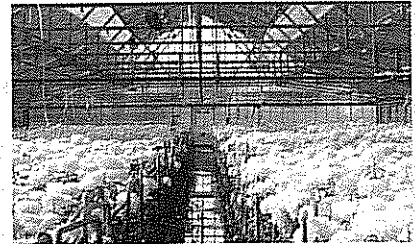
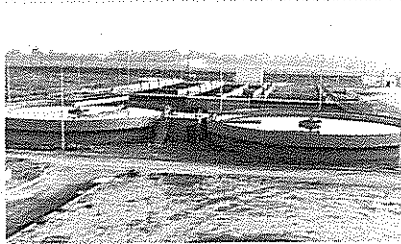
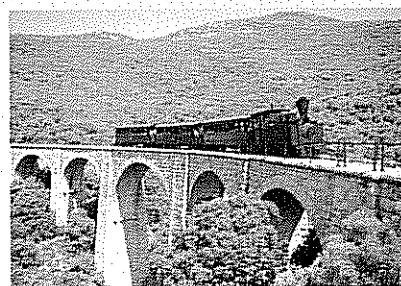




ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ



ΠΡΑΚΤΙΚΑ 2ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΒΟΛΟΣ
28 - 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜ. ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή: ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Τ.Ε.Ε. Μαγνησας

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (Ε.Γ.Μ.Ε.)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (HelAgEng)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

2ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Επιμέλεια Έκδοσης
Μ. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη

ΒΟΛΟΣ
28 – 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή : ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.),
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ (Τ.Ε.Ε.) Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Η αναπαραγωγή των εργασιών έχει γίνει φωτογραφικά και την ευθύνη της εμφάνισης κάθε εργασίας έχουν οι συγγραφείς της.



Εκτύπωση • βιβλιοδεσία
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΙΑΧΟΥΔΗ - ΓΙΑΠΟΥΛΗ
ΤΗΛ - FAX: 031 - 216.779
Κ. ΜΕΛΕΝΙΚΟΥ 15 • ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ) διανύει τον 8^ο χρόνο ύπαρξής της. Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως “Hellenic Society of Agricultural Engineers” (HelAgEng). Τα μέλη της σήμερα φθάνουν τα 121.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 72 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 2^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στο Βόλο, στις 28-30 Σεπτεμβρίου 2000. Για την κρίση των εργασιών αυτών προς δημοσίευση στα Πρακτικά, εργάστηκαν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τη συνδρομή του Δήμου Βόλου, του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. και του Τ.Ε.Ε. Μαγνησίας.

Το Συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης απέκτησαν γνώσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το Δήμαρχο Βόλου, το Νομάρχη Ν. Μαγνησίας καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2000

Καθηγήτρια, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ., Πρόεδρος
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Πρίντζος Ι., Πρόεδρος Τ.Ε.Ε. Ν. Μαγνησίας
Μανουόδης Ν., Γεωπόνος, Δ/νση Γεωργικής Ανάπτυξης Ν. Μαγνησίας
Καλφούντζος Δ., Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Ντιούδης Π., Επίκ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Λάρισας
Σουφλιάς Κ., Γεωπόνος Περιφέρειας Θεσσαλίας
Βλειώρας Σ., Γεωπόνος, εκπρ. ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Κεντρικής Ελλάδος
Στεργιοπούλου Σ., Γεωπόνος, Μ.Δ.Ε., Π.Θ.

Επιστημονική Επιτροπή

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αναστασιάδου - Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Δαλέζιος Ν., Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Ζήσης Θ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Θεοδωρίκας Σ., Καθηγητής Π.Θ.
Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Καραντούνιας Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Κορίτσης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Λαμπρινός Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μήτσος Ι., Καθηγητής Π.Θ.
Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα - Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παπαδάκης Γ., Επίκ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πιτσιλής Π., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Σακκάς Ι., Καθηγητής Δ.Π.Θ.
Σιδηράς Ν., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Τερζίδης Γ., Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζώρτζιος Σ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε., Αντωνόπουλος Β., Γέμτος Θ., Γεωργακάκης Δ., Γιαννόπουλος Σ., Δαλέζιος Ν., Δαναλάτος Ν., Δημητρίου Ι., Θεοδωρίκας Σ., Θεοδώρου Α., Καραθάνος Β., Καραμούζης Δ., Καραντούνιας Γ., Καρυώτης Θ., Κερκίδης Π., Κίττας Κ., Κοσμάς Κ., Λαμπρινός Γ., Μαρτζόπουλος Γ., Μήτσιος Ι., Μισοπολινός Ν., Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Μπριασούλης Δ., Νάνος Γ., Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ., Παπαδάκης Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαμιχαήλ Δ., Παρισσόπουλος Γ., Πατέρας Δ., Πιτσιλής Π., Σακελλαρίου – Μακρραντωνάκη Μ., Σιδηράς Ν., Τερζίδης Γ., Τζιμόπουλος Χ., Τζώρτζιος Σ., Τσαντήλας Χ., Τσατσαρέλης Κ., Τσιακάρας Π.

Γραμματεία Συνεδρίου

Ροΐδη Φ., Αγγελάκη Α., τηλ. (0421) 74327, 74317
fax : (0421) 74324, 74317
e-mail : msak@arg.uth.gr

Χορηγοί του 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της Ε.Γ.Μ.Ε.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δήμος Βόλου
Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.)
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Μαγνησίας (Τ.Ε.Ε.)
ΑΓΡΕΚ, Θερμοκήπια
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων
Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης Λάρισας (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.)

Οικονομική ενίσχυση για το 2^ο Εθνικό Συνέδριο της Ε.Γ.Μ.Ε.

Νομαρχία Ν. Μαγνησίας
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.)
NETAFIM A.E., Εξοπλισμός & Συστήματα Άρδευσης
MONSANTO ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε., Γεωργικά Φαρμακευτικά

Εκθέτες

SGIENTACT A.E., Περιβαλλοντικός & Εργαστηριακός Εξοπλισμός
ΕΒΟΞ Α.Ε. – ΑΦΟΙ ΖΗΚΑ Ο.Ε.
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
ROTEX A.E., Αντλητικές Μηχανές
NAAN, Συστήματα Αρδέσεων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

Ακριτίδης Κ.
Αλεξίου Ι.
Αλεξοπούλου Ε.
Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε.
Αντωνόπουλος Β.
Αρβανίτης Κ.
Αριστοπούλου Α.
Βασιλειάδης Λ.
Βλειώρας Δ.
Βλειώρας Σ.
Βύργλας Π.
Γαλάνης Μ.
Γάτσιος Φ.
Γέμτος Θ.
Γεωργίου Π.
Γεωργούσης Χ.
Γιαγλάρας Π.
Γιακουμάκης Σ.
Γιαννόπουλος Σ.
Γκόλια Ε.
Γούλας Χ.
Δαλέζιος Ν.
Δαναλάτος Ν.
Δέρκας Ν.
Δερμίσσης Β.
Δήμας Ε.
Δημητριάδης Α.
Δημητρίου Ι.
Δομενικιώτης Χ.
Ευθυμιάδης Π.
Ζαλίδης Γ.
Ζέρβα Γ.
Ζήσης Θ.
Θεοδώρου Α.
Θεοχάρης Μ.
Θεοχαρόπουλος Σ.
Καβαδάκης Γ.
Καβαλάρης Χ.
Κάβουρας Σ.
Καλαϊτζίδου – Πάικου Ν.
Καλφούντζος Δ.
Καραγιάννη – Χρήστου Μ.
Καραϊβάζογλου Π.
Καραμάνης Μ.
Καραμούζης Δ.
Καραμούτης Χ.

Καραντούνας Γ.
Καραρίζος Π.
Κατσούλας Ν.
Κίττας Κ.
Κλάδης Γ.
Κοζής Γ.
Κουλουμπής Π.
Κουμπουλής Φ.
Κουτσομήτρος Σ.
Κυλινδρής Θ.
Κυρίτσης Σ.
Κωτσόπουλος Σ.
Λαμπρινός Γ.
Λέλλης Θ.
Λεμπέσης Γ.
Λόης Δ.
Λουκάς Α.
Λουλούδη Α.
Λουλούδη Β.
Λύκας Χ.
Μαλιδέρου Ε.
Μανωλιάδης Ο.
Μανωλοπούλου Ε.
Μαρτζόπουλος Γ.
Μασλάρης Ν.
Μητρόπουλος Δ.
Μήτσιος Ι.
Μήτσιου Χ.
Μιμίδης Θ.
Μισοπολινός Ν.
Μπαλόπουλος Ε.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ.
Μπαρμπαγιάννης Ν.
Μπαρτζάνας Θ.
Μπερμπερίδης Κ.
Μπιλάλης Δ.
Μπόγδανος Κ.
Μπράμπα Δ.
Μπριασούλης Δ.
Μυστριώτης Α.
Νάματοβ Ε.
Νατιώτη Ε.
Νάτσης Α.
Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ.
Νικολάου Α.
Νούσιος Γ.

Ντιούδης Π.
Ντόντορος Δ.
Παναγάκης Π.
Παναγιωτόπουλος Κ.
Πανούτσου Κ.
Παπαγιαννοπούλου Α.
Παπαδάκης Γ.
Παπαδόπουλος Α.
Παπαδόπουλος Φ.
Παπαθανασίου Ι.
Παπαμιχαήλ Δ.
Παπανίκος Ν.
Παπατόλιος Κ.
Παρισόπουλος Γ.
Πασγιάνος Γ.
Πεχλιβανίδης Γ.
Πιτσιλής Ι.
Ρίζου Ζ.
Ροσμαράκης Σ.
Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ.
Σαραντόπουλος Δ.
Schettini Ε.
Σερσελούδης Χ.
Σιγριμής Ν.
Σιδηράς Ν.
Σκαρπέτης Μ.
Σπυρίδης Α.

Σταθάκος Θ.
Σταματοπούλου Ι.
Σταυρόπουλος Δ.
Στεργιοπούλου Σ.
Talab Τ.
Τάσιου Δ.
Τερζούδη Χ.
Τζανετοπούλου Ι.
Τζιμόπουλος Χ.
Τζώρτζιος Σ.
Τσάμης Π.
Τσάτσα Α.
Τσατσαρέλης Κ.
Τσιρογιάννης Ι.
Τσιώτας Κ.
Τσουλουχά Φ.
Φαρσιρώτου Ε.
Fatnassi Η.
Φείδαρος Δ.
Φλωράς Σ.
Φλώρου Ε.
Φόνσος Μ.
Φουντάς Σ.
Χατζηγιαννάκης Ε.
Χρηστίδου Σ.
Χριστοδούλου Ε.
Ψόχιου Ε.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1^η ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Εμπειρικά και θεωρητικά μοντέλα που προσδιορίζουν τη θραύση χωμάτινων φραγμάτων».....	17
Χ. Τζιμόπουλος, Α. Σπυρίδης	
«Σύγκριση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων με τη βοήθεια εκτιμήσεων πλημμυρικών απορροών».....	26
Δ. Παπαμιχαήλ, Π. Γεωργίου, Δ. Καραμούζης	
«Εκτίμηση της πιθανότητας επανεμφάνισης των ροών αιχμής ορεινών λεκανών απορροής».....	34
Α. Λουκάς, Α. Βασιλειάδης, Χ. Δομενικιώτης, Ν. Δαλέζιος	
«Αρδευτικές διώρυγες διαφορικής τραχύτητας».....	42
Ι. Δημητρίου	
«Παροχές σχεδιασμού σε σχέση με τη μείωση της δασικής βλάστησης στην Ανατολική Αττική».....	50
Σ. Γιακουμάκης, Σ. Ροσμαράκης, Μ. Φόνσος	
«Αριθμητική προσομοίωση ελεύθερης επιφάνειας σε υδατορρέυματα μεταβαλλόμενης διατομής».....	60
Ε. Φαρσιρώτου	
«Αδιάστατα διαγράμματα υπολογισμού παροχής σε παραβολική διώρυγα με ελεύθερη υδατόπτωση».....	68
Ε. Χατζηγιαννάκης, Ε. Αναστασιάδου – Παρθενίου	
«Επίδραση των αναβαθμών στην κίνηση του νερού της θάλασσας προς το υδατόρευμα».....	77
Γ. Πεγλιβανίδης, Β. Δερμίσης	
«Περιβαλλοντικοί δείκτες για πολυκριτηριακή διαχείριση αρδεύσεων στο αγροτεμάχιο».....	85
Ο. Μανωλιάδης	
«Πειραματικές διαδικασίες διήθησης – στράγγισης σε στρωματοποιημένα εδάφη».....	93
Δ. Καλφούντζος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Τζιμόπουλος	
«Τεχνητός εμπλουτισμός υδροφορέα λεκάνης Ολυνθίου».....	101
Θ. Ζήσης, Ν. Καλαϊτζίδου – Πάικου, Δ. Καραμούζης	
«Αλγόριθμος προσδιορισμού της χαρακτηριστικής καμπύλης της εδαφικής υγρασίας ακόρεστου πορώδους μέσου με διπλό πορώδες».....	109
Σ. Γιαννόπουλος, Χ. Τζιμόπουλος	
«Εκτίμηση οριακών βρόχων υστέρησης - Αναλυτική και πειραματική προσέγγιση του τριβλήματος».....	117
Χ. Τζιμόπουλος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Σ. Στεργιοπούλου	

«Στοχαστική μελέτη του υδατικού ισοζυγίου ενός καλλιεργούμενου εδάφους».....	124
Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος	
«Σύγκριση υπολογισμένων τιμών δυναμικής εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών με τις εξισώσεις Penman και Penman - Monteith»	133
Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος, Γ. Ζέρβα, Π. Βύρλας	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης υδραυλικών χαρακτηριστικών σταλάκτη και σταλακτηφόρου σωλήνα»	141
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης	
«Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	149
Π. Ντιούδης, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος	
«Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	157
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Δ. Καλφούντζος, Ν. Παπανίκος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 2^η ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Ενεργειακές εισροές – εκροές κύριων καλλιεργειών της χώρας μας».....	167
Κ. Τσατσαρέλης	
«Προσομοίωση ξηραντηρίου μηδικής σε σωρό μεγάλου βάθους».....	177
Κ. Ακριτιδής, Α. Δημητριάδης	
«Εξοικονόμηση ενέργειας σε ξηραντήρια με μερική ανάκτηση της λανθάνουσας θερμότητας».....	187
Α. Δημητριάδης, Κ. Ακριτιδής, Κ. Αρβανίτης	
«Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενότυπων σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας»	197
Α. Νικολάου, Ε. Νάματοβ, Γ. Καβαδάκης, Κ. Τσιώτας, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Ανάπτυξη και παραγωγικότητα βιομάζας και σακχάρων καλλιέργειας γλυκού σόργου (cv. Keller) στην Κεντρική Ελλάδα»	205
Γ. Καβαδάκης, Α. Νικολάου, Ε. Αλεξοπούλου, Ε. Νατιώτη, Χ. Μήτσιου, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Νέες τεχνικές ελέγχου ασταθών βιολογικών αντιδραστήρων επεξεργασίας βιομάζας: Θεωρία και προσομοίωση»	213
Κ. Αρβανίτης, Ν. Σιγριμής, Γ. Πασγιάνος	
«Επίδραση της θερμοκορτίνας στην ενεργειακή συμπεριφορά του θερμοκηπίου»	221
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας, Π. Γιαγλάρας, Μ. Καραμάνης, Χ. Λύκας	
«Ενεργειακά ισοζύγια ζαχαρότευτλων με 4 μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους»	229
Χ. Καβαλάρης, Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καραμούτης, Χ. Γούλας	

«Εξοικονόμηση ενέργειας κατά τον σχεδιασμό και τη μελέτη μιας ψυκτικής εγκατάστασης».....	237
Δ. Ντόντορος, Γ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 3^η ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Μελέτη διάβρωσης των εδαφών της Κεντρικής Ελλάδας»	247
Σ. Θεοχαρόπουλος, Ε. Φλώρου, Φ. Τσουλουχά, Μ. Καραγιάννη - Χρήστου, Π. Κουλουμπής, Σ. Χρηστίδου	
«Εκτίμηση της επίδρασης των καλλιεργητικών τεχνικών βαμβακιού στην διάβρωση του εδάφους»	255
Χ. Τερζούδη, Θ. Γέμτος	
«Επίπεδα συγκέντρωσης βορίου σε εδάφη καλλιεργούμενα με καπνό και νερά άρδευσης της Θεσσαλίας».....	263
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ζ. Ρίζου	
«Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε εδάφη και νερά άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας»	271
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ε. Χριστοδούλου	
«Αλάτωση και νατρίωση εδαφών. Προσέγγιση του προβλήματος μελέτης και βελτίωσης με αριθμητικές μεθόδους».....	281
Ν. Μισοπολινός	
«Ποιότητα του εδάφους : Μια νέα οπτική προσέγγισης και διαχείρισης των εδαφικών πόρων»	289
Ν. Μισοπολινός, Γ. Ζαλίδης, Κ. Παναγιωτόπουλος	
«Η επίδραση της μηχανικής διατάραξης στη διασπορά της αργίλου τεσσάρων Alfisols από τη Βόρεια Ελλάδα»	297
Κ. Παπατόλιος, Κ. Παναγιωτόπουλος, Ν. Μπαρμπαγιάννης	
«Εκτίμηση της ποιότητας των νερών άρδευσης και προβλήματα αλατότητας και νατρίωσης σε εδάφη του Ν. Μαγνησίας»	305
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Σ. Φλωράς	
«Διαθεσιμότητα εδαφικού φωσφόρου σε αντιπροσωπευτικές χαρτογραφικές μονάδες της Θεσσαλίας».....	312
Ι. Μήτσιος, Ι. Σταματοπούλου, Α. Τσάτσα	

ΕΝΟΤΗΤΑ 4^η ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

«Πειραματική διερεύνηση της σκίασης με δέντρα για έλεγχο της θερμοκρασίας σε κτίρια».....	323
Γ. Παπαδάκης, Π. Τσάμης, Ε. Μαλιδέρου, Σ. Κυρίτσης	

