



9<sup>ο</sup>

Πανελλήνιο Συνέδριο  
Γεωργικής Μηχανικής

# ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΧΩΡΟ





## ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Μ. Κόκκορα<sup>1,2,✉</sup>, Ν. Γκουγκούλιάς<sup>2</sup>, Χ. Καβαλάρης<sup>3</sup>, Δ. Καλφούντζος<sup>1</sup>, Θ. Γέμτος<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων, ΤΕΙ Θεσσαλίας, 41110, Λάρισα, ✉ mkokkora@teilar.gr

<sup>2</sup>Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, ΤΕΙ Θεσσαλίας, 41110, Λάρισα

<sup>3</sup>Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,  
38446, Νέα Ιωνία, Μαγνησία

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση τριών μεθόδων κατεργασίας (συμβατική, μειωμένη με βαρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργεια) και τριών επιπέδων λίπανσης στην απόδοση τεσσάρων ενεργειακών καλλιεργειών (συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικό μπιζέλι και τριτικάλε, ηλίανθος, ελαιοκράμβη και σόργο). Γενικά η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή έδωσε καλύτερα ποσοστά φυτρώματος. Αυξημένη απόδοση σπόρου ηλίανθου και ελαιοκράμβης παρατηρήθηκε με τη μειωμένη κατεργασία. Η αύξηση της αζωτούχου λίπανσης οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης σε σπόρο ελαιοκράμβης και ηλίανθου, καθώς και σε στέλεχος ηλίανθου. Οι αποδόσεις του σόργου και της συγκαλλιέργειας κτηνοτροφικού μπιζελιού με τριτικάλε δεν επηρεάστηκαν από τη μέθοδο κατεργασίας ή τη λίπανση.

**Λέξεις κλειδιά:** Αμειψισπορά ενεργειακών καλλιεργειών, Μειωμένη κατεργασία, Αζωτούχος λίπανση, Φύτρωμα σπόρων, Απόδοση

## EFFECTS OF TILLAGE METHODS AND FERTILIZATION ON ENERGY CROPS PRODUCTION

Μ. Kokkora<sup>1,2,✉</sup>, N. Gkougkoulias<sup>2</sup>, C. Kavalaris<sup>3</sup>, D. Kalfountzos<sup>1</sup>, T. Gemtos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, TEI of Thessaly, 41110, Larissa, ✉ mkokkora@teilar.gr

<sup>2</sup>Department of Agricultural Engineering Technologists, TEI of Thessaly, 41110, Larissa

<sup>3</sup>Department of Agriculture Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, 38446,  
N. Ionia, Magnisia

### Abstract

The present study investigates the effects of three soil tillage methods (conventional tillage, reduced tillage and no-tillage) along with three levels of fertilization on yields of four energy crops (pea and triticale intercropping, sunflower, rapeseed and sorghum). In general, the use of heavy cultivator (reduced tillage method) resulted in higher rates of seed germination. Higher grain yields of sunflower and rapeseed were observed with the reduced tillage method. Increasing the rates of nitrogen fertilization increased grain yields of rapeseed and sunflower, and also stover yield of sunflower. The yields of sorghum and pea and triticale intercropping were not influenced by tillage methods or nitrogen fertilization.

**Key words:** Energy crops rotation, Conservation tillage, Nitrogen fertilization, Seed germination, Yield

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα προκειμένου να επιτύχει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αλλά και μείωση της εξάρτησής της από τις εισαγωγές πετρελαίου στον τομέα των μεταφορών ενθαρρύνει την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ο στόχος για το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για την Ελλάδα το 2020 ανέρχεται στο 18% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας (Οδηγία 2009/28/EK). Έχει θεσπιστεί επίσης, ως υποχρεωτικός ελάχιστος στόχος, τον οποίο πρέπει να επιτύχουν όλα τα κράτη μέλη, 10% ως μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση βενζίνης και πετρελαίου ντίζελ στις μεταφορές έως το 2020.

Έχουν γίνει ως σήμερα σημαντικές προσπάθειες υποκατάστασης των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων με τοπικά παραγόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για την παραγωγή υγρών καυσίμων, η μόνη εφικτή λύση σήμερα, είναι η παραγωγή τους από βιομάζα (Γέμτος κ.α., 2009). Οι καλλιέργειες που παράγουν βιομάζα με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων ονομάζονται ενεργειακές καλλιέργειες. Η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών είναι επομένως στρατηγικής σημασίας για την ελληνική γεωργία καθώς μπορεί να συντελέσει στην παραγωγή ενέργειας και υγρών καυσίμων, στη διασφάλιση ή και βελτίωση του αγροτικού εισοδήματος, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος. Ανάμεσα στις ενεργειακές καλλιέργειες που φαίνεται να δίνουν υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα είναι το γλυκό σόργο και ο ηλίανθος (Βακάκης, 2007; Γέμτος κ.α., 2009).

Προκειμένου όμως η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών να είναι βιώσιμη, θα πρέπει να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις με κατά το δυνατόν χαμηλότερες εισροές. Η μείωση της κατεργασίας του εδάφους αποτελεί μια μέθοδο μείωσης των εισροών στην παραγωγή (Hernanz et al., 2014), ενώ ταυτόχρονα συντελεί στην βελτίωση της ποιότητας του εδάφους μέσω της αύξησης της περιεχόμενης οργανικής ουσίας (Γέμτος κ.α., 2013; Küstermann et al., 2013).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση τριών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους (συμβατική, μειωμένη με βαρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργεια) και τριών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση τεσσάρων ενεργειακών καλλιεργειών (συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικό μπιζέλι και τριτικάλε, ηλίανθος, ελαιοκράμβη και γλυκό σόργο).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εγκαταστάθηκε πιλοτικός αγρός αμειψιπορών έκτασης 10 στρεμμάτων στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Θεσσαλίας ( $39^{\circ} 37,12' \text{ N}$ ,  $22^{\circ} 23,05' \text{ E}$ ). Τα ενεργειακά φυτά που καλλιεργήθηκαν σε λωρίδες με τη μέθοδο της αμειψιποράς από τον Δεκέμβριο του 2012 ως και το Νοέμβριο του 2014 συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Ενεργειακές καλλιέργειες που εγκαταστάθηκαν στο πείραμα του πιλοτικού αγρού αμειψιπορών στο ΤΕΙ Θεσσαλίας

Καλλιέργεια	Σπορά	Συγκομιδή
<b>Κτηνοτροφικό μπιζέλι (<i>Pisum sativum L.</i>)</b>		
& τριτικάλε ( <i>x Triticosecale</i> )	Δεκ-12	Μαϊ-13
<b>Ηλίανθος (<i>Helianthus annuus</i>)</b>	Ιουν-13	Οκτ-13
<b>Ελαιοκράμβη (<i>Brassica napus L.</i>)</b>	Νοε-13	Ιουν-14
<b>Σόργο (<i>Sorghum bicolor L.</i>)</b>	Ιουν-14	Νοε-14

Οι μέθοδοι κατεργασίας του εδάφους που εφαρμόστηκαν περιλαμβάνουν: (1) Συμβατική κατεργασία: περιλαμβάνει όργωμα σε βάθος 25-30 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης

με καλλιεργητή προετοιμασίας, (2) Μειωμένη κατεργασία με χρήση βαρύ καλλιεργητή: πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 15-20 cm. Η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώνεται με καλλιεργητή προετοιμασίας, και (3) Ακαλλιέργεια: απευθείας σπορά στην ακατέργαστη επιφάνεια με ειδικές σπαρτικές μηχανές, ανάλογα αν πρόκειται για χειμερινή ή εαρινή καλλιέργεια. Οι τρεις μέθοδοι κατεργασίας επαναλήφθηκαν τέσσερεις φορές.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν λιπάνσεις με τρία επίπεδα αζωτούχου λίπανσης. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε η ενδεδειγμένη λίπανση σε άζωτο (μάρτυρας – Λ2), βάσει του Πρακτικού λιπάνσεων για το Νομό Λάρισας, και δύο επίπεδα λίπανσης που αντιστοιχούσαν στο ±20% της ενδεδειγμένης αζωτούχου λίπανσης (Λ1: -20%, Λ3: +20%), εκτός από την καλλιέργεια του σόργου όπου η διαφοροποίηση κυμάνθηκε στο ±50%. Εφαρμόστηκε επίσης και βασική λίπανση, η οποία διαφοροποιήθηκε ανά καλλιέργεια. Η συνολική ποσότητα των λιπασμάτων ανά καλλιέργεια και τα επίπεδα λίπανσης συνοψίζονται στον Πίνακα 2. Κάθε μεταχείριση λίπανσης επαναλήφθηκε τρεις φορές.

Συνολικά εγκαταστάθηκαν 108 πειραματικά τεμάχια, με έκταση 60 m<sup>2</sup> το καθένα. Το έδαφος στον πιλοτικό αγρό ήταν κατάλληλο για την ανάπτυξη των υπό μελέτη καλλιέργειών. Πιο συγκεκριμένα, το έδαφος του πιλοτικού αγρού ανήκει στα Inceptisol. Το έδαφος ως το βάθος των 30 cm, ως προς τη μηχανική σύστασή του, κατατάσσεται ως αμμοαργιλοπηλώδες. Η οργανική ουσία του εδάφους ήταν 2,0%, το CaCO<sub>3</sub> 9,27%, το pH 8,2 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC<sub>25 °C</sub>) 0,18 mS cm<sup>-1</sup>.

Για τις εαρινές καλλιέργειες ήταν απαραίτητη η εφαρμογή αρδεύσεων, η οποία πραγματοποιήθηκε με στάγδην άρδευση και βάσει της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>), όπως υπολογίστηκε από το πρόγραμμα FAO-56. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας έγινε χρήση δολωμάτων για την καταπολέμηση των τρωκτικών, τα οποία δραστηριοποιούνταν ιδιαίτερα στη συγκεκριμένη μεταχείριση.

Σε όλες τις καλλιέργειες, προσδιορίστηκε ο πληθυσμός των φυτών που φύτρωσαν σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, χρησιμοποιώντας πλαίσιο έκτασης 1 m<sup>2</sup> και μετρώντας τον αριθμό των φυτών που φύτρωσαν εντός του πλαισίου. Στην ολοκλήρωση της ανάπτυξης των φυτών, η βιομάζα συλλέχθηκε σε αναρτώμενο καλάθι στο πίσω μέρος της θεριζοαλωνιστικής πειραματικών τεμαχίων πλάτους 1,5m (HEGE 125c), όπου ζυγίστηκε το χλωρό βάρος. Το ίδιο και ο σπόρος. Στη συνέχεια, λήφθηκε αντιπροσωπευτικό δείγμα, προσδιορίστηκε η περιεχόμενη υγρασία, και βάσει αυτού υπολογίστηκε η ξηρή βιομάζα.

**Πίνακας 2.** Μονάδες N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O (σε kg/στρέμμα) που εφαρμόστηκαν στις υπό μελέτη ενεργειακές καλλιέργειες για καθένα από τα τρία επίπεδα λίπανσης (Λ1, Λ2 και Λ3)

Καλλιέργεια	Λιπάνσεις		
	Λ1	Λ2	Λ3
Κτηνοτροφικό μπιζέλι & τριτικάλε <sup>α</sup>	3,3 - 4,5 - 4,5	3,3 - 4,5 - 4,5	3,3 - 4,5 - 4,5
Ηλίανθος	10 - 5 - 0	12 - 5 - 0	14 - 5 - 0
Ελαιοκράμβη	8 - 0 - 0	10 - 0 - 0	12 - 0 - 0
Σόργο	10 - 0 - 0	20 - 0 - 0	30 - 0 - 0

<sup>α</sup> Εφαρμόστηκε μόνο συμβατική λίπανση λόγω της αναμενόμενης αύξησης του εδαφικού αζώτου με την καλλιέργεια του ψυχανθούς

Τα αποτελέσματα του φυτρώματος και η απόδοση σε ξηρή βιομάζα αναλύθηκαν με ανάλυση διασποράς (ANOVA) με δύο παράγοντες, με κύριο παράγοντα τη λίπανση και

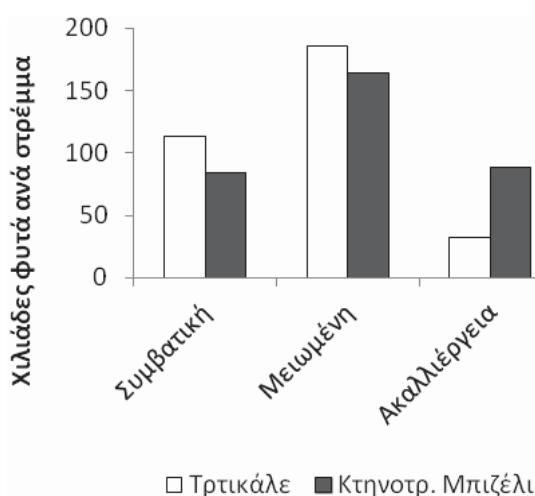
δευτερεύοντα την εδαφική κατεργασία, με βάση το στατιστικό πρόγραμμα SPSS10 (SPSS Inc., Chicago, USA).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. Κτηνοτροφικό μπιζέλι και τριτικάλε

Η επίδραση των υπό μελέτη μεθόδων κατεργασίας στο φύτρωμα του κτηνοτροφικού μπιζελιού και του τριτικάλε δεν ήταν στατιστικά σημαντική, καθώς στο σύνολο του δείγματος παρατηρήθηκε υψηλή παραλλακτικότητα. Και για τις δύο καλλιέργειες, η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή τείνει στο φύτρωμα περισσοτέρων φυτών ανά στρέμμα (Σχήμα 1). Στη μεταχείριση της ακαλλιέργειας φαίνεται να υπολείπεται ο πληθυσμός των φυτών τριτικάλε σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Αυτό αποδόθηκε κυρίως στην παρουσία των τρωκτικών και του υψηλού ανταγωνισμού των φυτών από τους σπόρους κριθαριού της προηγούμενης καλλιέργειας.

Όσον αφορά στην απόδοση της συγκαλλιέργειας, η παραγωγή ξηρής βιομάζας κυμάνθηκε στα 360-388 kg ανά στρέμμα. Οι διαφορές μεταξύ των τριών κατεργασιών δεν απεδείχθησαν στατιστικώς σημαντικές. Η συμβατική και η μειωμένη κατεργασία οδήγησαν σε σχεδόν ίδια παραγωγή (360 και 363 kg/στρ., αντίστοιχα). Η ελαφρώς υψηλότερη παραγωγή που έδωσε η ακαλλιέργεια πιθανώς οφείλεται στην επικράτηση φυτών κριθαριού.



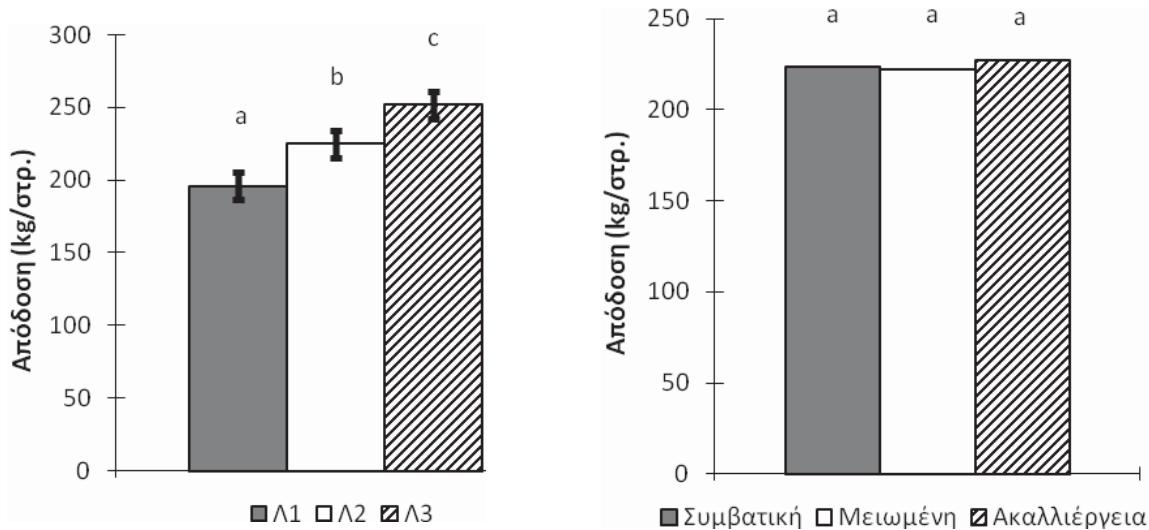
**Σχήμα 1.** Επίδραση των μεθόδων κατεργασίας στο φύτρωμα της συγκαλλιέργειας κτηνοτροφικού μπιζελιού και τριτικάλε.

