

(111)

## **ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

**Ι. Γράβαλος<sup>α</sup>, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής,  
Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,  
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 411 10, Λάρισα. <sup>α</sup>e-mail:  
gravalos@in.gr

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η εγκατάσταση μετρητή στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου των ελκυστήρων, θα βοηθούσε στον έλεγχο της κατανάλωσης. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου μετρητή προκαλεί υδραυλική αντίσταση. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την εγκατάσταση του μετρητή κατανάλωσης. Για την πειραματική επαλήθευση της επιλογής αυτής, χρησιμοποιήθηκε ένας ελκυστήρας 160 HP και οι δοκιμές έγιναν σε πραγματικές συνθήκες. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι παράλληλα με την εγκατάσταση του μετρητή θα πρέπει να τοποθετείται ψυγείο καυσίμου πριν από την αντλία εκτόξευσης.

## **TECHNICAL PROBLEMS CONFRONTED BY THE INSTALLATION OF FUEL CONSUMPTION METER ON THE FUEL INJECTION SYSTEM**

**I. Gravalos<sup>a</sup>, Th. Gialamas, Z. Koutsofitis, A. Augoustis  
D. Kateris, P. Xyradakis, Z. Tsiropoulos**

Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,  
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.  
<sup>a</sup>e-mail: gravalos@in.gr

### **ABSTRACT**

The installation of a flow meter in the fuel system of an agricultural tractor, it will help in the control of fuel consumption. The installation of this device may cause hydraulic resistance to the fuel flow. The aim of this paper is to study and solve the technical problems caused by the installation of fuel consumption meter. For the experimental verification of this choice a 160 HP agricultural tractor, it was used. The tests were done in real working conditions. From the test results, it is evident that when a consumption meter is used, it is better to put a fuel refrigerator before the injection pump.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χώρα μας, όσον αφορά στον αριθμό των γεωργικών ελκυστήρων και στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε., όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με τον Τσατσαρέλη [1], η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των διαξονικών και μοναξονικών ελκυστήρων υπολογίζεται περίπου σε  $11 \cdot 10^6$  kW και η συνολική ετήσια ενέργεια, που καταναλώνεται από τους ελκυστήρες, αγγίζει το 1/3 της παραγόμενης, ανά έτος, ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ. Οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες σε συνδυασμό με τη διεθνή άνοδο των τιμών του πετρελαίου καθιστούν την Ελληνική γεωργία εύλωτη, αυξάνοντας το συνολικό κόστος παραγωγής και μειώνοντας την ανταγωνιστικότητα των αγροτικών προϊόντων. Επομένως, η ορθολογική χρήση και η εξοικονόμηση των υγρών καυσίμων είναι πρωταρχικής σημασίας.

Απαραίτητα στοιχεία, για τον ακριβή υπολογισμό της αναλίσκόμενης ποσότητας καυσίμου, είναι η ισχύς που αναπτύσσει ένας κινητήρας και η ειδική κατανάλωση καυσίμου. Η ισχύς που αναπτύσσεται εξαρτάται από το είδος της εργασίας που εκτελείται και προσδιορίζεται με μεθοδευμένες μετρήσεις. Η ειδική κατανάλωση είναι συνάρτηση του φορτίου που δέχεται ο κινητήρας την κάθε στιγμή [2]. Οι γεωργικοί ελκυστήρες εκ των πραγμάτων είναι αναγκασμένοι να εργάζονται κάτω από αντίξοες συνθήκες με διαρκώς μεταβαλλόμενο φορτίο και όπως γίνεται αντιληπτό ο προσδιορισμός με σχετική ακρίβεια της αναλίσκόμενης ποσότητας καυσίμου δεν είναι εφικτός. Ο πιο εύχρηστος τρόπος για να μετρήσουμε την κατανάλωση καυσίμου σε έναν ελκυστήρα είναι να εγκαταστήσουμε ένα μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας.