«Δίχτυα εντομοστεγανότητας σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Ανάλυση του συστήματος και ανασκόπηση»	331
Π. Γιαγλάρας, Θ. Μπαρτζάνας, Κ. Κίττας	
«Υπολογισμός θερμικής απόδοσης ενός παθητικού και ενός υβριδικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίων».....	340
Χ. Νικήτα – Μαρτζοπούλου, Τ. Talab, Γ. Μαρτζόπουλος	
«Επίδραση κρίσιμων παραγόντων στη γήρανση φιλμ πολυαιθυλενίου (LDPE) κατά τη χρήση του ως υλικού κάλυψης θερμοκηπίου»	350
Α. Αριστοπούλου, Δ. Μπριασούλης	
«Αριθμητική προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς LDPE φύλλων θερμοκηπίου»	358
Δ. Μπριασούλης, Ε. Schettini	
«Προσομοίωση της ροής του φυσικού αερισμού θερμοκηπίου».....	366
Θ. Μπαρτζάνας, Η. Fatnassi, Δ. Φείδαρος, Ν. Βλάχος, Κ. Κίττας	
«Υλοποίηση σε μικροελεγκτή αλγόριθμου ελέγχου θερμοκρασίας θερμοκηπίου».....	374
Φ. Κουμπουλής, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	
«Αριθμητική προσομοίωση της κατανομής ανεμοπιέσεων σε θερμοκηπιακές κατασκευές»	382
Α. Μυστριώτης, Δ. Μπριασούλης	
«Κρίσιμοι συνδυασμοί φορτίσεων για τυπική Ελληνική θερμοκηπιακή κατασκευή, στα πλαίσια του κανονισμού prEN 13031-1:1999. Πρώτη προσέγγιση»	390
Ι. Τσιρογιάννης, Δ. Μπριασούλης	
«Διαπνοή και στοματική αγωγιμότητα φυτών τριανταφυλλιάς. Μετρήσεις με πορόμετρο».....	398
Σ. Κάβουρας, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	
«Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες»	406
Μ. Θεοχάρης	

ΕΝΟΤΗΤΑ 5^η

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ – ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

«Ο παγκόσμιος ιστός ως εργαλείο ενίσχυσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη Γεωργική Μηχανική. Εφαρμογή: Διδασκαλία του μαθήματος «Διαχείρισης μικροκλίματος θερμοκηπίου»	417
Μ. Καραμάνης, Κ. Κίττας	
«Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό»	425
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Κοζής, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός	
«Αφυδάτωση μήλων ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny Smith κατά την απόθιξη».....	433
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	

«Μεταβολή του χρώματος μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith που συντηρούνται σε αποθήκη».....	441
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	
«Εκτίμηση βάρους νεαρών χοιριδίων με χρήση τεχνικών επεξεργασίας εικόνας»	449
Π. Παναγάκης, Κ. Μπερμπερίδης, Δ. Μπριασούλης, Π. Καραϊβάζογλου, Ε. Δήμας	
«Πολυμεταβλητός έλεγχος υγρασίας και θερμοκρασίας σε καταναμημένο σύστημα γεωργικών μονάδων».....	457
Φ. Κουμπουλή, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	

ΕΝΟΤΗΤΑ 6^η ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

«Όργανα για μέτρηση απορροφώμενης ισχύος από παρελκόμενα ενός ελκυστήρα».....	465
Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Θ. Κυλινδρή, Χ. Καραμούτης	
«Επίδραση του βαθμού συμπίεσης του εδάφους της αρχικής υγρασίας και της θερμοκρασίας, στην βλάστηση και την αρχική ανάπτυξη του βαμβακιού»	473
Θ. Λέλλης, Α. Λουλούδη, Β. Λουλούδη	
«Σύγκριση της απόδοσης των μηχανημάτων για κατεργασία εδάφους συμβατική και σε αναχώματα»	481
Θ. Σταθάκος, Θ. Γέμτος	
«Επανασχεδιασμός βαρέως καλλιεργητή με σκοπό τη βελτίωση της αποδιδόμενης εργασίας»	489
Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Θ. Γέμτος	
«Πειραματική μελέτη της επίδρασης του προϋνίου και της μάχαιρας αρότρου στην ποιότητα άροσης και στην κατανάλωση ενέργειας»	497
Α. Νάτσης, Γ. Παπαδάκης, Ι. Πιτσιλής	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης ελκτικής ισχύος γεωργικών και δασικών ελκυστήρων»	502
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης, Χ. Σερσελούδης, Γ. Κλάδης	
«Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού»	510
Δ. Μπιλάλης, Ν. Σιδηράς, Π. Ευθυμιάδης	
«Αξιοπιστία μηχανικών μέσων μετατόπισης του ξύλου»	519
Π. Καραρίζος	
«Διαχείριση ζιζανίων σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας εδάφους. Εμπειρία από εφαρμογή τους στην Ελλάδα»	527
Μ. Γαλάνης	
«Απόψεις Βρετανών γεωργών για τη συμβολή του Precision Farming στη διαχείριση καλλιεργειών»	535
Σ. Φουντάς	

ΕΝΟΤΗΤΑ 7^η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

«NO ₃ σε νερό και σε λαχανικά. Υπάρχει σχέση; »	545
Σ. Βλειώρας, Δ. Τάσιου, Δ. Βλειώρας	
«Προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες».....	553
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Δ. Σαραντόπουλος	
«Η σημασία των αγρομετεωρολογικών δεικτών στην εξέλιξη της καλλιέργειας του σιταριού στην περιοχή της Λάρισας»	561
Ν. Δαλέζιος, Χ. Δομενικιώτης, Σ. Τζώρζιος, Α. Λουκάς, Ι. Τζαντοπούλου	
«Χωροχρονικές διακυμάνσεις του Βενθικού οικοσυστήματος στον Αμβρακικό κόλπο»	569
Κ. Μπόγδανος, Γ. Λεμπέσης, Ε. Ψόχιου, Δ. Μπράμπα, Α. Θεοδώρου, Ε. Μπαλόπουλος	
«Το πρόβλημα της ρύπανσης των υπόγειων εδαφικών και υδρολιθολογικών σχηματισμών από τη διακίνηση καυσίμων - Ο ρόλος των οριζόντιων γεωτρήσεων»	577
Θ. Μιμίδης, Σ. Κουτσομήτρος, Δ. Σταυρόπουλος	
«Επιφανειακές στρώσεις λυμάτων από εναλλασσόμενα στόμια»	585
Ι. Δημητρίου	
«Μείωση του BOD ₅ αστικών υγρών αποβλήτων με δεξαμενές σταθεροποίησης».....	591
Α. Παπαδόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισόπουλος	
«Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγγειοβελτιωτικών έργων Πηνειού Ηλείας στον προστατευόμενο βιότοπο της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και τα έργα αποκατάστασής του».....	598
Γ. Καραντούνιας, Ν. Δέρκας	
«Μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων νερών από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων εδάφους»	606
Β. Αντωνόπουλος	

*Επεξεργασία
Γεωργικών Προϊόντων*

Νέες Τεχνολογίες

**Ο Παγκόσμιος Ιστός ως εργαλείο ενίσχυσης της
εκπαιδευτικής διαδικασίας στη Γεωργική Μηχανική.
Εφαρμογή: Διδασκαλία του μαθήματος «Διαχείρισης
Μικροκλίματος Θερμοκηπίου»**

M. Καραμάνης, Κ. Κίττας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής
Πεδίον Άρεως, 38334, Βόλος, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Παγκόσμιος Ιστός έχει καταζωθεί στη συνείδηση της εκπαιδευτικής κοινότητας, ως ένα πολυδύναμο περιβάλλον φιλόξενο για δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης. Ωστόσο, στα πλαίσια της διδασκαλίας και μάθησης με τη χρήση υπολογιστών, η έννοια της διερευνητικής μάθησης είναι συνυφασμένη με τη χρήση των προσομοιώσεων. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια προσπάθεια να συνδυαστούν οι παραπάνω τεχνολογίες, στην κατεύθυνση της δημιουργίας ενός πρωτότυπου εκπαιδευτικού λογισμικού για την ενισχυτική διδασκαλία των φοιτητών των Γεωπονικών Σχολών, στο αντικείμενο της Διαχείρισης του Μικροκλίματος των Θερμοκηπίων.

**Using World Wide Web to enhance educational process in
Agricultural Engineering. An application for “Greenhouse
Climate Control” teaching**

M. Karamanis, K. Kittas

University of Thessaly
School of Agriculture, Crop & Animal Production
Pedion Areos, 38334, Volos, Greece

ABSTRACT

World Wide Web has appointed to the educational community as a multi-functional platform for exploratory learning purposes. Nevertheless the real contribution to this target, as far as Computer Assisted Instruction and Learning are concerned, comes from the adaptation of Computer Simulation in the instructional and learning process. The following work presents an attempt to combine the previously described evolutions, in a prototype piece of software. The prototype aims to enhance university courses in Agricultural Schools concerning Greenhouse Climate Control.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπηρεσία του Παγκόσμιου Ιστού Πληροφοριών (WWW) κέντρισε το ενδιαφέρον της εκπαιδευτικής κοινότητας από την πρώτη στιγμή της εμφάνισης της στο χώρο του Διαδικτύου. Η δομή υπερμέσων πάνω στην οποία είναι υλοποιημένη η υπηρεσία, σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση του πληροφοριακού και επικοινωνιακού δυναμικού του Διαδικτύου κάτω από ένα ενιαίο περιβάλλον διεπαφής για τον τελικό χρήστη (browsers), προσδίδουν στο WWW τα χαρακτηριστικά μιας θεωρητικά «ιδεατής» πλατφόρμας για δραστηριότητες διερευνητικής και ανακαλυπτικής μάθησης.

Η πραγματική ωστόσο συνεισφορά στο συγκεκριμένο τομέα -όσον αφορά τη διδασκαλία και την μάθηση με τη χρήση των Η/Υ- αφορά στις προσομοιώσεις (simulations). Η χρήση προσομοιώσεων για ερευνητικούς σκοπούς είναι ευρέως διαδεδομένη. Ιδιαίτερα όσον αφορά, για παράδειγμα, την αστροφυσική ή την μοριακή βιολογία οι προσομοιώσεις δεν αποτελούν εργαλείο αναπαράστασης του ερευνητικού αντικείμενου, αλλά το ίδιο το ερευνητικό αντικείμενο. Οι προσομοιώσεις δημιουργούνται γύρω και πάνω από ένα μοντέλο το οποίο είναι διαφανές στον τελικό χρήστη. Ο τελευταίος μπορεί να διαπιστώσει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του μοντέλου αλληλεπιδρώντας με την εφαρμογή [1].

Οι εκπαιδευτικές δυνατότητες των προσομοιώσεων, ιδιαίτερα όσον αφορά σύνθετα συστήματα ή αφηρημένες έννοιες, είναι τεράστιες, παρά ταύτα όπως επισημαίνει ο Van Joolingen οι δυνατότητες εκπαιδευτικού σχεδιασμού τέτοιου είδους εφαρμογών είναι περιορισμένες καθώς μια εφαρμογή προσομοίωσης εξαντλείται στον προσδιορισμό του μοντέλου και στην βαθμονόμησή του. Υπάρχει κατά συνέπεια η ανάγκη για υποστήριξη των εφαρμογών προσομοίωσης από εκπαιδευτικά εργαλεία και υλικό, το οποίο θα είναι σε θέση να υποστηρίξει τη μαθησιακή διαδικασία κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με την προσομοίωση [2].

Η παρούσα εργασία αφορά στην προσπάθεια συνδυασμού ενός εκπαιδευτικού προγράμματος υλοποιημένου στο WWW με μια απλή προσομοίωση των ενεργειακών απωλειών θερμοκηπίου, για τη διδασκαλία του μαθήματος της Διαχείρισης Μικροκλίματος Θερμοκηπίου (ΔΜΘ) σε φοιτητές Γεωπονικών Σχολών.

2. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Παρά τη σύντομη ιστορία του το WWW έχει τύχει ευρείας αξιοποίησης ιδιαίτερα όσον αφορά στο χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί ποικίλουν από την απλή δημοσίευση παραδόσεων και εργασιών ως την ανάπτυξη πολύπλοκων εφαρμογών που περιλαμβάνουν απαιτητικά γραφικά, προσομοιώσεις, καθώς και επικοινωνιακές και συνεργατικές δυνατότητες. Επιπρόσθετα οι συγκεκριμένες εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο σε συνδυασμό με τις πανεπιστημιακές παραδόσεις, όσο και σαν αυτόνομες εκπαιδευτικές οντότητες.

Οι Yaverbaum και Liebowitz, καθώς και οι Bothum et al σχεδίασαν και υλοποίησαν εκπαιδευτικές εφαρμογές βασισμένες στο WWW κάνοντας χρήση προσομοιώσεων, κινούμενων γραφικών και μεθόδων αυτόματης αξιολόγησης της προόδου των μαθητών σε πανεπιστημιακά μαθήματα που αφορούσαν τη Διοίκηση και τη Φυσική αντίστοιχα. Τα παραπάνω προγράμματα δεν συνοδεύονταν από παραδοσιακές πανεπιστημιακές παραδόσεις. Οι δύο ομάδες αναφέρουν προβλήματα που σχετίζονται με την έλλειψη ουσιαστικής ανάδρασης, την δυσκολία ουσιαστικής

αξιολόγησης, καθώς και την δυσκολία των φοιτητών να αποδεχτούν τον υπολογιστή ως την μοναδικό μέσο διδασκαλίας [3],[4]. Οι Reed and Aljeh καθώς και ο Goldberg ανέπτυξαν εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούνταν παράλληλα με τις πανεπιστημιακές παραδόσεις, έχοντας ταυτόχρονα ένα τμήμα των σπουδαστών να παρακολουθεί το μάθημα με την παραδοσιακή του μορφή. Οι εφαρμογές περιλάμβαναν εκπαιδευτικό υλικό και αναφορές στο WWW σε συνδυασμό με προσομοιώσεις στους τομείς των αεροπροωθούμενων κινητήρων και των λειτουργικών συστημάτων υπολογιστών αντίστοιχα. Οι αναφορές συγκλίνουν στο γεγονός ότι οι σπουδαστές που έκαναν χρήση της εφαρμογής σε συνδυασμό με τα παραδοσιακά μαθήματα σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στις εξετάσεις [5],[6].

Είναι προφανές από τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών ότι οι εκπαιδευτικές εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν περισσότερο αποτελεσματικές σε συνδυασμό με τα παραδοσιακά μαθήματα. Επιπρόσθετα οι εφαρμογές που αφορούσαν αφηρημένες έννοιες ή πολύπλοκα συστήματα είχαν καλύτερη αποδοχή από τους φοιτητές. Η εφαρμογή που αφορά στη διδασκαλία του μαθήματος της ΔΜΘ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για να χρησιμοποιηθεί από κοινού με τις παραδόσεις του μαθήματος και αποσκοπεί άμεσα στην βελτίωση της διδασκαλίας του συγκεκριμένου αντικειμένου.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

3.1 Εκπαιδευτική εφαρμογή στο περιβάλλον του WWW

Παρότι το WWW δεν μπορεί να περιγραφεί ρεαλιστικά σαν μια υπερμεσική και μόνον εφαρμογή, η διαδικασία σχεδίασης εφαρμογών στο συγκεκριμένο χώρο στηρίζεται στις αρχές δημιουργίας υπερμεσικών εφαρμογών [7].

Αν θεωρήσουμε τη μάθηση σαν μια διαδικασία οικοδόμησης νέων νοητικών σχημάτων και τη σύνδεσή τους με ήδη υπάρχοντα, τότε ο αριθμός των συνδέσμων μεταξύ της ήδη υπάρχουσας και της προσδοκώμενης γνώσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της μαθησιακής διαδικασίας. Η παραπάνω παρατήρηση σε συνδυασμό με τη δυνατότητα «περιήγησης» μια εφαρμογής υπερμέσων σύμφωνα με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του κάθε χρήστη, προσδίδει στις εφαρμογές υπερμέσων τη μορφή του «ιδανικού» μαθητοκεντρικού μαθησιακού περιβάλλοντος [8]. Η πραγματικότητα βέβαια πόρρω απέχει από την προηγούμενη όποια, καθώς αποτελεσματική πρόσβαση στην πληροφορία δεν σημαίνει απαραίτητα πρόοδο στην κατεύθυνση της γνώσης[9]. Επιπρόσθετα η ανοικτή και πολύπλοκη φύση των υπερμεσικών εφαρμογών αυξάνει την αίσθηση αποπροσανατολισμού των χρηστών, καθώς και της υπερφόρτωσής τους με πληθώρα πληροφοριών [10]. Το εκπαιδευτικό αποτέλεσμα μιας εφαρμογής πολυμέσων συνδέεται άμεσα με τον σχεδιασμό της, όσον αφορά τόσο στο περιεχόμενο και τη δομή του, όσο και τις ανάγκες των χρηστών.

Μια βασική σχεδιαστική αρχή που αναφέρεται στην αναπαράσταση σύνθετων γνωστικών αντικειμένων -όπως η ΔΜΘ- με τη χρήση υπερμεσικών εφαρμογών, αφορά στην κατ' αρχήν κατάταξη του περιεχομένου σε αυτοτελείς νοηματικές ενότητες και η σύνδεσή τους στη συνέχεια με συνδέσμους [11].

Ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος διεπαφής (Interface), όσον αφορά το WWW υπόκειται στους περιορισμούς της παρουσίασης της πληροφορίας μέσα από το παράθυρο του φυλλομετρητή. Η υιοθέτηση κάποιας χωρικής μεταφοράς μπορεί να εξυπηρετήσει τη διαδικασία σχεδιασμού, αρκεί να συνδέεται με ήδη γνωστές για το χρήστη έννοιες και καταστάσεις [12].

Η ορθολογική επιλογή των μέσων αναπαράστασης της πληροφορίας, σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες του παρουσιαζόμενου υλικού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στο σχεδιασμό εφαρμογών για το WWW. Οι γραφικές αναπαραστάσεις ωστόσο, είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην αναπαράσταση πολύπλοκων εννοιών ή/και αφηρημένων εννοιών, των οποίων μας ενδιαφέρει η άμεση αντίληψη[13].

Η εφαρμογή για την ενίσχυση της διδασκαλίας του μαθήματος της ΔΜΘ κάνει χρήση της μεταφοράς του βιβλίου σημειώσεων του μαθητή, σε μια προσπάθεια να υποστηριχθεί η ολιστική παρουσίαση του περιεχομένου μέσω μιας οικείας προς το χρήστη εικόνας. Η ΔΜΘ αποτελεί ένα μάλλον διαθεματικό αντικείμενο καθώς εμπλέκει μια σειρά γνωστικά πεδία όπως Φυσική, Φυσιολογία Φυτών, Μηχανολογία κτλ. Για να αντιμετωπιστεί η συγκεκριμένη ιδιαιτερότητα το υλικό δομήθηκε σε ανεξάρτητες ενότητες (δικτυακές σελίδες), οι ενότητες συνδέονται ιεραρχικά μέσω ενός πίνακα περιεχομένων, αλλά και μέσω κατωτέρου επιπέδου πινάκων περιεχομένων που αναφέρονται στην κάθε ενότητα.