#### 3.2. Ηλίανθος

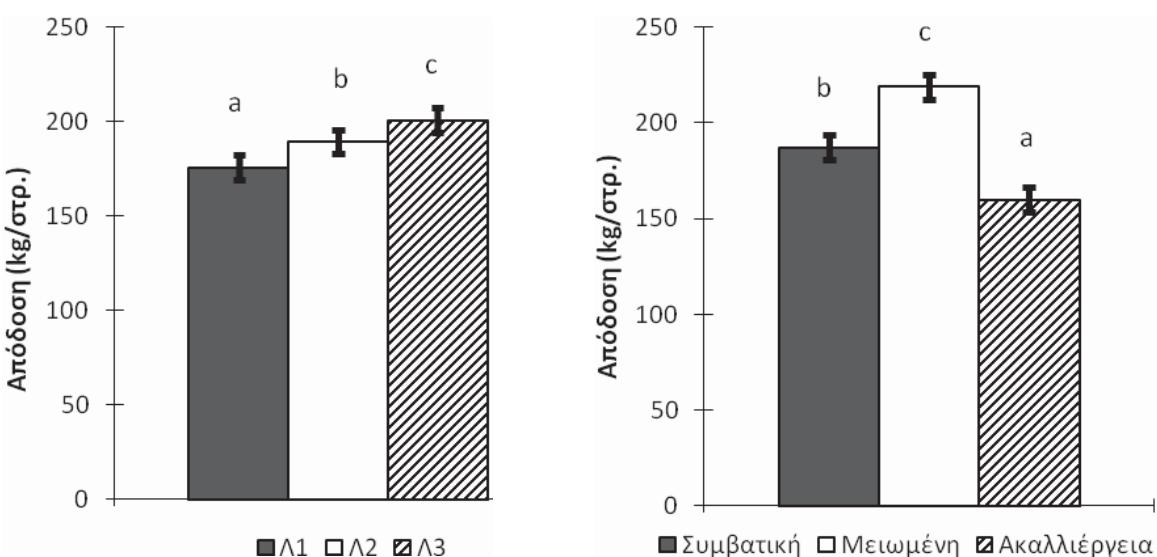
Η μέθοδος της μειωμένη κατεργασίας με βαρύ καλλιεργητή έδωσε συγκριτικά καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στο φύτρωμα των σπόρων, ενώ οι άλλες δύο μέθοδοι έδωσαν παραπλήσια μεταξύ τους αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό φυτρώματος στο βαρύ καλλιεργητή ανήλθε σε 61%, της ακαλλιέργειας σε 46% και της συμβατικής κατεργασίας σε 43%.

Η απόδοση σε ξηρή μάζα στελεχών και σπόρου ηλίανθου για τα τρία επίπεδα λίπανσης και τις τρεις μεθόδους κατεργασίας παρουσιάζονται στα Σχήματα 2 και 3 (μέσοι όροι ανά μέθοδο κατεργασίας, και ανά επίπεδο λίπανσης). Η επίδραση της κάθε μεθόδου κατεργασίας X κάθε ύψος λίπανσης δεν ήταν στατιστικά σημαντική). Όσο αυξάνεται η αζωτούχος

λίπανση αυξάνεται η απόδοση σε ξηρή μάζα στελεχών και σπόρου ηλίανθου. Οι μέθοδοι κατεργασίας δεν επηρέασαν την απόδοση σε ξηρή μάζα στελεχών ηλίανθου, η οποία κατά μέσο όρο κυμάνθηκε στα 224,27 kg/στρ. (Σχήμα 2). Αντίθετα, η απόδοση σε ξηρή μάζα σπόρων ηλίανθου επηρεάστηκε σημαντικά από τις μεθόδους κατεργασίας (Σχήμα 3). Η υψηλότερη παραγωγή επιτεύχθηκε στη μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή με 218,91 kg/στρ..



**Σχήμα 2.** Επίδραση της λίπανσης (αριστερά) και των μεθόδων κατεργασίας (δεξιά) στην απόδοση σε στέλεχος ηλίανθου (ξηρή βιομάζα). Οι τιμές είναι μέσοι όροι και εκείνοι με διαφορετικό λατινικό γράμμα είναι στατιστικά διαφορετικοί ( $P<0.05$ ). Οι ράβδοι σφάλματος αντιπροσωπεύουν διάστημα εμπιστοσύνης 99%.

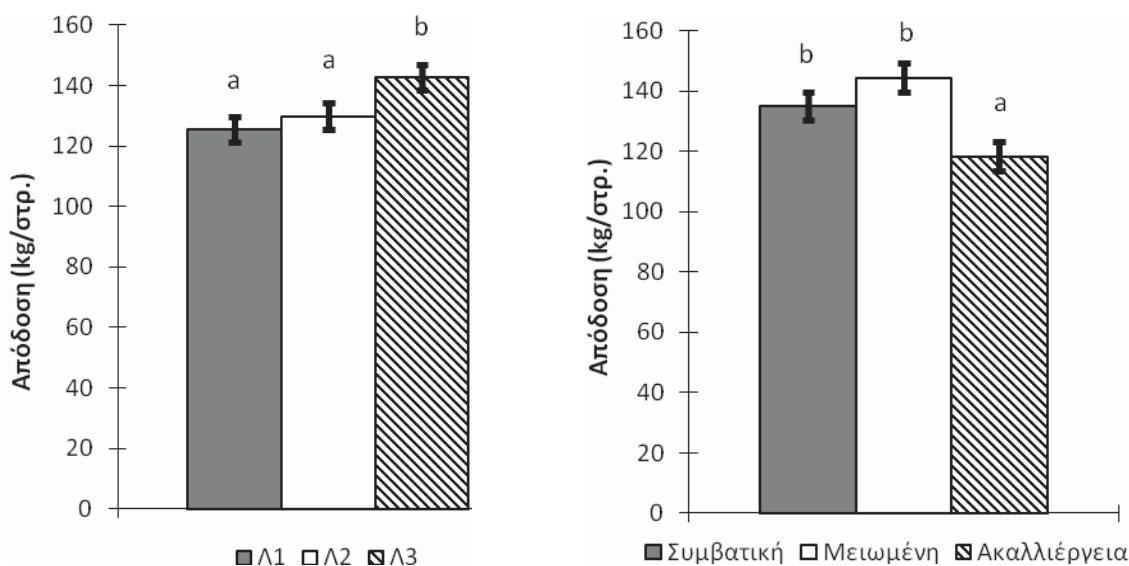


**Σχήμα 3.** Επίδραση της λίπανσης (αριστερά) και των μεθόδων κατεργασίας (δεξιά) στην απόδοση σε σπόρο ηλίανθου (ξηρή βιομάζα). Οι τιμές είναι μέσοι όροι και εκείνοι με διαφορετικό λατινικό γράμμα είναι στατιστικά διαφορετικοί ( $P<0.05$ ). Οι ράβδοι σφάλματος αντιπροσωπεύουν διάστημα εμπιστοσύνης 99%.

### 3.3. Ελαιοκράμβη

Και στην περίπτωση της ελαιοκράμβης, η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή οδήγησε σε καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στο φύτρωμα των σπόρων. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό φυτρώματος στο βαρύ καλλιεργητή ανήλθε στο 54%, στη συμβατική κατεργασία σε 46%, ενώ στην ακαλλιέργεια μόλις 36%.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η απόδοση σε ξηρή βιομάζα σπόρου ελαιοκράμβης (μέσος όρος ανά μέθοδο κατεργασίας, και ανά επίπεδο λίπανσης). Η επίδραση της κάθε μεθόδου κατεργασίας X κάθε επίπεδο λίπανσης δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης σε ποσότητα 20% επιπλέον της ενδεδειγμένης, αύξησε σημαντικά την απόδοση σε σπόρο. Τα άλλα δύο επίπεδα λίπανσης που χρησιμοποιήθηκαν οδήγησαν σε παρόμοια απόδοση. Όσον αφορά στις μεθόδους κατεργασίας, η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή οδήγησε σε παραγωγή 144,40 kg/στρ. σπόρου ελαιοκράμβης. Σε παρόμοια επίπεδα κυμάνθηκε η συμβατική κατεργασία με 135,08 kg/στρ. και ακολούθησε η ακαλλιέργεια με τη μικρότερη παραγωγή 118,46 kg/στρ. (Σχήμα 4).



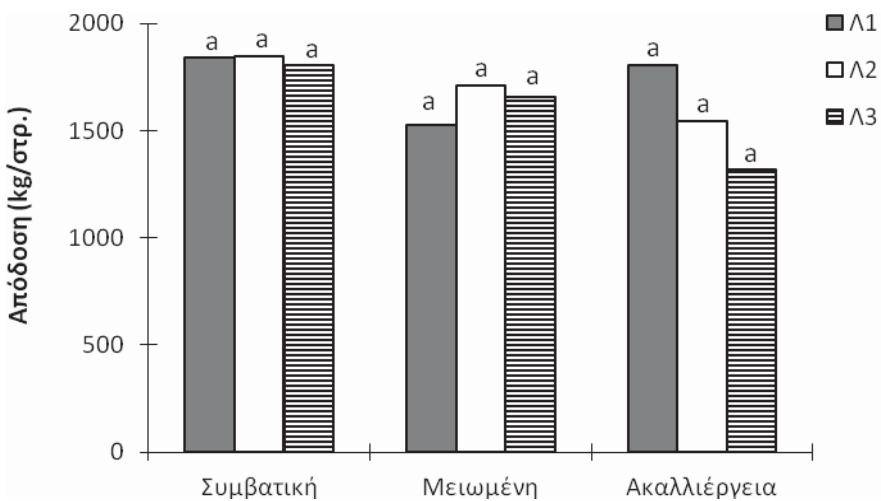
**Σχήμα 4.** Επίδραση της λίπανσης (αριστερά) και των μεθόδων κατεργασίας (δεξιά) στην απόδοση σε σπόρο ελαιοκράμβης (ξηρή βιομάζα). Οι τιμές είναι μέσοι όροι και εκείνοι με διαφορετικό λατινικό γράμμα είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικοί ( $P<0.01$ ).

Οι ράβδοι σφάλματος αντιπροσωπεύουν διάστημα εμπιστοσύνης 99%.

### 3.4. Σόργο

Στην περίπτωση του σόργου, η μειωμένη και η συμβατική κατεργασία έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά το φύτρωμα των σπόρων, με ποσοστό φυτρώματος 73,6% και 73,8%, αντίστοιχα. Η μεταχείριση της ακαλλιέργειας έδωσε και για το σόργο το χαμηλότερο ποσοστό φυτρώματος (63,7%).

Η απόδοση σε ξηρή μάζα των στελεχών του σόργου και για τα τρία επίπεδα λίπανσης και τις τρεις κατεργασίες δεν ήταν στατιστικώς σημαντικά διαφορετική (Σχήμα 5). Κατά μέσο όρο η απόδοση του σόργου για τη συμβατική κατεργασία ανήλθε στα 1829 kg/στρ., για τη μειωμένη στα 1632 kg/στρ. και τέλος για την ακαλλιέργεια στα 1557 kg/στρ.



**Σχήμα 5.** Επίδραση της λίπανσης και των μεθόδων κατεργασίας στην απόδοση του σόργου (ξηρή βιομάζα). Οι τιμές είναι μέσοι όροι και εκείνοι με το ίδιο λατινικό γράμμα δεν είναι στατιστικώς σημαντικά διαφορετικοί ( $P>0.05$ ).

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επίδραση τριών μεθόδων κατεργασίας (συμβατική, μειωμένη με βαρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργεια) και τριών επιπέδων λίπανσης στην απόδοση τεσσάρων ενεργειακών καλλιεργειών. Η αύξηση των επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης σε σπόρο ελαιοκράμβης και ηλίανθου, καθώς και σε αύξηση της απόδοσης σε στέλεχος ηλίανθου. Η απόδοση του σόργου και της συγκαλλιέργειας κτηνοτροφικού μπιζελιού με τριτικάλε δεν επηρεάστηκε από τις μεθόδους κατεργασίας. Αντίθετα, η απόδοση σε σπόρο του ηλίανθου και της ελαιοκράμβης αυξήθηκε με τη μειωμένη κατεργασία. Η ακαλλιέργεια είχε ως αποτέλεσμα τη μικρότερη απόδοση σε σπόρο για τον ηλίανθο και την ελαιοκράμβη. Η μηχανική καλλιέργεια τροποποιεί δομικές ιδιότητες του εδάφους, οι οποίες επηρεάζουν την έκπτυξη του νεαρού φυτού και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι οι χειμερινές καλλιέργειες ήταν εκείνες που δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από τη μέθοδο καλλιέργειας, σε αντίθεση με τις εαρινές. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεικνύουν ότι η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τον αγρότη, σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο με όργωμα που εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο στη γεωργία σήμερα.

#### Ευχαριστίες

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου «Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας - Φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή βιομάζας» της δράσης «ΘΑΛΗΣ» και χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα ΕΣΠΑ 2007-13.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βακάκης, Φ., 2007. *Ενεργειακές καλλιέργειες και γεωργικά εισοδήματα*. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 8, 34-42.
- Γέμτος, Θ.Α., Καβαλάρης, Χ., Καραμούτης, Χ. και Φουντάς, Σ., 2009. *Η προσαρμοστικότητα τριών ενεργειακών καλλιεργειών στη Θεσσαλία*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη, 699-706.

Γέμτος, Θ.Α., Καβαλάρης, Χ., Καραμούτης, Χ. και Φουντάς, Σ., 2013. *Η εξέλιξη της οργανικής ουσίας στο έδαφος σε ένα μακροχρόνιο πείραμα σύγκρισης κατεργασιών του εδάφους*. Γεωργική Μηχανική, 10-13.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2009. *Οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L140/16, 5.6.2009

Hernanz, J.L., Sánchez-Girón, V., Navarrete, L. and Sánchez M.J., 2014. *Long-term (1983–2012) assessment of three tillage systems on the energy use efficiency, crop production and seeding emergence in a rain fed cereal monoculture in semiarid conditions in central Spain*. Field Crops Research, 166, 26-37.

Küstermann, B., Munch, J.C. and Hülsbergen, K.-J., 2013. *Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany*. European Journal of Agronomy 49, 61-73.

## ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Χ. Καβαλάρης<sup>✉</sup>, Χ. Καραμούτης, Θ. Γέμτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος,  
Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, <sup>✉</sup>chkaval@uth.gr

### Περίληψη

Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου αποτελεί μια από τις εναλλακτικές προτάσεις για την υποκατάσταση της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα, το οποίο αναμένεται να παρουσιάσει σημαντική υποχώρηση τα προσεχή έτη εξαιτίας της επιβολής της νέας ΚΑΠ που προβλέπει δραστική περικοπή των επιδοτήσεων και αποσύνδεση των καλλιεργειών από αυτές. Στη παρούσα μελέτη καταρτίζονται οικονομικά ισοζύγια για το βαμβάκι και το γλυκό σόργο εξετάζοντας παράλληλα την επίδραση πέντε εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους και του διαφορετικού μεγέθους των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τα ισοζύγια καταρτίζονται με χρήση της πλατφόρμας FARMECON και βασίζονται σε στοιχεία από πραγματικά πειραματικά δεδομένα. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ένα αρνητικό οικονομικό αποτέλεσμα για το βαμβάκι (χωρίς τις επιδοτήσεις) και ένα θετικό όφελος για την καλλιέργεια του σόργου. Η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή έδωσε το καλύτερο αποτέλεσμα για το σόργο. Η επίδραση του μεγέθους της γεωργικής εκμετάλλευσης είναι ουσιαστική και το κρίσιμο μέγεθος για την βελτιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος είναι στα 350 στρέμματα.

Λέξεις κλειδιά: Γλυκό σόργο, βαμβάκι, Κόστος, Οικονομικό ισοζύγιο, Κατεργασία εδάφους

## ECONOMIC BUDGETS OF SWEET SORGHUM AND COTTON CROP

C. Cavalaris<sup>✉</sup>, C. Karamoutis, T. Gemtos

Laboratory of Agricultural Mechanization, Department of Agriculture Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, Fytokou Street, N. Ionia, GR-38446, Volos, Greece,  
<sup>✉</sup>chkaval@uth.gr

### Abstract

Sweet sorghum is one of the candidate crops to substitute cotton production in Greece. Cotton is expected to present a significant reduction in the near future due to the strategic changes of the new CAP. An economic study for cotton and sweet sorghum is carried out in the present work, comparing different tillage techniques and the effect of different farm sizes. The economic budgets are compiled with the help of the FARMECON platform and they are based on real experimental data. The results indicate a negative economic effect of the cotton without its subsidies and definitely positive effect of sweet sorghum. The reduced tillage method with the use of heavy cultivator gave for sweet sorghum the best results. The farm size proved to be a key factor and an acreage of 35 hectares was the critical size for the optimization of the economic returns.

Key words: Sweet sorghum, cotton, cost, economic budget, soil tillage

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια του βαμβακιού είναι η σημαντικότερη εαρινή αροτριαία καλλιέργεια στην Ελλάδα. Η ευρεία διάδοσή της οφείλεται στο σημαντικό κομμάτι των ενισχύσεων που χορηγήθηκαν για την καλλιέργεια μετά την ένταξη της χώρας μας στην ΕΟΚ. Σήμερα, η νέα ΚΑΠ προβλέπει αποσύνδεση των επιδοτήσεων από συγκεκριμένες καλλιέργειες επιβάλλοντας την εφαρμογή αμειψιπορών. Η καλλιέργεια του βαμβακιού αναμένεται αναγκαστικά να υποχωρήσει δίνοντας θέση σε νέες δυναμικές καλλιέργειες που θα καταφέρουν να υποκαταστήσουν την απώλεια εισοδήματος από τη κατάργηση της επιδότησης. Το γλυκό σόργο με τις υψηλές του αποδόσεις και την πολυχρηστικότητα της παραγωγής αποτελεί μια υποσχόμενη εναλλακτική καλλιέργεια.

