. Στο κεφάλαιο 6 γίνεται μια σύνοψη της εργασίας και αναφέρονται τα συμπεράσματα, που προέκυψαν σχετικά με το θερμοκρασιακό εύρος, την μείωση της διακύμανσης θερμοκρασίας εδάφους σε σχέση με το βάθος και την μέση θερμοκρασία εδάφους. Στο κεφάλαιο 7 προτείνονται αναβαθμίσεις, που μπορούν να γίνουν μελλοντικά στο σύστημα. Στο κεφάλαιο 8 αναφέρονται οι προοπτικές αξιοποίησης των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από την παρούσα πτυχιακή εργασία. Τέλος παρατίθεται η σχετική βιβλιογραφία, που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας .

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Μια επισκόπηση μετρήσεων θερμοκρασίας εδάφους και ειδικότερα η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, της επιφάνειας του γυμνού εδάφους, καθώς και στα βάθη από 2 έως 50 cm για θερμομέτρα άμεσης επαφής, για όλους τους μήνες του έτους της περιόδου 1992 – 2008 παρουσιάζεται γραφικά στα σχήματα του κεφαλαίου 2. Οι μετρήσεις αυτές προέρχονται από την μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία της Κουτελίδα Αικατερίνης, από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, με επιβλέποντα καθηγητή τον κ. Τσίρο Ιωάννη. (Βιβλιογραφία[1])

Μετρήσεις της θερμοκρασίας εδάφους έχουν πραγματοποιηθεί και δημοσιευθεί στο παρελθόν. Ενδεικτικά, στην παρούσα ενότητα παραθέτουμε δεδομένα μέτρησης της Κουτελίδα Αικατερίνης, στα πλαίσια της Μεταπτυχιακής της Διατριβής. Τα αποτελέσματα μέτρησης θερμοκρασίας με θερμομέτρο άμεσης επαφής για διάφορα βάθη, κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, παρουσιάζονται στα σχήματα 2.1 έως 2.6 (ανά μήνα).

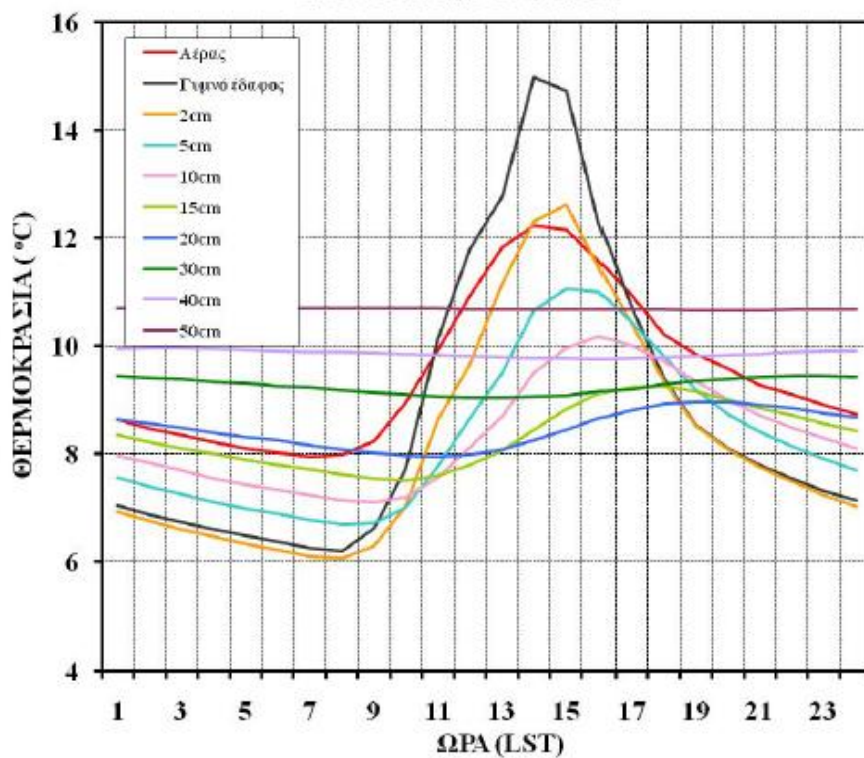
Σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους αυξάνει προοδευτικά από την ανατολή του ηλίου μέχρι τις πρώτες ώρες του απογεύματος, για να ελαττωθεί στην συνέχεια μέχρι την ανατολή του ηλίου την επόμενη ημέρα.

Το ελάχιστο της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους κατά τον χειμώνα και το καλοκαίρι , παρουσιάζεται κατά την στιγμή της ανατολής . Το μέγιστο παρατηρείται γύρω στις 13:00 – 14:00 LST περίπου μια ώρα μετά το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας και 1 ώρα περίπου νωρίτερα από το μέγιστο της θερμοκρασίας του αέρα.

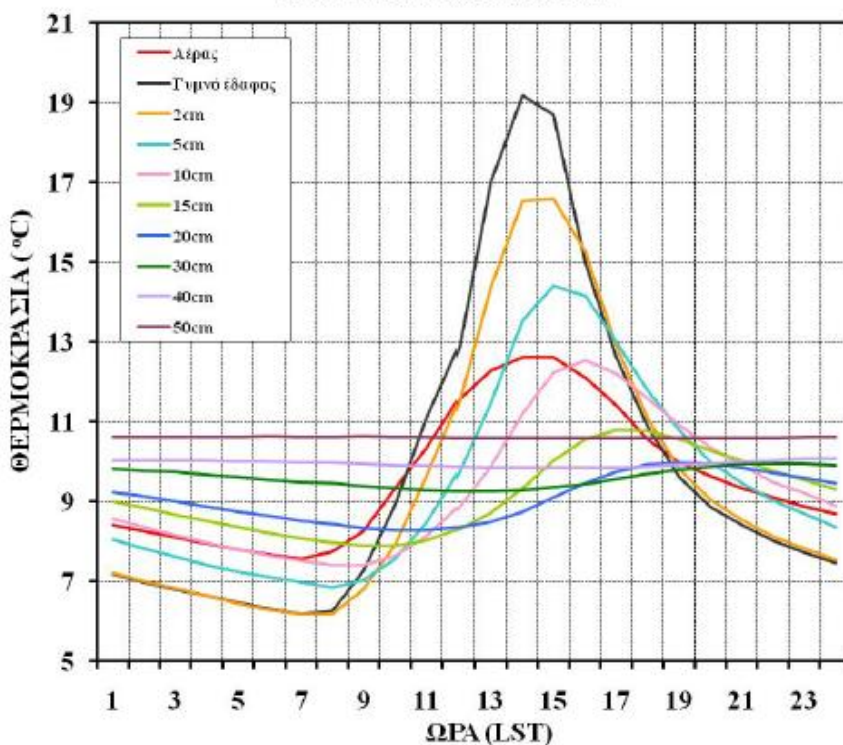
Σε μεγαλύτερα βάθη του εδάφους παρουσιάζεται διαδοχικά μείωση του εύρους ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας. Αυτό κυρίως οφείλεται στη μείωση της επίδρασης των καιρικών συνθηκών στο υπέδαφος.

Τα δεδομένα αυτά είναι χρήσιμα για την παρούσα πτυχιακή εργασία διότι παρέχουν τη δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων που θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο 5. Αυτή η σύγκριση αποτελεί ένα αξιόπιστο μέσο επαλήθευσης της ορθής λειτουργίας του συστήματος μέτρησης.

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008/ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ**