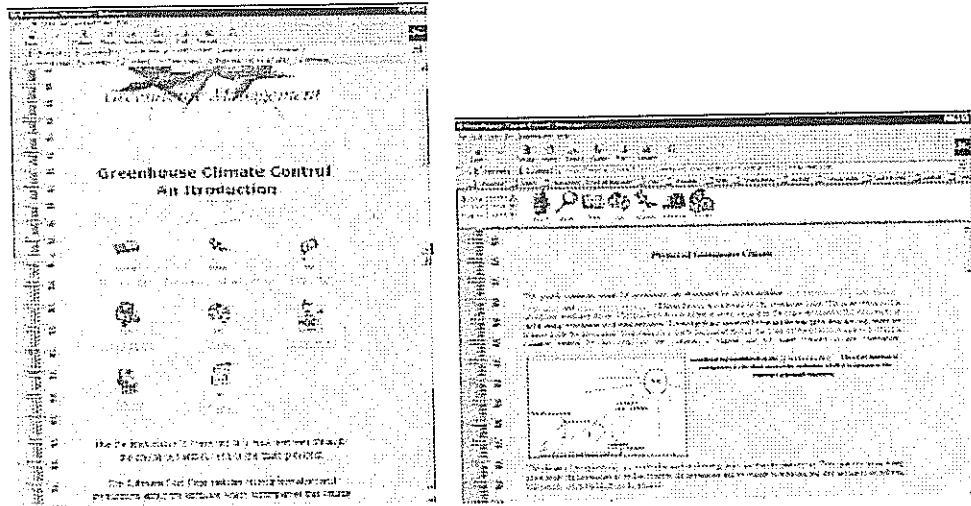
Σε εννοιολογικό επίπεδο, οι διάφορες ενότητες συνδέθηκαν μεταξύ τους σύμφωνα με το πρότυπο δικτύου μέσω λέξεων ή γραφημάτων κλειδιών που περιλαμβάνονται στο υλικό. Για την εννοιολογική διασύνδεση χρησιμοποιήθηκε η εμπειρία της διδακτικής ομάδας του μαθήματος σε σχέση με την κατανόηση των εννοιών από τους φοιτητές. Επιπλέον το παρουσιαζόμενο υλικό έχει συμπληρωθεί με δυναμικές βιβλιογραφικές αναφορές στο χώρο του Διαδικτύου, οι οποίες στοχεύουν στο να διαδραματίσουν το ρόλο του μίτου της Αριάδνης για την αναζήτηση πληροφοριακού υλικού από τους φοιτητές. Επιπρόσθετα υπάρχει στη διάθεση των φοιτητών λεξικό ορολογίας δυναμικά διασυνδεδεμένου με το περιεχόμενο των εννοιών.

Στην εφαρμογή έχουν ολοκληρωθεί μια σειρά από εργαλεία, τα οποία είναι προσβάσιμα μέσω ειδικών σελίδων εργαλείων, που με τη σειρά τους είναι προσβάσιμες από κάθε ενότητα της εφαρμογής. Συγκεκριμένα, διατίθεται ένα εργαλείο σελιδοποίησης και εκτύπωσης διαφόρων τμημάτων της εφαρμογής, μια μηχανή αναζήτησης πληροφοριών, σημειωματάριο φοιτητή, ημερολόγιο δραστηριοτήτων, καθώς και πίνακας σελιδοδεικτών για την τήρηση προσωπικού αρχείου.

Η εφαρμογή δίνει μια σειρά από δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ των φοιτητών που συμμετέχουν στο μάθημα, καθώς και μεταξύ φοιτητών και διδασκόντων. Η επικοινωνία γίνεται σε σύγχρονη και ασύγχρονη βάση. Η ασύγχρονη επικοινωνία γίνεται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και μέσω ομάδων συζητήσεων. Ενώ η σύγχρονη επικοινωνία γίνεται με τη χρήση «δωματίων» συζήτησης (chat – rooms). Κάθε φοιτητής με την εγγραφή του στο μάθημα αποκτά ένα μοναδικό κωδικό πρόσβασης και ένα λογαριασμό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που αναφέρεται αποκλειστικά στο μάθημα. Με τη χρήση του συγκεκριμένου κωδικού είναι δυνατή η πρόσβαση στον δικτυακό τόπο μαθήματος από οποιοδήποτε υπολογιστή διαθέτει σύνδεση με το Διαδίκτυο. Επιπλέον, είναι δυνατή η δημιουργία καινούργιων ομάδων συζητήσεων από τις ομάδες φοιτητών που αναλαμβάνουν κοινές εργασίες. Οι παραπάνω ομάδες είναι εφοδιασμένες με εργαλεία και «χώρο» για τη δημοσίευση της δουλειάς τους. Τέλος, στην κάθε ενότητα περιλαμβάνονται μια σειρά από ασκήσεις αυτοαξιολόγησης στις οποίες συμμετέχει ο φοιτητής προκειμένου να διαπιστώσει τις γνώσεις του για το συγκεκριμένη ενότητα.

Ο διδάσκοντας έχει στη διάθεσή του μια σειρά από εργαλεία τα οποία «ιχνηλατούν» την κίνηση των φοιτητών στο υλικό και δίνουν στατιστικά στοιχεία και αναφορές τόσο για την πρόοδό τους, όσο και για την κίνηση και την «αναγνωσιμότητα» του υλικού. Η εφαρμογή έχει αναπτυχθεί με τη βοήθεια του εργαλείου Web Courses

Tools (WebCT) [14], το οποίο παρέχει ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον ανάπτυξης εκπαιδευτικών εφαρμογών στο χώρο του WWW.



Σχήμα 1 Αρχική Οθόνη και Οθόνη ενότητας από την εφαρμογή στο WWW

3.2 Προσομοίωση Ενεργειακών Απωλειών Θερμοκηπίου (ΠΕΑΘ)

Οι Smith και Pollard ορίζουν τις εφαρμογές προσομοίωσης ως λογισμικά τα οποία αξιοποιούν ένα μαθηματικό ή λογικό μοντέλο ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας. Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλλει κάποιες από τις παραμέτρους του συστήματος και να δει τα αποτελέσματα που επιφέρουν οι συγκεκριμένες αλλαγές στις υπόλοιπες παραμέτρους [15]. Κέντρο συνεπώς κάθε εφαρμογής προσομοίωσης είναι το μοντέλο το οποίο περιγράφει το σύστημα το οποίο πρόκειται να προσομοιωθεί. Η ΠΕΑΘ κάνει χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου του ενεργειακού ισοζυγίου του θερμοκηπίου, που προτάθηκε από τον Κίττα μέσω του οποίου υπολογίζονται οι ενεργειακές απώλειες του θερμοκηπίου. Το μοντέλο κάνει χρήση των τοπικών παραγόντων μικροκλίματος για να υπολογίσει τις ανάγκες σε θέρμανση, παρουσιάζοντας με τον τρόπο αυτό ένα ενεργειακό χάρτη της Ελλάδας για διάφορων ειδών θερμοκηπιακές καλλιέργειες [16].

Η παρουσίαση αφηρημένων εννοιών με αριθμητικές μεθόδους αποτελεί κοινή πρακτική στο χώρο της τεχνικής εκπαίδευσης. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια των πανεπιστημιακών διαλέξεων, χωρίς σε πολλές περιπτώσεις να δίνεται στους φοιτητές η δυνατότητα της αξιολόγησης της αξιοπιστίας των συγκεκριμένων μεθόδων, καθώς η εφαρμογή τους σε πραγματικές συνθήκες είναι συνήθως χρονοβόρα και δαπανηρή. Οι προσομοιώσεις φαίνεται να έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν ως ένα βαθμό το συγκεκριμένο κενό.

Η ΠΕΑΘ αναπτύχθηκε με τη χρήση του Borland C++ Builder 3, η συγκεκριμένη έκδοση υποστηρίζει την εύκολη ανάπτυξη γραφικού περιβάλλοντος διεπαφής (GUI). Το μοντέλο προσομοίωσης δεν είναι ορατό στον χρήστη. Η σχεδιαστική ιδέα γύρω από την οποία αναπτύχθηκε η προσομοίωση είναι να δοθεί στο χρήστη μια ποσοτική εκτίμηση των ενεργειακών απωλειών θερμοκηπίου και κατά συνέπεια οι ανάγκες σε θέρμανση για διάφορες καλλιέργειες (ενεργειακές απαιτήσεις) κάτω από κλιματικές

συνθήκες που επικρατούν σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Οι φοιτητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα προκειμένου να προτείνουν ένα ποιοτικό μοντέλο των ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου, ώστε να είναι σε θέση να προτείνουν βέλτιστες τεκμηριωμένες λύσεις στους παραγωγούς.

Το εισαγωγικό παράθυρο της εφαρμογής αποτελείται από ένα παράθυρο με δύο σειρές πλήκτρων επιλογής (radio buttons), ένα πεδίο εισαγωγής, ένα αναδιπλούμενο μενού και ένα πλήκτρο εκκίνησης. Ο χρήστης καλείται να εισάγει τις παραμέτρους που του ζητούνται. Συγκεκριμένα επιλέγει περιοχή και καλλιέργεια «τσεκάροντας» το αντίστοιχα πλήκτρα επιλογής, διαλέγει τον μήνα του έτους από το αναδιπλούμενο μενού και τέλος εισάγει τις διαστάσεις του θερμοκηπίου. Με την εκκίνηση εμφανίζεται ένα δεύτερο παράθυρο το οποίο παρουσιάζει στο άνω αριστερό μέρος τις ανάγκες σε θέρμανση της συγκεκριμένης καλλιέργειας για την συγκεκριμένη περιοχή, την καθορισμένη χρονική περίοδο για τις διαστάσεις θερμοκηπίου που έχουν ζητηθεί. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι ποσότητες καυσίμων που πρέπει να καταναλωθούν για να αποδώσουν τη συγκεκριμένη ενέργεια για τέσσερα διαφορετικά καύσιμα (πετρέλαιο, μαζούτ, φυσικό αέριο και ελαοπυρήνα). Αν ο φοιτητής προχωρήσει σε επόμενη μέτρηση, η οποία διαφέρει από την προηγούμενη κατά μια μόνο παράμετρο, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στην ίδια περιοχή του παραθύρου, ενώ στην άνω δεξιά περιοχή εμφανίζονται τα αποτελέσματα της προηγούμενης μέτρησης. Στο κάτω τμήμα του παραθύρου εμφανίζεται να ποσοτική εκτίμηση της διαφοράς (%), που επέφερε η μεταβολή της συγκεκριμένης παραμέτρου στην απαιτούμενη ενέργεια. Η εφαρμογή υποστηρίζει μηνύματα λάθους, καθώς και παρουσίαση μηνυμάτων που αφορούν τις μη ανάγκες σε θέρμανση για συγκεκριμένες σειρές παραμέτρων.

Η εφαρμογή δεν υποστηρίζει σε αυτή την έκδοση τη δημιουργία γραφικών αναπαραστάσεων. Ζητείται όμως από τους φοιτητές να εισάγουν τα αποτελέσματα που θα πάρουν για συγκεκριμένους παραμέτρους σε μια εφαρμογή λογιστικού φύλλου ώστε να παράγουν πίνακες και γραφικές παραστάσεις. Τα λογιστικά φύλλα που θα παραχθούν μαζί με την τεκμηρίωση που τα συνοδεύει, δημοσιεύονται στο χώρο δημοσίευσης των εργασιών των φοιτητών στο WWW.

The screenshot shows a software application window titled "Results". It is divided into three main sections: input parameters, results, and a note.

Input Parameters:

- Greenhouse location:** North Greece (selected), Central Greece, South Greece, Date.
- Cultivation:** Tomato, Cucumber (selected), Aloe.
- Greenhouse Dimensions:** Length of long side (Between 40m and 100m): 40; Length of short side (Between 20m and 60m): 30.
- Enter the month of the year:** January (selected).
- Buttons: Calculate, Exit.

Results:

To cover the heating demands of a Cucumber greenhouse cultivation during January at the North part of Greece, the following amount of energy is necessary:
HEATING DEMANDS = 102000.00 MJ

The demanded energy can be assured by the consumption of the following amounts of fuel types:

- 12440.19 Kg of saw dust
- 4272.30 Kg of oil
- 3931.37 Kg of propane
- 4925.98 Kg of natural gas
- 4443.36 Kg of heavy oil

Note:

The demanding energy as far as it concerns a Tomato cultivation for the North part of Greece during January is:
HEATING DEMANDS = 112160.00 MJ

The fuel consumption for the different types of fuel is:

- 7665.44 Kg of saw dust
- 2632.66 Kg of oil
- 2432.06 Kg of propane
- 3025.45 Kg of natural gas
- 2730.20 Kg of heavy oil

Message:

The Cucumber is more demanding cultivation than the Tomato in terms of night temperature levels.

Note that an increase of 5 degrees to the desired night temperature cause an increase of 52.27% in heating demands and therefore to the fuel consumption.

Σχήμα 2 Οθόνη της εφαρμογής ΠΕΑΘ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εκπαιδευτική εφαρμογή που σχεδιάστηκε αποτελεί ένα πρωτότυπο λογισμικού σκοπός του οποίου είναι ο καθορισμός και η τεκμηρίωση του σχεδιαστικού πλαισίου, πάνω στο οποίο στηρίχθηκε η ανάπτυξη της εφαρμογής. Το πρωτότυπο αναπτύχθηκε στην Αγγλική γλώσσα και παρουσιάστηκε στο Computer Based Learning Unit του Πανεπιστήμιου του Leeds ως τμήμα πτυχιακής διατριβής για την απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών. Το λογισμικό αποτελεί ένα συνδυασμό ενός εκπαιδευτικού προγράμματος υλοποιημένου στον παγκόσμιο Ιστό στο γνωστικό αντικείμενο της ΔΜΘ, με μια εφαρμογή προσομοίωσης για την ποσοτική αναπαράσταση των αναγκών σε θέρμανση θερμοκηπιακών καλλιέργειών στην Ελληνική επικράτεια. Οι Squires και McDougall διακρίνουν δύο σχεδιαστικές προσεγγίσεις εκπαιδευτικού λογισμικού, σε σχέση με τις θεωρίες μάθησης πάνω στις οποίες στηρίζονται οι σχεδιαστικές αρχές: Τη συμπεριφοριστική άποψη η οποία θεωρεί τους χρήστες παθητικούς δέκτες γνώσεων και που ελάχιστα λαμβάνει υπόψη το νοητικό πλαίσιο και τις ιδιαιτερότητες του κάθε χρήστη. Από την άλλη πλευρά υπάρχει η δομητική άποψη η οποία θεωρεί τους χρήστες ενεργούς μετόχους της μαθησιακής διαδικασίας, ικανούς να χαράξουν τα δικές τους μαθησιακές διαδρομές σύμφωνα με τις γνώσεις και τις ανάγκες τους [17].

Η εκπαιδευτική εφαρμογή στο WWW κάνει χρήση των υπερμεσικών δυνατοτήτων αναπαράστασης της πληροφορίας σε συνδυασμό με μια σειρά από εργαλεία και επικοινωνιακές δυνατότητες σε μια προσπάθεια υποστήριξης ενός προσωπικού και δυναμικού μοντέλου μάθησης. Παρόλα αυτά το εκπαιδευτικό υλικό που παρουσιάζεται είναι στατικό στην παρουσίασή του. Από την άποψη αυτή η συγκεκριμένη εφαρμογή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μάλλον συμπεριφοριστική. Από την άλλη πλευρά η εφαρμογή προσομοίωσης παρουσιάζει στο χρήστη μια σειρά από δεδομένα και, ώστε να είναι σε θέση να οικοδομήσει ένα ποιοτικό μοντέλο των εννοιών που παρουσιάζονται. Το γεγονός ότι η εφαρμογή της προσομοίωσης δεν είναι δυνατόν να εκτελείται στο περιβάλλον του Διαδικτύου σε πραγματικό χρόνο, στερεί την εφαρμογή από τη δυνατότητα να χαρακτηριστεί μια πραγματικά δομητική και μαθητοκεντρική. Ο λόγος που δεν επιλέχθηκε η γλώσσα JAVA για την ανάπτυξη της προσομοίωσης σχετίζεται κυρίως με το μέγεθος της εφαρμογής (3,5 MB), γεγονός που καθιστούσε σχεδόν απαγορευτική την λειτουργία της σε πραγματικές συνθήκες κατά το χρόνο ανάπτυξής της (1998).

Επιπλέον θα ήταν χρήσιμη η επέκταση της προσομοίωσης σε άλλους τομείς που σχετίζονται με την ΔΜΘ (αερισμός, δροσισμός, υλικά κάλυψης, διαπνοή) και η δυναμική σύνδεση των παραπάνω παραγόντων, ώστε ο χρήστης να έχει στη διάθεσή του μια δυναμική ολοκληρωμένη προσομοίωση του μικροκλίματος του θερμοκηπίου. Τέλος θα ήταν χρήσιμο ένα γραφικό περιβάλλον αναπαράστασης χειριστηρίων και του χώρου του θερμοκηπίου, καθώς και η δυνατότητα απευθείας σύνδεσης της εφαρμογής με λογιστικά φύλλα ή στατιστικά πακέτα, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία και η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Επιθυμία της ομάδας ανάπτυξης είναι να δημιουργηθεί ένας ενεργός χάρτης της Ελλάδας, όπου θα μπορεί να επιλεγεί η περιοχή στην οποία θα λειτουργήσει η προσομοίωση. Η βάση μετεωρολογικών δεδομένων μπορεί να ανεφοδιάζεται δυναμικά από τους ανά την Ελλάδα σταθμούς του Υπουργείου Γεωργίας.