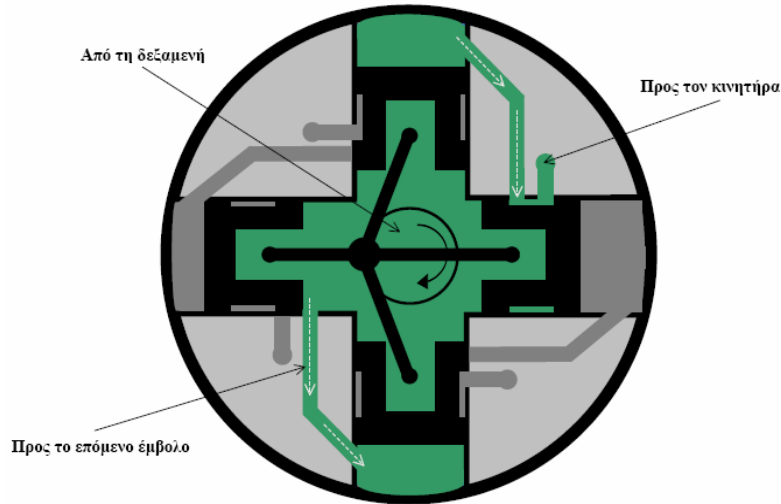
Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντούμε διαφορετικούς μετρητές κατανάλωσης καυσίμου (fuel consumption meters), οι οποίοι βασίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας. Οι μετρητές που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι οι εμβολοφόροι (piston-type) και οι μετρητές στροβίλου (turbine meters). Όσον αφορά τους εμβολοφόρους, πρόκειται για μετρητές θετικού εκτοπίσματος, οι οποίοι παρουσιάζουν τη μικρότερη τριβή και αδράνεια. Οι μετρητές στροβίλου προκαλούν πτώση πίεσης, παρουσιάζουν μεγαλύτερη τριβή και είναι σχετικά υψηλότερου κόστους [3].

Η εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο σύστημα τροφοδοσίας προκαλεί υδραυλική αντίσταση, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του καυσίμου. Σύμφωνα με τους Watson και Janota [4] και Heywood [5], η αυξημένη θερμοκρασία καυσίμου επηρεάζει αρνητικά την απόδοση του κινητήρα και κατ' επέκταση ολόκληρου του μηχανήματος. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αύξησης της θερμοκρασίας καυσίμου, λόγω υδραυλικής τριβής, αποφασίστηκε ότι θα έπρεπε στο κύκλωμα τροφοδοσίας να τοποθετηθεί ψυγείο καυσίμου και στη συνέχεια να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητά του και η καταλληλότητα της επιλεγόμενης θέσης του.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας επιλέχτηκε ο εμβολοφόρος μετρητής κατανάλωσης καυσίμου της Mera-Poltik [6], ο οποίος εκτός του κύριου μετρητή περιλαμβάνει ένα βοηθητικό φίλτρο, ένα «ταυ» και μία βαλβίδα αντεπιστροφής. Πρόκειται για ένα σύστημα από τέσσερα έμβολα γνωστού εκτοπίσματος, των οποίων η κίνηση, με τη βοήθεια ενός παλινδρομικού μηχανισμού, μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση ενός αξονίσκου (Σχήμα 1). Στη συνέχεια, η περιστροφική κίνηση του αξονίσκου

ανιχνεύεται από ένα μαγνητικό λήπτη και μεταφέρεται σε έναν απαριθμητή. Ο συγκεκριμένος μετρητής έχει εύρος τιμών μέτρησης  $1 \div 130 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , με μέγιστο σφάλμα 2% και επιτρεπόμενα όρια πίεσης 0.3 MPa και θερμοκρασίας από  $-25$  έως  $+70$  °C.

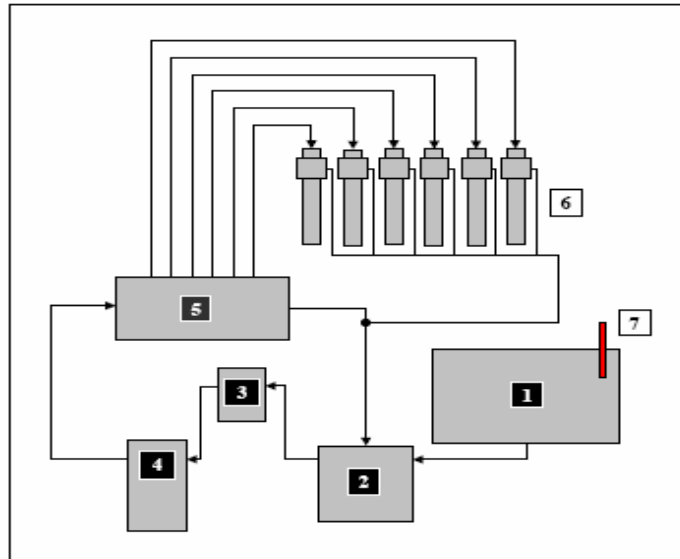


Σχήμα 1. Αρχή λειτουργίας του εμβολοφόρου μετρητή κατανάλωσης καυσίμου.