Το γλυκό σόργο είναι μια εαρινή, αρδευόμενη καλλιέργεια με υψηλό δυναμικό παραγωγής το οποίο υπερβαίνει κατά πολύ τον αραβόσιτο. Έρευνες έχουν δείξει ότι η παραγωγή σε ξηρά βιομάζα μπορεί να υπερβεί τους 2,5t/στρ (Wight et al., 2012, Rocateli et al., 2012). Πειράματα με γλυκό σόργο στην Ελλάδα έχουν επιτύχει παραγωγές 3-3,9t/στρ (Alexopoulou et al., 1998). Τα στελέχη του σόργου αποτελούν μια πολύτιμη βιομάζα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με αλκοολική ζύμωση των σακχάρων (Smith et al., 1987) ή για την παραγωγή δεύτερης γενεάς βιοκαυσίμων με την ενζυμική διάσπαση των λιγνοκυτταρινούχων συστατικών (Han et al., 2012, Anfinrud et al., 2013) αλλά και ως πρώτη ύλη σε αντιδραστήρες μεθανικής ζύμωσης. Το γλυκό σόργο, ιδίως ο σπόρος με το υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης, αποτελεί μια άριστη ζωοτροφή για τα μηρυκαστικά (Reddy et al., 2009). Όλα αυτά σε συνδυασμό με τις μειωμένες απαιτήσεις της καλλιέργειας σε εισροές (Rocateli et al., 2012), την αντοχή της σε συνθήκες έλλειψης νερού (Ottman & Miller, 2010, Zegada-Lizarazu and Monti, 2012), καθώς και τη δυνατότητα όψιμης σποράς (τέλη Μαΐου - αρχές Ιουνίου) στοιχείο που επιτρέπει την εγκατάστασή της ως επίσπορη μετά από π.χ. κριθάρι ή κάποιο ψυχανθές (Blevins et al. 1990), καθιστούν το γλυκό σόργο μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρόταση για την ελληνική γεωργία.

Σε κάθε περίπτωση το καθοριστικό κριτήριο για την επιλογή της καλλιέργειας και την υιοθέτησή της σε ευρεία κλίμακα αποτελεί η οικονομικότητα της παραγωγής και η ανταγωνιστικότητα με τις υπάρχουσες καλλιέργειες. Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί η κατάρτιση και η σύγκριση των οικονομικών ισοζυγίων των καλλιεργειών του βαμβακιού και του γλυκού σόργου για την ανάδειξη των σχετικών τους πλεονεκτημάτων.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα οικονομικά ισοζύγια καταρτίστηκαν για 5 διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας:

1. Συμβατική κατεργασία (Σ)  
Όργωμα σε βάθος περίπου 25-30 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα πέρασμα με δισκοσβάρνα.
2. Μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (ΒΚ)  
Πρωτογενής κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή στα 20 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης όπως στη συμβατική.
3. Μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό καλλιεργητή (ΠΚ).  
Περιστροφικός καλλιεργητής με κατακόρυφα ελάσματα για προετοιμασία του εδάφους με ένα μόνο πέρασμα. Το βάθος κατεργασίας κυμαίνεται στα 12-15 cm.
4. Κατεργασία σε λωρίδες (strip tillage) (ST).  
Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνθετο μηχάνημα που κατεργάζεται λωρίδες εδάφους πλάτους 30 cm σε βάθος 25 cm συνδυάζοντας υνιά καλλιεργητή και φρέζας.

5. Ακαλλιέργεια (A). Απευθείας σπορά με ειδικές σπαρτικές ακαλλιέργειας χωρίς καμία προετοιμασία του εδάφους. Τα ζιζάνια καταστρέφονται με glyphosate πριν τη σπορά (400 g/στρ).

Η μελέτη έγινε για ένα εύρος γεωργικών εκμεταλλεύσεων από 100 έως 1500 στρέμματα. Οι μεγαλύτερες εκμεταλλεύσεις διαθέτουν και μεγαλύτερο γεωργικό εξοπλισμό (Πίνακας 1). Συνολικά εξετάζονται τα οικονομικά ισοζύγια για 5 κατεργασίες X 6 μεγέθη εκμεταλλεύσεων = 30 περιπτώσεις.

Όλα τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός θεωρείται ότι αποκτήθηκαν το 2010. Η μισή έκταση θεωρήθηκε ότι καλλιεργείται με βαμβάκι και η υπόλοιπη μισή με γλυκό σόργο. Οι εισροές σε γεωργικά εφόδια για τις δύο καλλιέργειες φαίνονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 1. Μεγέθη εκμεταλλεύσεων και αντίστοιχος γεωργικός εξοπλισμός**

Περιοχές αγρών	Πλήθος γ.ε	Ισχύς γ.ε (Hp)	Άροτρο	Πλάτος / Τιμή αγοράς μηχανημάτων					
				Βαρύς καλλιεργητής	Βωλοκόπος	Δισκοσβάρνα.	Ελ. καλλιεργητής.	Strip	
100 στρ.	1	1	85	1.2m / 10000€	2m / 7000€	2.5m / 15000€	3m / 22000€	3m / 7000€	2m / 18000€
250 στρ.	2	1	85	1.2m / 10000€	2m / 7000€	2.5m / 15000€	3m / 22000€	3m / 7000€	2m / 18000€
500 στρ.	3	2(1)	85/65 (85/-)	1.2m / 10000€	2m / 7000€	2.5m / 15000€	3m / 22000€	3m / 7000€	2m / 18000€
750 στρ.	4	2(1)	130/65 (85/-)	1.5m / 12500€	2.5m / 9000€	3m / 18000€	4m / 28000€	4m / 9000€	3m / 25500€
1000 στρ.	4	2(1)	130/85 (85/-)	1.5m / 12500€	2.5m / 9000€	3m / 18000€	4m / 28000€	4m / 9000€	3m / 25500€
1500 στρ.	4	2(1)	160/85 (85/-)	1.8m / 15000€	3m / 10500€	3m / 18000€	6m / 39500€	6m / 12500€	4m / 32500€

\* Οι αριθμοί στις παρενθέσεις αφορούν τη περίπτωση που εφαρμόζεται ακαλλιέργεια

\* Ο γεωργικός ελκυστήρας 65Hp θεωρείται ότι έχει μονό διαφορικό και όλοι οι υπόλοιποι διπλό διαφορικό.

\* Τιμές γεωργικών ελκυστήρων: Με μονό διαφορικό 380€/Hp, με διπλό διαφορικό 450€/Hp.

**Πίνακας 2. Κοινός γεωργικός εξοπλισμός των εκμεταλλεύσεων**

	Επεμβάσεις		Πλάτος εργασίας (m)	Τιμή αγοράς (€)
	Βαμβάκι	Σόργο		
Σπαρτική σκαλιστικών	1	1	3	12000
Λιπασματοδιανομέας	1	1	10	2500
Ψεκαστικό	3(4)	2(3)	12	8000
σκαλιστήρι	1	1	3.8	5000
στελεχοκόπτης	1		1.5	6000

\* Στη περίπτωση εφαρμογής Ακαλλιέργειας λογίζεται σπαρτική Ακαλλιέργειας με υψηλότερο κόστος αγοράς (22000€ έναντι 12000€) και υψηλότερη ισχύ σύμφωνα με τους συντελεστές ASABE Standards

\* Οι υπόλοιπες εφαρμογές λίπανσης έγιναν με το πότισμα με σταγόνες

\* Στην «Ακαλλιέργεια» έγινε ένας επιπλέον ψεκασμός με Roundup

**Πίνακας 3.** Εισροές από γεωργικά εφόδια

	Βαμβάκι	Σόργο
Σπόροι kg/στρ (€/kg)	2.5(6)	0.3(6)
Λιπάσματα kg/στρ (€/kg)		
21-17-0	25(0.55)	
34-0-0	20(0.5)	13(0.45)
11-10-16		45(0.7)
40-0-0		50(0.58)
Φυτοφάρμακα kg/στρ (€/kg)		
Cotoran	0.4(12)	
Dual	0.1(40)	
Coragen	0.02(120)	
Dicamba	0.6(25)	

**Πίνακας 4.** Στοιχεία άρδευσης

Ποσότητα νερού με καρούλι ( $m^3$ /στρ)	
Βαμβάκι	50
Σόργο	50
Ποσότητα νερού με σταγόνες ( $m^3$ /στρ)	
Βαμβάκι	350
Σόργο	650
Παροχή αντλίας ( $m^3/h$ )	55
Ισχύς αντλίας (kW)	56
Βάθος άντλησης (m)	120
Βάθος γεώτρησης (m)	150
Τιμή αγοράς	
Αντλίες (€)	16300
Γεωτρήσεις (€/m)	18.3
Σωλήνες (€/m)	6
Λάστιχα (€/m)	0.24
Καρούλι (€)	16000

Η άρδευση των καλλιεργειών γίνεται με ιδιωτικές γεωτρήσεις που ισχυοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα (Πίνακας 4). Σε κάθε «περιοχή αγρών» αντιστοιχεί ένα αντλητικό συγκρότημα.

Η συγκομιδή των καλλιεργειών γίνεται με μίσθωση μηχανών συγκομιδής. Το κόστος μίσθωσης για το βαμβάκι είναι 25€/στρ και για το σιλοκοπτικό 24,6€/στρ. Για το βαμβάκι υπάρχει ένα επιπλέον κόστος 5€/τόνο για τη μεταφορά της παραγωγής ενώ για το σόργο η μεταφορά συμπεριλαμβάνεται στο κόστος συγκομιδής. Οι αποδόσεις για το βαμβάκι προέρχονται από τους μέσους όρους αντίστοιχων πειραμάτων της περιόδου 1997-2000 (Cavalaris and Gemtos, 1998). Για τη κατεργασία σε λωρίδες στο βαμβάκι λήφθηκαν στοιχεία από αντίστοιχα πειράματα του 2004 και 2005 (Gemtos et al., 2006). Για το σόργο χρησιμοποιήθηκαν οι αποδόσεις σε υγρό βάρος από πειράματα κατεργασιών που πραγματοποιήθηκαν το 2014 στο πλαίσιο του έργου «ΘΑΛΗΣ». (αδημοσίευτα δεδομένα) (Πίνακας 5)

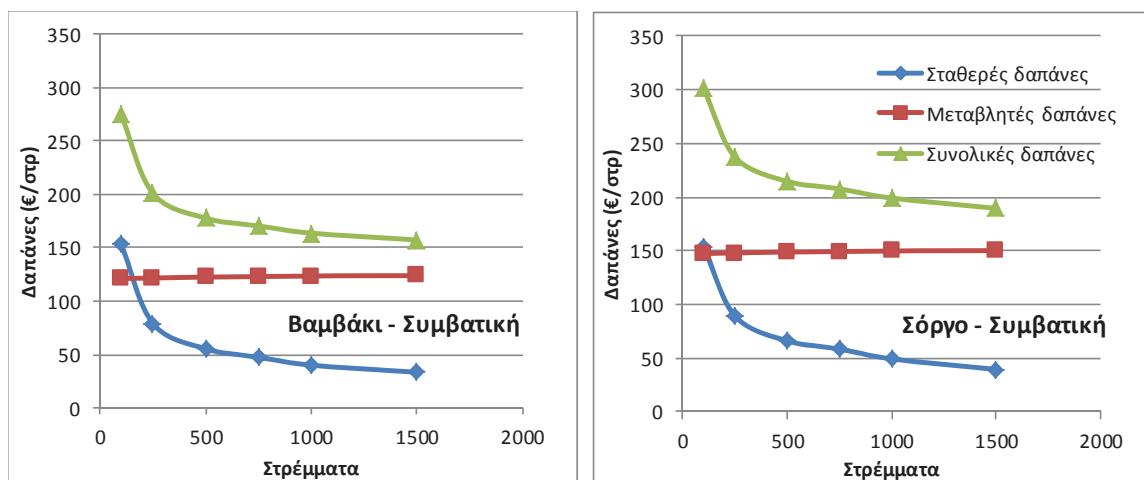
**Πίνακας 5.** Μέσες αποδόσεις των καλλιεργειών (kg/στρ)

	Βαμβάκι	Σόργο
Σ	329	7208
ΒΚ	313	9128
ΠΚ	251	8236
ΣΤ	386	8488
Α	219	8428

Στα οικονομικά ισοζύγια περιλαμβάνονται οι δαπάνες για τα γεωργικά εφόδια και για τη χρήση του μηχανολογικού εξοπλισμού της εκμετάλλευσης. Δεν περιλαμβάνεται η αμοιβή της εργασίας καθώς για το μεγαλύτερο μέρος των ελληνικών εκμεταλλεύσεων γίνεται από τους ίδιους τους παραγωγούς (με εξαίρεση τα σκαλίσματα όπου θεωρήθηκε ένα ωρομίσθιο 4€). Στα έξοδα επίσης δεν συμπεριλήφθηκε το ενοίκιο γης. Τέλος στα έσοδα δεν λήφθηκαν υπόψη οι επιδοτήσεις (στρεμματικές ή της καλλιέργειας) διότι αλλοιώνουν την πραγματική οικονομική εικόνα των συστημάτων παραγωγής. Για το μηχανολογικό εξοπλισμό εκτιμώνται τόσο οι σταθερές δαπάνες όσο και οι μεταβλητές δαπάνες παραγωγής. Η ανάλυση των δαπανών και η κατάρτιση των οικονομικών ισοζυγίων πραγματοποιήθηκε με χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας FARMECON (Καβαλάρης κ.α., 2015).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα από τη κατάρτιση οικονομικών ισοζυγίων για τα διάφορα μεγέθη των εκμεταλλεύσεων καταδεικνύουν μια κατακόρυφη αύξηση των σταθερών δαπανών για τις μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις (Σχήμα 1). Υπάρχει ένα σημείο καμπής περίπου στα 350 στρέμματα από το οποίο η αύξηση του μεγέθους της εκμετάλλευσης έχει μικρή επίδραση στη μείωση των σταθερών δαπανών. Διακρίνεται επίσης μια ελαφρά αύξηση των μεταβλητών δαπανών που οφείλεται στην αύξηση του κόστους επισκευών και συντήρησης των μηχανημάτων εξαιτίας της αύξησης του μεγέθους τους και είναι πιο σύνθετα. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για δύο μεγέθη εκμεταλλεύσεων, μια μικρή 100 στρεμμάτων, και μια μεγάλη 1000 στρεμμάτων.

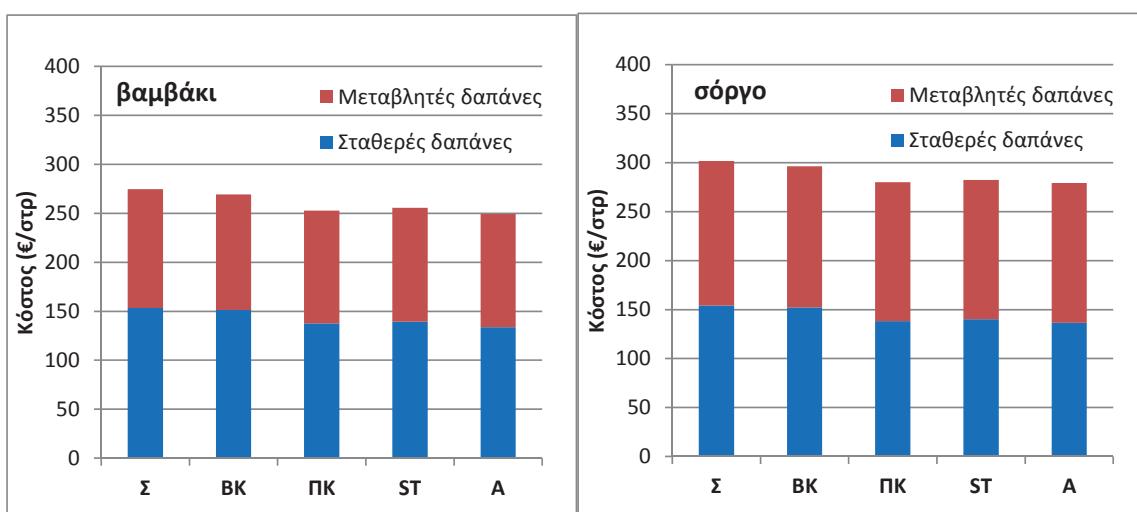


**Σχήμα 1.** Μεταβολή των σταθερών, μεταβλητών και συνολικών δαπανών παραγωγής με την αύξηση του μεγέθους της γεωργικής εκμετάλλευσης.