Η δυνατότητες που θα μπορούσε να προσφέρει μια τέτοια εφαρμογή σε συνδυασμό με δομημένο, σε εκπαιδευτικές εφαρμογές στο WWW, υλικό είναι τεράστιες, καθώς θα μπορούσε να υποστηρίξει τόσο την ενίσχυση πανεπιστημιακών

μαθημάτων, όσο και προγράμματα διαρκούς εκπαίδευσης και κατάρτισης Γεωπόνων και Γεωργικών Μηχανικών. Σαν έμμεσο αποτέλεσμα αναμένεται η εξοικείωση των φοιτητών με τη χρήση του υπολογιστή σαν εργαλείου μάθησης και αναζήτησης πληροφοριών, καθώς και η ανάπτυξη ικανοτήτων τόσο αξιολόγησης και αξιοποίησης των πληροφοριών, όσο και συνεργατικής δράσης. Οι παραπάνω ικανότητες και δεξιότητες αναφέρονται στις βασικές απαιτήσεις της κοινωνίας της πληροφορίας στην οποία θα κληθούν να δραστηριοποιηθούν οι φοιτητές.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Jong, T. de, Hong, R. de, Vries, F de 1993. Coping with complex environments: the effects of providing overviews and a transparent interface on learning with a computer simulation. *Int. J. Man - Machine Studies*. 39, 621 - 639
2. Van Joolingen. W. R. 1995. QMaPS: Qualitative Reasoning for Simulation Learning Environments. *Jl. Of Artificial Intelligence in Education*. 6(1), 67 - 89
3. Yaverbaum, G. and Liebowitz, J. 1998. Gofigure Inc: A Hypermedia Web-based Case. *Computers & Education*. 30, n.(3/4), 147-156.
4. Bothun, G., Kevan, S. Micklavzina, S and Mason, D. 1996. Networked Physics Curriculum: From Static Web to Dynamic Java. *International Journal of Modern Physics C*. 8 (1), 79-95.
5. Reed, J. and Afjeh, A. 1998. Developing interactive educational software for the World Wide Web with Java. *Computers & Education*. 30(3/4), 183-194.
6. Goldberg, M., Salari, S. and Swoboda, P. 1996. World Wide Web - Course Tool: An Environment for Building WWW - Based Courses. <http://homebrew1.cs.ubc.ca/webct/papers/p29/index.htm>
7. Shneiderman, B. 1997. Designing information-abundant web sites: issues and recommendations. *International Journal of Human - Computer Studies*. 47(1), 5-29.
8. Forrester, M. 1995. Indications of Learning Processes in a Hypertext Environment. *Innovations in Education and Training International*. 32(3), 256-268.
9. Laurillard, D. 1994. *Rethinking University Teaching*. A framework for the effective use of educational technology. London and New York: Routledge
10. Conklin, J. 1987. *Hyperext: An Introduction and Survey*. IEEE Computers Vol. 20 n.9.
11. Verbyla, J., Ashman, H. 1994. A user-configurable hypermedia-based interface via the functional model of link. *Hypermedia*.6, 3, 193-209.
12. Somers, P., Rudman, C. and Stevens, C. 1997. Designing Web Interfaces for Realtime Collaboration. *Proceedings of the 3rd Conference on human factors on the Web Denver Colorado*. <http://www.uswect.com/web-conference/proceedings/>
13. Pilkington, R. and Grierson, A. 1996. Generating explanations in a simulation - based learning environment. *Int. J. Human - Computer Studies*. 45, 527-551.
14. <http://www.webct.com>
15. Smith, P. and Pollard, D. 1986. The role of Computer Simulations in Engineering Education. *Computer and Education*. 10(3), 335-340.
16. Kittas, C. 1987. Energy behaviour and location of greenhouses in Greece. *International Journal of Energy Systems*. 7 (2),64-71.
17. Squires, D. and McDougall, A. 1994. *Choosing and Using Educational Software: A Teachers' Guide*. The Falmer Press. London.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

**Δ. Μητρόπουλος *, Γ. Κοζής *, Ε. Μανωλοπούλου ** και Γρ.
Λαμπρινός ***

* Γ.Π.Α. - Τμήμα Α.Φ.Π.&Γ.Μ., Ιερά Οδός 75 - 11855, Αθήνα

** ΤΕΙ Καλαμάτας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, 24 100, Αντικάλαμος, Καλαμάτα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια νέα μέθοδος μέτρησης της αναπνοής των καρπών με κύρια πλεονεκτήματα την ευκολία χειρισμού, την ταχύτητα και αξιοπιστία μέτρησης, το μικρό κόστος του εξοπλισμού και κυρίως τη δυνατότητα εκτίμησης της αναπνοής στον αγρό. Οι καρποί τοποθετούνται μέσα σε αναπνευστικό θάλαμο ο δε αέρας ανακυκλώνεται μεταξύ αναπνευστικού θαλάμου και του μετρητή CO₂. Η αυξανόμενη συγκέντρωση του CO₂, μπορεί να αναγνωσθεί στην οθόνη ή να καταγραφεί και να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία. Η μέθοδος είναι εξαιρετικά αξιόπιστη σε σχέση με την κλασσική μέθοδο του αέριου χρωματογράφου.

HARVEST TIME ESTIMATION USING RESPIRATION MEASUREMENT AT FIELD

D. Mitropoulos*, G. Kozis*, H. Manolopoulou, G. Lambrinos***

* Agronomic University of Athens, Dept. of Agricultural Engineering
75, Iera Odos street – 11855 Greece

** TEI of Kalamata, Dept. of Crop production
24100 Antikalamos, Kalamata, Greece

ABSTRACT

In this paper a new method, for respiration measurement, is presented. The proposed method has many advantages such as low cost, easy use, small size and mainly the convenience to measure fruit respiration at the field. Fruits are placed in a respiration chamber and the air is recycled between the chamber and the analyzer. The increased CO₂ concentration, because of the respiration, is recorded, in order to be analyzed. Comparisons between this method for respiration measurement and the classic one (using Gas Chromatography) show that the new one is very reliable and efficient.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κατάλληλο στάδιο συλλογής για τους διάφορους καρπούς μπορεί να ποικίλει. Έτσι για παράδειγμα οι τομάτες, οι κόκκινες πιπεριές, τα καρπούζια και τα πεπόνια συλλέγονται πολύ κοντά στην εμπορική ωριμότητα, ενώ τα μήλα, τα αχλάδια, τα ακτινίδια και άλλα φρούτα συλλέγονται αμέσως μετά το στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας, επιδιώκοντας η πλήρης (εμπορική) ωρίμανσή τους να συμπληρωθεί κατά την συντήρησή.

Τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια συλλογής μπορούν να διακριθούν σε:

α) Κριτήρια εξωτερικής μορφολογίας (μέγεθος, σχήμα, χρώμα επιδερμίδας κλπ).

β) Μηχανικές ιδιότητες των ιστών (ευκολία αποκοπής, αντίσταση της σάρκας στην πίεση, αντίσταση στη παραμόρφωση κλπ).

γ) Φυτικοχημικοί χαρακτήρες των ιστών και του χυμού (περιεκτικότητα σε άμυλο, συνολικά οξέα, λόγος σάκχαρα / οξέα, χρώμα σάρκας, χρώμα σπόρων, σχέση σάρκας και φλοιού, δείκτης διάθλασης του χυμού κλπ).

δ) Φυσιολογικοί χαρακτήρες του φρούτου (καρπική περίοδος, αναπνευστική δραστηριότητα, ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου κλπ) [3] [6] [7].

Μέχρι σήμερα τα φυσιολογικά κριτήρια (πλην της καρπικής περιόδου) δεν έχουν στην πράξη σημασία για τον παραγωγό, εφαρμοζόμενα μόνο σε εργαστήρια λόγω του απαιτούμενου ειδικού, πολυδάπανου και δύσκολα μεταφερόμενου εξοπλισμού. Ωστόσο το κριτήριο "Αναπνευστική δραστηριότητα" είναι σημαντικό διότι η πορεία της αναπνευστικής δραστηριότητας ενός καρπού μπορεί να αντικατοπτρίζει την εξέλιξη της ωρίμανσής του.

Ως κύρια κριτήρια εκτίμησης και μελέτης της αναπνευστικής δραστηριότητας, χρησιμοποιούνται τις τελευταίες δεκαετίες ο ρυθμός πρόσληψης οξυγόνου, ο ρυθμός παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα ή (σπανιότερα) ο ρυθμός έκλυσης θερμικής ενέργειας. Εδώ και δεκαετίες, η κλαστικότερες και ακριβέστερες μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού πρόσληψης O_2 ή παραγωγής CO_2 είναι αυτές που χρησιμοποιούν οξυγονογράφο ή αέριο χρωματογράφο [1] [2] [4] [5].

Τα κύρια μειονεκτήματα των προηγούμενων μεθόδων είναι:

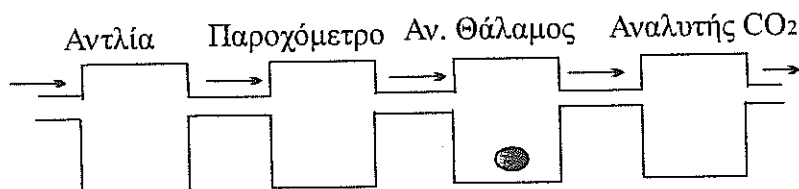
1) Ο εξοπλισμός είναι ακριβός και βαρύς και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις στον αγρό.

2) Όταν κλείνουμε τον καρπό για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. 1 h) μέσα στον αναπνευστικό θάλαμο (όπως πχ στην περίπτωση της αέριας χρωματογραφίας), πιθανόν να έχουμε λόγω της συσσώρευσης CO_2 επίδραση (μείωση) στην αναπνοή, πράγμα που σημαίνει ότι η μέτρηση πιθανώς να μην ανταποκρίνεται απόλυτα στην πραγματική, υποεκτιμώντας την αναπνοή του καρπού.

Με στόχο τον περιορισμό των παραπάνω μειονεκτημάτων επιχειρήθηκε πριν τρία χρόνια να χρησιμοποιηθεί μια νέα μέθοδος εκτίμησης της αναπνευστικής δραστηριότητας (Κοζής, 1998) με κύρια χαρακτηριστικά α) την χρήση φορητού εξοπλισμού χαμηλού κόστους β) την εφαρμογή απλών διαδικασιών μέτρησης και γ) τον άμεσο και γρήγορο προσδιορισμό της αναπνευστικής δραστηριότητας του καρπού.

Βασικό όργανο αυτής της πειραματικής εγκατάστασης (σχήμα 1) ήταν ένας μικρού βάρους (φορητός) IR μετρητής διοξειδίου του άνθρακα με κλίμακα 0-9900 ppm, διακριτική ικανότητα ίση με 50 ppm και ακρίβεια της τάξης $\pm 2\%$ της πλήρους κλίμακας. Η διάταξη και η μέθοδος αυτή παρόλο ότι εκπληρούσε τους βασικούς στόχους, προσέκρουσε σε θέματα ακριβείας και πιστότητας των αποτελεσμάτων και αυτό διότι το μέγεθος της αναπνευστικής δραστηριότητας και η αβεβαιότητα των

σφαλμάτων μετρήσεων της διάταξης ήταν της ίδιας τάξης. Γιαυτό και επιχειρήθηκε αναδιάταξη της συσκευής και πλήρη αλλαγή της μεθόδου μέτρησης της αναπνευστικής δραστηριότητας των καρπών.

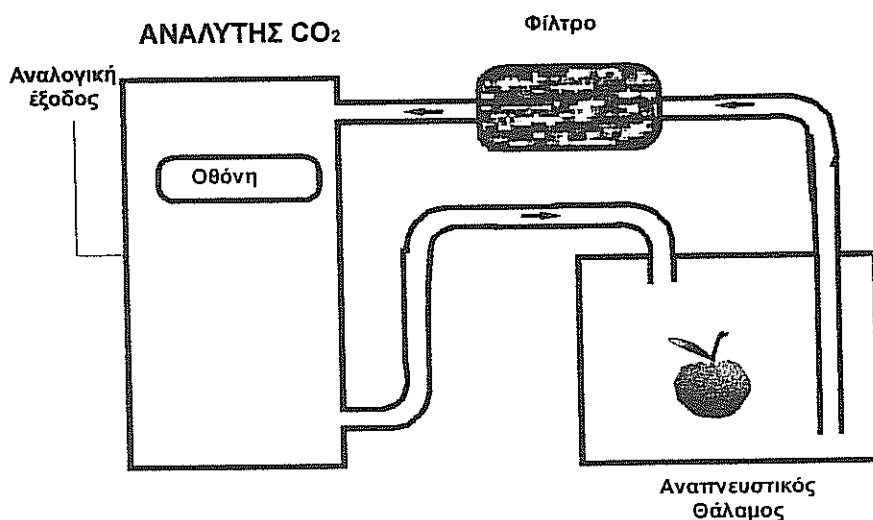


Σχήμα 1. Διάταξη RIKOPEN μέτρησης της αναπνοής με συνεχή ροή αέρα

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Περιγραφή διάταξης

Η διάταξη που μελετήθηκε στηρίζεται, όπως και η παλαιότερη (Κοζής, 1998) σε ένα φορητό IR μετρητή διοξειδίου του άνθρακα. Ο μετρητής CO₂ είναι συνδεδεμένος σε σειρά με αναπνευστικό θάλαμο έτσι ώστε μαζί με τις σωληνώσεις να αποτελούν ένα κλειστό κύκλωμα (σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διάταξη RIKCLOS μέτρησης αναπνοής με ανακύκλωση του αέρα.

Ο μετρητής διοξειδίου του άνθρακα που χρησιμοποιούμε είναι προϊόν της εταιρείας Riken Keiki, είναι φορητός, μικρών διαστάσεων (230mm χ 190mm χ 113mm) και βάρους (2,4 Kg). Η λειτουργία του στηρίζεται σε ένα IR (απορρόφηση στο υπέρυθρο) ανιχνευτή και η κλίμακα μέτρησης του είναι από 0 έως 5000 ppm. Η διακριτική ικανότητα του οργάνου είναι 25 ppm ενώ η ακρίβεια του $\pm 2\%$ της πλήρους κλίμακας. Το αποτέλεσμα της μέτρησης εμφανίζεται με ψηφιακή μορφή, το όργανο όμως διαθέτει και αναλογική έξοδο συνεχούς τάσης, οπότε το αποτέλεσμα της μέτρησης μπορεί να εκφράζεται γραμμικά σε κλίμακα 0 - 100 mV.

Το αέριο που πρόκειται να μετρηθεί οδηγείται στον αναλυτή με την βοήθεια ενσωματωμένης αντλίας.

Ο αναπνευστικός θάλαμος μπορεί να είναι πλαστικό ή γυάλινο δοχείο κατάλληλων διαστάσεων, που εξαρτώνται από το μέγεθος και τον αριθμό των καρπών των οποίων η αναπνοή πρόκειται να μετρηθεί, χωρίς να αποκλείεται να είναι και ολόκληρος θάλαμος, αρκεί να είναι στεγανός.

Για τον υπολογισμό του όγκου του κλειστού κυκλώματος γίνεται ακριβής μέτρηση και υπολογισμός των σωληνώσεων και του αναπνευστικού θαλάμου.

Διαδικασία μέτρησης και υπολογισμός αναπνοής

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία μέτρησης το όργανο βαθμονομημένο τίθεται σε λειτουργία για λίγο χρόνο (1-2 min) για να προθερμανθεί. Στην συνέχεια τοποθετούμε μέσα στον αναπνευστικό θάλαμο τους καρπούς, των οποίων η αναπνοή πρόκειται να μετρηθεί και σφραγίζουμε το θάλαμο. Η συγκέντρωση του CO₂ μέσα στον αναπνευστικό θάλαμο αυξάνει λόγω της αναπνοής και καθώς ο αέρας ανακυκλώνεται, ο μετρητής μετράει αυξανόμενες συγκεντρώσεις. Ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης είναι ανάλογος του ρυθμού αναπνοής των καρπών.

Η διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με την ακρίβεια και την ευκολία που επιδιώκουμε. Χρόνος 15-20 sec είναι αρκετός για την εξισορρόπηση του συστήματος. Μετά το σφράγισμα του αναπνευστικού θαλάμου καταγράφουμε την αρχική ένδειξη της οθόνης και μετά από χρονικό διάστημα Δt (π.χ. 15 min) καταγράφουμε την τελική ένδειξη. Ο ρυθμός αναπνοής των καρπών δίνεται από την σχέση:

$$q_R = \frac{\Delta C}{\Delta t} \times \frac{V}{m} \times 10^{-4} \quad (1)$$

Όπου: q_R: ρυθμός αναπνοής σε ml CO₂/h/100 g καρπού.

ΔC=C_f-C_i: Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂.

V=V_f-V_i: Όγκος αέρα κυκλώματος σε ml.

C: Συγκέντρωση CO₂ σε ppm.

t: Χρόνος σε h.

m: Μάζα του καρπού σε g.

i: Αρχική κατάσταση.

f: τελική κατάσταση.

c: κύκλωμα διάταξης.

fr: καρπός.

Το ολικό σφάλμα στην εκτίμηση της αναπνοής εξαρτάται περισσότερο από το σφάλμα μέτρησης του CO₂ και λιγότερο από τα σφάλματα υπολογισμού του όγκου και του χρόνου, χωρίς να παραγνωρίζεται φυσικά και η αναπνευστική δραστηριότητα του φυτικού οργάνου. Η εκτίμηση της αναπνοής με την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, έχει αβεβαιότητα από 3.9% έως 6.3%, είναι πολύ απλή, δεν χρειάζεται επιτήρηση, ενώ οι υπολογισμοί είναι απλούστατοι.

Σε αυτή την περίπτωση το ολικό σφάλμα στην εκτίμηση της αναπνοής περιορίζεται εξαιτίας της εισαγωγής στατιστικής, στον υπολογισμό της κλίσης κ.

Για τον περιορισμό του ολικού σφάλματος στην εκτίμηση του ρυθμού αναπνοής και για την μελέτη της μεταβολής της αναπνοής με το χρόνο, θα πρέπει να καταφύγουμε στην συστηματική καταγραφή μέσω της αναλογικής εξόδου του οργάνου. Η διαδικασία τοποθέτησης των καρπών είναι όπως παραπάνω. Το αναλογικό σήμα καταγράφεται από

ηλεκτρονικό καταγραφικό. Η πυκνότητα καταγραφής μπορεί να ρυθμίζεται ανάλογα με τις δυνατότητες του χρησιμοποιούμενου καταγραφικού και την δραστηριότητα του μετρούμενου φυτικού οργάνου. Η κλίση της ευθείας $C=f(t)$ υπολογίζεται με την μέθοδο της ευθείας των ελαχίστων τετραγώνων και ο συντελεστής συσχέτισης R αποτελεί το κριτήριο για την εκτίμηση της αξιοπιστίας του υπολογισμού μας. Ο ρυθμός αναπνοής τελικά υπολογίζεται με την βοήθεια της σχέσης:

$$a = \kappa \times \frac{V}{m} \times 10^{-4} \quad (2)$$

Όπου: κ η κλίση της ευθείας $C=f(t)$ σε ppm/h.