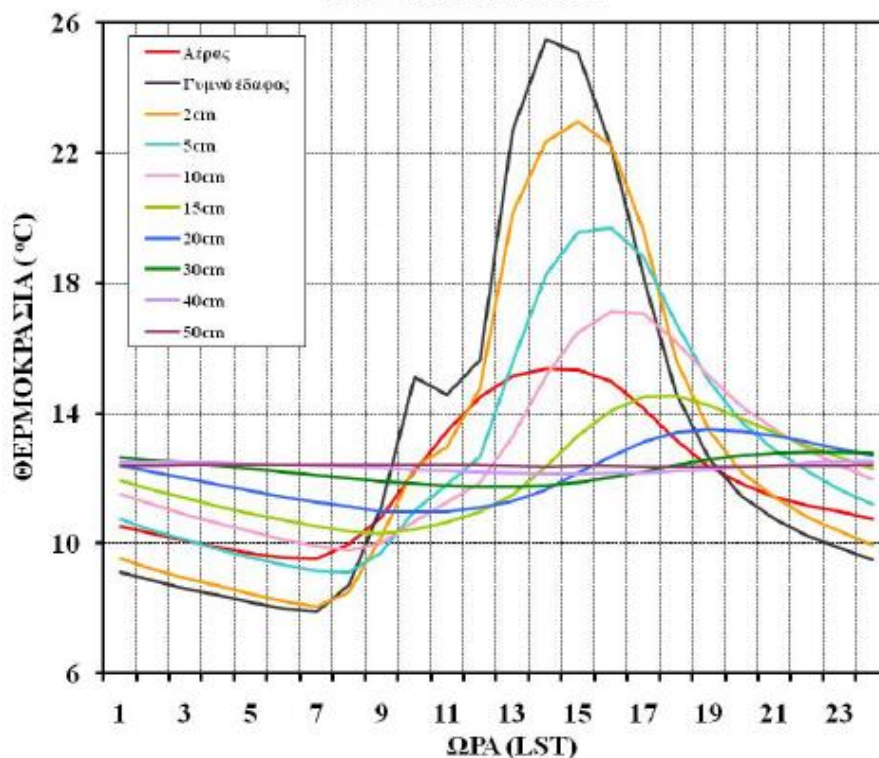


**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008/ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ**

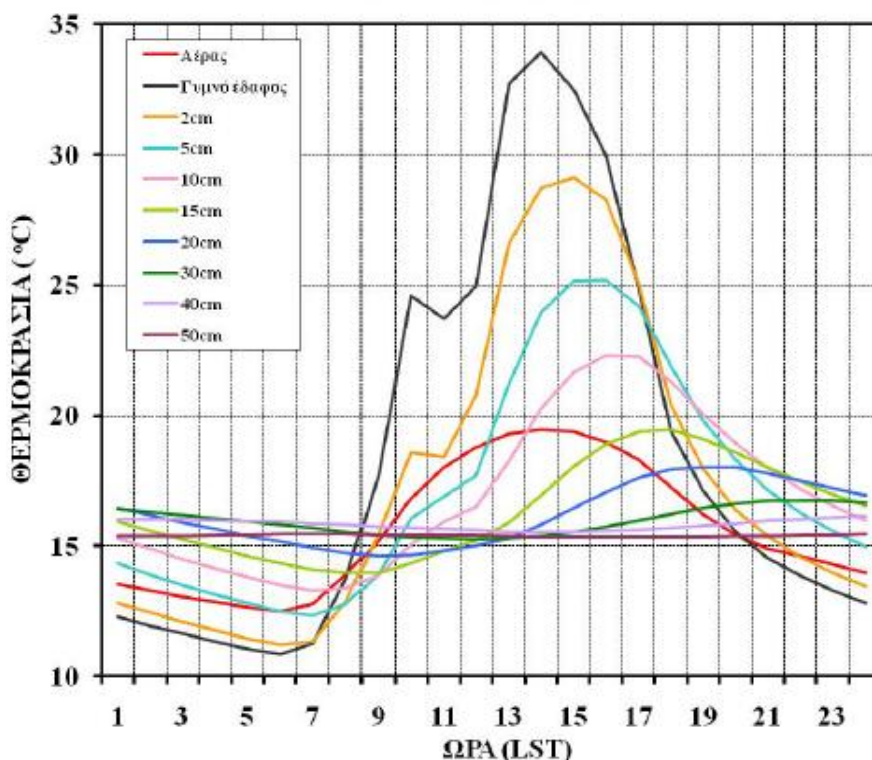


Σχήμα 2.1: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010-Βιβλιογραφία [1])

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΜΑΡΤΙΟΣ**

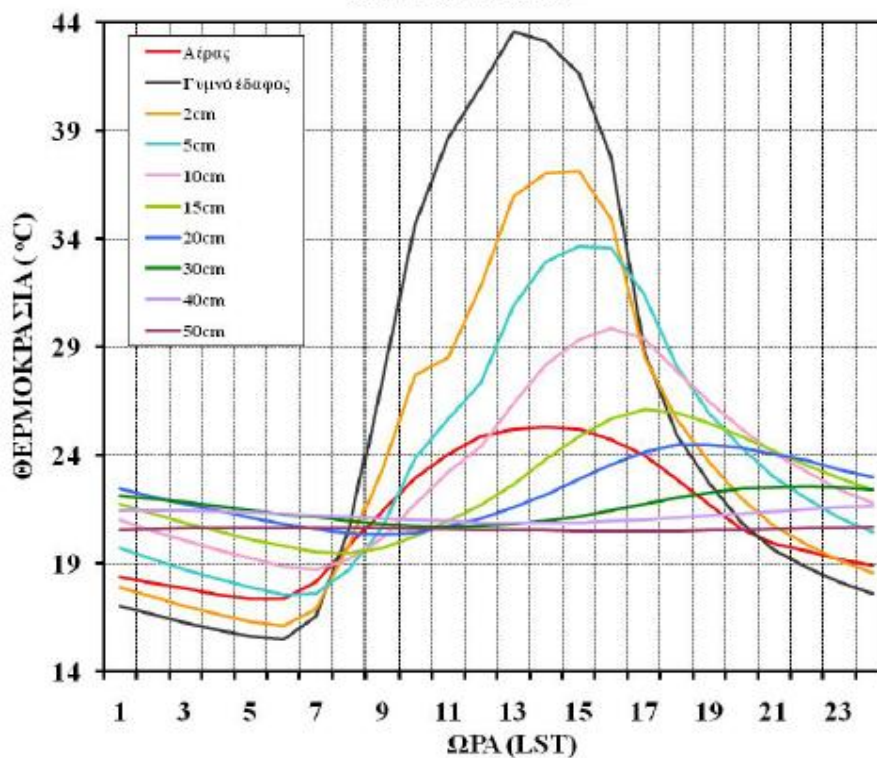


**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΑΠΡΙΛΙΟΣ**

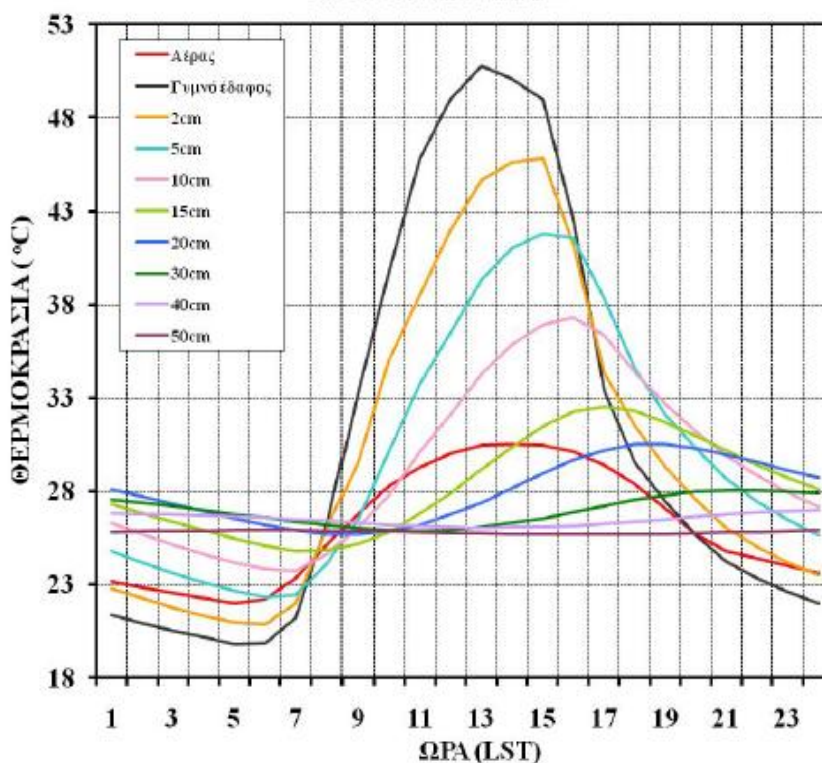


Σχήμα 2.2: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010-Βιβλιογραφία [1])

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΜΑΪΟΣ**

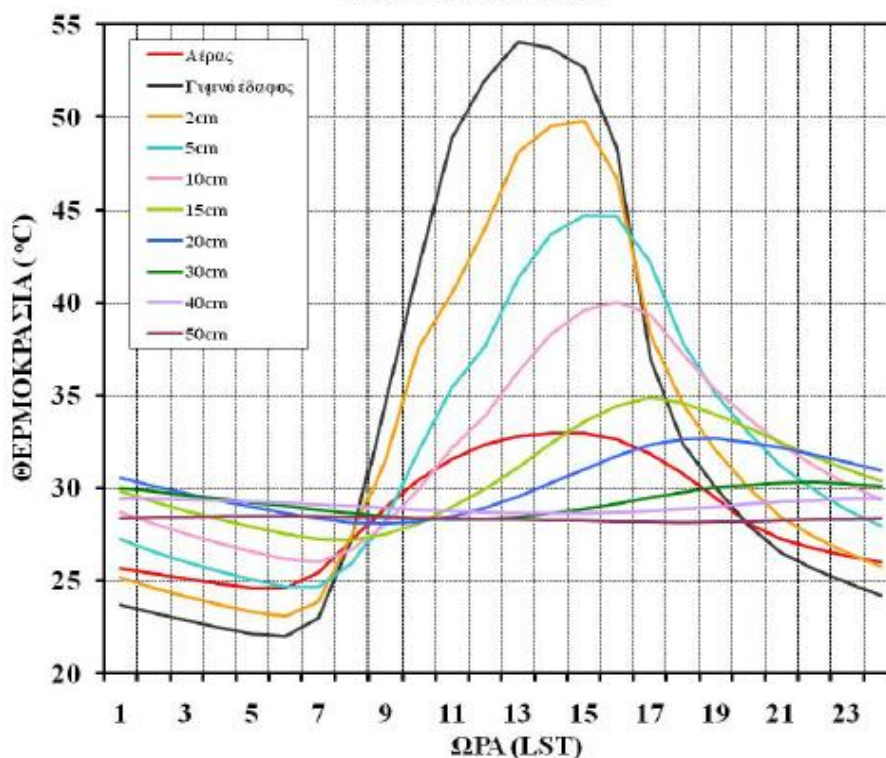


**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΙΟΥΝΙΟΣ**

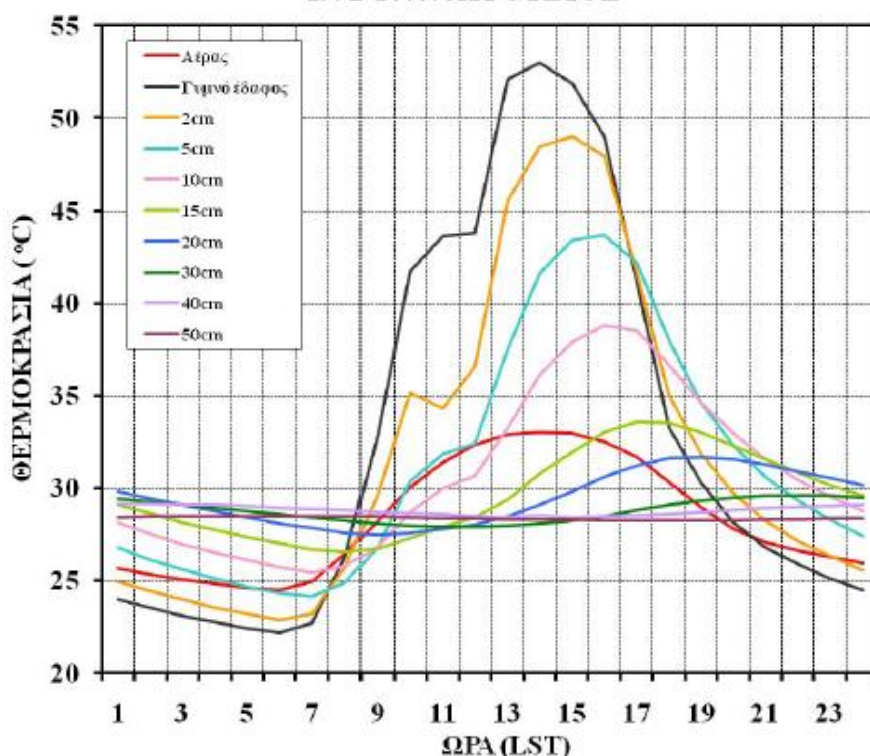


Σχήμα 2.3: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010-Βιβλιογραφία [1])