**Πίνακας 6.** Οικονομικό ισοζύγιο για την εκμετάλλευση των 100 στρεμμάτων

Συνολικές δαπάνες	Βαμβάκι					Σόργο				
	Σ	ΒΚ	ΠΚ	ST	A	Σ	ΒΚ	ΠΚ	ST	A
<b>ΕΞΟΔΑ (€/στρ)</b>										
Απόσβεση ελκυστήρων	41.4	44.5	49.3	47.5	38.1	26.6	25.4	23.5	24.2	22.2
Κατεργασία	33.2	28.0	12.3	14.4	-	33.2	28.0	12.3	14.4	-
Λίπανση	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	69.8	69.8	69.8	69.8	69.8
Εγκατάσταση	27.0	27.0	27.0	27.0	34.9	13.7	13.7	13.7	13.7	21.6
Ψεκασμοί	32.9	32.9	32.9	32.9	34.1	18.8	18.8	18.8	18.8	22.4
Σκαλίσματα	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6					
Άρδευση	56.9	56.9	56.9	56.9	56.9	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8
Συγκομιδή	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
Στελεχοκοπή	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μετακινήσεις - Μεταφορές	17.2	17.1	16.8	17.4	16.6	15.5	15.5	15.4	15.4	15.4
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>283.4</b>	<b>281.2</b>	<b>269.9</b>	<b>270.8</b>	<b>255.3</b>	<b>296.2</b>	<b>289.8</b>	<b>272.1</b>	<b>274.9</b>	<b>269.9</b>
<b>Απόδοση (kg/στρ)</b>	329	313	251	386	219	7208	9128	8236	8488	8428
Κόστος παραγωγής (€/kg)	0.86	0.90	1.08	0.70	1.17	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
<b>ΕΣΟΔΑ (€/στρ)</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Αξία παραγωγής	98.7	93.9	75.3	115.8	65.7	273.9	346.9	313.0	322.5	320.3
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>98.7</b>	<b>93.9</b>	<b>75.3</b>	<b>115.8</b>	<b>65.7</b>	<b>273.9</b>	<b>346.9</b>	<b>313.0</b>	<b>322.5</b>	<b>320.3</b>
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΡΟΣΟΔΟΣ (€/στρ)</b>	<b>-184.7</b>	<b>-187.3</b>	<b>-194.6</b>	<b>-155.0</b>	<b>-189.6</b>	<b>-22.3</b>	<b>57.0</b>	<b>40.8</b>	<b>47.6</b>	<b>50.3</b>

Για την εκμετάλλευση των 100 στρεμμάτων διαπιστώνεται ότι το οικονομικό ισοζύγιο του βαμβακιού είναι αρνητικό (Πίνακας 6). Για το σόργο ωστόσο προκύπτει ένα θετικό οικονομικό ισοζύγιο για όλες τις μεταχειρίσεις πλην της συμβατικής κατεργασίας. Το υψηλότερο κέρδος επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Η συμβατική μέθοδος, λόγω της μειωμένης παραγωγής και του υψηλότερου κόστους, δίνει αρνητικό ισοζύγιο. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ότι το ήμισυ σχεδόν των δαπανών αφορά τις σταθερές δαπάνες της εκμετάλλευσης. Το υψηλότερο κόστος παρουσιάζει η συμβατική κατεργασία. Με τη χρήση βαρύ καλλιεργητή υπάρχει εξοικονόμηση κατά 0,8-2,2%, με τη κατεργασία σε λωρίδες εξοικονόμηση κατά 4,4-7,2%, με τη περιστροφικό καλλιεργητή εξοικονόμηση κατά 4,8-8,1%, και με την ακαλλιέργεια εξοικονόμηση κατά 8,9-9,9%.

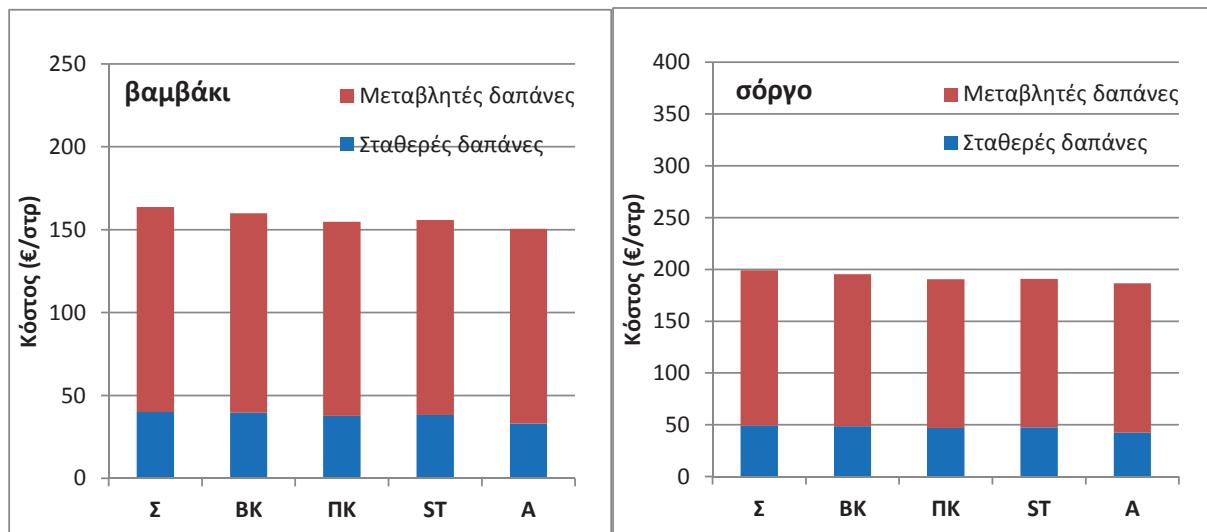


**Σχήμα 2.** Σύγκριση του σταθερού και του μεταβλητού κόστους για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την εκμετάλλευση των 100 στρεμμάτων.

**Πίνακας 7. Οικονομικό ισοζύγιο για την εκμετάλλευση των 1000 στρεμμάτων**

Συνολικές δαπάνες	Βαμβάκι					Σόργο				
	Σ	ΒΚ	ΠΚ	ΣΤ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΚ	ΣΤ	Α
<b>ΕΞΟΔΑ (€/στρ)</b>										
Απόσβεση ελκυστήρων	9.2	9.5	9.9	9.8	5.9	5.9	5.5	5.2	5.2	2.7
Κατεργασία	11.9	8.2	4.0	4.3	-	11.9	8.2	4.0	4.3	-
Λίπανση	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3
Εγκατάσταση	16.8	16.8	16.7	16.7	18.2	3.5	3.5	3.5	3.5	5.0
Ψεκασμοί	23.3	23.3	23.3	23.3	25.6	15.6	15.6	15.6	15.6	18.1
Σκαλίσματα	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2					
Αρδευση	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4
Συγκομιδή	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
Στελεχοκοπή	2.5	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Μετακινήσεις - Μεταφορές	4.4	4.3	3.9	4.6	3.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>163.6</b>	<b>160.1</b>	<b>155.9</b>	<b>156.8</b>	<b>151.5</b>	<b>196.0</b>	<b>191.9</b>	<b>187.3</b>	<b>187.6</b>	<b>184.8</b>
<b>Απόδοση (kg/στρ)</b>	329	313	251	386	219	7208	9128	8236	8488	8428
Κόστος παραγωγής (€/kg)	0.50	0.51	0.62	0.41	0.69	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>ΕΣΟΔΑ (€/στρ)</b>	<b>0.0</b>									
Αξία παραγωγής	98.7	93.9	75.3	115.8	65.7	273.9	346.9	313.0	322.5	320.3
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>98.7</b>	<b>93.9</b>	<b>75.3</b>	<b>115.8</b>	<b>65.7</b>	<b>273.9</b>	<b>346.9</b>	<b>313.0</b>	<b>322.5</b>	<b>320.3</b>
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΡΟΣΟΔΟΣ (€/στρ)</b>	<b>-64.9</b>	<b>-66.2</b>	<b>-80.6</b>	<b>-41.0</b>	<b>-85.8</b>	<b>77.9</b>	<b>154.9</b>	<b>125.7</b>	<b>135.0</b>	<b>135.5</b>

Για την εκμετάλλευση των 1000 στρεμμάτων το οικονομικό ισοζύγιο για το βαμβάκι προκύπτει και πάλι αρνητικό τόσο για τις μεταβλητές όσο και για τις συνολικές δαπάνες (Πίνακας 7). Για το σόργο το οικονομικό ισοζύγιο είναι θετικό με το μέγιστο κέρδος να επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και να ανέρχεται στα 154,9€/στρ. Το όφελος αυτό προκύπτει από μια μείωση κατά 1,9% του κόστους παραγωγής με μια παράλληλη αύξηση της απόδοσης κατά 26,6% σε σχέση με τη συμβατική.



**Σχήμα 3. Σύγκριση του σταθερού και του μεταβλητού κόστους για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την εκμετάλλευση των 1000 στρεμμάτων.**

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν προκύπτουν τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα.

- Το μέγεθος της γεωργικής εκμετάλλευσης επηρεάζει καθοριστικά το κόστος της παραγωγής. Εκμεταλλεύσεις μικρότερες των 350 περίπου στρεμμάτων εμφανίζουν μια κατακόρυφη αύξηση του κόστους απόσβεσης του γεωργικού εξοπλισμού.

- Υπάρχει μια μείωση στο κόστος της εγκατάστασης των καλλιεργειών από 2% μέχρι και 9% αναλόγως την καλλιέργεια και το μέγεθος της εκμετάλλευσης με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας ή ακαλλιέργειας.
- Το βαμβάκι εμφανίζει αρνητικό οικονομικό αποτέλεσμα ακόμη και για μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Ουσιαστικά η καλλιέργεια επιβιώνει χάρις στις επιδοτήσεις οι οποίες δεν λήφθηκαν υπόψη στο οικονομικό ισοζύγιο.
- Το γλυκό σόργο μπορεί να δώσει κέρδος και να καλύψει το κόστος της απόσβεσης του γεωργικού εξοπλισμού ακόμη και με μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις των 100 στρεμμάτων. Το κέρδος ξεκινά από τα 57€/στρ για μια μικρή εκμετάλλευση 100 στρεμμάτων και μπορεί να ανέλθει στα 163,6€/στρ για μια μεγάλη εκμετάλλευση 1500 στρεμμάτων.
- Για το γλυκό σόργο, το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Πετυχαίνοντας μια αύξηση των εσόδων κατά 26,6% από μια καλύτερη παραγωγή και μια μείωση του κόστους κατά 2,3% επιτυγχάνεται μια βελτίωση του κέρδους κατά 89% σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Εκπαίδευσης και δια Βίου Μάθησης «ΘΑΛΗΣ» με τη συγχρηματοδότηση του Υπουργείου Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων και της Ε.Ε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexopoulou, E., Kipriotis, E., Zafiris, Ch., Christou, M., 1998. *Adaptability and productivity of sweet sorghum in northern Greece*. In: Proceedings of the 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, Wurzburg, Germany, 8–11 June, p. 939–942.
- Anfinrud, R., Cihacek, L., Johnson, B. L., Ji, Y., and Berti, M. T., 2013. *Sorghum and kenaf biomass yield and quality response to nitrogen fertilization in the Northern Great Plains of the USA*. Industrial Crops and Products. 50: p159-65
- Blevins R.L, Herbek J.H, Frye W.W., 1990. *Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum*. Agronomy Journal 82: 769-72.
- Cavalaris C. and Gemtos T.A., 1998. *Soil tillage effect in cotton crop*. 2nd International Conference on Cotton Crop. Athens 1998. p377-387
- Gemtos T.A, Cavalaris C.C. and Karamoutis C., 2006. *Evaluation of a strip tillage method for cotton production in Greece*. Eurageng 2006 World Congress Bonn.
- Han, K.J., Pitman, W.D., Kim, M., Day, D.F., Alison, M. W., McCormick, M.E., and Aita, G., 2012. *Ethanol production potential of sweet sorghum assessed using forage fiber analysis procedures*. GCB Bioenergy.
- Καβαλάρης, Χ., Καραμούτης Χ., and Γέμτος Θ., 2015. *FARMECON. Μια πλατφόρμα υπολογισμού του κόστους λειτουργίας γεωργικών εκμεταλλεύσεων φυτικού κεφαλαίου*. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Θεσ/νίκη 2015.
- Ottman, M.J and Miller, A.N., 2010. *Irrigation frequency effects on growth and ethanol yield in sweet sorghum*. Agronomy Journal 102: p 60-70.
- Reddy, B. V. S., Rao, P. S., Kumar, A. A., Reddy, P. S., Rao, P., Sharma, K. K., and Blummel, M., 2009. *Sweet sorghum as a biofuel crop : Where are we now ?* In: Sixth Winrock International Workshop on Biofuels., 1–13.

- Rocateli, A. C., Raper, R. L., Balkcom, K. S., Arriaga, F. J., and Bransby, D. I. 2012. *Biomass sorghum production and components under different irrigation/tillage systems for the southeastern U.S.* Industrial Crops and Products, 36: p589-98.
- Smith G.A., Bagby M.O., Lewellan R.T., Doney D.L., Moore P.H., Hills F.J., et al., 1987. *Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential.* Crop Science 27: 788-93.
- Wight, J. P., Hons, F. M., Storlien, J. O., Provin, T. L., Shahandeh, H., and Wiedenfeld, R. P., 2012. *Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake.* Biomass and Bioenergy 46: p593-604.
- Zegada-Lizarazu, W., and Monti, A., 2012. *Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices.* Biomass and Bioenergy. 40 p1-12.



## ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΤΟ ΝΕΟ ΕΡΑΣΜΙΟ ΞΑΝΘΗΣ

Π. Δαλαμπάκης<sup>1</sup>, Μ. Παπαχρήστου<sup>2,✉</sup>, Π. Κολιός<sup>3</sup>, Α. Αρβανίτης<sup>4</sup>, Ν. Κολιός<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ», Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, ΒΙΠΕ Θεσσαλονίκης, 57400, Σίνδος

<sup>2</sup>Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 54124, Θεσσαλονίκη, ✉ mariap@geo.auth.gr

<sup>3</sup>Γεωθερμική Ελλάδος ΕΠΕ, Νέο Εράσμιο, 672 00 Ξάνθη

<sup>4</sup>Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και Μελετών, Ε.Κ.Β.Α.Α., Σπύρου Λούη 1, Ολυμπιακό χωριό, Αχαρναί, Αττική

### Περίληψη

Το γεωθερμικό πεδίο Νέου Ερασμίου βρίσκεται ανατολικά του ποταμού Νέστου, στην περιοχή γύρω από την ομώνυμη κοινότητα και τον οικισμό Ζηλωτής. Τα χαμηλής ενθαλπίας ρευστά (30-68°C) εντοπίστηκαν σε βάθη 150-500 m. Η αξιοποίηση της γεωθερμίας αφορά σε αγροτικές κυρίως εφαρμογές, όπως θέρμανση θερμοκηπίων και εδάφους, ξηραντήρια αγροτικών προϊόντων, υποβοήθηση ανάπτυξης και θέρμανση μονάδας εκτροφής διακοσμητικών ψαριών. Από το 2014 λειτουργεί σύγχρονη υδροπονική καθετοποιημένη θερμοκηπιακή μονάδα παραγωγής τομάτας και αγγουριού έκτασης 42 στρεμμάτων, ενώ μέχρι το τέλος του 2016 προβλέπεται να λειτουργούν ακόμη 40 στρ., εκτιμώντας ότι η συνολική εγκατεστημένη γεωθερμική ισχύς στο πεδίο θα υπερβαίνει τα 13 MW<sub>th</sub>.

Λέξεις κλειδιά: Γεωθερμία, Θερμοκήπια, Υδατοκαλλιέργειες, Αφυδάτωση, Υπεδάφια θέρμανση

## GEOTHERMAL EXPLOITATION IN NEO ERASMIO (XANTHI)

P. Dalabakis<sup>1</sup>, M. Papachristou<sup>2,✉</sup>, P. Kolios<sup>3</sup>, A. Arvanitis<sup>4</sup>, N. Kolios<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hellenic Agricultural Organization “DEMETER”, Institute of Soil and Water Resources, Industrial Estate of Thessaloniki, 57400 Sindos, Greece

<sup>2</sup>Department of Geology, A.U.Th., 54124, Thessaloniki, Greece, mariap@geo.auth.gr

<sup>3</sup>Geothermiki Hellas Ltd, Neo Erasmio, 672 00 Xanthi, Greece

<sup>4</sup>Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME), National Center for Sustainable Development, 1 Sp. Louis Str., Olympic Village, Acharnae, Attica, Greece

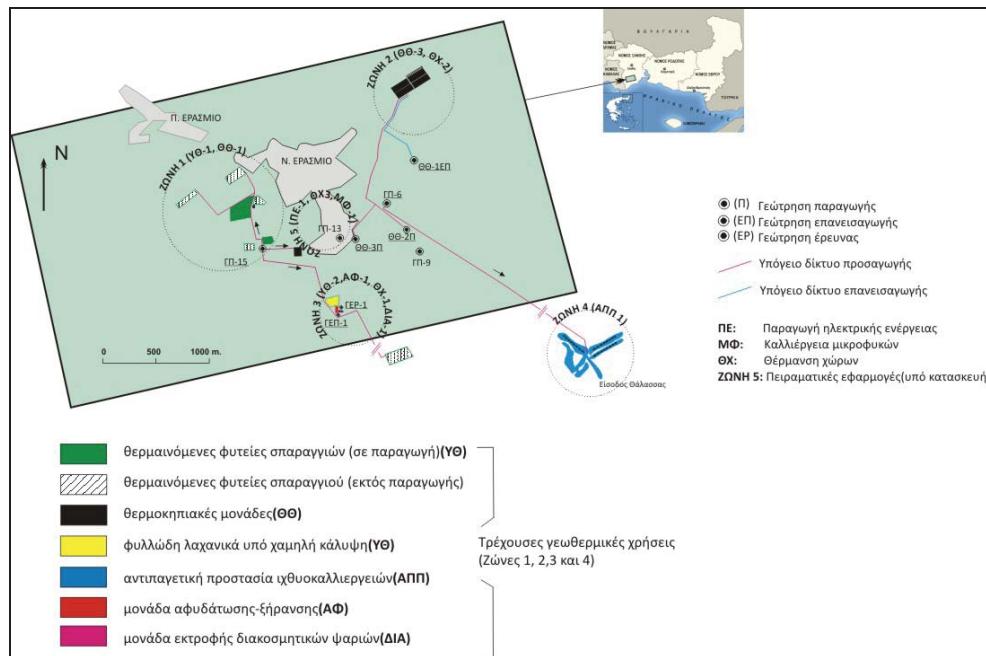
### Abstract

The low enthalpy geothermal field of Neo Erasmio is located in the eastern part of Nestos River, in the area surrounding the Neo Erasmio village. The low enthalpy geothermal fluids (30-68°C) are found at depths of 150-500 m. The geothermal exploitation regards mainly agricultural uses, such as soil and greenhouse heating, dehydration, as well as growing support and heating of an ornament fish breeding unit. Since 2014, a new geothermal hydroponic greenhouse unit has been operating for tomato and cucumber production. For the time being, the exploitation scheme regards a 4 ha greenhouses installation; however, a new 4 ha unit has been commissioned. It is estimated that in the end of 2016 the total installed geothermal capacity in the field will exceed 13 MW<sub>th</sub>.