Σε αυτή την περίπτωση το ολικό σφάλμα στην εκτίμηση της αναπνοής περιορίζεται εξαιτίας της εισαγωγής στατιστικής, στον υπολογισμό της κλίσης κ .

Η διαδικασία είναι εύκολη αφού δεν απαιτείται συνεχής επιτήρηση, η αξιοπιστία αυξάνει γιατί αυξάνει κατά πολύ λόγω του αριθμού των μετρήσεων, χρειάζεται όμως κάποιο κατάλληλο φορητό σύστημα καταγραφικής και υπολογισμού.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μετά την αποπεράτωση της διάταξης, ακολούθησαν δοκιμές και παράλληλες μετρήσεις αναπνοής μήλων τόσο με την παραπάνω περιγραφείσα νέα μέθοδο όσο και με την κλασσική μέθοδο του αέριου χρωματογράφου. Η σύγκριση των δύο μεθόδων έγινε με δύο τρόπους:

A) Στην πρώτη περίπτωση έγιναν δέκα επαναληπτικές μετρήσεις της αναπνοής μήλων και με τις δύο μεθόδους, θεωρώντας ότι η αναπνοή παραμένει σταθερή στην ίδια θερμοκρασία και η φυσιολογική συμπεριφορά των μήλων πρακτικά δεν αλλάζει σε διάρκεια λίγων ωρών. Μεταβάλλοντας την μάζα των φρούτων, ώστε να μεταβληθεί ο όγκος του αέρα στο κλειστό κύκλωμα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τρεις περιοχές τιμών του ρυθμού αναπνοής. Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ρυθμό μεταβολής της συγκέντρωσης (κλίση κ) στον αναπνευστικό θάλαμο. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα 1. Η καταγραφή των τιμών του μετρητή CO_2 έγινε τόσο με ηλεκτρονικό καταγραφικό ($Rik_{\text{καταγραφικό}}$) και πυκνότητα 12 μετρήσεων ανά min, όσο και με ανάγνωση της αρχικής και τελικής ένδειξης της οθόνης ($Rik_{\text{οθόνη}}$), όπως θα μετράγαμε στον αγρό.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, τα αποτελέσματα υπολογισμού της αναπνοής με τις τρεις διαφορετικές διαδικασίες που περιγράφηκαν δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρούμε επίσης ότι οι μετρήσεις με τον χρωματογράφο παρουσιάζουν πολύ μικρή τυπική απόκλιση σε σχέση με αυτές που πραγματοποιήθηκαν με την νέα μέθοδο. Αυτό ήταν αναμενόμενο αφού ο χρωματογράφος γενικά αποτελεί όργανο μεγάλης ακριβείας.

Όσο αφορά τους δύο διαφορετικούς τρόπους ($Rik_{\text{καταγραφικό}}$ και $Rik_{\text{οθόνη}}$) καταγραφής των δεδομένων του μετρητή CO_2 , η ηλεκτρονική καταγραφή φαίνεται να δίνει λίγο καλύτερα αποτελέσματα αφού η τυπική απόκλιση σε αυτή την περίπτωση είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που προκύπτει από την καταγραφή των ενδείξεων της οθόνης. Βέβαια για μετρήσεις στον αγρό, τυπική απόκλιση της τάξης του 6% είναι αποδεκτή.

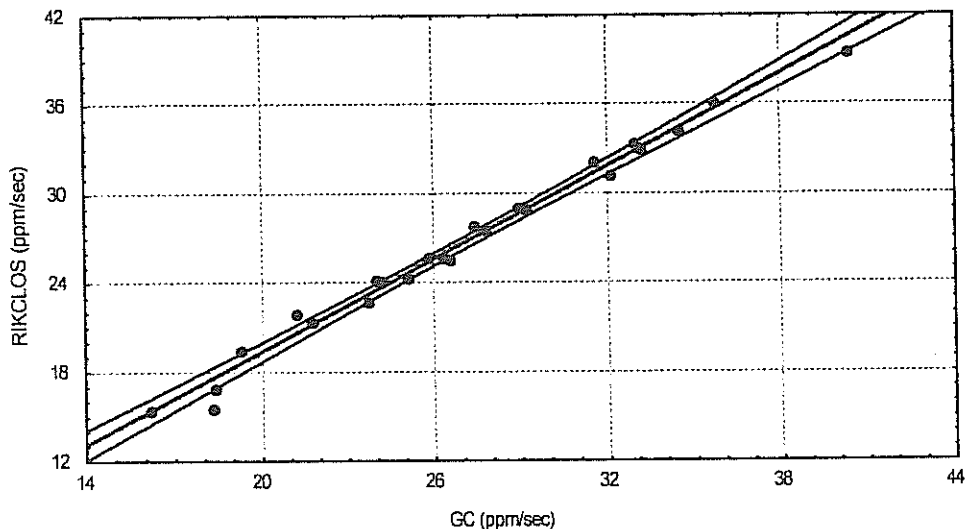
Η επαναληψιμότητα των μετρήσεων αυξάνει καθώς μεγαλώνει ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 στον αναπνευστικό θάλαμο. Αυτό συμβαίνει και για τις τρεις διαδικασίες εκτίμησης της αναπνοής και εξηγείται γιατί όσο αυξάνει ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης του CO_2 γίνεται εκμετάλλευση της υψηλής περιοχής της κλίμακας μέτρησης των οργάνων με άμεση συνέπεια την μείωση της αβεβαιότητας του σφάλματός των. Με κατάλληλη επιλογή του μεγέθους του αναπνευστικού θαλάμου, σε συνδυασμό με την μάζα του καρπού και την αναπνευστική του δραστηριότητα, η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά.

Πίνακας 1. Πειραματικά αποτελέσματα											
Πρώτη Ομάδα φρούτων				Δεύτερη Ομάδα φρούτων				Τρίτη Ομάδα φρούτων			
	Χρωματ.	$Rik_{\text{καταγρ.}}$	$Rik_{\text{οθόνη}}$		Χρωματ.	$Rik_{\text{καταγρ.}}$	$Rik_{\text{οθόνη}}$		Χρωματ.	$Rik_{\text{καταγρ.}}$	$Rik_{\text{οθόνη}}$
Επανάληψη	ppm/min	ppm/min	ppm/min	Επανάληψη	ppm/min	ppm/min	ppm/min	Επανάληψη	ppm/min	ppm/min	ppm/min
1	18.32	17.11	18.75	1	29.49	27.93	30.00	1	44.89	43.93	43.75
2	18.36	18.55	17.50	2	29.48	29.73	30.00	2	44.87	43.55	46.25
3	18.15	17.46	21.25	3	29.51	27.60	27.50	3	44.99	44.99	45.00
4	18.33	17.86	18.75	4	29.17	29.32	28.75	4	44.46	44.75	46.25
5	18.24	18.41	20.00	5	29.17	28.29	28.75	5	45.11	42.77	41.25
6	18.32	17.77	18.75	6	29.48	29.35	31.25	6	45.14	45.09	45.00
7	18.46	18.58	18.75	7	29.06	29.07	28.75	7	44.91	45.44	46.25
8	18.15	17.55	18.75	8	29.21	29.45	31.25	8	44.89	45.52	47.50
9	18.42	17.99	20.00	9	29.18	28.08	28.75	9	45.12	44.07	46.25
10	18.54	18.65	21.25	10	29.11	28.78	30.00	10	44.68	45.70	45.00
MD	18.3	18.0	19.4	MD	29.3	28.8	29.5	MD	44.9	44.6	45.3
TA	0.1	0.5	1.2	TA	0.2	0.7	1.2	TA	0.2	1.0	1.7
TA %	0.7	3.0	6.3	TA %	0.6	2.6	4.1	%	0.5	2.2	3.9

Β) Έγιναν 25 μετρήσεις αναπνευστικής δραστηριότητας μήλων με την μέθοδο του αέριου χρωματογράφου και με την νέα μέθοδο (ηλεκτρονική καταγραφή) που κάλυπταν ένα εύρος μεταβολής συγκέντρωσης του CO_2 , στον αναπνευστικό θάλαμο, από 15 έως 40 ppm/sec.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση ($R^2=0,99$) ανάμεσα στις δύο μεθόδους. Από την εξίσωση της συσχέτισης φαίνεται ότι η νέα μέθοδος δίνει λίγο μεγαλύτερες τιμές, κατά 4% περίπου, σε σχέση με τον αέριο χρωματογράφο.

$$(RIKCLOS)=-1.482+1.041*(GC)$$



Σχήμα 3. Συσχέτιση μετρήσεων με αέριο χρωματογράφο (GC) και την νέα μέθοδο (RIKCLOS). Όρια εμπιστοσύνης 99%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την προτεινόμενη μέθοδο επιτυγχάνεται ταχεία μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας ενώ η διάταξη αποτελείται από φθινό και ελαφρύ εξοπλισμό που μπορεί εύκολα να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί στον αγρό.

Η μέτρηση της αναπνοής γίνεται εντός μικρού χρονικού διαστήματος ώστε να μην επηρεάζεται η αναπνευστική δραστηριότητα του μετρούμενου φυτικού οργάνου.

Η εκτίμηση της αναπνοής με αβεβαιότητα της τάξης 4-6%, όταν χρησιμοποιείται μόνο η οπτική ένδειξη του αναλυτή, είναι λίαν καλονοποιητική για φορητό όργανο, βελτιώνεται δε στο 2-3% με αυτόματη καταγραφή. Με κατάλληλη επιλογή της περιοχής της κλίμακας μέτρησης των χρησιμοποιούμενων οργάνων η αξιοπιστία των μετρήσεων μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω.

Το γεγονός ότι η νέα διάταξη και μέθοδος ελέγχθηκε με βάση ένα καρπό, το μήλο χαμηλής αναπνευστικής δραστηριότητας, προδικάζει μεγαλύτερη αξιοπιστία μετρήσεων για φυτικά όργανα με μεγαλύτερους ρυθμούς αναπνοής.

Οι δυνατότητες και πιθανές εφαρμογές της προτεινόμενης μεθόδου διευρύνονται με την προσθήκη κατάλληλης διάταξης αυτοματισμού που κάνει πια δυνατή τη συνεχή μέτρηση και καταγραφή της αναπνοής για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dilley, D. R., Dewey D. H., Dedolph R. R. 1969. Automated system determining the respiratory gas exchange of plant materials. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 94, 138-141.
2. Forcier F., Raghavan G. S. V. and Garipey V. 1987. Electronic sensor for the determination of fruit and vegetable respiration. *Rev. Int. Froid*. 10, 353-356.
3. Kader A. A. et al. 1985. Postharvest technology of horticultural crops. University of California, 3-11 & 118-121.
4. Κοζής Γ. 1998. Απλή και ταχεία μέθοδος μέτρησης του ρυθμού αναπνοής των οπωρολαχανικών η οποία ανάγει την αναπνευστική δραστηριότητα σε ουσιαστικό κριτήριο σύλλογής. Πτυχιακή μελέτη. ΓΠΑ.
5. Langoworthy C. F. and Milner R. D. 1912. Some results obtained in studying ripening bananas with the respiration calorimeter. U. S. Dept. Agr. Yearbook. 293-308.
6. Manolopoulou H. – Lambrinou et al. Minimal processing of fruit and vegetables. *Inst. Techn. Agroalimentario (ΑΙΝΙΑ)* 28-52.
7. Σφακιωτάκης Ε. Μ. 1985. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία νοπών οπωροκηπευτικών προϊόντων. Εκδ. τυρομαν. Θεσσαλονίκη.

ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ DELICIOUS PILAFΑ ΚΑΙ GRANNY SMITH ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός
Γ.Π.Α. - Τμήμα Α.Φ.Π.&Γ.Μ., Ιερά Οδός 75 - 11855, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της αφυδάτωσης μήλων των ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny Smith τα οποία συντηρήθηκαν σε παραδοσιακή (κοινή) αποθήκη. Η μελέτη καλύπτει το τρίμηνο Οκτωβρίου Ιανουαρίου των περιόδων 1998-99 και 1999-2000. Εξετάστηκαν δυο τύποι συσκευασίας (γυμνά φρούτα και συσκευασμένα με χαρτί) και έγινε σύγκριση με φρούτα που συντηρήθηκαν στους 0 και 8 ή 10 °C. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και των συνθηκών αποθήκευσης ενώ η συνήθης συσκευασία με χαρτί δεν έδειξε κάποια ουσιώδη διαφοροποίηση.

DEHYDRATION OF DELICIOUS PILAFΑ AND GRANNY SMITH APPLES UNDER WAREHOUSE CONDITIONS

D. Mitropoulos G. Lambrinos
Agronomic University of Athens, Dept. of Agricultural Engineering
75, Iera Odos street – 11855 Greece

ABSTRACT

The aim of this study is the dehydration behaviour investigation of Delicious Pilafa and Granny Smith apples during storage in traditional warehouse. The study refers to the period between October and January of the years 1999 and 2000. Dehydration comparisons of packaged or unpackaged fruits among warehouse and cooling room at 0 °C and 8 or 10 °C were conducted. Significant differences between varieties as well as storage conditions were observed. However, traditional packaging with paper sheets had no important effect on dehydration.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμφάνιση ενός μήλου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα της επιδερμίδας και η λαμπρότητα. Για τα συντηρούμενα φρούτα η περίοδος που μεσολαβεί μεταξύ συλλογής και κατανάλωσης μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην εξωτερική εμφάνιση του μήλου. Η θερμοκρασία, η υγρασία, ο ρυθμός ανακύκλωσης του αέρα και η σύσταση των αερίων της ατμόσφαιρας του χώρου αποθήκευσης είναι οι κυριότεροι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των συντηρούμενων προϊόντων.

Γιαυτό συνήθως γίνεται προσπάθεια ελέγχου και ρύθμισης των βασικών αυτών παραγόντων του περιβάλλοντος, ώστε η μακρά συντήρηση να είναι επιτυχής [1]. Ο συστηματικός έλεγχος των συνθηκών αποθήκευσης απαιτεί εγκαταστάσεις μεγάλου κόστους καθώς και σημαντικά λειτουργικά έξοδα, που τελικά επιβαρύνουν τον παραγωγό. Εναλλακτικά, σε κάποιες ημιορεινές (σχετικά ψυχρές) περιοχές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παραδοσιακές αποθήκες για την αποθήκευση φρούτων που συλλέγονται αργά το φθινόπωρο, με στόχο την μείωση του κόστους. Όμως σ' αυτή την περίπτωση, οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας δεν μπορούν να ρυθμιστούν αλλά μόνο να τροποποιηθούν και βελτιωθούν με την χρήση ενός απλού συστήματος αερισμού μικρού κόστους. Κύρια χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που δημιουργείται είναι η έντονη διακύμανση της θερμοκρασίας και υγρασίας τόσο σε 24ωρη όσο και σε εποχιακή βάση.

Αυτές οι συνθήκες ευνοούν την αφυδάτωση των αποθηκευμένων προϊόντων, η οποία πέρα των περιβαλλοντικών συνθηκών εξαρτάται και από την ποικιλία καθώς και το στάδιο ωριμότητας των φρούτων. Η αφυδάτωση οδηγεί τα φρούτα όχι μόνο σε μαρανση αλλά και σε απώλεια της λαμπρότητας της επιδερμίδας η οποία οφείλεται στη μείωση της σπαργής των επιφανειακών κυττάρων. Όταν οι απώλειες μάζας υπερβαίνουν κάποιο ποσοστό, π.χ. το 5% [2], θεωρείται ότι η εμφάνιση και κατ' επέκταση η ποιότητα του μήλου έχει υποβαθμιστεί τόσο ώστε δύσκολα να γίνεται πλέον αποδεκτό από τον καταναλωτή.

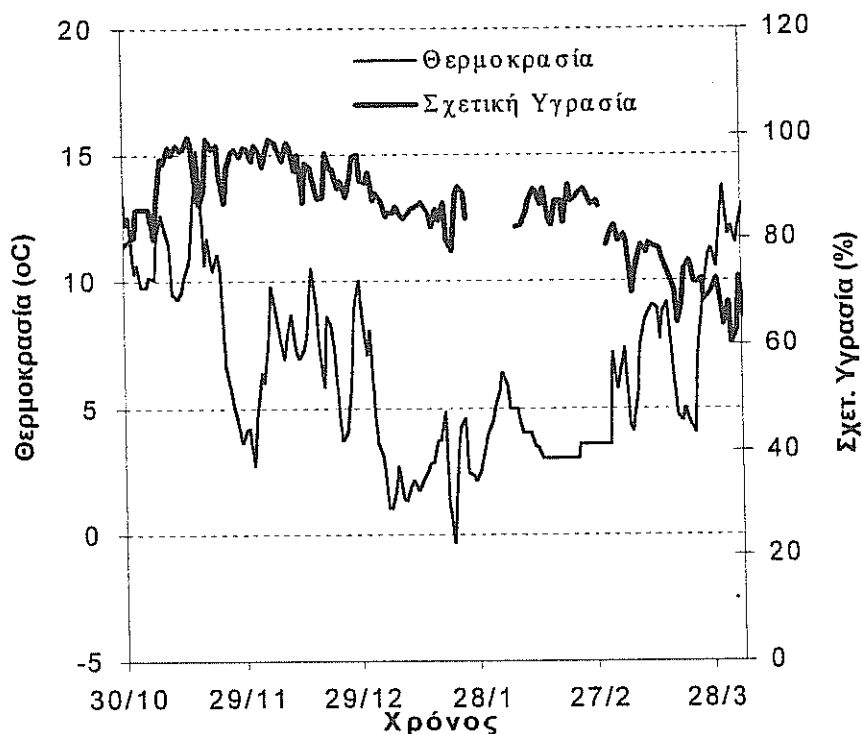
Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της αφυδάτωσης των μήλων ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny-Smith τα οποία συντηρήθηκαν κατά βάση σε παραδοσιακή (κοινή) αποθήκη αλλά και σε χώρους με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (ψυκτικούς θαλάμους) και ο εντοπισμός των παραγόντων που την επηρεάζουν.

ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη αναφέρεται σε μήλα δύο καλλιεργητικών περιόδων, που συγκομίστηκαν το Φθινόπωρο του 1998 και του 1999. Η χρονική διάρκεια κάθε περιόδου συντήρησης σε αποθήκη ήταν περίπου ένα τρίμηνο για την πρώτη χρονιά και ένα πεντάμηνο για την δεύτερη.