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΙΟΥΛΙΟΣ**

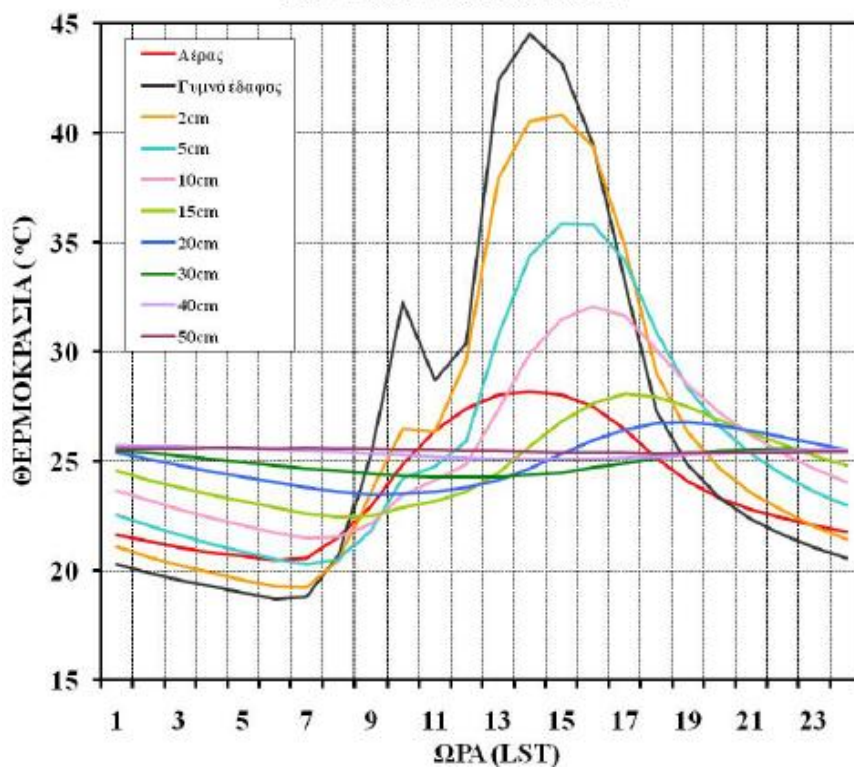


**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ**

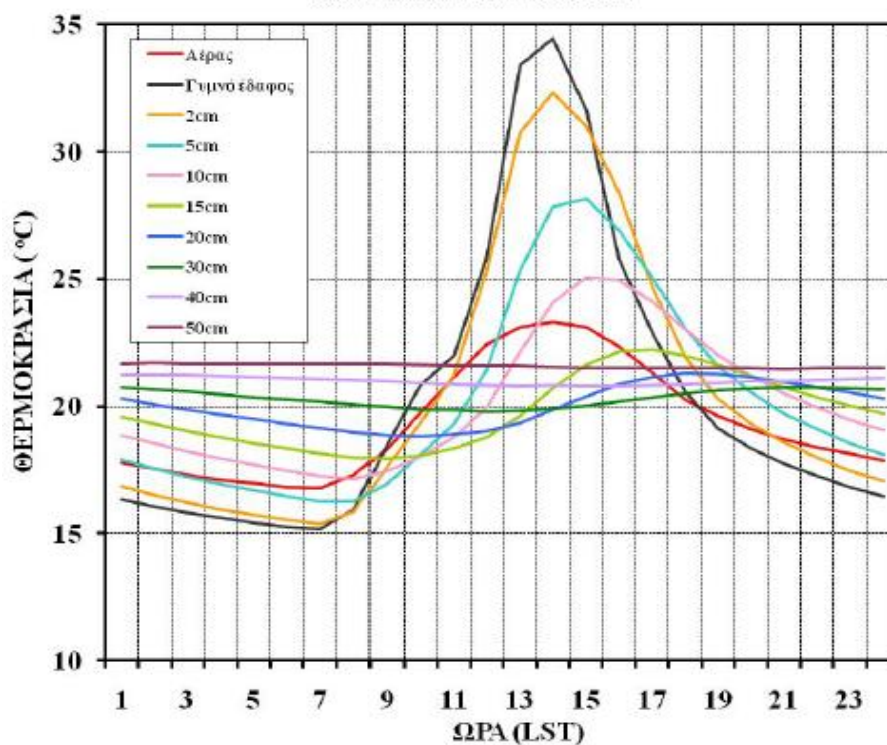


Σχήμα 2.4: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010-Βιβλιογραφία [1])

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ**

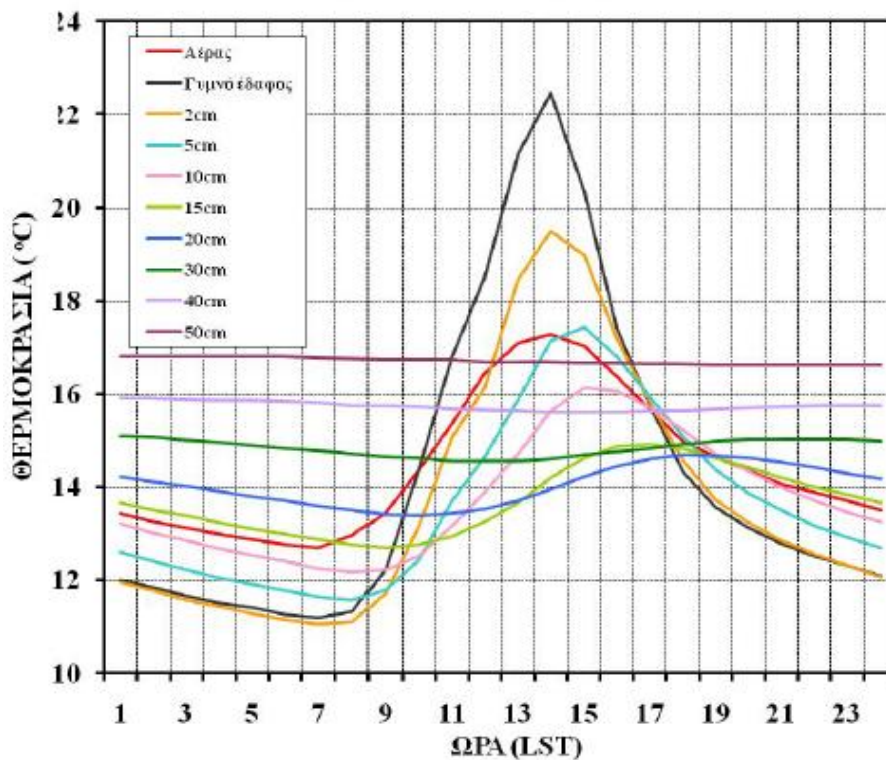


**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ**

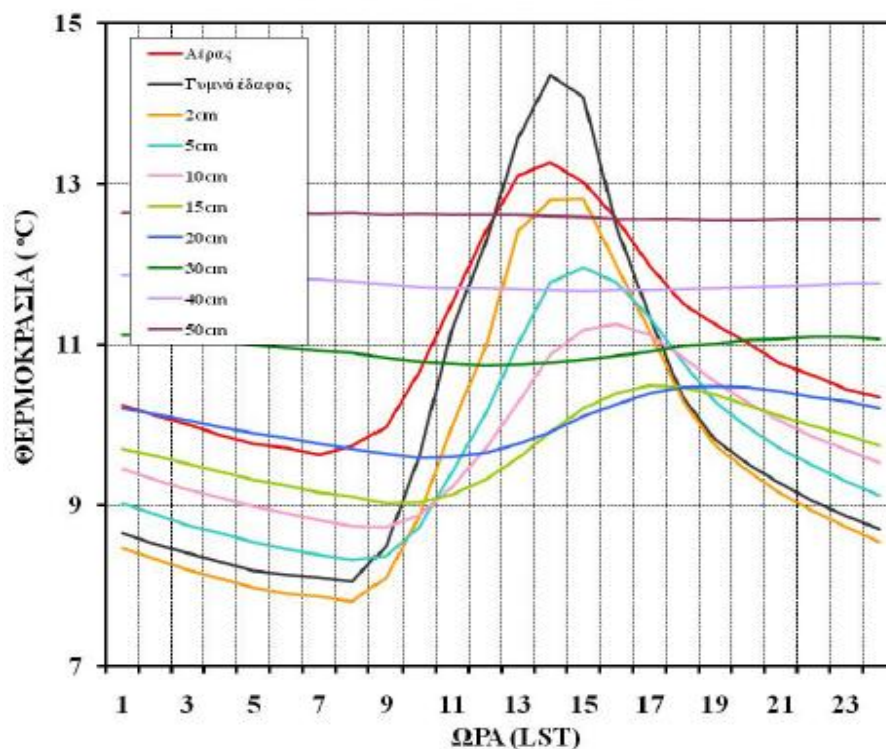


Σχήμα 2.5: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010- Βιβλιογραφία[1])

**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ**



**ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ
1992-2008 / ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ**



Σχήμα 2.6: Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, του γυμνού εδάφους και σε βάθη από 2 έως 50 cm, για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, για την εξεταζόμενη περίοδο 1992-2008. (Πηγή: Κουτελίδα 2010- Βιβλιογραφία [1])