Key words: Geothermal energy, Greenhouses, Aquacultures, Dehydration, Soil heating

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γεωθερμικό ( $\gamma/\theta$ ) πεδίο χαμηλής ενθαλπίας Νέου Ερασμίου Ξάνθης αξιοποιείται συστηματικά από το 1998 μέχρι και σήμερα σε χρήσεις κύρια του αγροτικού τομέα, τόσο στην πρωτογενή παραγωγή όσο και στην μεταποίηση, όπως υπεδάφια θέρμανση για πρωίμηση φυτειών σπαραγγιού, θέρμανση θερμοκηπίων, εκτροφή διακοσμητικών ψαριών, αφυδάτωση-ξήρανση αγροτικών προϊόντων και αντιπαγετική προστασία παράκτιων ιχθυοκαλλιεργειών. Η τελευταία βρίσκεται σε φάση επιχειρηματικής αναθεώρησης. Περιστασιακά, εφαρμόζεται η θέρμανση φυτειών φυλλωδών λαχανικών υπό χαμηλή κάλυψη, ενώ μέρος των απορριπτόμενων γεωθερμικών ( $\gamma/\theta$ ) ρευστών αξιοποιείται στη θέρμανση χώρων συνολικής επιφάνειας  $1.100 \text{ m}^2$ .



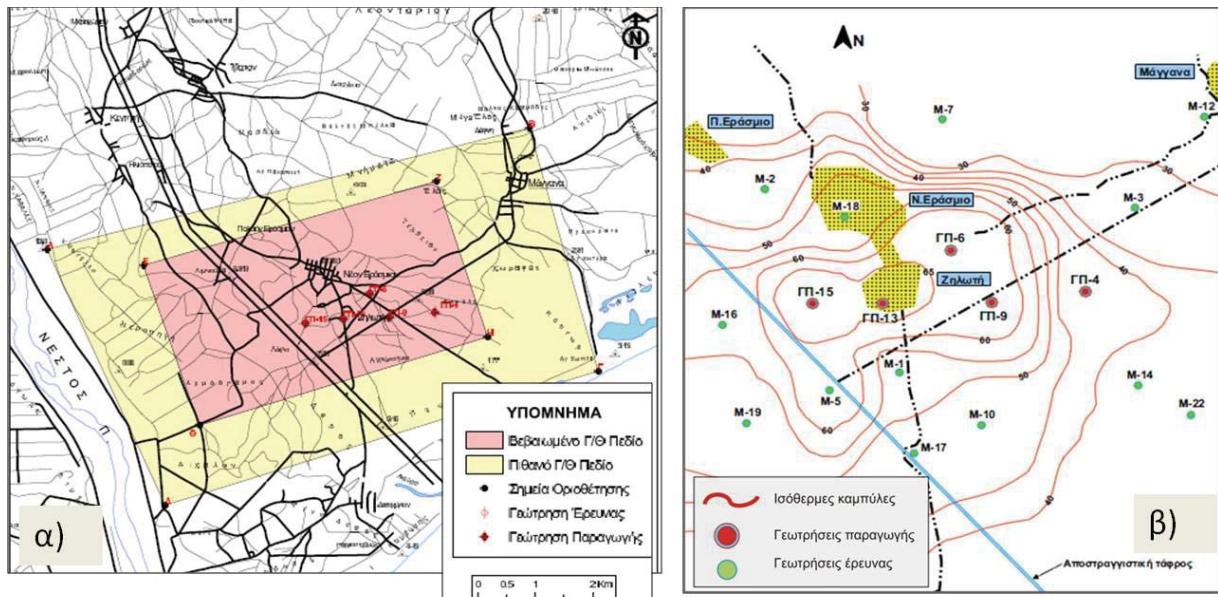
**Σχήμα 1. Χωροταξική κατανομή των γεωθερμικών εφαρμογών**  
(με πράσινο παραλληλόγραμμο το βεβαιωμένο  $\gamma/\theta$  πεδίο Νέου Ερασμίου Ξάνθης).

Στο σύνολο τους οι παραγωγικές εφαρμογές αποτελούν πρωτοποριακά γεωθερμικά εγχειρήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι παραγωγικές χρήσεις υποστηρίζονται ενεργειακά κατά 100% από  $\gamma/\theta$  ρευστά 4 παραγωγικών γεωτρήσεων με μέγιστη αξιοποιήσιμη παροχή  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  στους  $60^\circ\text{C}$ . Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στα τέλη του 2014 ήταν  $7,5 \text{ MW}_{\text{th}}$  με τον ετήσιο συντελεστή ενεργειακής χρήσης να μην ξεπερνά το 30%.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η γεωθερμική έρευνα στην περιοχή Ν. Ερασμίου-Μαγγάνων (ανατολικές όχθες των εκβολών του ποταμού Νέστου-Σχήμα 1α) ξεκίνησε από το Ι.Γ.Μ.Ε. τη δεκαετία του 1980. Κατασκευάστηκαν 21 ερευνητικές και 6 παραγωγικές γεωτρήσεις, μέγιστου βάθους 500 m. Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα της Ροδοπικής μάζας, πάνω στα οποία έχουν αποτεθεί μεγάλου πάχους Μειοκαΐνικά και Πλειοτεταρτογενή ιζήματα, ενώ Παλαιογενή μολασσικά ιζήματα είναι τοποθετημένα στο δυτικό περιθώριο του υβώματος Αβδήρων (ανατολική πλευρά του πεδίου). Οι ιζηματογενείς σχηματισμοί αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, αργίλους, άμμους και χάλικες. Η περιοχή καλύπτεται από αλλοιοβιακές και παράκτιες αποθέσεις Ολοκαΐνικής ηλι-

κίας (Kolios et al., 2005). Μικρές εμφανίσεις υπο-ηφαιστειακών προϊόντων, βασαλτικής-ανδεσιτικής σύστασης, εντοπίζονται κάτω από τα Πλειστοκαϊνικά ιζήματα, κοντά στα Άβδηρα, ως ένδειξη της έντονης ηφαιστειότητας του χώρου αυτού στο παρελθόν.



**Σχήμα 2. α)** Όρια γ/θ πεδίου, βεβαιωμένου και πιθανού (Ι.Γ.Μ.Ε., 2009).

**β)** Θέσεις γ/θ γεωτρήσεων και κατανομή των ισόθερμων καμπυλών στην οροφή του ταμιευτήρα (Κολιός & Καρυδάκης, 2000).

Ο γ/θ ταμιευτήρας εντοπίζεται σε βάθη 150-500 m, στην οροφή του μεταμορφωμένου υποβάθρου και στη βάση της ιζηματογενούς σειράς, με θερμοκρασίες από 30 έως 68°C. Η τροφοδοσία γίνεται μέσω ενεργών κανονικών ρηγμάτων που επηρεάζουν τους μιγματιτικούς γνεύσιους του υποβάθρου. Η κύρια ζώνη τροφοδοσίας αναπτύσσεται κατά μήκος ΒΒΔ-ΝΝΑ ρηγμάτων. Η γ/θ βαθμίδα φτάνει μέχρι τους 28°C/100 m. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες (έως 68°C) μετρήθηκαν σε γεωτρήσεις κοντά στο χωριό Ζηλωτή και σε βάθη 350-380 m (Κολιός & Καρυδάκης, 2000). Η γ/θ ανωμαλία αναπτύσσεται κατά έναν άξονα περίπου Α-Δ, με τις θερμοκρασίες να μειώνονται απότομα προς τα βόρεια του Ν. Ερασμίου (Σχήμα 2β). Το βεβαιωμένο πεδίο καλύπτει 16 km<sup>2</sup>, αναπτύσσεται περιμετρικά του Ν. Ερασμίου και περιβάλλεται από το πιθανό πεδίο, εμβαδού 24 km<sup>2</sup>, που εκτείνεται μέχρι και τα Μάγγανα (Σχήμα 1α). Τα γ/θ ρευστά, με Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (TDS) μεταξύ 0,5 και 10,1 g/l, ανήκουν σε δύο βασικές κατηγορίες: υφάλμυρα Na-Cl (στο ανατολικό τμήμα του πεδίου) και μετεωρικής προέλευσης Na-HCO<sub>3</sub>-Cl (κυρίως στο δυτικό τμήμα) (Kolios et al., 2005). Το βεβαιωμένο δυναμικό, με βάση τις συστηματικές δοκιμές παραγωγής έχει παραγωγικών γεωτρήσεων (ΓΠ-6, ΓΠ-9, ΓΠ-13, ΓΠ-15, ΘΘ-2Π και ΘΘ-3Π) είναι τουλάχιστον 500 m<sup>3</sup>/h, με τη συνολική αντίστοιχη θερμική ισχύ να υπολογίζεται στα 15-17 MW<sub>th</sub>.

### 3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### 3.1. Θερμαινόμενες Φυτείες Σπαραγγιού (λευκό και πράσινο)

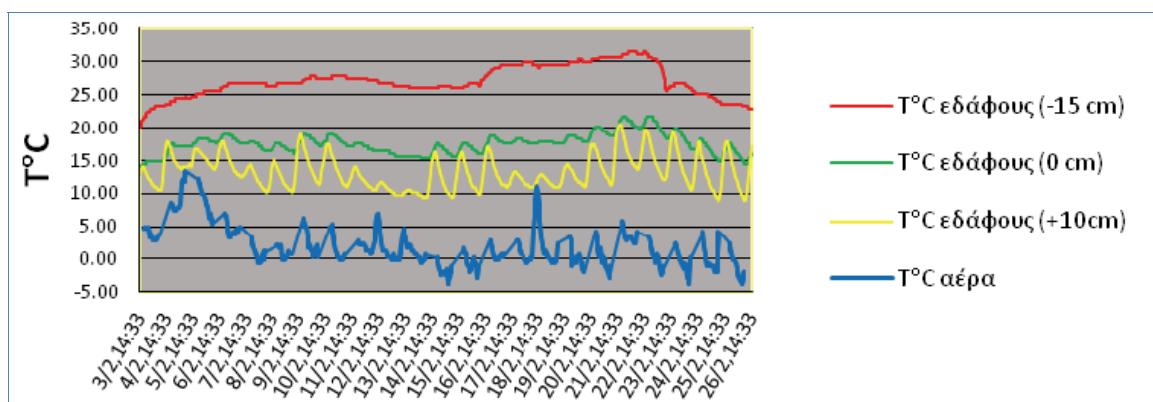
Το σπαράγγι είναι ένα πολυετές φυτό, του οποίου η παραγωγική ικανότητα εξαρτάται από τον ημερήσιο ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών. Ο ρυθμός αυτός ελέγχεται απόλυτα από τη θερμοκρασία του αέρα, η οποία αντανακλάται άμεσα στη θερμοκρασία του εδάφους. Η βέλτιστη παραγωγική ικανότητα, δηλ. 15-20 kg/στρ/ημέρα, απαιτεί εδαφική θερμοκρασία

20°C-25°C, ενώ η μέγιστη ημερήσια παραγωγική απόδοση (>25 kg/στρ/ημέρα) επιτυγχάνεται με θερμοκρασίες εδάφους >25°C και με ανώτερη τιμή τους 35°C, αφού πέραν της τιμής αυτής το φυτό υφίσταται σταδιακή υποβάθμιση. Οι προαναφερθείσες θερμοκρασίες επιτυγχάνονται βαθμιαία από τη σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα. Η έναρξη της συγκομιδής σε συμβατικές καλλιέργειες τοποθετείται μεταξύ 20-28/2 (πρώιμη περίοδος) και 1-10/4 (όψιμη περίοδος). Μία μέση περίοδος έναρξης της βλαστικής περιόδου αποτελεί το δεύτερο δεκαήμερο Μαρτίου. Στόχος, λοιπόν, είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας κατά το Μάρτιο, αφού ο μήνας αυτός συνδυάζει υψηλές τιμές πώλησης και μεγάλη ζήτηση. Από το 1998, η προσφορά φθηνής θερμικής ενέργειας συνεχούς ροής, ικανής να μεγιστοποιήσει την παραγωγική διαδικασία, κατέστη εφικτή με τη χρήση της γεωθερμίας. Το έτος αυτό, εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στον κόσμο και σε τόσο μεγάλη έκταση (100 στρ.) η υπεδάφια θέρμανση με χρήση γ/θ ρευστών σε φυτείες λευκού και πράσινου σπαραγγιού (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1.** Θερμαινόμενες φυτείες λευκού(α) και πράσινου(β) σπαραγγιού.

Η ενεργειακή διαχείριση του συστήματος θέρμανσης οδήγησε, μετά από πειραματισμό ετών, σε ελεγχόμενα επίπεδα αποδιδόμενης θερμικής ενέργειας μεταξύ 30 και 12 kW<sub>th</sub>/στρ. με παροχές γ/θ ρευστού της τάξης των 500-700 lt/h/στρέμμα (Dalabakis et al., 2004). Η διαδικασία πρωίμησης είναι απόλυτα ελεγχόμενη και η ενεργειακή απόδοση του γ/θ συστήματος εξαρτάται άμεσα από την περίοδο έναρξης της διαδικασίας θέρμανσης. Η απόκριση του συστήματος είναι εντυπωσιακή και η έναρξη της περιόδου συγκομιδής επιτυγχάνεται εντός 30-20 ημερών από την έναρξη της διαδικασίας θέρμανσης, εάν αυτή γίνει στις αρχές ή στο τέλος Ιανουαρίου κάθε έτους αντίστοιχα (Σχήμα 3).

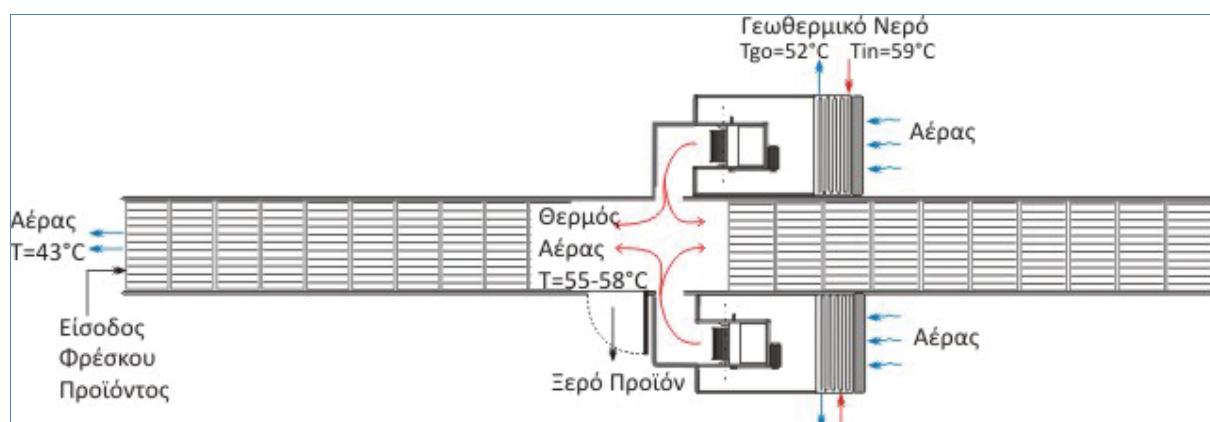


**Σχήμα 3.** Κατανομή θερμοκρασιών αέρα και εδάφους σε σαμάρι γραμμής σπαραγγιού.  
Έναρξη θέρμανσης 25/1. Έναρξη παραγωγής 18/2.

Για τη μεγιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας το Μάρτιο (>70-80% της συνολικής ετήσιας παραγωγής) αρκούν φορτία της τάξης των 10-12 KW/στρ., με έναρξη θέρμανσης την πρώτη εβδομάδα του Φεβρουαρίου. Η επιλογή αυτή θεωρείται σήμερα ως η πλέον αποδοτική και ενεργειακά βέλτιστη, αφού τα ενεργειακά αυτά φορτία μπορούν να αποδοθούν ακόμη και με «χαμηλής ποιότητας» γ/θ ρευστά, με θερμοκρασίες 30-35°C.