Χρησιμοποιήθηκε μια παραδοσιακή (κοινή) αποθήκη που βρίσκεται μέσα στον μηλεώνα στο Δ.Δ. Καμαρίου του Δήμου Τεγέας κοντά στην Τρίπολη. Το κλίμα της περιοχής είναι το τυπικό κλίμα της περιοχής Τριπόλεως δηλαδή αρκετά ψυχρό και γιαυτό υπάρχουν βάσιμες ελπίδες ότι τα μήλα μπορούν να συντηρηθούν σε αποθήκη για κάποιο λογικό διάστημα. Η αποθήκη είναι μικρών διαστάσεων (4,70m χ 3,10m χ 2,30m), παλαιάς κατασκευής, χτισμένη με τσιμεντόλιθους χωρίς εσωτερικό και εξωτερικό επίχρισμα. Πριν τοποθετηθούν τα μήλα ελήφθησαν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε ο χώρος να είναι σχετικά στεγανός και προστατευμένος από τρωκτικά.

Τοποθετήθηκε επίσης ένα απλό σύστημα εξαερισμού, με παροχή αέρα 350 m³/h, το οποίο ελεγχόταν με την βοήθεια χρονοδιακόπτη. Κατά την διάρκεια των πρωϊνών ωρών (00:00 έως 06:00) ο ανεμιστήρας ετίθετο σε λειτουργία και εισήγαγε ψυχρό αέρα στον χώρο. Φορητός ηλεκτρονικός μετρητής / καταγραφέας Hobo χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των συνθηκών, οι οποίες κυμάνθηκαν μεταξύ 0 και 15 °C η θερμοκρασία και μεταξύ 70% και 99% η σχετική υγρασία (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Μεταβολή θερμοκρασίας και υγρασίας στην αποθήκη (2^{ος} χρόνος)

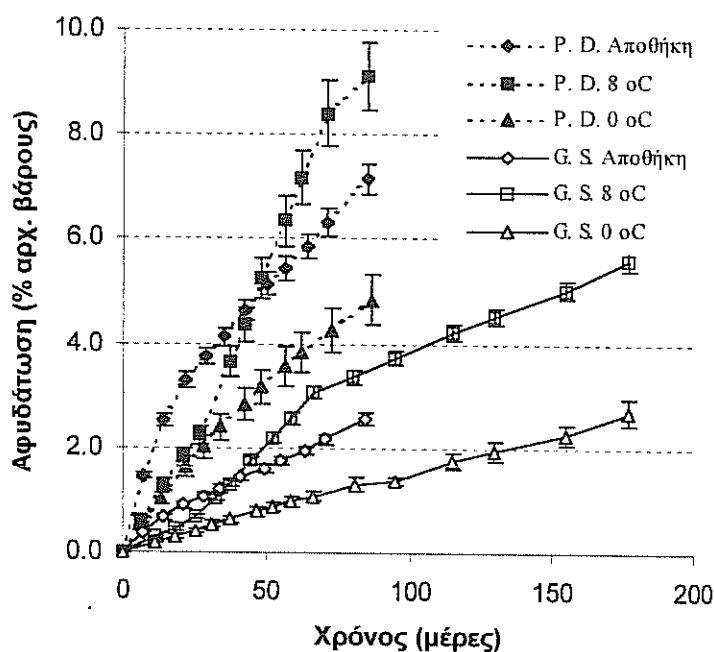
Ίδια φρούτα αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους, με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, στους εργαστηριακούς χώρους του εργαστηρίου γεωργικής μηχανολογίας του τμήματος ΑΦΠ&ΓΜ του ΓΠΑ. Κατά τον πρώτο χρόνο της μελέτης τα φρούτα συντηρήθηκαν σε δύο θαλάμους με θερμοκρασία 0 °C και 8 °C και σχετική υγρασία 90% και 80% αντίστοιχα, ενώ τον δεύτερο χρόνο οι συνθήκες ήταν θ=0 °C και RH=90% για τον ένα θάλαμο και θ=10 °C και RH=85% για τον άλλο.

Δημιουργήθηκαν ομάδες των δέκα (την πρώτη χρονιά) και των είκοσι (την δεύτερη χρονιά) μήλων των ποικιλιών Delicious Pifafa και Granny-Smith από αγρό της περιοχής όπου βρίσκεται και η αποθήκη. Τα φρούτα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ήταν γυμνά σε μονόσειρα τελάρα, ενώ στην δεύτερη συσκευάστηκαν με τον συνήθη εμπορικό τρόπο, δηλαδή με εσωτερική επένδυση του τελάρου με φύλλα χαρτιού (χασαπόχαρτου). Αναφορικά με τις συνθήκες συντήρησης χρησιμοποιήθηκαν τρεις χειρισμοί αποθήκη, ψυκτικός θάλαμος 0 °C και ψυκτικός θάλαμος 8 °C (1^η χρονιά) ή 10 °C (2^η χρονιά). Από τον τελευταίο χειρισμό προκύπτει ένας δεύτερος μάρτυρας σε σταθερές συνθήκες συντήρησης που αντιστοιχούν στις μέσες

βαρυκεντρικές της αποθήκης όπως προέκυψαν από καταγραφές των προηγούμενων περιόδων. Κατά την συγκομιδή των μήλων και την παρασκευή των δειγμάτων έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατόν ομοιόμορφα φρούτα τόσο από άποψη μεγέθους όσο και από άποψη γενικότερης εμφάνισης και ηλικίας. Στην συνέχεια έγινε σήμανση και ζύγιση των μήλων. Η απώλεια μάζας εκτιμήθηκε μετά από ζυγίσεις των μήλων στον χώρο αποθήκευσης σε τακτά (κάθε εβδομάδα) χρονικά διαστήματα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον πίνακα 1 εμφανίζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα απωλειών μάζας για τα μήλα Pilafa Delicious, ενώ στον πίνακα 2 τα αποτελέσματα για τα μήλα Granny-Smith. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα που αφορούν τα γυμνά (μη συσκευασμένα με χαρτί) μήλα και των δύο ποικιλιών για την πρώτη πειραματική περίοδο.



Σχήμα 2. Αφυδάτωση των μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith

Οι τυπικές αποκλίσεις (ΤΑ) κυμαίνονται από 2% έως 8% της μέσης τιμής. Τα μήλα Granny-Smith παρουσιάζουν σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερες απώλειες μάζας από τα Delicious Pilafa που συντηρούνται στις ίδιες συνθήκες. Όπως προκύπτει από τους πίνακες 1 και 2, ο μέσος ρυθμός αφυδάτωσης των μήλων Granny-Smith είναι 3-4 φορές μικρότερος από αυτόν των μήλων Delicious Pilafa, γεγονός που δικαιολογείται από τη διαφορά μεγέθους και πυκνότητας των φακιδίων στην επιδερμίδα των μήλων των δυο ποικιλιών [3] όπως και από την ύπαρξη σημαντικά περισσότερων κηρωδών ουσιών στα μήλα Granny Smith.

Πίνακας 1. Απώλειες μάζας (% αρχικού βάρους) των μήλων Delicious Ρίλαφα.
Ο χρόνος έχει μετρηθεί σε μέρες αποθήκευσης.

Αποθήκη									
Πρώτος Χρόνος					Δεύτερος Χρόνος				
Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
7	1.5	0.1	1.3	0.1	13	2.7	0.3	2.4	0.2
14	2.5	0.1	2.3	0.1	20	3.3	0.3	3.0	0.2
22	3.3	0.1	3.0	0.1	27	3.9	0.3	3.8	0.3
29	3.8	0.2	3.5	0.2	33	4.4	0.4	4.4	0.4
35	4.1	0.2	3.9	0.2	48	5.0	0.4	4.8	0.3
42	4.6	0.2	4.3	0.2	61	5.8	0.5	5.5	0.4
50	5.1	0.2	4.7	0.2	83	7.0	0.6	6.6	0.5
56	5.4	0.2	5.0	0.2	104	8.0	0.6	7.6	0.6
64	5.9	0.2	5.4	0.2	127	9.2	0.7	8.5	0.6
71	6.3	0.3	5.8	0.3	149	11.0	0.9	10.4	0.7
85	7.1	0.3	6.4	0.3					
Ψυκτικός Θάλαμος									
Πρώτος Χρόνος 8 °C					Δεύτερος Χρόνος 10 °C				
Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.6	0.1	0.8	0.1	7	0.9	0.1	1.0	0.1
14	1.3	0.1	1.6	0.1	14	1.8	0.1	1.9	0.2
21	1.8	0.2	2.2	0.1	29	3.6	0.2	3.6	0.2
27	2.2	0.2	2.7	0.1	36	4.4	0.2	4.4	0.3
37	3.7	0.3	4.1	0.2	43	5.2	0.3	5.1	0.3
42	4.3	0.3	4.9	0.3	50	5.8	0.3	5.8	0.4
48	5.2	0.4	5.8	0.3	56	6.4	0.3	6.4	0.4
56	6.4	0.5	7.0	0.4	71	7.8	0.4	7.9	0.5
62	7.2	0.5	7.9	0.4	77	8.6	0.4	8.6	0.5
71	8.4	0.6	9.2	0.5	91	10.5	0.5	10.1	0.5
					105	12.2	0.6	11.7	0.6
					118	13.3	0.7	12.8	0.6
					135	15.1	0.7	14.3	0.7
Ψυκτικός Θάλαμος 0 °C									
Πρώτος Χρόνος					Δεύτερος Χρόνος				
Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γηινά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.6	0.1	0.8	0.1	8	0.7	0.0	0.7	0.0
13	1.0	0.1	1.3	0.1	15	1.3	0.1	1.4	0.0
22	1.6	0.2	2.0	0.2	30	2.5	0.1	2.7	0.1
28	2.0	0.2	2.4	0.2	37	3.0	0.1	3.3	0.1
34	2.4	0.3	2.9	0.2	44	3.5	0.1	3.9	0.1
42	2.8	0.3	3.4	0.3	51	3.9	0.1	4.4	0.1
48	3.2	0.3	3.8	0.3	57	4.4	0.2	4.8	0.1
56	3.6	0.4	4.3	0.3	72	5.1	0.2	5.7	0.1
62	3.8	0.4	4.6	0.4	86	5.8	0.2	6.3	0.1
72	4.3	0.4	5.1	0.4	99	6.5	0.2	6.9	0.1
86	4.8	0.5	5.8	0.4	113	7.1	0.2	7.6	0.1
					127	7.8	0.3	8.3	0.2
					140	8.4	0.3	9.0	0.2
					157	9.1	0.3	9.8	0.2
					172	9.8	0.3	10.4	0.2

Πίνακας 2. Απώλειες μάζας (% αρχικού βάρους) των μήλων Granny-Smith.
Ο χρόνος έχει μετρηθεί σε μέρες αποθήκευσης.

Αποθήκη									
Πρώτος Χρόνος					Δεύτερος Χρόνος				
Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.4	0.0	0.4	0.0	8	0.3	0.0	0.3	0.0
14	0.7	0.0	0.6	0.0	15	0.5	0.0	0.5	0.0
21	0.9	0.1	0.9	0.0	22	0.7	0.1	0.8	0.1
28	1.1	0.1	1.1	0.1	28	0.8	0.1	0.9	0.1
34	1.2	0.1	1.2	0.1	43	1.1	0.1	1.2	0.1
41	1.4	0.1	1.4	0.1	56	1.3	0.1	1.5	0.1
49	1.6	0.1	1.5	0.1	78	1.7	0.1	1.9	0.1
55	1.8	0.1	1.7	0.1	99	2.0	0.1	2.2	0.1
63	2.0	0.1	1.8	0.1	122	2.4	0.2	2.7	0.1
70	2.2	0.1	2.0	0.1	144	2.9	0.2	3.3	0.2
84	2.6	0.1	2.4	0.2					

Ψυκτικός Θάλαμος									
Πρώτος Χρόνος 8 °C					Δεύτερος Χρόνος 10 °C				
Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.3	0.0	0.3	0.0	8	0.3	0.0	0.3	0.0
18	0.5	0.0	0.5	0.0	17	0.6	0.1	0.6	0.0
25	0.7	0.0	0.7	0.0	23	0.9	0.1	0.8	0.1
32	1.0	0.0	1.1	0.1	30	1.2	0.1	1.1	0.1
37	1.3	0.1	1.4	0.1	37	1.5	0.1	1.4	0.1
44	1.8	0.1	1.8	0.1	44	1.8	0.1	1.8	0.1
52	2.2	0.1	2.3	0.1	51	2.1	0.2	2.1	0.2
58	2.6	0.1	2.7	0.1	66	2.8	0.2	2.8	0.2
66	3.1	0.1	3.2	0.1	72	3.2	0.2	3.2	0.2
80	3.4	0.1	3.6	0.2	86	4.1	0.3	4.1	0.3
95	3.7	0.1	4.0	0.2	101	5.0	0.3	5.1	0.3
115	4.2	0.2	4.5	0.2	113	5.6	0.3	5.7	0.4
130	4.5	0.2	4.9	0.2	130	6.3	0.3	6.5	0.4
155	5.0	0.2	5.5	0.2					
177	5.6	0.2	6.1	0.2					

Ψυκτικός Θάλαμος 0 °C									
Πρώτος Χρόνος					Δεύτερος Χρόνος				
Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα		Χρόνος	Γυμνά		Συσκευασμένα	
	Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ		Μ.Ο.	ΤΑ	Μ.Ο.	ΤΑ
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0.2	0.0	0.2	0.0	8	0.2	0.0	0.2	0.0
18	0.3	0.0	0.3	0.0	17	0.5	0.1	0.3	0.0
25	0.4	0.0	0.4	0.0	23	0.7	0.1	0.5	0.1
31	0.5	0.1	0.5	0.0	30	0.9	0.1	0.7	0.1
37	0.6	0.1	0.6	0.0	37	1.1	0.1	0.9	0.1
46	0.8	0.1	0.7	0.0	51	1.5	0.2	1.1	0.1
52	0.9	0.1	0.8	0.0	66	1.8	0.2	1.5	0.1
58	1.0	0.1	0.9	0.0	80	2.1	0.2	1.7	0.2
66	1.1	0.1	1.0	0.1	93	2.4	0.2	2.0	0.2
81	1.3	0.1	1.2	0.1	107	2.7	0.3	2.2	0.2
95	1.4	0.1	1.4	0.1	121	3.0	0.3	2.7	0.3
115	1.8	0.2	1.7	0.1	134	3.3	0.3	2.8	0.2
130	2.0	0.2	1.9	0.1	151	3.6	0.4	3.1	0.2
155	2.3	0.2	2.2	0.1	166	3.8	0.4	3.4	0.3
177	2.7	0.2	2.6	0.1					

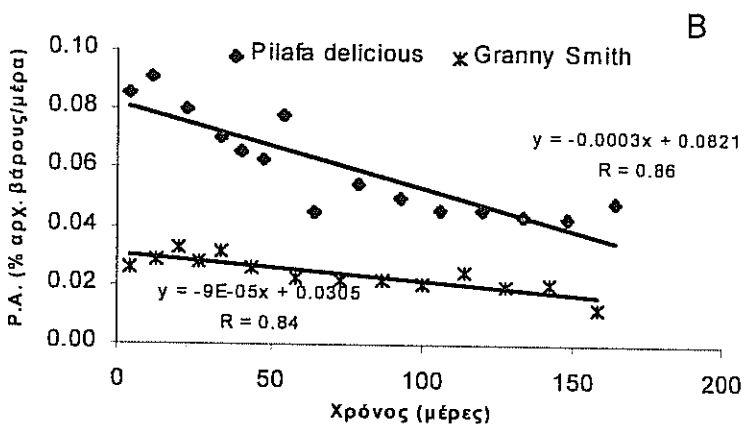
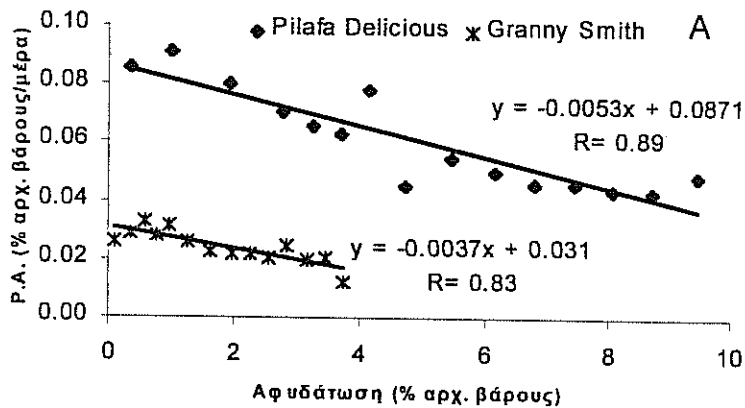
Σε όλες τις περιπτώσεις και για τις δυο ποικιλίες, η αφυδάτωση για συνθήκες αποθήκευσης 8 ή 10 °C είναι εντονότερη από αυτήν στην αποθήκη ή στους 0 °C. Μετά από χρονικό διάστημα 60 ημερών οι διαφορές μεταξύ αποθήκης και θαλάμου 8 ή 10 °C γίνονται στατιστικά σημαντικές. Στα μήλα Granny-Smith αυτές οι διαφορές εμφανίζονται λίγο νωρίτερα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη ποικιλία συγκομίζεται αργότερα και ως εκ τούτου αντιμετωπίζει ευνοϊκότερο (ψυχρότερο και υγρότερο) περιβάλλον στην αποθήκη όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.

Όσο αφορά την σύγκριση των απωλειών υγρασίας μεταξύ θαλάμων θερμοκρασίας 0 °C και αποθήκης μπορούμε να πούμε ότι παρουσιάζονται σημαντικές στατιστικά διαφορές την πρώτη χρονιά. Την δεύτερη χρονιά, η αφυδάτωση στα μήλα της αποθήκης παραμένει υψηλότερη, χωρίς όμως να εμφανίζονται παντού στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε μια μάλιστα περίπτωση (Granny-Smith χωρίς συσκευασία) η αποθήκη δείχνει καλύτερα αποτελέσματα. Αυτή η συμπεριφορά πιθανόν να οφείλεται σε διαφορές υγρασίας στο χώρο της αποθήκης ανάμεσα στις δυο πειραματικές χρονιές. Μικρές διαφορές και ως επί το πλείστον ασήμαντες, παρατηρούνται στην απώλεια μάζας μεταξύ συσκευασμένων και γυμνών μήλων, γεγονός που υποδηλώνει την μικρή αποτελεσματικότητα του τύπου αυτού συσκευασίας στην μείωση της αφυδάτωσης. Κατά πάσα πιθανότητα, όταν η σχετική υγρασία του αποθηκευτικού χώρου μειώνεται κάτω από 90% το συγκεκριμένο χαρτί συσκευασίας απορροφά υγρασία από τους καρπούς.