Κεφάλαιο 3: Περιγραφή ηλεκτρονικού μέρους

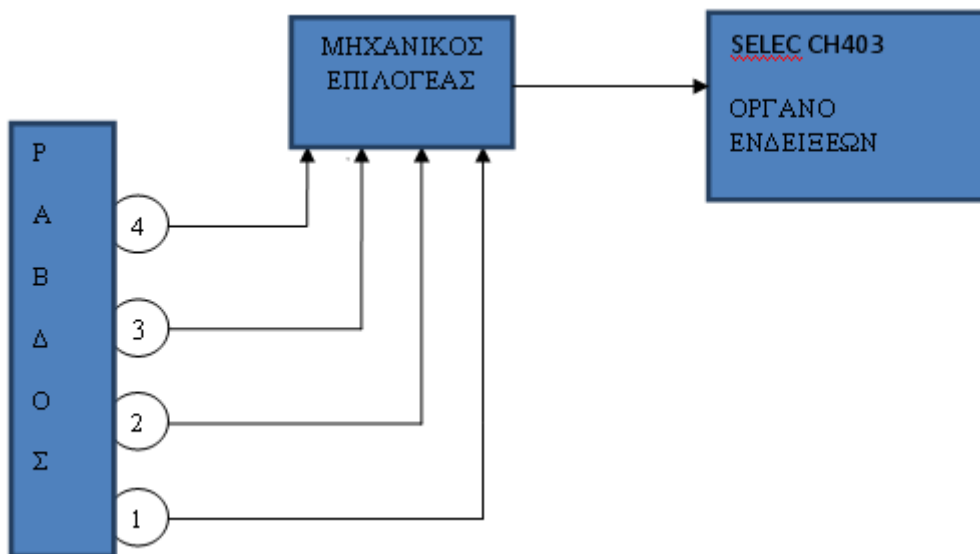
Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε το ηλεκτρονικό μέρος του συστήματος. Το σύστημα αποτελείται από μια ράβδο μήκους 1.10 m η οποία φέρει 4 αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου NTC. Οι αισθητήρες απέχουν μεταξύ τους 25cm και συνδέονται με ένα μηχανικό επιλογή 4 θέσεων. (Ένα μπλοκ διάγραμμα του συστήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.).

Οι αισθητήρες καταλήγουν στο SELEC CH403 και μέσω του μηχανικού επιλογή εμφανίζεται η αντίστοιχη θερμοκρασία του αντίστοιχου αισθητήρα. Τέλος το σύστημα διαθέτει και διακόπτη ON/OFF. Περισσότερες πληροφορίες για τα μέρη του συστήματος είναι διαθέσιμες από τον κατασκευαστή (Βιβλιογραφία [4]).

- Θέση 1 : πρώτος αισθητήρας στη βάση,
- Θέση 2: δεύτερος αισθητήρας 25cm πάνω από τον πρώτο,
- Θέση 3: τρίτος αισθητήρας 50cm πάνω από τον πρώτο,
- Θέση 4: τέταρτος αισθητήρας 75cm πάνω από τον πρώτο.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ SELEC CH403

Η τάση τροφοδοσίας του SELEC CH403 είναι 220 Volt AC. Το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας είναι -50 έως 99 °C σε ακέραια μέτρηση και -19,0 έως 99,9 °C σε δεκαδική μέτρηση. Επίσης, διαθέτει ρελέ, με 2 επαφές (μία NO και μία NC), το οποίο απενεργοποιείται όταν η θερμοκρασία είναι ανώτερη από την επιθυμητή. Επιπλέον, διαθέτει σήμα ειδοποίησης για μέγιστη και ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας με μία επαφή NO. Τέλος, διαθέτει ψηφιακή οθόνη 3 θέσεων.



Σχήμα 3.1: Μπλοκ διάγραμμα του συνολικού συστήματος

Κεφάλαιο 4: Κατασκευή και χαρακτηρισμός του συνολικού συστήματος

Η υλοποίηση του συστήματος μέτρησης θερμοκρασίας εδάφους έγινε με τον ακόλουθο τρόπο:

Η ράβδος είναι από PVC ύψους 1.10 m και αγοράστηκε από το κατάστημα του κ. «ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΟΥΤΡΗ». Πάνω σ' αυτήν έγιναν τέσσερες τρύπες σε απόσταση 25 cm μεταξύ τους και διαμέτρου 8mm .

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας NTC, ο ελεγκτής θερμοκρασίας CH403, ο επιλογέας και ο διακόπτης ON / OFF αγοράστηκαν από την εταιρεία ηλεκτρομηχανολογικού υλικού και ειδών αυτοματισμού «ΥΙΟΙ ΒΡΑΣΙΔΑ Ο.Ε.».

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας τοποθετήθηκαν στις τρύπες ανά 25cm που ανοίχθηκαν στη ράβδο και συνδέθηκαν διαμέσου καλωδίων με τον επιλογέα και τον ελεγκτή των θερμοκρασιών. Μια φωτογραφία του ελεγκτή θερμοκρασίας και του αισθητήρα θερμοκρασίας NTC φαίνονται στα παρακάτω σχήματα 4.1 και 4.2.

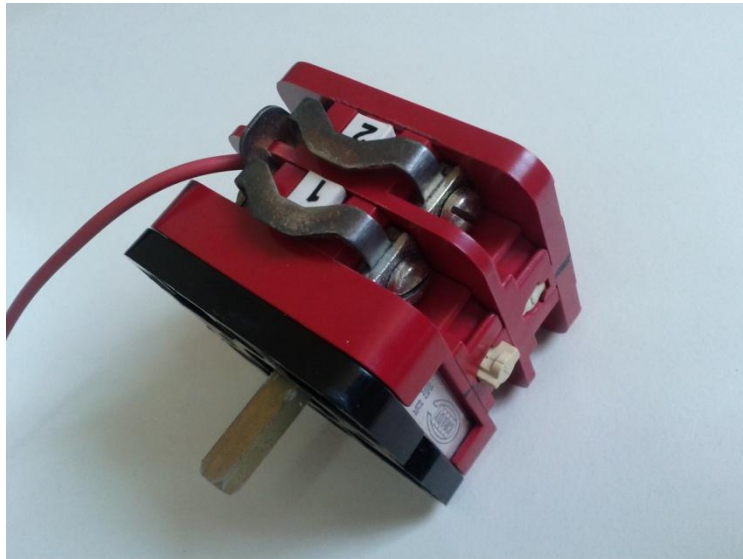
Ο επιλογέας και ο ελεγκτής, που βρίσκονται μαζί με τον διακόπτη ON / OFF μέσα σε ένα κουτί, τοποθετήθηκαν στο πάνω μέρος της ράβδου .



Σχήμα 4.1: Φωτογραφία του ελεγκτή θερμοκρασίας CH403.



Σχήμα 4.2: Φωτογραφία του αισθητήρα θερμοκρασίας NTC.



Σχήμα 4.3: Φωτογραφία μηχανικού επιλογέα.



Σχήμα 4.4: Φωτογραφία διακόπτη ON / OFF



Σχήμα 4.5: Φωτογραφία του τελικού συστήματος μέτρησης.



Σχήμα 4.6: Φωτογραφία του συστήματος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

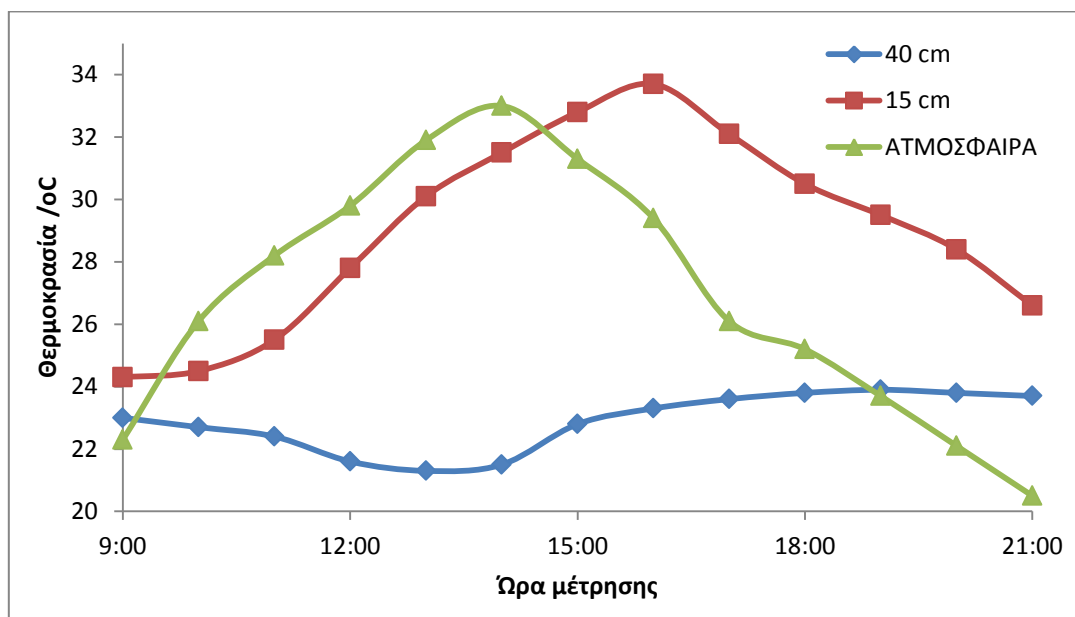


Σχήμα 4.7: Φωτογραφία του συστήματος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (Συνθήκες Τεχνητής Βροχής)