### 3.2. Γεωθερμικό ξηραντήριο ντομάτας

Η αφυδάτωση-ξήρανση αγροτικών προϊόντων αποτελεί μία πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή αξιοποίησης γ/θ ενέργειας χαμηλής και μέσης ενθαλπίας, ιδιαίτερα όσον αφορά σε ευαίσθητα προϊόντα, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά. Στο Ν. Εράσμιο λειτουργεί, από το 2001, η πρώτη στον κόσμο «γεωθερμική» μονάδα ξήρανσης ντομάτας, στην οποία αφυδάτωνται και άλλα αγροτικά προϊόντα, όπως μήλα, ελιές, πεπόνια κ.ά. Η μονάδα ξήρανσης (Εικόνα 2, Σχήμα 4) αξιοποιεί μικρό μέρος (20-25%) των γ/θ ρευστών της παραγωγικής γεώτρησης ΓΠ-15 κατά τη θερινή περίοδο (Αύγουστος-Σεπτέμβριος), τα οποία μεταφέρονται με υπόγειο δίκτυο σε απόσταση 1.500 m. Το γ/θ ρευστό με θερμοκρασία 59°C διέρχεται μέσα από διάταξη εναλλακτών θερμότητας νερού-αέρα, θερμαίνει τον αέρα στους 55-58°C, ο οποίος εισάγεται στα τούνελ ξήρανσης, βεβιασμένα, με χρήση ανεμιστήρων, σε συνεχή ροή και με παροχή της τάξης των 14.000 m<sup>3</sup>/h ανά τούνελ.



Σχήμα 4. Κάτοψη της σήραγγας ξήρανσης για την αφυδάτωση αγροτικών προϊόντων.

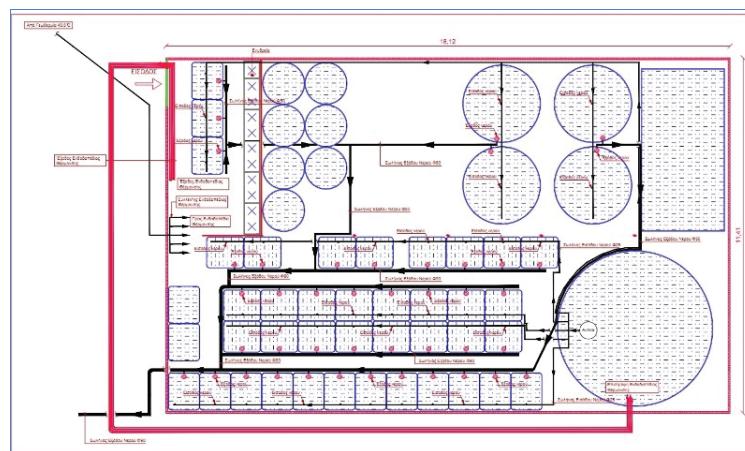
Η μονάδα ξήρανσης αποτελείται από δύο επιμήκεις μεταλλικές σήραγγες ύψους 2,2 m και πλάτους 1,25 m. Η εισαγωγή του θερμού αέρα γίνεται από το μέσον της σήραγγας προς τις δύο κατευθύνσεις, διαχωρίζοντας έτσι την κάθε σήραγγα σε δύο διακριτές μονάδες ξήρανσης. Συνολικά λειτουργούν τέσσερις τέτοιες μονάδες. Η κάθε μονάδα μπορεί να δεχθεί 352 ταψιά σε σειρές των 32. Ο θερμός αέρας κινείται σε αντιρροή σε σχέση με την κίνηση των ταψιών (είσοδος-έξοδος), διερχόμενος πάνω και ανάμεσα από τα ταψιά ομοιόμορφα, σε συνεχή βάση και με ταχύτητα εξόδου της τάξης των 1,5-2,0 m/s. Στόχος της ξήρανσης είναι η σταδιακή απομάκρυνση της υγρασίας από το νωπό προϊόν, ώστε από την αρχική, 90-92% περίπου, να φθάσουμε στο 25-30%. Με βάση το στερεό υπόλειμμα και τα σάκχαρα (brix) του νωπού προϊόντος, η αναλογία ξηρού προς νωπό προϊόν κυμαίνεται από 1:11 έως και 1:17 (kg:kg). Ο μέσος χρόνος ξήρανσης είναι 33 ώρες. Η δυναμικότητα της μονάδας ξήρανσης ανέρχεται σε 650 kg/ημέρα ξηρού προϊόντος. Ετησίως παράγονται 13-20.000 κιλά αποξηραμένης ντομάτας. Η γ/θ ενέργεια δημιουργεί ήπιες συνθήκες ξήρανσης ώστε το τελικό προϊόν να διατηρεί σχεδόν άθικτα τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά, το βαθύ κόκκινο χρώμα και το άρωμα της φρέσκιας ντομάτας (Andritsos et al., 2003).



**Εικόνα 2.** α) Είσοδος γ/θ ξηραντηρίου. Στο βάθος αριστερά διακρίνεται το σύστημα παραγωγής θερμού αέρα. β) Τελικό προϊόν αποξηραμένης ντομάτας σε φάση αποθέρμανσης. γ) Μήλα σε ροδέλες σε διαδικασία ξήρανσης.

### 3.3. Εκτροφή διακοσμητικών ψαριών με χρήση γεωθερμικών ρευστών

Η περίπτωση της πιλοτικής μονάδας εκτροφής διακοσμητικών ψαριών (κυκλίδια, ζωτόκα, γατόψαρα και αγγελόψαρα) στο Νέο Εράσμιο, πέραν του ενεργειακού εγχειρήματος, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι η εκτροφή γίνεται εντός του ίδιου του γ/θ ρευστού. Η εκτροφή αφορά σε όλα τα στάδια, από την ωτοκία, την προπάχυνση έως και την πάχυνση των ψαριών (Σχήμα 5).



**Σχήμα 5.** Σχηματική κάτοψη της μονάδας εκτροφής διακοσμητικών ψαριών.

Το γ/θ νερό αντλείται από αρτεσιανή γεώτρηση έρευνας-παραγωγής με τελική θερμοκρασία 49-50°C. Η διάταξη αναπαραγωγής και εκτροφής των διακοσμητικών ψαριών αποτελείται από πλαστικές δεξαμενές όγκου από 1 έως 20m<sup>3</sup> εντός θερμοκηπίου, επιφάνειας 200m<sup>2</sup> (Σχήμα 5, Εικόνα 3α, 3γ) που καλύπτεται με πράσινο δίχτυ σκίασης. Το γ/θ ρευστό κυκλοφορεί επιδαπέδια μέσω αγωγών PP, διαμέτρου 1" και συνολικού μήκους 800m. Στη συνέχεια απορρίπτεται σε δεξαμενή αναμονής 20m<sup>3</sup> με T=28-30°C, όπου παραμένει και οξυγονώνεται επί 24ώρου. Ακολούθως, διακινείται στις δεξαμενές εκτροφής, όπου με χρήση σταλακτών παροχής 8 lt/min, επιτυγχάνεται η ανανέωση του νερού σε ποσοστό τουλάχιστον 10% ημερησίως. Η ανανέωση είναι μία διαδικασία δυναμική και μπορεί να αυξηθεί έως και 20%, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού εκτροφής, η οποία πρέπει να διατηρείται σταθερή μεταξύ 23°C και 26°C. Αυτός ο θερμοδυναμικός στόχος επιτυγχάνεται απολύτως, ακόμη και κατά τη διάρκεια εξαιρετικά δυσμενών καιρικών συνθηκών (T<sub>εξ</sub> από -10°C έως -12°C). Η μονάδα αποτελείται από 41 δεξαμενές του 1m<sup>3</sup>, 4 δεξαμενές των 4,5m<sup>3</sup> και 7 δεξαμενές των 700lt. Η μονάδα λειτουργεί με άριστα αποτελέσματα εδώ και 15 μήνες, ενώ η προσαρμογή των ψαριών στο γ/θ ρευστό είναι εξαιρετική, με αποτέλεσμα ο βαθμός θνησιμότητας να μην ξεπερνά το 10%.



**Εικόνα 3.** α) Εξωτερική άποψη της μονάδας. β) και δ) Χρυσόψαρα σε πλήρη ανάπτυξη εντός πλαστικών δεξαμενών, γ) Εσωτερική άποψη της μονάδας εκτροφής.

### 3.4. Γεωθερμικά Θερμοκήπια

Από τις αρχές του 2014 κατασκευάστηκε και λειτουργεί μία σύγχρονη υδροπονική θερμοκηπιακή μονάδα που καλύπτει έκταση 42 στρ. (Εικόνα 4α). Περιλαμβάνει τέσσερις επιμέρους μονάδες των 10 στρ., δύο για ντομάτες και δύο για αγγούρια (Εικόνα 4β). Ένας πρόσθετος χώρος επιφάνειας 2.000m<sup>2</sup> φιλοξενεί τις γραμμές διαλογής και συσκευασίας, τους ψυκτικούς θαλάμους συντήρησης και τα γραφεία της διοίκησης. Τα τελευταία θερμαίνονται υπεδαπέδια με την αξιοποίηση των απορριπτόμενων γ/θ ρευστών, θερμοκρασίας 40°C, πριν την διαδικασία οριστικής απόρριψης και επανεισαγωγής.



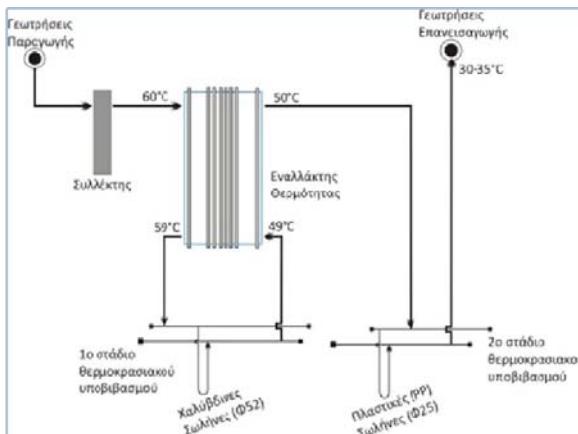
**Εικόνα 4.** α) Εξωτερική άποψη της θερμοκηπιακής μονάδας.

β) Εσωτερική άποψη της μονάδας παραγωγής αγγουριών.

Η θέρμανση υποστηρίζεται κατά 100% από τα γ/θ ρευστά των δύο παραγωγικών γεωτρήσεων τις ΘΘ-2Π και ΘΘ-3Π (Σχήμα 1). Η συνολική αξιοποιήσιμη παροχή τους προσεγγίζει τα 250 m<sup>3</sup>/h με αρχική T=60°C. Η εγκατεστημένη ισχύς για την κάλυψη και των φορτίων αιχμής για T<sub>εξ</sub>. έως και -4°C είναι 7 MW<sub>th</sub>. Η διαδικασία θέρμανσης βασίζεται στον, κατά στάδια, υποβιβασμό της αρχικής T°C των γ/θ ρευστών κατά 23-24°C (Σχήμα 6). Αρχικά τα γ/θ ρευστά διέρχονται μέσα από πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας (πρωτεύον κύκλωμα) (Εικόνα 5), όπου η θερμοκρασία μειώνεται κατά 10°C. Σε ένα δεύτερο στάδιο, το γ/θ ρευστό κυκλοφορεί εντός πλαστικών αγωγών (Ø28) περιμετρικά των γραμμών φύτευσης και τελικά απορρίπτεται με θερμοκρασία 33°C στις γεωτρήσεις επανεισαγωγής. Το δευτερεύον κύκλωμα (κλειστός βρόχος) των εναλλακτών θερμότητας αποτελείται από δίκτυα μεταλλικών σωλήνων (Ø52), οι οποίοι διατρέχουν τους διαδρόμους μεταξύ των γραμμών φύτευσης. Μικρό μέρος των γ/θ ρευστών χρησιμοποιείται στην υπεδαπέδια θέρμανση των χώρων διοίκησης (1.000 m<sup>2</sup> περίπου)(100 kW<sub>th</sub>).

Η συνολική επένδυση της θερμοκηπιακής μονάδας σε πρώτη φάση προσεγγίζει τα 5.000.000€. Σε σταθερή ή εποχιακή βάση, ο αριθμός των εργαζομένων ανέρχεται σε 50-60 άτομα. Η ετήσια παραγωγική ικανότητα της μονάδας των 40 στρμ. ανέρχεται στους 800 τόνους ντομάτας και 900 τόνους αγγουριών. Οι ιδιοκτήτες, οι οποίοι έχουν μισθώσει το γ/θ πεδίο για 25 χρόνια, σκοπεύουν να επεκτείνουν άμεσα την μονάδα στα 80 στρ., με απώτερο στόχο για το 2020 τα 200 στρ. Πρόκειται αναμφισβήτητα για την σημαντικότερη επένδυση

με χρήση γ/θ ρευστών που έγινε ποτέ στην Ελλάδα και μία από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη τα τελευταία 20 χρόνια.



**Σχήμα 6.** Σχηματική αποτύπωση της διάταξης θέρμανσης.



**Εικόνα 5:** Κεντρικός θερμικός σταθμός με τους πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το γ/θ πεδίο Νέου Ερασμίου-Μαγγάνων αποτελεί σήμερα, από άποψη αξιοποίησης, μακράν το σημαντικότερο πεδίο της Ελλάδας προσφέροντας μόνιμη και εποχιακή εργασία σε 100 εργαζόμενους. Η προοπτική για περαιτέρω αξιοποίηση είναι πολύ μεγάλη και βασίζεται στη διαθεσιμότητα εκτάσεων, στα άριστα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γ/θ ρευστών και στην οικονομικότητα των γεωτρητικών εγχειρημάτων, λόγω του πολύ μικρού βάθους του γ/θ ταμιευτήρα. Η ελκυστικότητα των μελλοντικών επενδυτικών εγχειρημάτων βασίζεται στο χαμηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης του γεωθερμικού MW στα 100-150,00 € καθώς και στο πολύ χαμηλό κόστος παραγωγής της γεωθερμικής KWh στα 0,01-0,015 €. Έως το 2020 η εγκατεστημένη ισχύς αναμένεται να ξεπερνά τα 20 MW.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andritsos, N., Dalampakis P., Kolios N., 2003. *Use of Geothermal Energy for Tomato Drying*. GEO-HEAT CENTER, Quaterly Bulletin, Oregon Institute of Technology, Vol.24, No.1.
- Δαλαμπάκης Π., Ηλίας Α., Λαδάς Α., 2014. Αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας στην πρωί-μηση φυτειών υπό χαμηλή κάλυψη. *Η περίπτωση σπαραγγιού στην περιοχή Χρυσούπολης Καβάλας*. 10<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 26 – 28/11, Θεσσαλονίκη.
- Dalabakis P., Ilias A., Panagopoulos A., Kolios N., Xanthopoulos S., 2004. *Asparagus early season production using low enthalpy geothermal energy in Neo Erasmio-Xanthi, Greece*. International Conference on Geothermal Energy Applications in Agriculture, May 2004, Athens, Greece.
- I.G.M.E., 2009. *Τα Γεωθερμικά Πεδία της χώρας* (Χαρακτηρισμός σύμφωνα με το v.3175/2003), Αθήνα.
- Κολιός Ν., Καρυδάκης Γ., 2000. *Γεωθερμική Έρευνα Ν. Ερασμίου-Μαγγάνων Ν. Ξάνθης*. I.G.M.E.-Δ.Ε.Π.Υ./Τμήμα Γεωθερμικής Έρευνας, Θεσσαλονίκη
- Kolios N., Koutsinos S., Arvanitis A., Karydakis G., 2005. *Geothermal Situation in Northeastern Greece*. Proceedings, World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April, 14pp

## ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΑΜΕΛΚΤΗΡΙΟ

**Κ. Μπαξεβάνου<sup>1,✉</sup>, Δ. Φείδαρος<sup>1</sup>, Π. Τσίντζος<sup>2</sup>, Χ. Σχοινάς<sup>2</sup>, Θ. Μπαρτζάνας<sup>1</sup>, Κ. Κίττας<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Ινστιτούτο Έρευνας & Τεχνολογίας Θεσσαλίας- Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΙΕΤΕΘ/ΕΚΕΤΑ), Δημητριάδος 95 & Παύλου Μελά, 38333 Βόλος

<sup>2</sup>SHELTER ABEE, 60 χλμ Λαρίσης – Συκουρίου, ΤΚ 41500

<sup>3</sup>Παν. Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμ. Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργ. Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, Φυτόκου, 38446,

N. Ιωνία Μαγνησίας, ✉ baxevanou@ireteth.certh.gr

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η χρήση υβριδικού συστήματος (ΥΣ) παραγωγής ενέργειας αποτελούμενο από μονάδα φωτοβολταϊκών, ανεμογεννήτρια, συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγώγο ζεύγος (HZ) για την εξυπηρέτηση αναγκών αμελκτηρίου 12 θέσεων. Ο αρχικός σχεδιασμός έγινε χρησιμοποιώντας ημιεμπειρικές και αναλυτικές σχέσεις και στη συνέχεια βελτιστοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης HOMER. Οι ανάγκες του αμελκτηρίου εξετάστηκαν για τρία διαφορετικά ηλιακά και τρία διαφορετικά αιολικά δυναμικά. Ακολούθησε ευρεία παραμετρική μελέτη και σύγκριση της απόδοσης με τις περιπτώσεις χρήσης μόνο HZ ή HZ με συσσωρευτές. Το κόστος παραγωγής ενέργειας μόνο με το HZ είναι υπερδιπλάσιο αυτού που προκύπτει από τη χρήση του υβριδικού συστήματος, ενώ μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά και μόνο με τη χρήση συσσωρευτών.