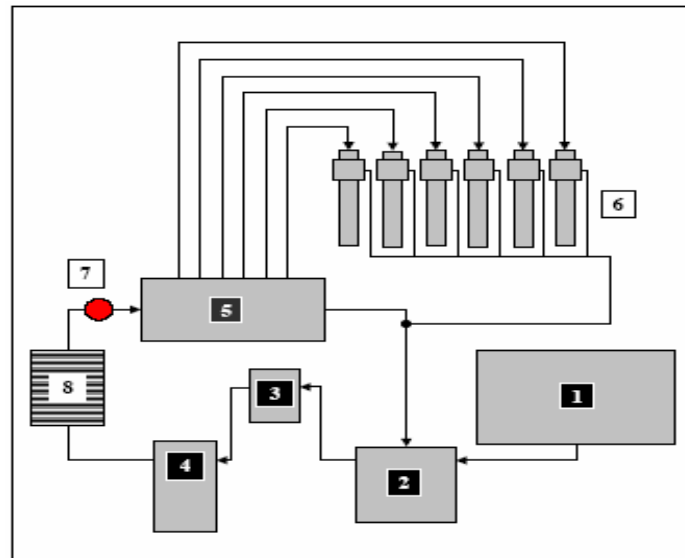
Το ψυγείο καυσίμου σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου κύκλωμα τροφοδοσίας και οι διαστάσεις του επιτρέπουν την εύκολη τοποθέτηση μπροστά από το ψυγείο νερού. Ο μετρητής κατανάλωσης και το ψυγείο καυσίμου τοποθετήθηκαν σε ένα γεωργικό ελκυστήρα μεγάλης ισχύος (160 HP), ο οποίος ήταν σε άριστη τεχνική κατάσταση.

Η θερμοκρασία του καυσίμου μετρήθηκε σε διαφορετικά σημεία του συστήματος τροφοδοσίας με σκοπό να εντοπιστεί η κατάλληλη θέση του ψυγείου στο σύστημα τροφοδοσίας και να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της απόδοσής του. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου, ήταν η εξής:

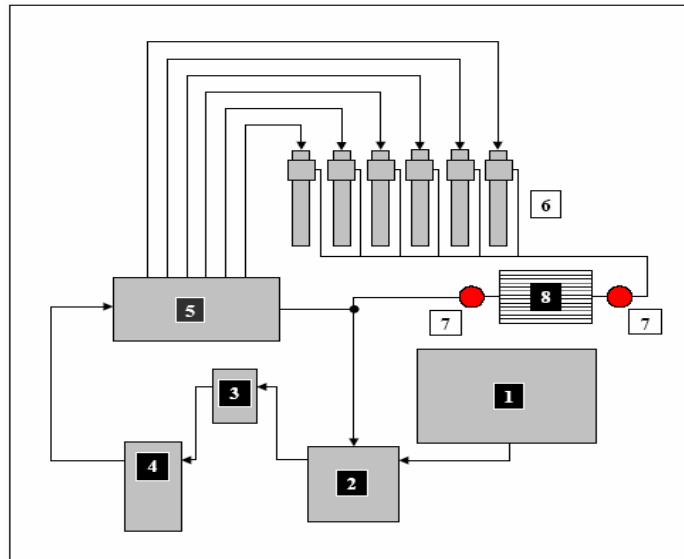
- Μέτρηση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή καυσίμου, αρχικά χωρίς το μετρητή κατανάλωσης και στη συνέχεια μετά την τοποθέτηση του μετρητή στο σύστημα τροφοδοσίας σύμφωνα με το Σχήμα 2.
- Μέτρηση της θερμοκρασίας πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης, αρχικά χωρίς το μετρητή κατανάλωσης, στη συνέχεια μετά την τοποθέτηση του μετρητή και τέλος όταν στο κύκλωμα εκτός του μετρητή τοποθετήθηκε το ψυγείο καυσίμου σύμφωνα με το Σχήμα 3.
- Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής, πριν και μετά το ψυγείο καυσίμου σύμφωνα με το Σχήμα 4.



Σχήμα 2. Μέτρηση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή καυσίμου. 1). Δεξαμενή, 2). Μετρητής κατανάλωσης, 3). Αντλία τροφοδοσίας, 4). Φίλτρο, 5). Αντλία εκτόξευσης, 6). Εγχυτήρες, 7). Θερμόμετρο.