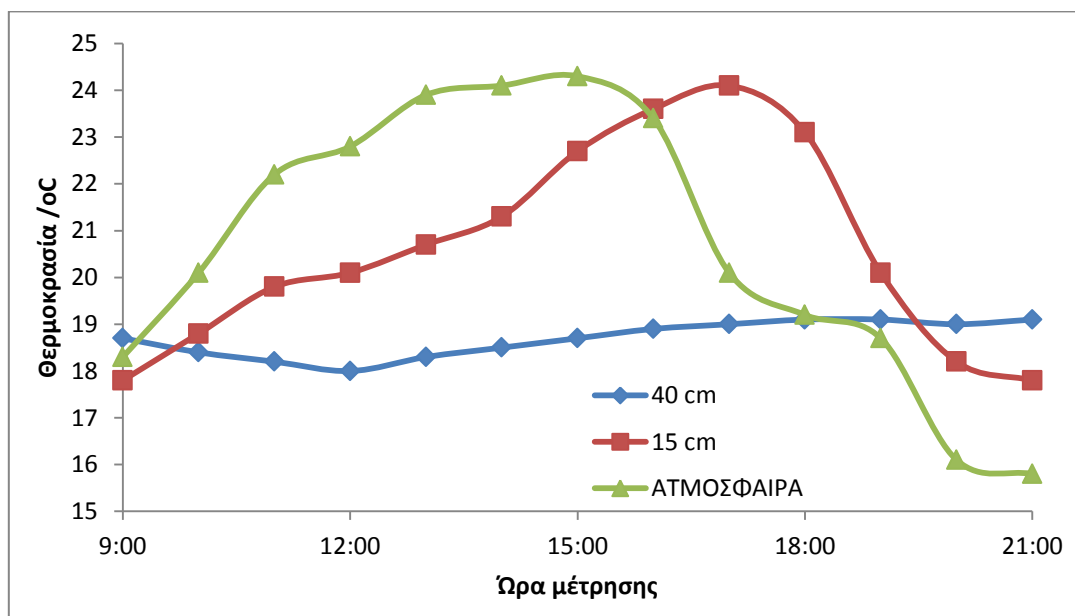
Σχήμα 4.8: Φωτογραφία του συστήματος κατά τη διάρκεια μετρήσεων θερμοκρασίας Άμμου (Ηλιοφάνεια).

Κεφάλαιο 5: Μετρήσεις



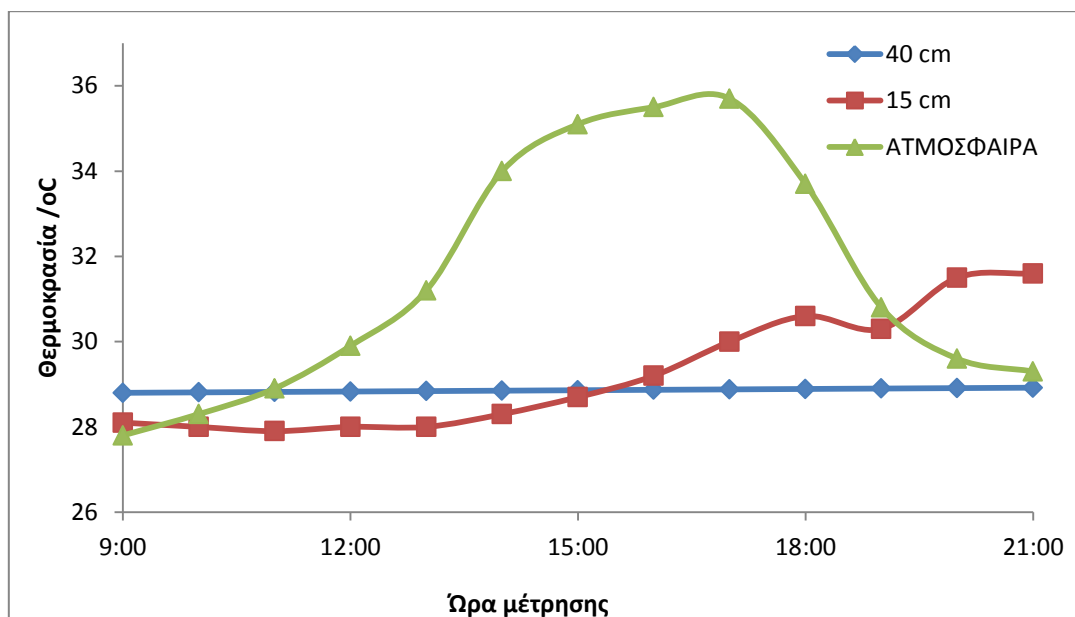
Σχήμα 5.1: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **ηλιοφάνειας**.

Περιοχή μέτρησης: Νέα Ηρακλείτσα Νομού Καβάλας. Μήνας μέτρησης: Ιούνιος 2012



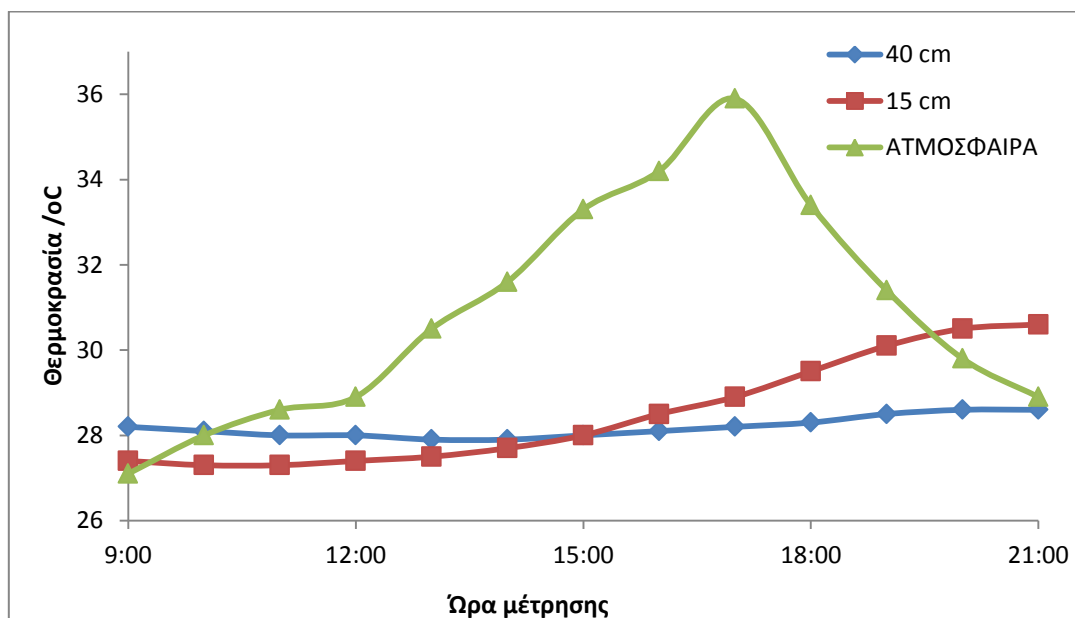
Σχήμα 5.2: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **βροχής** (εφαρμόστηκαν τεχνητές συνθήκες βροχής).

Περιοχή μέτρησης: Νέα Ηρακλείτσα Νομού Καβάλας. Μήνας μέτρησης: Ιούνιος 2012



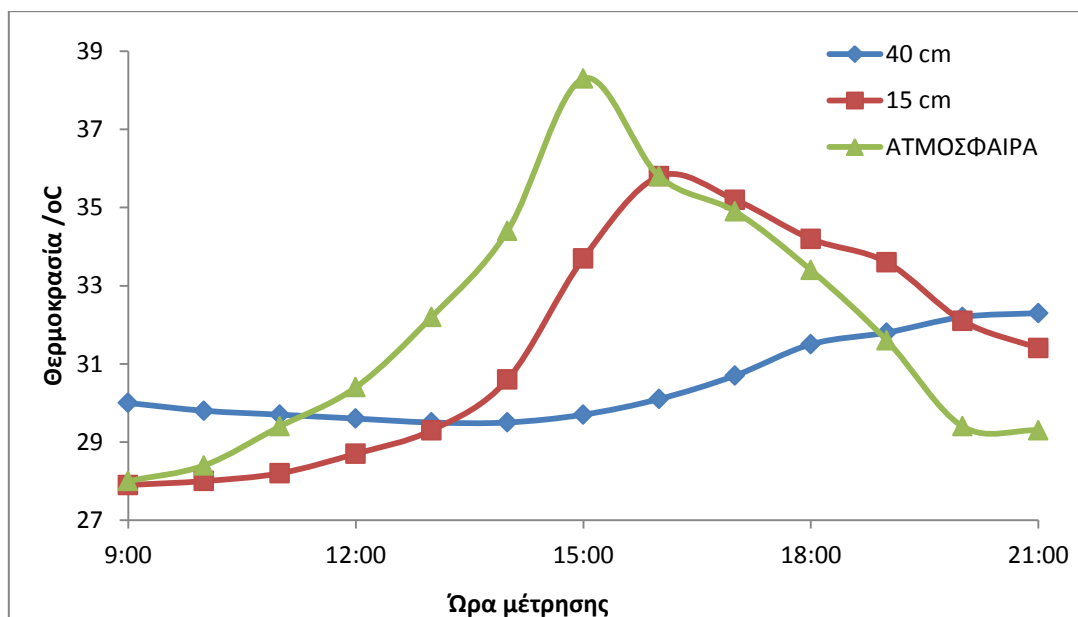
Σχήμα 5.3: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **ηλιοφάνειας**.

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Ιούλιος 2012



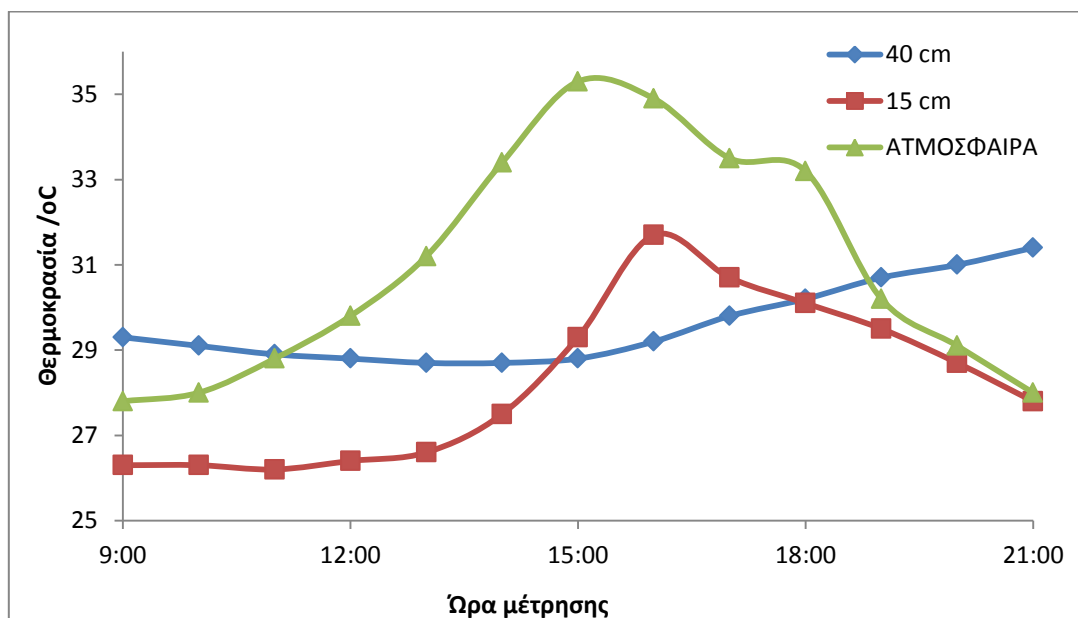
Σχήμα 5.4: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **βροχής** (εφαρμόστηκαν τεχνητές συνθήκες βροχής).