Λέξεις κλειδιά: Υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας, Αμελκτηριο

## HYBRID POWER SYSTEM FOR MILKING PARLOUR

**C. Baxevanou<sup>1,✉</sup>, D. Fidaros<sup>1</sup>, P. Tsintzos<sup>2</sup>, C. Schinas<sup>2</sup>, T. Bartzanas<sup>1</sup>, C. Kittas<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Center for Research and Technology – Hellas- Institute for Research and Technology, Thessaly, Dimitriadios 95 & Pavlou Mela, Volos, GR 38333

<sup>2</sup>SHELTER SA, 6th Km Larissa - Sikourio Larissa 41500 Greece

<sup>3</sup>Univ. of Thessaly, School of Agr. Sciences, Dept. of Agr. Crop Production and Rural Environment, Lab. Of Agricultural Constructions and Environmental Control, Fytokoy Str., 38446, N.Ionia, Magnisia,  
✉ baxevanou@ireteth.certh.gr

### Abstract

In the present work a hybrid power system (HPS) consisted of photovoltaic panels, wind turbine, diesel power generator (DPG) and batteries was studied for the needs of a 12 seats milking parlour. The HPS components initially were sized using semi-empirical and/or analytical relationships. The initial design were optimized using the simulation software HOMER. The milking parlour needs were examined for three different solar and wind potentials. Followed an extended parametric study and comparison with the performance of the use of DPG alone or DPG with batteries. The cost of energy (COE) production using DPG was at least twice the cost of the HPS while the use of battery can improve COE significantly.

**Key Words:** Hybrid power system, Milking parlour

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μια κτηνοτροφική μονάδα μικρών μηρυκαστικών, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να φτάσει και τις 1.2 kWh (Benoit et al., 2008) ανά κιλό παραγόμενου αιγοπρόβειου γάλακτος όπου το 40% αυτής καταναλώνεται στο αμελκτήριο. Στις μόνιμες εγκαταστάσεις πρόκειται συνήθως για ηλεκτρική ενέργεια η οποία αντιστοιχεί σε 3.48 kWh/kg γάλακτος πρωτογενούς ενέργειας. Σε απομονωμένες εγκαταστάσεις η εναλλακτική επιλογή είναι η χρήση ΗΖ με πετρέλαιο ως καύσιμο. Δεδομένου ότι η ύπαρξη μηχανικού αμελκτηρίου είναι προϋπόθεση για την παραγωγή υψηλής ποιότητας τυποποιημένων κτηνοτροφικών προϊόντων, το θέμα της ενέργειας αποκτά σημαντική βαρύτητα στον κλάδο αυτό.

Τα τελευταία χρόνια έχει ανανεωθεί το ενδιαφέρον για υβριδικά συστήματα (ΥΣ) παραγωγής ενέργειας λόγω αφενός μεν της μείωσης του κόστους αγοράς μονάδων παραγωγής ενέργειας ΑΠΕ (φωτοβολταικά πλαίσια-ΦΒ, μικρές ανεμογεννήτριες-ΑΓ κλπ) και αφετέρου της αύξησης του κόστους προμήθειας ενέργειας (ορυκτά καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια). Η χρήση των ΥΣ μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος κύκλου ζωής της αυτόνομης παροχής ενώ παράλληλα εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία με ενέργεια χαμηλού κόστους. Η χρήση ΥΣ σε αγροκτηνοτροφικές εφαρμογές έχει ιδιαίτερη σημασία εφόσον αφορά συχνά απομονωμένες περιοχές ενώ η χρονική μεταβολή του προς εξυπηρέτηση ηλεκτρικού φορτίου τις καθιστά μοναδικές. Ειδικά η χρήση ΥΣ σε αμελκτήριο χρήζει μελέτης λόγω της ιδιαίτερης χρονικής μεταβολής του φορτίου, το οποίο μεταβάλλεται μεταξύ ακραίων τιμών τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια του έτους έχοντας να εξυπηρετήσει μεγάλα φορτία για μικρά χρονικά διαστήματα.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος ΥΣ για την εξυπηρέτηση ενός χρονικά μεταβαλλόμενου φορτίου μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία. Δεδομένου του πολυπαραμετρικού χαρακτήρα του προβλήματος, του στοχαστικού χαρακτήρα του διαθέσιμου δυναμικού ΑΠΕ και της μη-γραμμικής συμπεριφοράς της λειτουργίας των συνιστώσων, μέχρι σήμερα δεν έχει προταθεί μια ολοκληρωμένη θεωρία ή ένα ολοκληρωμένο μοντέλο – κώδικας για το σχεδιασμό του βέλτιστου συστήματος συναρτήσει των κλιματολογικών συνθηκών. Ο σχεδιασμός των ΥΣ γίνεται με τρεις βασικές μεθόδους. Τη χρήση αναλυτικών ή ημιεμπειρικών σχέσεων (Sandia Nat. Labs, 1991; Bataineh et al., 2012), την χρήση μοντέλων προσομοίωσης της λειτουργίας των ΥΣΗ (Shrestha et al., 1998; HOMER, 2008) και τη χρήση αλγορίθμων προσδιορισμού των συνιστώσων (Kaldellis, 2007).

Στην παρούσα εργασία διερευνάται οικονομοτεχνικά η χρήση ΥΣ (ΦΒ, ΑΓ, συσσωρευτές και ΗΖ) για την εξυπηρέτηση αναγκών αμελκτηρίου 12 θέσεων. Εξετάζονται σενάρια με τρία διαφορετικά ηλιακά και τρία αιολικά δυναμικά που μπορούν να απαντηθούν στην Ελλάδα και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά ενός συστήματος με σταθερό φορτίο και την ίδια ημερήσια κατανάλωση ενέργειας. Εφόσον για κάθε συνδυασμό ηλιακού και αιολικού δυναμικού επισημανθεί ο βέλτιστος συνδυασμός των συνιστώσων του ΥΣ διεξάγονται παραμετρικές μελέτες συναρτήσει, της εξωτερικής θερμοκρασίας, της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, της ταχύτητας του ανέμου και του φορτίου, αντιπαραβάλοντας την κάθε περίπτωση με την μονοσήμαντη χρήση ΗΖ (κάτι που αποτελεί την πιο κοινή πρακτική), καθώς και με τη χρήση ΗΖ με συσσωρευτές.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### 2.1. Μεθοδολογία αρχικής διαστασιολόγησης της μονάδας

Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν ως πλέον κατάλληλες για κάθε συνιστώσα του συστήματος είναι οι ακόλουθες σύμφωνα με την (Μπαξεβάνου et al., 2014). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε (ΦΒ-α) για τα ΦΒ είναι η μέθοδος των Ah [Sandia Nat. Labs, 1991] όπως αυτή

προτάθηκε από τα Sandia Nat. Labs. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτείται ο υπολογισμός του ημερήσιου ρεύματος φορτίου σε A<sub>h</sub>, η επιλογή τύπου του ΦΒ πλαισίου και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών λειτουργίας τους στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Ο προσδιορισμός των εν σειρά συνδεδεμένων ΦΒ πλαισίων γίνεται ανάλογα με την τάση εισόδου του αντιστροφέα (ή του ρυθμιστή φορτίου) ενώ ο αριθμός των παράλληλα συνδεδεμένων από το ημερήσιο φορτίο. Με δεδομένο την ευελιξία που παρέχουν οι σύγχρονοι αντιστροφείς σύνδεσης διαφορετικών αριθμών πλαισίων σε διαφορετικές θύρες, χρησιμοποιείται μια τροποποιημένη μορφή της μεθόδου των A<sub>h</sub>, η οποία είναι η μέθοδος των Wh (ΦΒ-β) στην οποία προσδιορίζεται το ημερήσιο φορτίο σε Wh και στη συνέχεια προκύπτει ο συνολικός αριθμός ΦΒ πλαισίων συναρτήσει του φορτίου αυτού. Ο κάθε μήνας αντιπροσωπεύεται από μια τυπική μέρα για την οποία υπολογίζονται αναλυτικά τα φορτία. Η απαιτούμενη χωρητικότητα των συσσωρευτών υπολογίζεται επίσης με τη μέθοδο των A<sub>h</sub> ( $\Sigma$ -α) και με τη μέθοδο των Wh ( $\Sigma$ -β) και στις δύο περιπτώσεις, οι υπολογισμοί γίνονται για κάθε μήνα και η χωρητικότητα των συσσωρευτών υπολογίζεται ως εξής: Χωρητικότητα [A<sub>h</sub>] = max {υπολοιπόμενο φορτίο που δεν καλύπτεται από ΦΒ, φορτίο ημερών νεφοκάλυψης}. Για τον προσδιορισμό της ισχύος του HZ υιοθετείται η λογική ότι το HZ χρησιμοποιείται μόνο για φόρτιση των συσσωρευτών αποφεύγοντας την άεργο ισχύ και διασφαλίζοντας λειτουργία σε ονομαστικό φορτίο με το μέγιστο βαθμό απόδοσης (Hunter et al., 1999).

Για την ΑΓ θα πρέπει να προσδιοριστούν εκτός από την ονομαστική ισχύ (P<sub>r</sub>) και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της, δηλ. ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας, ταχύτητα έναρξης και λήξης λειτουργίας. Για το σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οδηγίες που αφορούν αυτόνομα συστήματα που συνδυάζουν ΑΓ με HZ (Hunter et al., 1999; Burton et al., 2001). Έτσι η εγκατεστημένη ισχύς θα πρέπει να μην είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το φορτίο και να κυμαίνεται μεταξύ 20% και 30% του ονομαστικού φορτίου του HZ. Η τιμή της ταχύτητας εκκίνησης (U<sub>ci</sub>) θα πρέπει να είναι περίπου U<sub>ci</sub> >0.6 U<sub>av</sub>, η ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας (U<sub>r</sub>) θα πρέπει να είναι U<sub>r</sub> <2 U<sub>av</sub> και η ταχύτητα παύσης λειτουργίας U<sub>co</sub><3U<sub>av</sub> και επιπλέον να εξασφαλίζεται ότι το 90% του χρόνου η διαθέσιμη τοπικά ταχύτητα ανέμου θα είναι μικρότερη από αυτή.

## 2.2. Μεθοδολογία βελτιστοποίησης της αρχικής διαστασιολόγησης

Ο αρχικός σχεδιασμός βελτιστοποιήθηκε με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης για την ετήσια λειτουργία του σχεδιαζόμενου συστήματος. Η προσομοίωση της ετήσιας λειτουργίας των ΥΣΗ έγινε με τον λογισμικό HOMER-2 (HOMER, 2008), κάνοντας τις ακόλουθες παραδοχές: α) πραγματικό επιτόκιο δανεισμού 8%, β) χρόνος ζωής του συστήματος 20 έτη, γ) χρονικό βήμα προσομοίωσης 60 min, δ) ελάχιστο επίπεδο φόρτισης συσσωρευτών 40%, ε) μέγιστη αποδεκτή έλλειψη δυνατότητας κάλυψης φορτίου 0 και 10% ανάλογα με την εφαρμογή και στ) τιμή συμβατικού καυσίμου HZ 1.3 €/lt. Η βελτιστοποίηση έγινε με κριτήριο το κόστος της παραγόμενης kWh και την ικανότητα του συστήματος να καλύπτει ικανοποιητικά το φορτίο η οποία τέθηκε στο 90%.

## 3. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

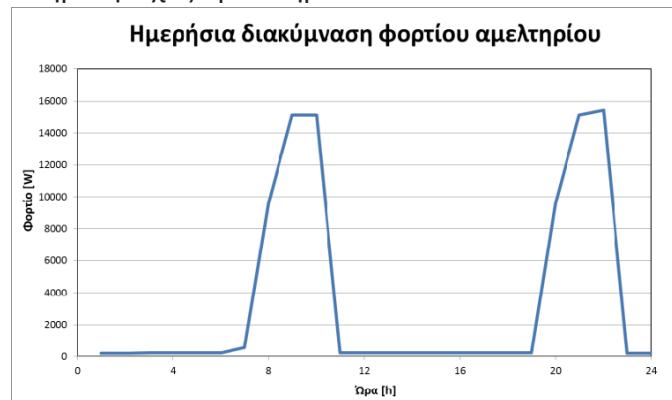
### 3.1. Φορτίο

Η εξεταζόμενη εφαρμογή αφορά τροφοδοσία αμελκτηρίου 12 θέσεων για μονάδα 200 ζώων, με έντονη ημερήσια και εποχιακή διακύμανση φορτίου. Θεωρείται ότι γίνεται άμελξη 2 φορές ανά ημέρα και ότι το αμελκτήριο λειτουργεί 8 μήνες το χρόνο (Φεβρουάριος-Σεπτέμβριος) με μέση ημερήσια κατανάλωση 60 kWh. Η εγκατεστημένη ισχύς, η ημερήσια

και ετήσια διακύμανση του φορτίου δίνονται στον Πίνακα 1.1 και στα Σχήματα 1 και 2. Στην κατανάλωση έχει προστεθεί φορτίο 1.334 kW που αντιστοιχεί στις μονάδες διαχείρισης ενέργειας του ΥΣ και τον εξοπλισμό διαχείρισης εσωτερικού μικροκλίματος του οικίσκου, προκειμένου η θερμοκρασία του θαλάμου εγκατάστασης των συσσωρευτών να διατηρείται εντός συγκεκριμένων ορίων (Kaldellis, 2010), δηλ. ανεμιστήρες, κλιματιστικό και φώτα.

**Πίνακας 1. Εγκατεστημένη ισχύς αμελκτηρίου**

α/α	Κατανάλωση	Ισχύς [kW]
1	Αντλία κενού	5.5
2	Φωτισμός	0.3
3	Παγολεκάνη	5.1
4	Αντλίες (γάλακτος, ύδρευσης κλπ)	1.1
5	Κινητήρες - ανεμιστήρες	7.8
6	Αεροσυμπιεστής	2
<b>Σύνολο</b>		<b>21.8</b>



**Σχήμα 1. Ημερήσια διακύμανση φορτίου.**

### 3.2 Ηλιακό και αιολικό δυναμικό

Εξετάστηκαν τρία ηλιακά δυναμικά (χαμηλό, μέσο και υψηλό) που καλύπτουν τον Ελλαδικό χώρο (ΤΕΕ, 2010) και δύο αιολικά δυναμικά (χαμηλό και υψηλό) που υπάρχουν στην Ελλάδα (Treon et al., 1989) και δίνονται στους Πίνακες 2 και 3. Για το χαμηλότερο αιολικό δυναμικό θεωρείται ότι το σύστημα δε θα περιλαμβάνει την λειτουργία της ΑΓ.



**Σχήμα 2. Ετήσια διακύμανση φορτίου.**

**Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά εξεταζόμενων ηλιακών δυναμικών**

Ηλιακό δυναμικό	Ετήσια ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/m <sup>2</sup> ]	Ετήσιος συντελεστής αιθριότητας [%]	Μέση ετήσια θερμοκρασία ημέρας [C]	Μέγιστος αρ. διαδοχικών ημερών νεφοκάλυψης
Χαμηλό	1513.58	51	16.60	18
Μέσο	1628.79	54	18.78	8
Υψηλό	1722.60	56	19.52	5

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1. Σχεδιασμός μονάδας και παραμετρική μελέτη

Η μία από τις δύο περιπτώσεις που εξετάστηκαν, αφορά το μεταβλητό φορτίο του αμελκτηρίου και η άλλη το σταθερό φορτίο στην διάρκεια της ημέρας και του έτους ίδιας συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης (60 kWh). Στον Πίνακα 4 δίνονται τα αποτελέσματα που αφορούν τις μεθόδους Ah και Wh και της προσομοίωσης για κάθε εξεταζόμενο ηλιακό δυναμικό υπό την μορφή εγκατεστημένης ισχύος σε kW. Στην προσομοίωση δίνονται κάθε φορά τρεις τιμές που αντιστοιχούν στα τρία συστήματα που σχεδιάστηκαν ως συνδυασμός

του δεδομένου ηλιακού δυναμικού με τα δύο εξεταζόμενα αιολικά δυναμικά και αυτό κατά την οποία το αιολικό δυναμικό είναι τόσο χαμηλό που δεν εντάσσεται η ΑΓ στο σύστημα.

Στον Πίνακα 5 παρατίθενται τα αποτελέσματα που αφορούν τη διαστασιολόγηση των συσσωρευτών με τις μεθόδους Ah και Wh και της προσομοίωσης υπό την μορφή αριθμού τεμαχίων συσσωρευτών και στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τη διαστασιολόγηση του HZ. Τα αποτελέσματα δίνονται με την ισχύ του HZ σε kVA. Τέλος στον πίνακα 7 δίνονται τα αποτελέσματα του σχεδιασμού της ΑΓ.