Προκειμένου να οδηγηθούμε σε κάποια συσχέτιση που θα γενικεύει περισσότερο την μεταβολή των απωλειών υγρασίας προσπαθήσαμε, με βάση τα αποτελέσματά μας από μήλα που συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους σταθερών θερμοϋγρομετρικών συνθηκών ($\Theta=0$ °C, RH=90%), να συσχετίσουμε τον ρυθμό αφυδάτωσης για κάθε ποικιλία με το χρόνο και την εξ αυτού εξαρτώμενη συνολική αφυδάτωση. Έτσι καταλήξαμε στις καμπύλες του σχήματος 3, όπου παρατηρούμε ότι η μεταβολή του ρυθμού αφυδάτωσης με το αντίστοιχο (χρονικά) ποσοστό αφυδάτωσης του μήλου είναι γραμμικής μορφής. Ο ρυθμός αυτός μειώνεται με την αύξηση του ποσοστού συνολικής αφυδάτωσης (άρα με το χρόνο συντήρησης), οι καμπύλες δε για τις δυο μελετηθείσες ποικιλίες (Delicious Pilafa και Granny Smith) είναι τελείως διαφορετικές, όπως άλλωστε αναμενόταν, λόγω της διαφορετικής επιδερμικής δομής των δυο αυτών ποικιλιών. Μια συστηματική τέτοια επεξεργασία στοιχείων από πολλές και διαφορετικές θερμοϋγρομετρικές συνθήκες συντήρησης μπορεί να οδηγήσει στο μέλλον σε μια σχέση με δυο εξαρτημένες μεταβλητές, το χρόνο και το έλλειμμα υγρασίας, η οποία θα ήταν πιο γενική και πολύ πιο χρήσιμη για τις καθημερινές εφαρμογές συντήρησης μήλων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα μήλα Granny Smith, όπως αναμενόταν, παρουσίασαν μικρότερη αφυδάτωση από τα Pilafa Delicious και οπωσδήποτε μπορεί ευκολότερα να συντηρηθούν σε χώρους με χαμηλή υγρασία.



Σχήμα 3. Μεταβολή του ρυθμού αφυδάτωσης (P.A.) με την συνολική αφυδάτωση και με το χρόνο αποθήκευσης.

Οι συνθήκες της αποθήκης ευνοούν μικρότερη αφυδάτωση των μήλων σε σχέση με θαλάμους 8 ή 10 °C και RH=85 έως 90%. Φαίνεται επίσης ότι η αφυδάτωση στην αποθήκη είναι μεγαλύτερη από αυτή σε θαλάμους 0 °C και RH=90%. Οι πρώτες εκτιμήσεις πάντως είναι ότι για τουλάχιστον δύο μήνες τα μήλα παραμένουν σε πολύ καλή κατάσταση.

Η συνήθης εμπορική συσκευασία με φύλλα χαρτιού δεν έχει αποτέλεσμα όσο αφορά την προστασία από την αφυδάτωση των φρούτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Haffner K., 1990 Transpiration of apples after harvest. *Gartenbauwissenschaft*. 55 (1) 13-20.
2. Gorini F. L., Sozzi A., Rosati P. and Faedi W., 1979. Weight losses of standard and spur clones of Golden Delicious apples during storage. *Proc. of XVth Int. Congress of Refrigeration*. Venice. Vol. III 799-806.
3. Λαμπρινός Γ. και Μανωλοπούλου Ε., 1995. Αφυδάτωση των μήλων κατά την αποθήκευση με έμφαση στα μήλα Pilafa Delicious. *Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Τροφίμων*. Αθήνα. 322-328.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA ΚΑΙ GRANNY SMITH ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΑΠΟΘΗΚΗ

Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός
Γ.Π.Α. - Τμήμα Α.Φ.Π.&Γ.Μ., Ιερά Οδός 75 - 11855, Αθήνα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μεταβολής του χρώματος μήλων των ποικιλιών Pilafa Delicious και Granny Smith που συντηρήθηκαν σε παραδοσιακή αποθήκη. Η μελέτη καλύπτει το τρίμηνο Οκτωβρίου-Ιανουαρίου των περιόδων 1998-99 και 1999-2000. Χρησιμοποιήθηκε το χρωματομετρικό σύστημα $L^*a^*b^*$, οι συγκρίσεις δε έγιναν με φρούτα που συντηρήθηκαν στους 0 °C και 8 ή 10 °C. Παρατηρήθηκαν διαφορές στο χρώμα ανάλογα με τις συνθήκες συντήρησης, ενώ φαίνεται ότι οι τρεις παράγοντες L , a^* και b^* δεν είναι εξίσου αποτελεσματικοί για την μελέτη της εξέλιξης του χρώματος, ιδίως όταν πρόκειται για έγχρωμες ποικιλίες.

COLOR CHANGES OF DELICIOUS PILAFA AND GRANNY SMITH APPLES UNDER WAREHOUSE CONDITIONS

D. Mitropoulos G. Lambrinos
Agronomic University of Athens, Dept. of Agricultural Engineering
75, Iera Odos street – 11855 Greece

ABSTRACT

The aim of this study is the color change investigation of Delicious Pilafa and Granny Smith apples during storage in common warehouse. The study refers to the period between October and January of the years 1999 and 2000. $L^*a^*b^*$ color system was used. Comparisons of fruit color changes among warehouse and cooling rooms at 0 °C and 8 or 10 °C were conducted. Some significant color differences among various storage conditions were observed. Moreover, L , a^* and b^* factors do not seem to be equally efficient for the color change research of apple during storage, especially in the case of color cultivars.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το χρώμα και γενικότερα η εμφάνιση των φρούτων είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εμπορική αξία και την ζήτησή τους. Η καλή εμφάνιση επηρεάζει συνήθως περισσότερο τον καταναλωτή από ότι η θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Το χρώμα των μήλων μεταβάλλεται τόσο κατά την περίοδο ανάπτυξης και ωρίμανσης πάνω στο δέντρο όσο και κατά την περίοδο συντήρησης, αποτελεί δε και ένα από τα κριτήρια συλλογής και ποιότητας. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το στάδιο ωριμότητας, τη θέση πάνω στο δέντρο, τη περιοχή, τη καλλιεργητική περίοδο, τη θρεπτική κατάσταση του δέντρου κλπ.[1], [2], [4]. Η διάρκεια συντήρησης, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το στάδιο ωριμότητας κατά την συγκομιδή είναι παράγοντες που επηρεάζουν τον χρωματισμό των φρούτων κατά την αποθήκευση. Επειδή λοιπόν το χρώμα αποτελεί ένα σοβαρό παράγοντα ποιότητας, έχουν γίνει προσπάθειες να μελετηθεί η μεταβολή του κατά την διάρκεια ανάπτυξης – ωρίμανσης – αποθήκευσης σε διάφορα προϊόντα[1]. Έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα χρωματομετρικά συστήματα, αυτό όμως που θεωρείται ότι προσεγγίζει καλύτερα το χρώμα με βάση την ανθρώπινη όραση και εξυπηρετεί σήμερα καλύτερα τις εφαρμογές είναι το σύστημα $L^* a^* b^*$, όπου L είναι η φωτεινότητα, a^* ο χρωματομετρικός παράγοντας πράσινο-κόκκινο και b^* ο χρωματομετρικός παράγοντας κίτρινο-μπλε [3]. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μεταβολής του χρώματος των μήλων δυο ποικιλιών, μιας έγχρωμης (Delicious Pilafa) και μιας μονόχρωμης (Granny-Smith), οι οποίες συντηρήθηκαν τόσο σε παραδοσιακή (κοινή) αποθήκη όσο και σε χώρους με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (ψυκτικούς θαλάμους).

ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη αναφέρεται σε μήλα δύο καλλιεργητικών περιόδων, που συγκομίστηκαν το Φθινόπωρο του 1998 και του 1999. Η χρονική διάρκεια κάθε περιόδου συντήρησης κυμάνθηκε μεταξύ τριών μηνών (αποθήκη) και πέντε μηνών, δηλαδή από τα τέλη Οκτωβρίου μέχρι τον Μάρτιο.

Χρησιμοποιήθηκε μια παραδοσιακή (κοινή) αποθήκη, που βρίσκεται κοντά στην Τρίπολη, μικρών διαστάσεων (4,72m x 3,10m x 2,30m), παλαιάς κατασκευής, χτισμένη με τσιμεντόλιθους χωρίς εσωτερικό και εξωτερικό επίχρισμα. Πριν τοποθετηθούν τα μήλα ελήφθησαν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε ο χώρος να είναι σχετικά στεγανός και προστατευμένος από τρωκτικά. Τοποθετήθηκε επίσης ένα απλό σύστημα εξαερισμού το οποίο, κατά την διάρκεια της νύκτας, εισήγαγε ψυχρό αέρα στον χώρο με παροχή 350 m³/h. Οι συνθήκες της αποθήκης κατά την περίοδο συντήρησης κυμάνθηκαν μεταξύ 0 και 15 °C η θερμοκρασία και μεταξύ 70% και 99% η σχετική υγρασία (Σ.Υ.) όπως προέκυψε μετά από συνεχή ηλεκτρονική καταγραφή με φορητό όργανο.

Ίδια φρούτα αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους, με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και Σ.Υ., στους εργαστηριακούς χώρους του εργαστηρίου γεωργικής μηχανολογίας του τμήματος ΑΦΠ&ΓΜ του ΓΠΑ. Κατά τον πρώτο χρόνο της μελέτης τα φρούτα συντηρήθηκαν σε δύο θαλάμους με θερμοκρασία 0 °C και 8 °C και σχετική υγρασία 90% και 80% αντίστοιχα, ενώ κατά τον δεύτερο χρόνο οι συνθήκες ήταν αντίστοιχα η μεν θερμοκρασία 0 °C και 10 °C, η δε σχετική υγρασία 90% και 85%.

Δημιουργήθηκαν ομάδες των δέκα (την πρώτη χρονιά) και των είκοσι (την δεύτερη χρονιά) ομοιόμορφων μήλων των ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny-Smith. Στην συνέχεια έγινε σήμανση δυο συγκεκριμένων περιοχών διαμέτρου 10 mm σε κάθε μήλο. Η εκτίμηση του χρώματος έγινε με μετρήσεις σε τακτά (ανά εβδομάδα) χρονικά

διαστήματα. Χρησιμοποιήθηκε ένα χρωματόμετρο Minolta CR300 και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν στο σύστημα $L^* a^* b^*$.

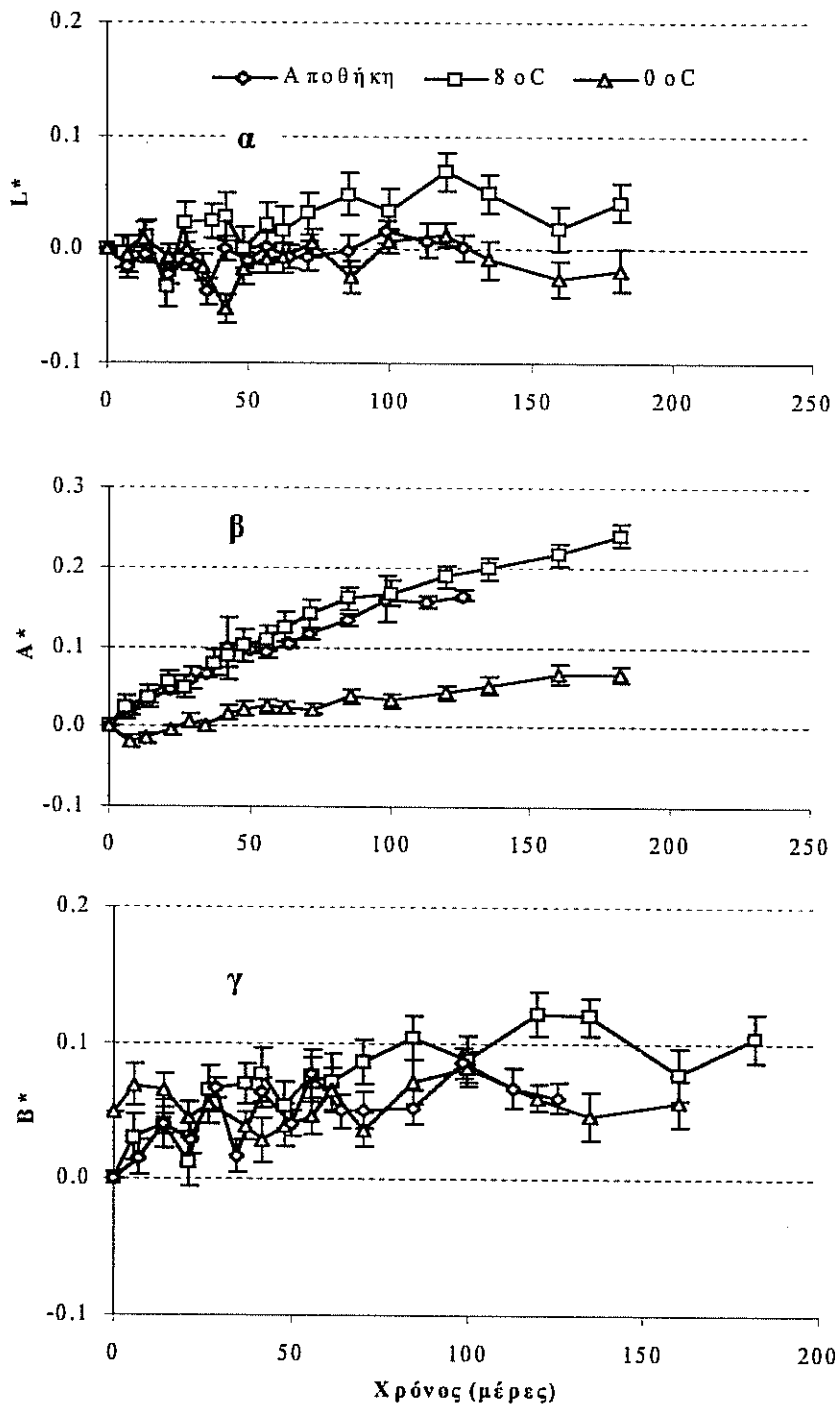
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αν προσπαθήσουμε να συγκρίνουμε τις μεταβολές των παραγόντων L^* , a^* και b^* κατά την πρώτη και δεύτερη περίοδο συντήρησης θα δούμε ότι το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε πηγάζει από το γεγονός ότι τα μήλα δεν έχουν το ίδιο χρώμα κατά την συγκομιδή κάθε χρονιά. Αυτό φυσικά μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Θα πρέπει η μελέτη της μεταβολής του χρώματος να γίνεται με βάση κάποιους παράγοντες που ελαχιστοποιούν το παραπάνω πρόβλημα. Γιαυτό αντί των συνήθων παραμέτρων L^* , a^* και b^* χρησιμοποιούμε τις αδιάστατες μεταβλητές L^* , A^* και B^* που εκφράζουν την μεταβολή του χρώματος, σαν ποσοστό επί της αρχικής τιμής μετά συγκομιδή. Πιο συγκεκριμένα $L^* = (L - L_0) / L_0$, $A^* = (a^* - a^*_0) / (a^*_0 + 60)$ και $B^* = (b^* - b^*_0) / (b^*_0 + 60)$ όπου L_0 , a^*_0 , b^*_0 είναι οι αρχικές τιμές των χρωματομετρικών συντεταγμένων την στιγμή της συγκομιδής.

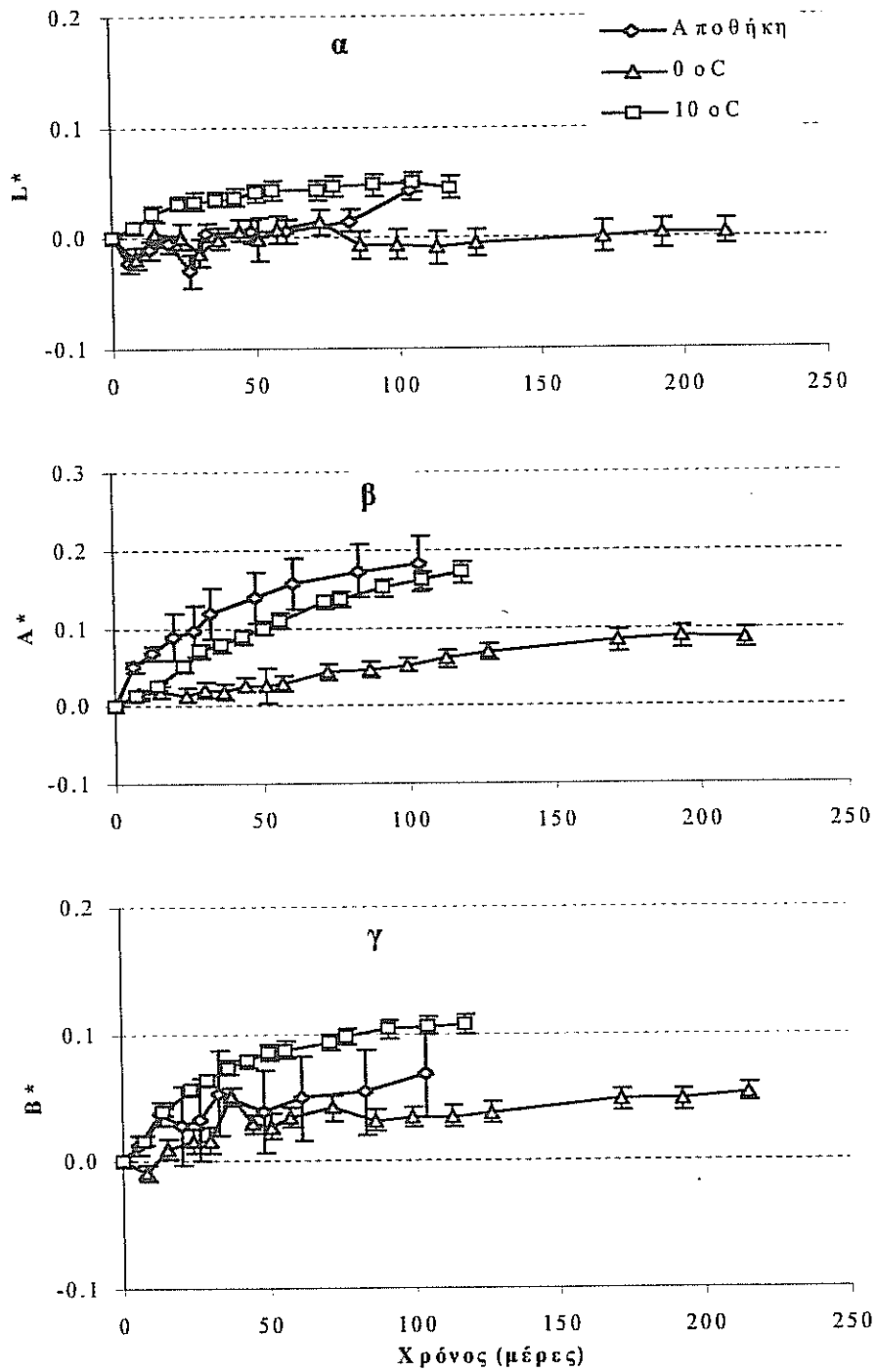
Στα μήλα Delicious Pilsafa που συντηρήθηκαν στους 0°C δεν παρατηρείται μεταβολή του L^* . Αντίθετα στους 8 ή 10°C βλέπουμε ότι το L^* αυξάνει με το χρόνο, αυτό είναι εντονότερο την δεύτερη χρονιά οπότε παρατηρούνται γενικά σημαντικές διαφορές από την $20^{\text{η}}$ περίπου μέρα. Και στις δυο χρονιές η συμπεριφορά των μήλων της αποθήκης πλησιάζει αυτή των μήλων των 0°C . (σχήματα 1α και 2α). Στα μήλα Granny Smith που συντηρήθηκαν στους 0°C , το L^* μεταβάλλεται ελάχιστα με τον χρόνο την $1^{\text{η}}$ χρονιά, ενώ μένει σχεδόν αμετάβλητο κατά την $2^{\text{η}}$. Η συμπεριφορά των μήλων που συντηρήθηκαν στους 8 ή 10°C και στην αποθήκη είναι παρόμοια, διαφέρει όμως σημαντικά από αυτή των μήλων που συντηρήθηκαν στους 0°C . Κατά τον πρώτο χρόνο συντήρησης οι διαφορές εμφανίζονται σημαντικές μετά την $120^{\text{η}}$ μέρα ενώ τον δεύτερο μετά την $40^{\text{η}}$. (σχήματα 3α και 4α).