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Ιούλιος 2012



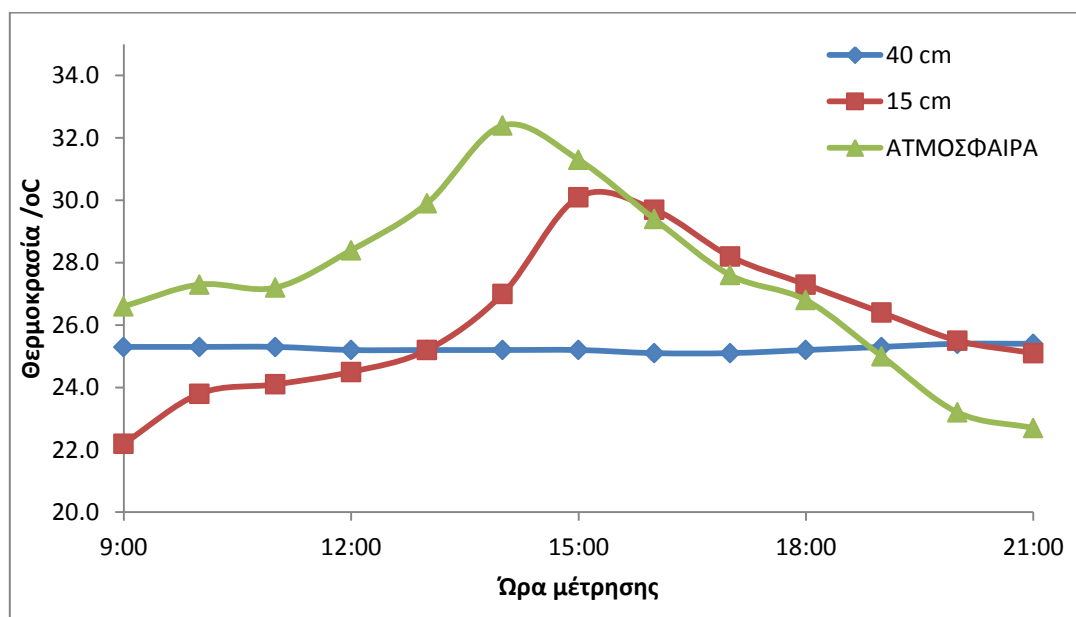
Σχήμα 5.5: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **ηλιοφάνειας**.

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Αύγουστος 2012



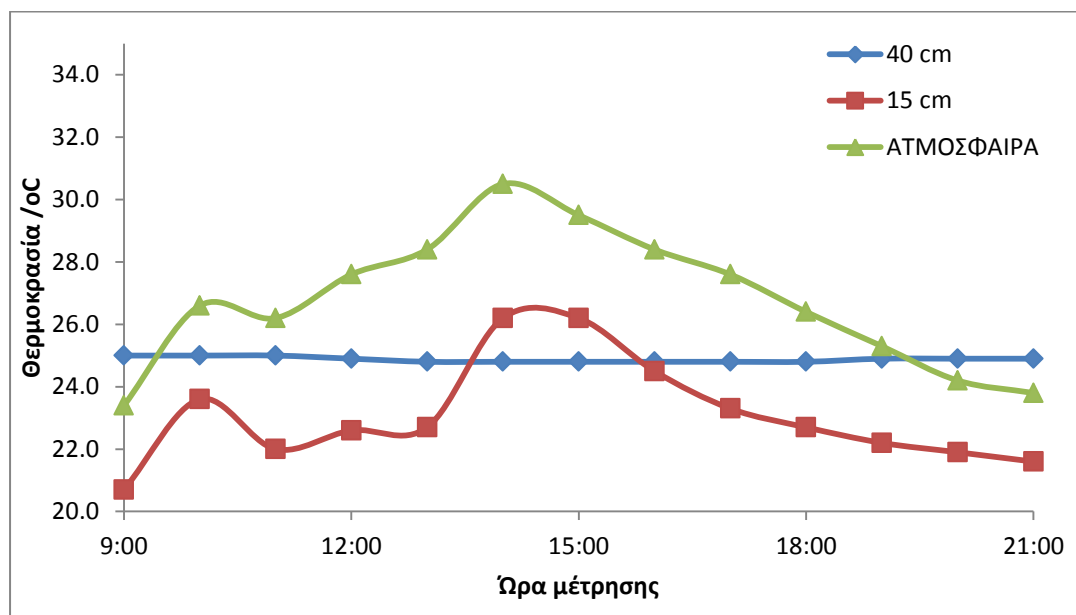
Σχήμα 5.6: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **βροχής** (εφαρμόστηκαν τεχνητές συνθήκες βροχής).

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Αύγουστος 2012



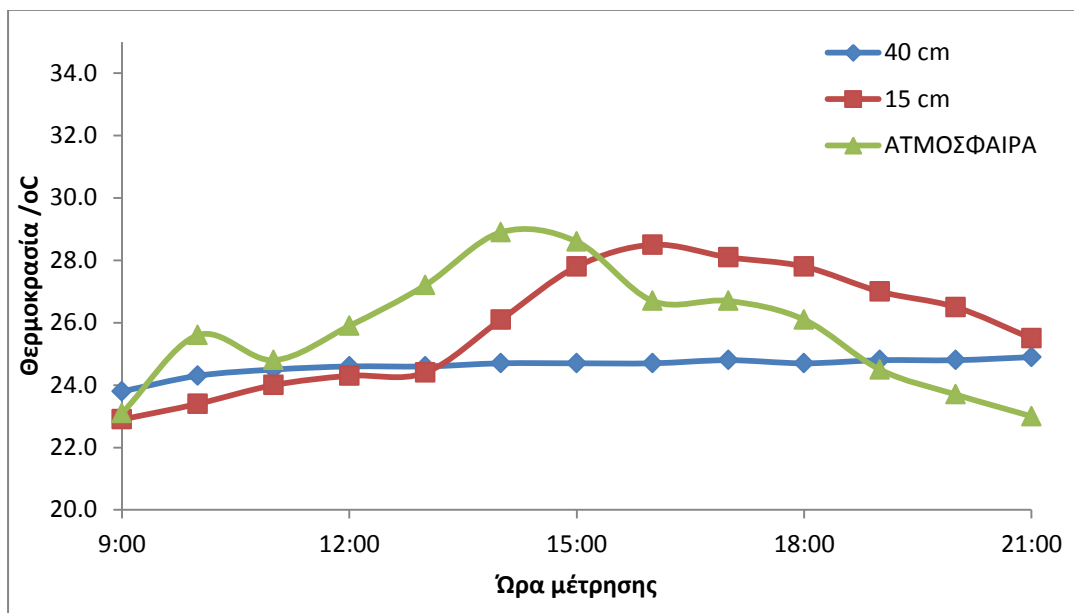
Σχήμα 5.7: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **ηλιοφάνειας**.

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Σεπτέμβριος 2012



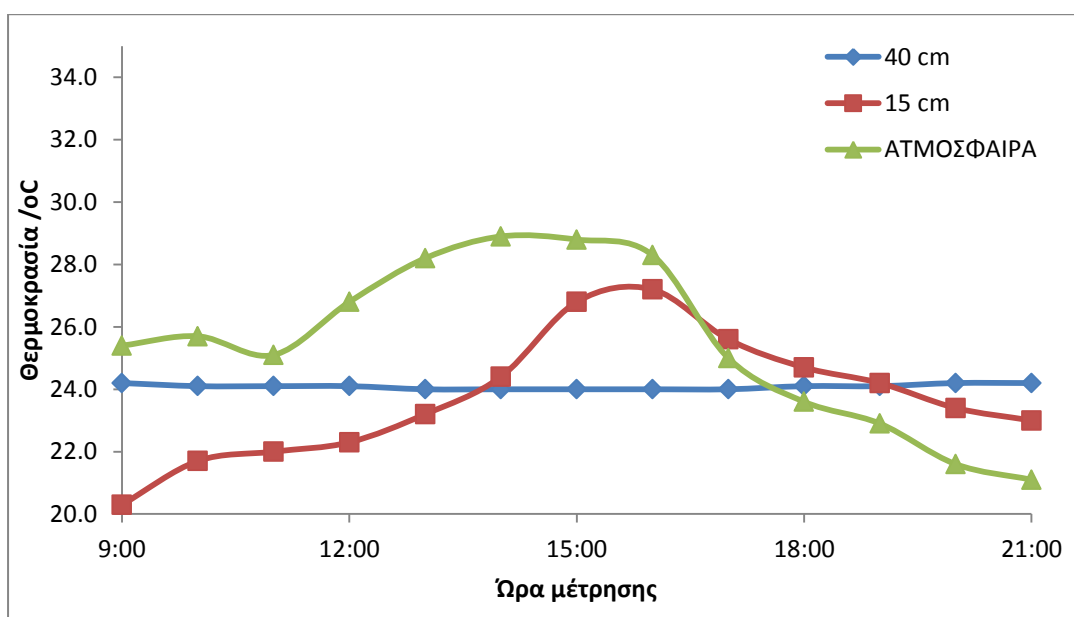
Σχήμα 5.8: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **χώματος** κατά τη διάρκεια **βροχής** (εφαρμόστηκαν τεχνητές συνθήκες βροχής) .