**Πίνακας 3.** Χαρακτηριστικά εξεταζόμενων αιολικών δυναμικών

Παράμετρος	Χαμηλό δυναμικό	Υψηλό δυναμικό
Μέση ετήσια ταχύτητα δεκαλέπτου σε ύψος z=10 m [m/s]	5	7
Γενικευμένη παράμετρος ταχύτητας Weibull, C [m/s]	5.63	7.9
Συντελεστή μορφής κατανομής Weibull, k	1.8	2

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα διαστασιολόγησης ΦΒ πλαισίων

Εφαρμογή	Ηλιακό δυναμικό		
	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Σταθερό φορτίο			
ΦΒ-α [kW]	10.08	10.8	10.56
ΦΒ-β [kW]	10.08	10.8	9.36
Προσομοίωση [kW]	11.04/11.04/10.32	11.04/10.32/8.88	11.04/10.32/9.6
Αμελκτήριο	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
ΦΒ-α [kW]	13.44	13.44	13.44
ΦΒ-β [kW]	14.64	14.4	13.68
Προσομοίωση [kW]	14.88/14.88/14.88	14.88/14.88/14.88	14.88/14.88/14.88

**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα διαστασιολόγησης συσσωρευτών

Εφαρμογή	Ηλιακό δυναμικό		
	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Σταθερό φορτίο			
Σ-α [τεμ]	360	336	312
Σ-β [τεμ]	351	188	328
Προσομοίωση [τεμ]	24	24	24
Αμελκτήριο	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Σ-α [τεμ]	936	648	384
Σ-β [τεμ]	889	581	371
Προσομοίωση [τεμ]	72	72	48

**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα διαστασιολόγησης HZ

Εφαρμογή	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Σταθερό φορτίο			
HZ [kVA]		3.072	
Προσομοίωση [kVA]		3	
Αμελκτήριο	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
HZ [kVA]	9.216	9.216	6.144
Προσομοίωση [kVA]	6/5/5	11/5/5	10/4/4

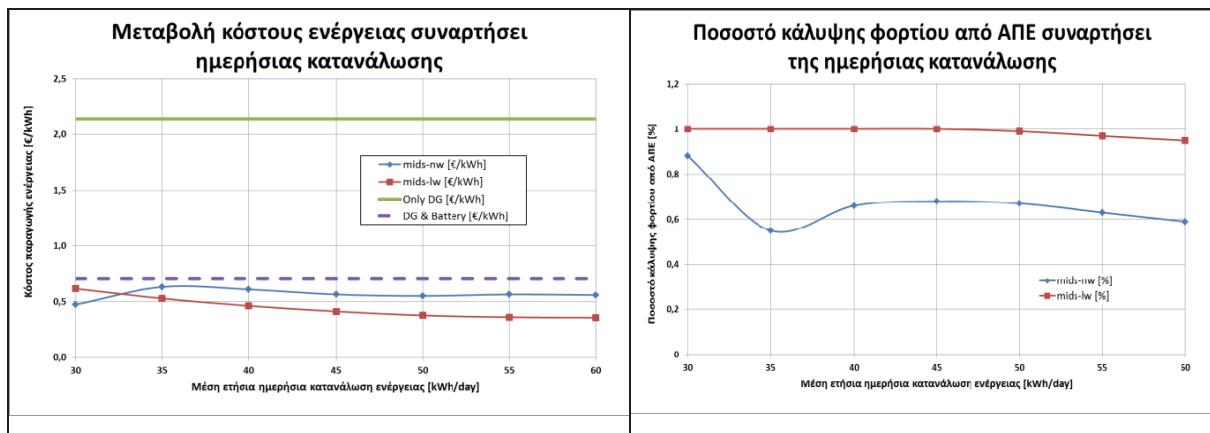
Αρχικά διερευνήθηκε η απόδοση των σχεδιασμένων συστημάτων σε φορτία διαφορετικά από αυτά για τα οποία σχεδιάστηκαν. Παρουσιάζονται μόνο τα αποτελέσματα των συστημάτων που αντιστοιχούν σε μέσο ηλιακό δυναμικό χωρίς ανεμογεννήτρια (mids-nw) και σε μέσο ηλιακό δυναμικό και χαμηλό αιολικό (mids-lw).

Είναι προφανές ότι η διαστασιολόγηση και η βελτιστοποίηση αυτής προβλέπει διαφορετικές εγκατεστημένες ισχύς και χαρακτηριστικά κάθε συνιστώσας για διαφορετικά χρονικά προφίλ κατανάλωσης παρά το ότι και στις δύο περιπτώσεις η ημερήσια κατανάλωση είναι η ίδια.

**Πίνακας 7.** Αποτελέσματα διαστασιολόγησης ΑΓ.

Εφαρμογή	Χαμηλό αιολικό δυναμικό		Υψηλό αιολικό δυναμικό	
Σταθερό φορτίο	Εκτίμηση	Προσομοίωση	Εκτίμηση	Προσομοίωση
Pr [kW]	1.3	3.5	1.2	2.6
U <sub>ci</sub> [m/s]	3	3	5.4	3
U <sub>r</sub> [m/s]	10	8	14	9
U <sub>co</sub> [m/s]	15	16	21	25
Αμελκτήριο	Εκτίμηση	Προσομοίωση	Εκτίμηση	Προσομοίωση
Pr [kW]	4.2	3.6	4.2	2.8
U <sub>ci</sub> [m/s]	3	3	5.4	3
U <sub>r</sub> [m/s]	10	8	14	9
U <sub>co</sub> [m/s]	15	16	21	25

Τα υπόλοιπα συστήματα παρουσιάζουν αντίστοιχες τάσεις. Δίνονται α) το κόστος της παραγόμενης ενέργειας σε €/kWh καθώς και β) το ποσοστό του φορτίου που καλύπτεται από ΑΠΕ. Για λόγους σύγκρισης δίνεται το κόστος της ενέργειας σε περίπτωση κάλυψης της κατανάλωσης μόνο από ΗΖ καθώς και η περίπτωση κάλυψης της κατανάλωση με συνδυασμό ΗΖ και συσσωρευτών με το ΗΖ να χρησιμοποιείται μόνο για τη φόρτιση των συσσωρευτών.

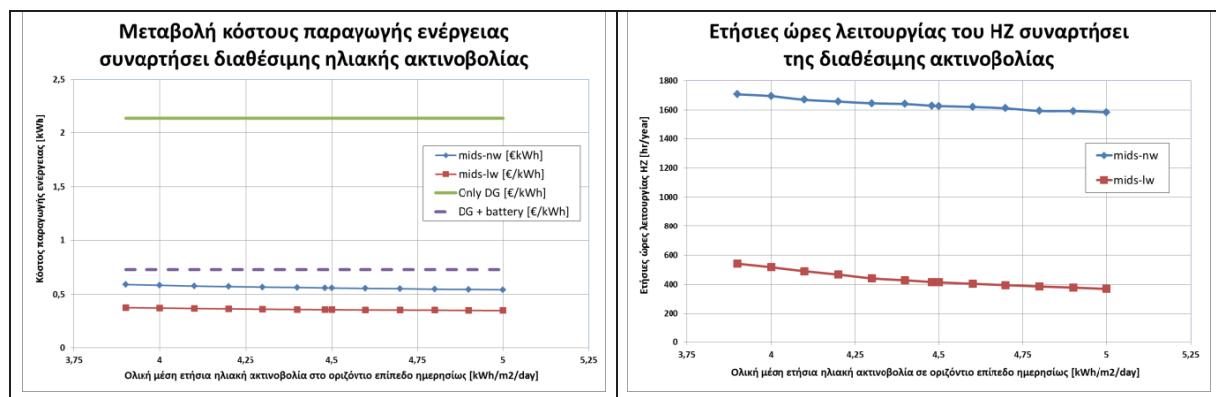


**Σχήμα 3.** Μεταβολή α) κόστους παραγωγής ενέργειας και  
β) ποσοστού κάλυψης φορτίου από ΑΠΕ συναρτήσει του φορτίου κατανάλωσης.

Είναι σαφές ότι το κόστος παραγωγής ενέργειας μόνο με το ΗΖ είναι υπερδιπλάσιο αυτού που προκύπτει με τη χρήση του ΥΣ. Η τιμή της kWh βελτιώνεται σημαντικά και μόνο με τη χρήση συσσωρευτών εφόσον επιτρέπουν πιο αποδοτική λειτουργία στο ΗΖ. Η σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος οδηγεί σε μείωση του κόστους της kWh, ενώ αν ένα

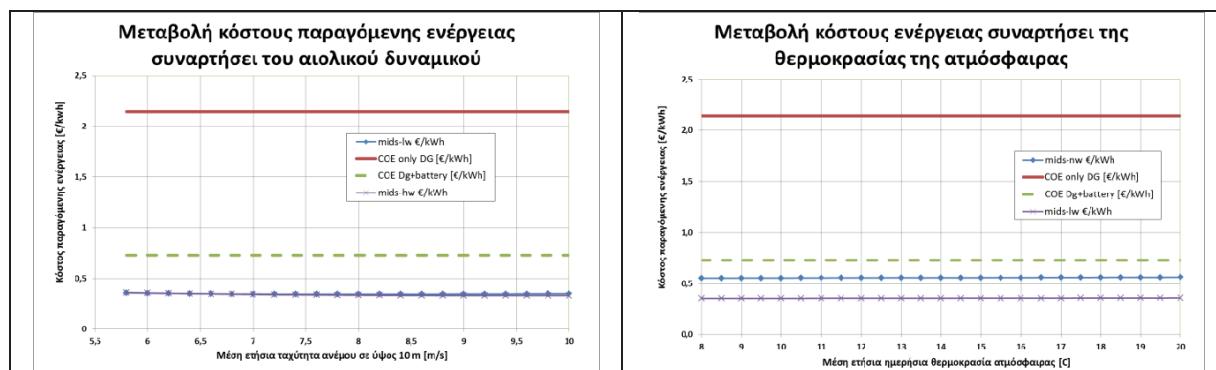
σύστημα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη μικρότερου φορτίου καταλήγει σε αυξημένη τιμή κόστους ανά kWh παρά το γεγονός της πλήρης κάλυψης των αναγκών από ΑΠΕ.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η μεταβολή του κόστους ενέργειας καθώς και οι ώρες λειτουργίας του ΗΖ συναρτήσει της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας. Και πάλι το ελάχιστο κόστος αντιστοιχεί στο ηλιακό δυναμικό για το οποίο, το σύστημα έχει σχεδιαστεί παρά το γεγονός, ότι για καλύτερο ηλιακό δυναμικό ο αριθμός ωρών λειτουργίας του ΗΖ μειώνεται. Το κόστος του συστήματος που περιλαμβάνει ΑΓ κυμαίνεται στα 0.36 €/kWh, ενώ αν αφαιρεθεί η ΑΓ και παρά το γεγονός οτι το αιολικό δυναμικό είναι χαμηλό, το κόστος ανεβαίνει στα 0.56 €/kWh. Ένα σύστημα χωρίς ΑΠΕ που θα χρησιμοποιούσε ΗΖ για τη φόρτιση συσσωρευτών, θα παρουσίαζε κόστος kWh στα 0.73 €, ενώ το απλό σύστημα με μόνο ΗΖ θα είχε κόστος 2.143 €/kWh.



**Σχήμα 4.** Μεταβολή α) κόστους παραγωγής ενέργειας και  
β) αριθμού ετήσιας λειτουργίας του ΗΖ συναρτήσει του ηλιακού δυναμικού.

Θεωρητικά το κόστος της ενέργειας που παράγεται από το ΗΖ (με ΚΘΔ 11.86 kWh/kg, πυκνότητα πετρελαίου 800 kg/m<sup>3</sup>, βαθμός απόδοσης 35% και κόστος πετρελαίου 1.3 €/lt) θα ήταν περίπου 0.39 €/kWh, συν μια μικρή αύξηση λόγω συντήρησης, υπό την προϋπόθεση του σταθερού χρονικά φορτίου, με ελάχιστο αριθμό εκκινήσεων και λειτουργώντας πάντα στο ονομαστικό του φορτίο με μέγιστο βαθμό απόδοσης. Πραγματικά στην περίπτωση του σταθερά κατανεμημένου φορτίου στη διάρκεια της μέρας και του έτους το κόστος παραγωγής της kWh με το ΗΖ έπεφτε στα 0.63 €/kWh. Αντίστοιχα, αλλά όχι αναλογικά, θα μειωνόταν και το κόστος παραγωγής με το υβριδικό σύστημα λόγω μειωμένου μεγέθους των συνιστωσών του και κυρίως λόγω του αριθμού των συσσωρευτών. Στην πραγματικότητα η κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς το κόστος της αφέλιμης



**Σχήμα 5.** Κόστος παραγόμενης ενέργειας συναρτήσει α) αιολικού δυναμικού και  
β) θερμοκρασίας ατμόσφαιρας.

kWh αποδεικνύεται ότι είναι μέχρι και πενταπλάσιο για ένα φορτίο με έντονη χρονική μεταβολή σε ημερήσια και ετήσια βάση.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η μεταβολή του κόστους ενέργειας συναρτήσει του αιολικού δυναμικού και της θερμοκρασίας. Στην πρώτη περίπτωση παρουσιάζεται το σύστημα mids-lw και το σύστημα mids-hw, δηλ. μέσο ηλιακό και υψηλό αιολικό δυναμικό. Στη δεύτερη περίπτωση παρουσιάζονται τα συστήματα mids-nw και mids-lw.

Προκύπτει ότι το βέλτιστο κόστος κάθε φορά αντιστοιχεί στο αιολικό δυναμικό σχεδιασμού, αν και η επιτυγχανόμενη βελτίωση είναι πολύ μικρή (1-3%). Αντιθέτως η επίπτωση της εξωτερικής θερμοκρασίας στο κόστος παραγόμενης kWh είναι ασήμαντη παρά το ότι έχει ληφθεί υπόψη στην προσομοίωση της λειτουργίας των ΦΒ.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σωστή διαστασιολόγηση ενός υβριδικού συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του φορτίου κατανάλωσης (συνολικά απαιτούμενη ενέργεια, εποχιακή και ημερήσια χρονική κατανομή) όπως και με το διαθέσιμο δυναμικό ΑΠΕ, εξασφαλίζουν τη βέλτιστη λειτουργία και το χαμηλότερο κόστος ενέργειας. Η κατανάλωση με έντονη ημερήσια και εποχιακή διακύμανση, όπως αυτή ενός αμελκτηρίου, έχει διαφορετικές απαιτήσεις σχεδιασμού σε σχέση με κατανάλωση της ίδιας ποσότητας ενέργειας αλλά αμετάβλητη χρονικά.

Το κόστος της ενέργειας σε περίπτωση χρήσης ΗΖ επίσης επηρεάζεται από τη χρονική κατανομή του φορτίου κατανάλωσης και ενώ στην περίπτωση του σταθερού φορτίου ανέρχεται στα 0.63 €/kWh στην περίπτωση του αμελκτηρίου φτάνει και τα 2.1 €/kWh. Το κόστος αυτό μειώνεται σε 0.73 €/kWh με τη χρήση συσσωρευτών, ενώ με τη χρήση και φωτοβολταϊκών μπορεί να φτάσει τα 0.56 €/kwh. Τέλος σε περίπτωση που στο σύστημα προστεθεί και ανεμογεννήτρια το κόστος αυτό μπορεί να μειωθεί μέχρι και τα 0.36 €/kWh, ακόμα και στην περίπτωση χαμηλού αιολικού δυναμικού.

Για δεδομένης σχεδίασης υβριδικό σύστημα, η απόδοσή του εξαρτάται από το φορτίο το οποίο καλείται να υπηρετήσει (βελτίωση της τιμής της kWh μέχρι και 40%) και δευτερευόντως από το ηλιακό δυναμικό (βελτίωση της τιμής της kWh μέχρι και 7%). Πολύ μικρότερη είναι η επίδραση του αιολικού δυναμικού (μέχρι 3%) ενώ άνευ σημασίας είναι η επίδραση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bataineh, K., and Dalalah, D., 2012. *Optimal configuration for design of stand-alone PV systems*, Smart Grid and Renewable Energy, 3(1), pp 139-147.
- Benoit M., and Laignel M., 2008. *Sheep for meat farming system in French semi-urban area: Adapting to new context: increased concentrates and energy prices, and new agricultural policy*, 8<sup>th</sup> European IFSA Symposium, 6-10 July, Clermont – Ferrand (France)
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., and Bossanyi, E., 2001. *Wind Energy hand book*, Wiley, West Sussex
- HOMER ENERGY LLC, 2008. *Hybrid optimization model for electric renewables (HOMER)*, <http://www.nrel.gov/international/homer>
- Hunter, R., and Elliot, G., 1999. *Wind-diesel systems. A guide to the technology and its implementation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Kaldellis, J.K., 2007. *An integrated model for performance simulation of hybrid wind diesel systems*, Renewable Energy, 32, pp. 1544 –1564.
- Kaldellis, J.K., 2010. *Optimum hybrid photovoltaic-based solution for remote telecommunication stations*, Renewable Energy, 35, pp. 2307-2315

- Μπαξεβάνου Α., Φείδαρος Δ., Τσίντζος Π. και Σχοινάς Χ., 2014. *Συγκριτική αξιολόγηση εμπειρικών μεθόδων διαστασιολόγησης υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας*, 10<sup>ο</sup> Εθνικό συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 26 – 27 Νοεμβρίου, Θεσ/νικη
- Sandia National Laboratories, 1991, *Stand-alone photovoltaic systems – a handbook of recommended design practices*, SAND 87-7023.
- Shrestha, G.B.. and Goel, L., 1998. *A study on optimal sizing of stand-alone photovoltaic stations*, IEEE Trans Energy Convers., 13(4), pp. 373-8.
- Troen, I., and Petersen, E.L. 1989. *European Wind Atlas*, Commission of the European Communities, Directorate – General for Science, Research and Development, Brussels, Belgium.
- TEE, 2010, *TOTEE 20701-3/2010 : Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών*, Αθήνα.