Σχήμα 3. Μέτρηση της θερμοκρασίας πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης. 1). Δεξαμενή, 2). Μετρητής κατανάλωσης, 3). Αντλία τροφοδοσίας, 4). Φίλτρο, 5). Αντλία εκτόξευσης, 6). Εγχυτήρες, 7). Θερμόμετρο, 8). Ψυγείο.



Σχήμα 4. Μέτρηση θερμοκρασίας στο κύκλωμα επιστροφής καυσίμου. 1) Δεξαμενή, 2) Μετρητής κατανάλωσης, 3) Αντλία τροφοδοσίας, 4) Φίλτρο, 5) Αντλία εκτόξευσης, 6) Εγχυτήρες, 7) Θερμόμετρα, 8) Ψυγείο.

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας καυσίμου έγιναν σε πραγματικές συνθήκες εργασίας του ελκυστήρα, κατά τη διάρκεια βαθιάς άρωσης. Η λήψη των μετρήσεων στη δεξαμενή έγιναν με τη βοήθεια ενός υδραργυρικού θερμόμετρου με εύρος μέτρησης από  $-10$  έως  $+110^{\circ}\text{C}$ . Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στα άλλα σημεία του κυκλώματος τροφοδοσίας χρησιμοποιήθηκε ένα θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης με εύρος μέτρησης από  $-100$  έως  $+200^{\circ}\text{C}$  και ακρίβεια  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ .

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την ασφαλέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων, κάθε μέτρηση επαναλήφθηκε 10 φορές, η δειγματοληψία γινόταν ανά διαστήματα των 5 min και ακολούθησε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

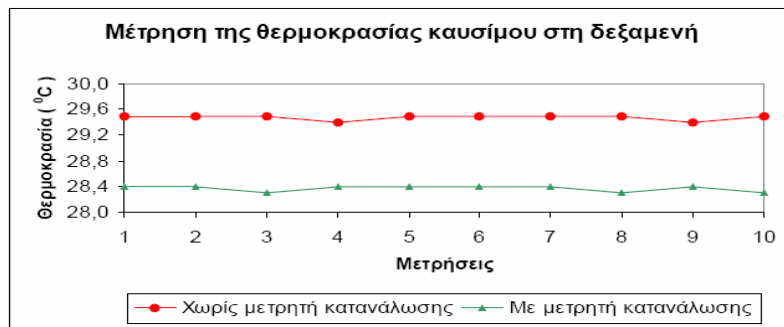
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της θερμοκρασίας καυσίμου στη δεξαμενή παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και απεικονίζονται στο γράφημα του Σχήματος 5. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου, όταν στο κύκλωμα δεν είχε τοποθετηθεί ο μετρητής κατανάλωσης, ήταν  $29.48^{\circ}\text{C}$  και μετά την εγκατάστασή του έγινε  $28.37^{\circ}\text{C}$ . Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας των  $1.11^{\circ}\text{C}$  οφείλεται στο γεγονός ότι, το επιστρεφόμενο καύσιμο δεν καταλήγει πίσω στη δεξαμενή, αλλά επιστρέφει στο κύκλωμα διαμέσου του μετρητή.

Στη συνέχεια μετρήθηκε η θερμοκρασία του καυσίμου πριν την είσοδό του στην αντλία εκτόξευσης. Τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στον Πίνακα 2 και στο γράφημα του Σχήματος 6. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου, όταν στο κύκλωμα δεν είχε τοποθετηθεί ο μετρητής κατανάλωσης, ήταν  $39.47^{\circ}\text{C}$ . Μετά την εγκατάσταση του μετρητή έγινε  $52.66^{\circ}\text{C}$ . Είναι προφανές ότι η αύξηση της θερμοκρασίας καυσίμου κατά  $13.19^{\circ}\text{C}$  οφείλεται αφενός στην υδραυλική αντίσταση, λόγω της εγκατάστασης του μετρητή καυσίμου στο κύκλωμα τροφοδοσίας και αφετέρου στα επιστρεφόμενα. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου μετά και την εγκατάσταση του ψυγείου έπεσε στους

38.32°C. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η τοποθέτηση ψυγείου βοήθησε ουσιαστικά στην εξάλειψη των αρνητικών αυτών επιπτώσεων στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου.

Πίνακας 1. Θερμοκρασία καυσίμου στη δεξαμενή.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου στη δεξαμενή [°C]	
	Χωρίς μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης
1	29.5	28.4
2	29.5	28.4
3	29.5	28.3
4	29.4	28.4
5	29.5	28.4
6	29.5	28.4
7	29.5	28.4
8	29.5	28.3
9	29.4	28.4
10	29.5	28.3
Μέση τιμή	29.48	28.37
Τυπική απόκλιση	0.042164	0.048305
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.143025	0.170266



Σχήμα 5. Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στη δεξαμενή.