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Σεπτέμβριος 2012



Σχήμα 5.9: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **άμμου** κατά τη διάρκεια **ηλιοφάνειας**.

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Σεπτέμβριος 2012



Σχήμα 5.10: Αποτελέσματα μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη ράβδο μέτρησης, για τη θερμοκρασία **άμμου** κατά τη διάρκεια **βροχής** (εφαρμόστηκαν τεχνητές συνθήκες βροχής) .

Περιοχή μέτρησης: Μύρινα Λήμνου. Μήνας μέτρησης: Σεπτέμβριος 2012

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις μικρότερες, τις μεγαλύτερες και τις μέσες τιμές του κάθε μήνα για τις μέρες με ηλιοφάνεια και τεχνητή βροχή:

ΜΗΝΑΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ			ΙΟΥΛΙΟΣ			ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		
Έδαφος	Χώμα			Χώμα			Χώμα			Χώμα			Άμμος		
cm	0	15	40	0	15	40	0	15	40	0	15	40	0	15	40
Ελάχιστη	20,5	24,3	21,3	27,8	27,9	28,8	28,0	27,9	29,5	22,7	22,2	25,1	23,0	22,9	23,8
Μέγιστη	31,9	33,7	23,9	35,7	31,6	28,9	38,3	35,8	32,3	32,4	30,1	25,4	28,9	28,5	24,9
Διακύμανση	11,4	9,4	2,6	7,9	3,7	0,1	10,3	7,9	2,8	9,7	7,9	0,3	5,9	5,6	1,1
Μέση	26,9	29,0	22,8	31,5	29,2	28,8	31,9	31,4	30,5	27,5	26,0	25,2	25,8	25,8	24,6

Πίνακας 5.1: Μικρότερες, μεγαλύτερες και μέσες τιμές του κάθε μήνα για τις μέρες με ηλιοφάνεια

Θερμοκρασία	Επιφάνεια εδάφους	15 cm	40 cm
Ελάχιστη	20,5 (Ιούνιος)	22,2 (Σεπτέμβριος)	21,3 (Ιούνιος)
Μέγιστη	38,3 (Αύγουστος)	35,8 (Αύγουστος)	32,3 (Αύγουστος)
Διαφορά	17,8	13,7	11,0

Πίνακας 5.2 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές όλων των μηνών ανά βάθος μέτρησης.

ΜΗΝΑΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ			ΙΟΥΛΙΟΣ			ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		
Έδαφος	Χώμα			Χώμα			Χώμα			Χώμα			Άμμος		
cm	0	15	40	0	15	40	0	15	40	0	15	40	0	15	40
Ελάχιστη	20,5	24,3	21,3	27,1	27,3	27,9	27,8	26,3	28,7	23,4	20,7	24,8	21,1	20,3	24,0
Μέγιστη	31,9	33,7	23,9	35,9	30,6	28,6	35,3	31,7	31,4	30,5	26,2	25,0	28,9	27,2	24,2
Διακύμανση	11,4	9,4	2,6	8,8	3,3	0,7	7,5	5,4	2,7	7,1	5,5	0,2	7,8	6,9	0,2
Μέση	26,9	29,0	22,8	30,8	28,5	28,2	31,0	28,2	29,6	26,7	23,1	24,8	25,5	23,7	24,1

Πίνακας 5.3: Μικρότερες, μεγαλύτερες και μέσες τιμές του κάθε μήνα για τις μέρες με συνθήκες τεχνητής βροχής

Θερμοκρασία	Επιφάνεια εδάφους	15 cm	40 cm
Ελάχιστη	20,5 (Ιούνιος)	20,7 (Σεπτέμβριος)	21,3 (Ιούνιος)
Μέγιστη	35,9 (Ιούλιος)	33,7 (Ιούνιος)	31,4 (Αύγουστος)
Διαφορά	15,4	13,0	10,1

Πίνακας 5.4 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές όλων των μηνών ανα βάθος μέτρησης.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

1) Διαφορές στις διακυμάνσεις θερμοκρασιών ανά βάθος

Από τα δεδομένα προκύπτει ότι όσο μεγαλώνει το βάθος των μετρήσεων, τόσο η διακύμανση των τιμών θερμοκρασίας μικραίνει. Αυτό προκύπτει από τον πίνακα 5.2.

Θερμοκρασία	Επιφάνεια εδάφους	15 cm	40 cm
Ελάχιστη	20,5 (Ιούνιος)	22,2 (Σεπτέμβριος)	21,3 (Ιούνιος)
Μέγιστη	38,3 (Αύγουστος)	35,8 (Αύγουστος)	32,3 (Αύγουστος)
Διαφορά	17,8	13,7	11,0

Πίνακας 5.2: Εμφανής διαφορά διακύμανσης των θερμοκρασιών στην επιφάνεια του εδάφους και στα 40 εκατοστά.

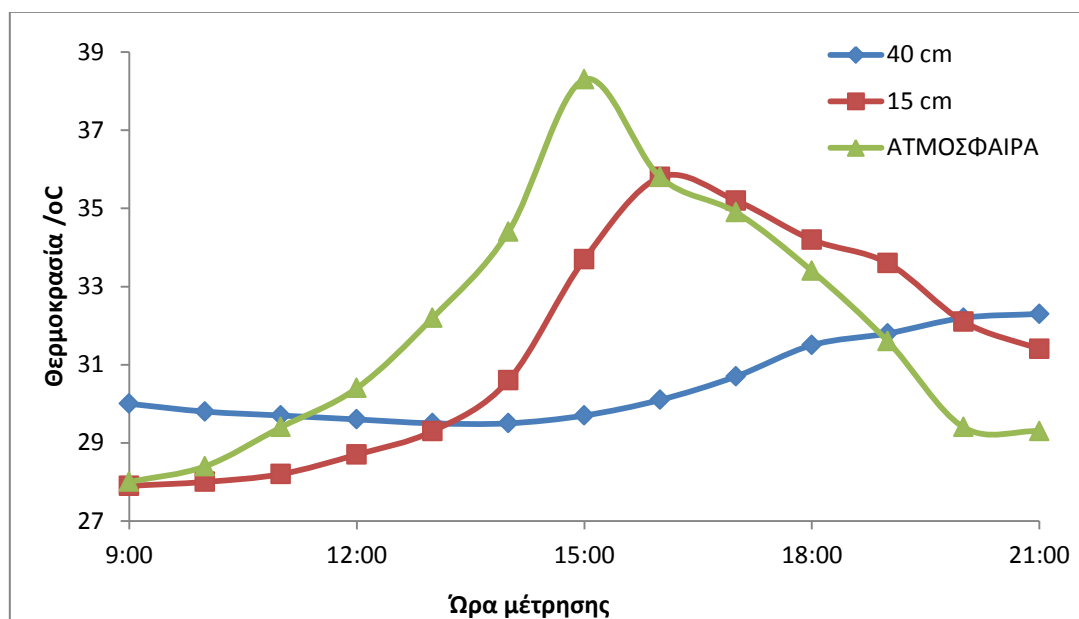
Η διαφορά διακύμανσης, ανάμεσα στην επιφάνεια και τα 40 εκατοστά βάθους, είναι της τάξεως των 6,8 βαθμών κελσίου. Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια του υπεδάφους δεν δέχονται στον ίδιο βαθμό με τα μόρια του εδάφους τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας.

2) Χρονική καθυστέρηση μεταβολής θερμοκρασίας ανά βάθος

Επιπλέον, τα ποσά θερμότητας που δέχεται το υπέδαφος από τον ήλιο, τα δέχεται με κάποια καθυστέρηση. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια μίας ζεστής μέρας η θερμοκρασία στο έδαφος το πρωί θα είναι υψηλότερη από αυτή στο υπέδαφος. Όταν όμως ο ήλιος αρχίσει να δύει, η θερμοκρασία του εδάφους θα πέσει πιο γρήγορα από αυτή του υπεδάφους.

Αυτό φαίνεται καθαρά στο Σχήμα 5.5.

Η ψηλότερη θερμοκρασία στο έδαφος είναι την ώρα 15:00 ενώ στα 15 εκατοστά η ψηλότερη θερμοκρασία είναι την ώρα 16:00.



Σχήμα 5.5 : Φανερή καθυστέρηση της αύξησης της θερμοκρασίας στα 15 εκατοστά

3) Διαφορές μεταξύ τύπων εδάφους

Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις 5.7 και 5.9, διαπιστώνουμε ότι το χώμα αποβάλλει πιο γρήγορα την θερμότητα απ' ό,τι η άμμος (για τις μετρήσεις που έγιναν στα 15 εκατοστά). Βλέπουμε ότι από τις 16:00 το μεσημέρι μέχρι τις 21:00 το βράδυ (πέντε ώρες), η θερμοκρασία της άμμου έχει μειωθεί κατά 2 μονάδες ενώ η θερμοκρασία του χώματος έχει μειωθεί κατά 4 μονάδες. Σε συνθήκες τεχνητής βροχής παρατηρούμε ότι στην άμμο ο ρυθμός αποβολής της θερμοκρασίας αυξάνεται πολύ περισσότερο από αυτόν του χώματος σε σχέση με τον ρυθμό αποβολής θερμοκρασίας σε συνθήκες ηλιοφάνειας. Αυτό συμβαίνει επειδή το νερό γεμίζει τα κενά του αέρα του αμμώδους εδάφους και αυξάνεται η αγωγιμότητά του, λόγω του ότι το νερό είναι καλός αγωγός της θερμότητας. Το νερό αφ' ενός μεν αυξάνει την θερμοχωρητικότητα της άμμου και αφ' ετέρου δε με την εξάτμισή του επιτρέπει την γρήγορη πτώση (αποβολή) της θερμοκρασίας της. Έτσι διαπιστώνουμε ότι σε συνθήκες τεχνητής βροχής ο ρυθμός αποβολής της θερμοκρασίας τόσο στο χώμα όσο και στην άμμο είναι περίπου ο ίδιος.

4) Εποχικές διακυμάνσεις

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των πινάκων 5.1, 5.3 καθώς και των γραφικών παραστάσεων, συμπεραίνουμε ότι οι διακυμάνσεις των θερμοκρασιών αλλάζουν ανάλογα με την εποχή και κατ'επέκταση τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε εύκολα με μία σύγκριση ανάμεσα στις διακυμάνσεις του πίνακα 5.1 για τους μήνες του Ιουνίου και του Σεπτεμβρίου. Επίσης, το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται στις γραφικές παραστάσεις της Κουτελίδα Αικατερίνης ανάμεσα στους Χειμερινούς και τους Καλοκαιρινούς μήνες.

Το παραπάνω συμβαίνει γιατί όπως αναφέραμε πιο πάνω, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλιοφάνεια, τόσο πιο πολύ επηρεάζεται η θερμοκρασία του εδάφους και κατ'επέκταση η διακύμανση της θερμοκρασίας.

Κεφάλαιο 7: Μελλοντικές βελτιώσεις συστήματος μετρήσεων

Με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της πτυχιακής, προτείνονται οι παρακάτω μελλοντικές αναβαθμίσεις του συστήματος μέτρησης.

- 1) Αλλαγή οργάνου μέτρησης για λειτουργία με DC ρεύμα.

Με την υπάρχουσα διάταξη, το σύστημα δεν λειτουργεί χωρίς παροχή εναλλασσομένου ρεύματος. Με την παραπάνω τροποποίηση, το σύστημα θα έχει την δική του, αυτόνομη τροφοδοσία μέσω μπαταρίας. Αυτό θα μας διευκολύνει στην λήψη μετρήσεων σε απομακρυσμένες, από το δίκτυο της ΔΕΗ, περιοχές. Η τροποποίηση αυτή καθιστά απαραίτητη την αλλαγή του οργάνου μέτρησης “SELEC CH403” ή την παρέμβαση και τροποποίηση της τάσης εισόδου σε αυτό, καθώς η μετατροπή από εναλλασσόμενο σε συνεχές πραγματοποιείται ούτως ή άλλως για τα διάφορα μέρη του (DISPLAY, Αισθητήρες)

- 2) Εγκατάσταση ηλιακού συσσωρευτή για τη λειτουργία του συστήματος με ηλιακή ενέργεια.

Αυτή η μετατροπή θα αυξήσει την αυτονομία του συστήματος κατά πολύ, καθώς η μπαταρία θα φορτίζει με ηλιακή ενέργεια.

- 3) Εγκατάσταση μικροεπεξεργαστή για αποθήκευση μετρήσεων και επιπλέον λειτουργίες .

Με τη βοήθεια ενός μικροεπεξεργαστή, (π.χ. 8051 ή και πολύ πιο σύγχρονα Arduino) και με την ιδιότητα του DAC (Digital to Analog Converter) μπορούμε να συσχετίσουμε την θερμοκρασία με την αντίσταση που επιστρέφει ο αισθητήρας.

Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να παρακάμψουμε την αγορά του “SELEC CH403” και να πάρουμε μετρήσεις με τον μικροεπεξεργαστή. Αφού τις λάβουμε, έχουμε πληθώρα δυνατοτήτων. Από τη δημιουργία βάσης δεδομένων των μετρήσεων (DATA LOGGING), έως λειτουργίες για εξοικονόμηση ενέργειας (ενεργοποίηση μόνο στη φάση της μέτρησης για εξοικονόμηση ενέργειας. Ιδιότητα sleep του μικροεπεξεργαστή) όπως και πολλές άλλες λειτουργίες. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για αυτόνομα συστήματα όπως αυτό, τα οποία ενδέχεται να είναι απομακρυσμένα από τον χρήστη. Ουσιαστικά το σύστημα δεν χρίζει παρακολούθησης.

4) Δημιουργία τηλεμετρικού συστήματος

Με τη βοήθεια του μικροεπεξεργαστή, μπορούμε να εγκαταστήσουμε και σύστημα για την αποστολή των μετρήσεων με ασύρματα μέσα (αποστολή μέσω κάρτας τηλεφωνικής εταιρίας). Με τις δυνατότητες των νέων επεξεργαστών όπως ο Arduino, η παραπάνω τροποποίηση είναι εφικτή με ευκολία. Έτσι, ο χρήστης, μπορεί να λαμβάνει τα δεδομένα χωρίς την παρουσία του στον τόπο μέτρησης.

Κεφάλαιο 8: Προοπτικές αξιοποίησης αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παρούσας πτυχιακής εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν στους παρακάτω τομείς :

1) Στην παρακολούθηση αγροτικών καλλιεργειών

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται η τεχνολογία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Μια από τις εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας είναι η παρακολούθηση αγροτικών καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο. Με την γνώση φυσικών μεγεθών (θερμοκρασίας, υγρασίας και χημικής σύστασης του εδάφους) μπορεί να επεκταθεί η δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου στην προστασία και βελτιστοποίηση των καλλιεργειών. Επίσης, με την παρακολούθηση της χρήσης ή μη λιπασμάτων μέσω των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων, μας δίνεται η δυνατότητα πιστοποίησης των βιολογικών καλλιεργειών. Η εφαρμογή της παραπάνω τεχνολογίας είναι ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο, διότι οι διαθέσιμες πηγές ενέργειας για ασύρματους αισθητήρες εμφυτευμένους στο έδαφος είναι εξαιρετικά περιορισμένες (Βιβλιογραφία [5]) .

2) Στην γεωθερμία

Οι δραματικές κλιματικές αλλαγές , που συμβαίνουν τα τελευταία χρόνια, αλλά και η άμεση ανάγκη για εφαρμογή οικονομικών συστημάτων παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας, καθιστούν ακόμη σημαντικότερη την χρήση ανανεώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας .

Η αβαθής γεωθερμία, για την εφαρμογή συστήματος κλιματισμού σε κτιριακές εγκαταστάσεις, στηρίζεται στην σταθερή θερμοκρασία του εδάφους ή των επιφανειακών / υπόγειων υδροφόρων οριζόντων . Η σταθερή θερμοκρασία από το βάθος του ενός μέτρου (1 m) και βαθύτερα είναι αποτέλεσμα της συνεχούς ακτινοβολίας του ήλιου και της θερμοχωρητικότητας που παρουσιάζει το εκάστοτε πέτρωμα .

Η αρχή της λειτουργίας της γεωθερμίας επικεντρώνεται στην μεταφορά ενέργειας από και προς το έδαφος διαμέσου μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Αφετηρία κατανάλωσης της ενέργειας για τον παραγόμενο κλιματισμό είναι η

σχεδόν σταθερή θερμοκρασία των 16°C. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του εδάφους οι απαιτήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για την επίτευξη θερμοκρασίας κλιματισμού είναι αρκετά μικρές .

Τα γεωθερμικά συστήματα διακρίνονται σε κλειστού τύπου(εκμετάλλευση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα) και ανοικτού τύπου(εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών) με την εγκατάσταση γεωσυλλεκτών .

Με την εφαρμογή του γεωθερμικού κλιματισμού επιτυγχάνεται οικονομία , απλή συντήρηση του εξοπλισμού , αυτονομία και ευελιξία δυνατότητας προσθήκης ή επέκτασης του συστήματος κλιματισμού .

Η γεωθερμία έχει επίσης εφαρμογή :

- Στην γεωργία για την θέρμανση των θερμοκηπίων και την αντιπαγετική προστασία . Η εφαρμογή της στα θερμοκήπια μειώνει το λειτουργικό τους κόστος έως και 35% .
- Στις ιχθυοκαλλιέργειες , ώστε το νερό να έχει την κατάλληλη θερμοκρασία για την αναπαραγωγή των ψαριών .
- Σε βιομηχανικές εφαρμογές , όπως η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού και ξήρανση αγροτικών προϊόντων .

Βιβλιογραφία

- [1] Κουτελίδα Αικατερίνη, «Ανάλυση και Εκτίμηση Θερμοκρασιών Εδάφους », Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Επιβλέπωντας Καθηγητής: Ιωάννης Τσίρος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών/ Τμήμα: Θετικές επιστήμες στην Γεωπονία/ Τομέας Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος ,Ιούνιος 2010
- [2] Γ. Τσιλιγκιρίδης, Γ. Σπαντιδάκης, Σ. Χατζημωυσιάδης, << Μελέτη της Θερμοκρασιακής Συμπεριφοράς του Εδάφους στο Σταθμό Μέτρησης του ΑΠΘ>>. Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΑΠΘ Τ.Κ 541 24, Θεσσαλονίκη, e-mail: tsil@eng.auth.gr
- [3] Wikipedia, << Γεωθερμία >>, <http://el.wikipedia.org/wiki> , Ημερομηνία πρόσβασης : 30.09.2012
- [4] Όνομα Εταιρίας: Ηλεκτρομηχανολογικό Υλικό & Είδη Αυτοματισμού (Υιοί Βρασίδα Ο.Ε.), όνομα μοντέλου: CH – 403 (Θερμοστάτης 36X72 , 90 – 270VAC/DC),αισθητήρες θερμοκρασίας τύπου NTC ,email: vrasida@gmail.com .
- [5] M. E. Kiziroglou, A. Papachristou, L. Petrou, S. Koundouras and A. A. Hatzopoulos, Thermoelectric energy harvesting for agricultural monitoring, NN 2012, Thessaloniki, 2012.
- [6] Ψαρράς Νικόλαος, << Η γεωθερμία δεν λογαριάζει χωρίς τον ξενοδόχο >>, <http://microo.net/article.php?geothermal>
- [7] Ιωαννίδου Μαρία, << Θέρμανση θερμοκηπίων με τη χρήση αβαθούς γεωθερμίας γεωθερμικές αντλίες θερμότητας >> . <http://www.cea.org.cy/publications/GeothHeatPumps.pdf>