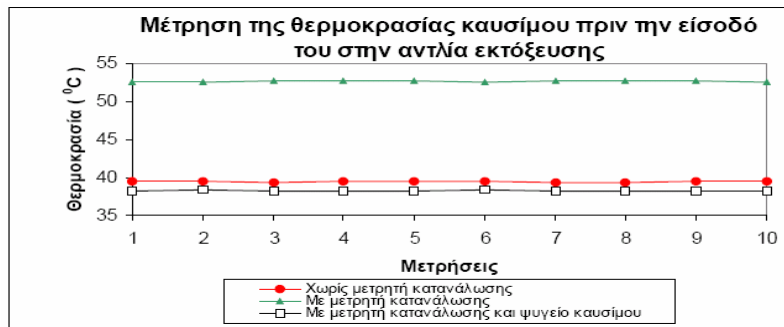
Τέλος, το ψυγείο τοποθετήθηκε στο κύκλωμα επιστροφής και μετρήθηκε η θερμοκρασία καυσίμου στην είσοδο και στην έξοδο του ψυγείου. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων δίνονται στον Πίνακα 3 και στο γράφημα του Σχήματος 7. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου πριν το ψυγείο είναι 65.65°C και μετά από αυτό είναι 51.15°C, ήτοι έχουμε πτώση της θερμοκρασίας κατά 14.5°C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του καυσίμου που επιστρέφει στο κύκλωμα τροφοδοσίας παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Επομένως η εγκατάσταση του ψυγείου στη διακλάδωση της επιστροφής καυσίμου δε θα βοηθούσε ουσιαστικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος.

Πίνακας 2. Θερμοκρασία πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου πριν την είσοδό του στην αντλία εκτόξευσης [°C]		
	Χωρίς μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης και ψυγείο καυσίμου
1	39.5	52.6	38.3
2	39.5	52.6	38.4
3	39.4	52.7	38.3
4	39.5	52.7	38.3
5	39.5	52.7	38.3
6	39.5	52.6	38.4
7	39.4	52.7	38.3
8	39.4	52.7	38.3
9	39.5	52.7	38.3
10	39.5	52.6	38.3
Μέση τιμή	39.47	52.66	38.32
Τυπική απόκλιση	0.048305	0.05164	0.042164
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.122383	0.098063	0.110031

Πίνακας 3. Θερμοκρασία καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής [°C]	
	Πριν το ψυγείο καυσίμου	Μετά το ψυγείο καυσίμου
1	65.7	51.2
2	65.6	51.1
3	65.6	51.1
4	65.7	51.2
5	65.7	51.2
6	65.6	51.1
7	65.7	51.2
8	65.6	51.1
9	65.6	51.1
10	65.7	51.2
Μέση τιμή	65.65	51.15
Τυπική απόκλιση	0.052705	0.052705
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.080281	0.103039



Σχήμα 6. Μέτρηση της θερμοκρασίας στην είσοδο της αντλίας εκτόξευσης.



Σχήμα 7. Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ο μετρητής κατανάλωσης είναι ένα συμπληρωματικό εξάρτημα του συστήματος τροφοδοσίας, το οποίο εξασφαλίζει τον ακριβή έλεγχο της κατανάλωσης καυσίμου.
- Η εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας προκαλεί υδραυλική τριβή με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας καυσίμου.
- Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), προτείνεται η τοποθέτηση ψυγείου καυσίμου στο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ως καταλληλότερη θέση για την εγκατάσταση του ψυγείου κρίνεται η θέση μπροστά από την αντλία εκτόξευσης.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τσατσαρέλης, Κ., 1997. *Γεωργικοί Ελκυστήρες*. Εκδόσεις Γιαχουδή-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
2. Σταθόπουλος, Γ., 1991. *Κριτήρια εκλογής γεωργικών μηχανημάτων*. Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος. Τμήμα Εκδόσεων και Εντύπων.
3. Doebelin, E., O., 1990. *Measurement Systems. Application and Design*. McGraw-Hill International Editions.
4. Watson, N., Janota, M., S., 1982. *Turbocharging the internal combustion engine*. MacMillan Press Ltd. London.
5. Heywood, J., B., 1992. *Combustion Internal Engine Fundamentals*. McGraw-Hill International Editions.
6. Mera-Poltik, 2001. *Positive Displacement Flowmeters*. Instruction Manual.