Στα σχήματα 1β και 2β παρουσιάζεται, για τα μήλα Delicious Pilsafa, η μεταβολή του παράγοντα A^* με τον χρόνο. Γενικά οι μεταβολές είναι εντονότερες σε σχέση με τον παράγοντα L^* . Τα μήλα που συντηρήθηκαν στους 0°C παρουσιάζουν αργή αύξηση του A^* , δηλαδή χάνουν με αργό σχετικά ρυθμό το πράσινο χρώμα τους. Η εξέλιξη είναι γρηγορότερη στα μήλα που συντηρήθηκαν στους 8 ή 10°C και στην αποθήκη. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ χώρου 8 ή 10°C και αποθήκης, υπάρχουν όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραπάνω αποθηκευτικών χώρων και αυτού των 0°C . Κατά την δεύτερη χρονιά οι μεταβολές δείχνουν εντονότερες χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η κατάσταση είναι παρόμοια και στα μήλα Granny Smith (σχήματα 3β και 4β) αφού τα μήλα των 8 ή 10°C δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτά της αποθήκης. Παρατηρούνται όμως σημαντικές διαφορές, μεταξύ των παραπάνω και των μήλων που συντηρήθηκαν στους 0°C , μετά την $130^{\text{η}}$ μέρα την πρώτη και την $40^{\text{η}}$ μέρα την δεύτερη χρονιά. Επίσης φαίνεται ότι στους 0°C τα μήλα χάνουν προοδευτικά τον πράσινο χρωματισμό τους μετά την $120^{\text{η}}$ μέρα συντήρησης.

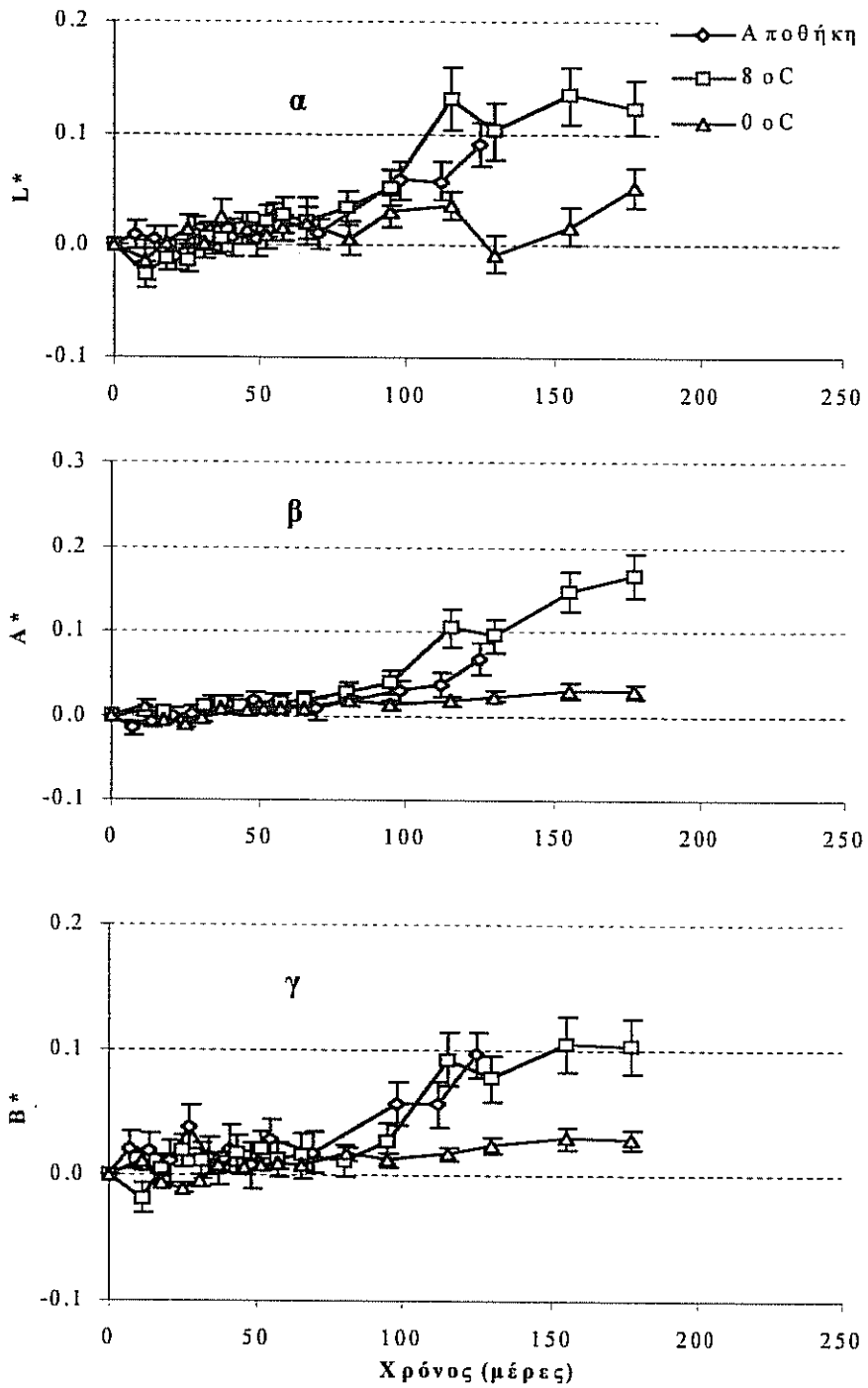
Όσον αφορά την εξέλιξη του παράγοντα B^* στα μήλα Delicious Pilsafa (σχήματα 1γ και 2γ) την πρώτη χρονιά δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων αποθηκευτικών χώρων, ενώ την δεύτερη φαίνεται ότι τα μήλα της αποθήκης αναπτύσσουν κίτρινο χρώμα ταχύτερα από τα υπόλοιπα. Στα Granny Smith βλέπουμε ότι για τα μήλα των 0°C ο παράγοντας B^* μεταβάλλεται πολύ αργά ενώ τα υπόλοιπα μήλα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στην δεύτερη χρονιά οι διαφορές μεταξύ των μήλων 0°C και των υπολοίπων είναι σημαντικές μετά την $40^{\text{η}}$ μέρα ενώ στην πρώτη χρονιά μετά την $100^{\text{η}}$ (σχήματα 3γ και 4γ).



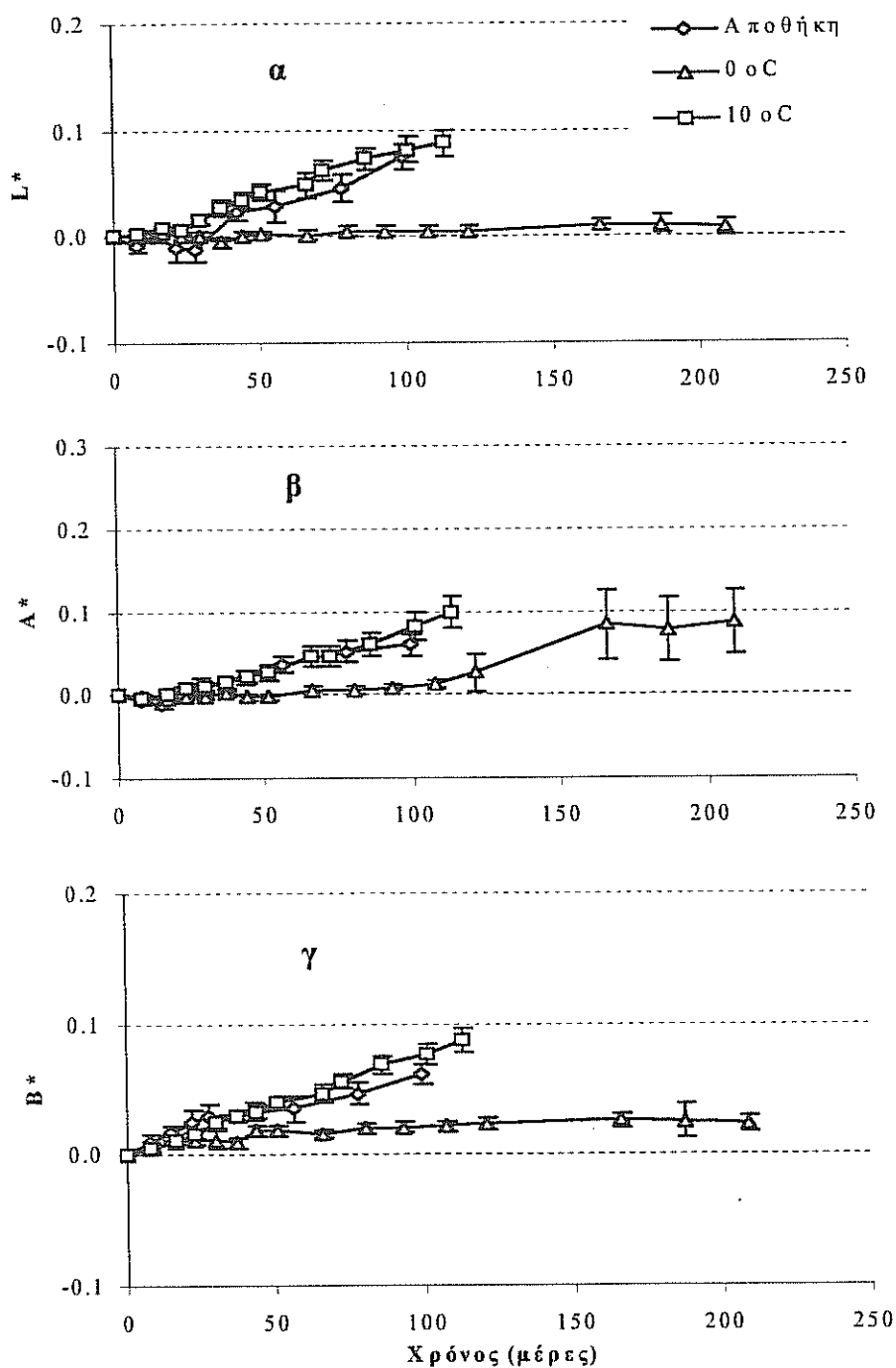
Σχήμα 1. Μεταβολή των χρωματομετρικών παραμέτρων L*, A*, B* των μήλων Delicious Pírafa την πρώτη χρονιά συντήρησης.



Σχήμα 2. Μεταβολή των χρωματομετρικών παραμέτρων L*, A*, B* των μύλων Delicious Pilafa την δεύτερη χρονιά συντήρησης.



Σχήμα 3. Μεταβολή των χρωματομετρικών παραμέτρων L*, A*, B* των μήλων Granny Smith την πρώτη χρονιά συντήρησης.



Σχήμα 4. Μεταβολή των χρωματομετρικών παραμέτρων L^* , A^* , B^* των μήλων Granny Smith την δεύτερη χρονιά συντήρησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που έχουμε διαθέσιμα οι συνθήκες της αποθήκης φαίνεται να έχουν παρόμοια επίδραση στην μεταβολή του χρώματος των μήλων Granny Smith με αυτές των θαλάμων 8 ή 10 °C. Αυτή η συμπεριφορά παρατηρείται και στους τρεις χρωματομετρικούς παράγοντες L, a* και b*. Αντίθετα στα μήλα Delicious Pilafa οι παράγοντες a* και b* δείχνουν παρεμφερή συμπεριφορά ενώ ο παράγοντας L στην περίπτωση της αποθήκης φαίνεται να αυξάνει πολύ αργά όπως στο θάλαμο των 0 °C. Η συμπεριφορά αυτή πιθανόν να σχετίζεται με την αφυδάτωση των φρούτων αφού η φωτεινότητα εξαρτάται από τον βαθμό αφυδάτωσης των επιφανειακών στρώσεων του μήλου.

Οι τρεις χρωματομετρικοί παράγοντες δεν φαίνεται να επηρεάζονται το ίδιο από τις συνθήκες αποθήκευσης. Στην περίπτωση των μήλων Delicious Pilafa, ο παράγοντας a* (μεταβολή από πράσινο σε κόκκινο) κυρίως και λιγότερο ο παράγοντας b* (μεταβολή από μπλε σε κίτρινο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς, ενώ ο παράγοντας L (φωτεινότητα) δεν μεταβάλλεται έντονα για να είναι χρήσιμος. Αντίθετα στην περίπτωση των μήλων Granny Smith φαίνεται ότι και οι τρεις χρωματομετρικοί παράγοντες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του τρόπου αποθήκευσης.

Τόσο από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης αλλά και από άλλα βιβλιογραφικά δεδομένα [1], [5] φαίνεται ότι ο κάθε χρωματομετρικός παράγοντας, μόνος του, δεν μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστο κριτήριο για την εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης των φρούτων κατά την αποθήκευση. Τα καλύτερα αποτελέσματα που είχαμε στην μονόχρωμη ποικιλία Granny Smith δείχνουν ότι το χρώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευκολότερα και αποτελεσματικότερα ως κριτήριο στις μονόχρωμες ποικιλίες. Πρέπει στη συνέχεια να γίνει κάποια προσπάθεια συσχετισμού των διαφόρων χρωματομετρικών παραγόντων τόσο μεταξύ τους ώστε να διερευνηθεί το ενδεχόμενο ανάπτυξης κάποιας συνάρτησης των L, a* και b* που θα περιγράψει την συμπεριφορά της κάθε ποικιλίας κατά την αποθήκευση, όσο και με άλλα ποιοτικά κριτήρια ώστε σε συνδυασμό με αυτά να είναι δυνατή η αξιολόγηση της συμπεριφοράς των διαφόρων ποικιλιών κατά την συντήρηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Balla CS., Saray T., Polyak K. and Horti K.. 1995. Coloration of some horticultural products during post-harvest handling. *Proc. Of the 19th Int. Congress of Refrigeration*. Hague. 137-144.
2. Manolopoulou H., Lambrinos G. and Vlachou A.M.. 1994. Choix de la date de cueillette. Criteres de recolte chez les pommes Pilafa Delicious. *Final report C.E.E. R. P. CAMAR No 8001-CT91-105*.
3. Manual Minolta CR300
4. Ρουσσέας Δ., Λαμπρινός Γρ. και Μανωλοπούλου Ε.. 1995. Επίδραση του φυσιολογικού σταδίου ωριμότητας στην συντήρηση του αχλαδιού "Κοντούλα". *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Τροφίμων*. Αθήνα. 284-289.
5. Yeatmen J. N., Sidwell A. P. and Norris K. H.. 1960. Derivation of a new formula for computing raw tomato juice color from objective color measurement. *Food Technology*. 1. 16-20.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΝΕΑΡΩΝ ΧΟΙΡΙΔΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Π. Παναγάκης¹, Κ. Μπερμπερίδης², Δ. Μπριασούλης¹,
Π. Καραϊβάζογλου², Ε. Δήμας¹**

1. Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Ιερά Οδός 75, Αθήνα 11855
2. Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πολυτεχνική Σχολή,
Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο-Πάτρα 26110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων νεαρών χοιριδίων, όπως οι ασθένειες και η κοινωνική αταξία μπορεί να γίνει εύκολα εφόσον τα ζώα ζυγίζονται συστηματικά. Στα πλαίσια πειράματος σε πραγματικές συνθήκες μία βιντεοκάμερα παρακολούθησης εγκαταστάθηκε πάνω από φάτνη για καταγραφή εικόνων των χοιριδίων. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια της εβδομαδιαίας ατομικής ζύγισης των χοιριδίων λαμβάνονταν έξι φωτογραφίες για κάθε ζώο. Η εκτίμηση του βάρους με την τεχνική επεξεργασίας των εικόνων που κατέγραφε η βιντεοκάμερα και με τη χρήση των φωτογραφιών, παρουσίασε μέσο σφάλμα ίσο με $0,0478 \pm 0,00560$ και $0,0475 \pm 0,0089$, αντίστοιχα. Το σφάλμα του 4,78% μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό.

EARLY-WEANED PIGLETS WEIGHT ESTIMATION USING IMAGE ANALYSIS

**P. Panagakis¹, K. Berberidis², D. Briassoulis¹,
P. Karaivazoglou², E. Dimas¹**

1. *Lab. of Farm Structures, Agricultural University of Athens,
Iera Odos 75, Athens 11855*
2. *Computer Engineering Dept., University of Patras, Rio-Patras 26110*

Systematic weighing is of great importance, in an attempt to early diagnose various problems such as illness and social stress of early-weaned piglets. During an experiment conducted under real housing conditions, a Video camera was used to continuously monitor piglets. In parallel, six photos of each piglet were taken during its individual weekly-weighing. Compared to the real weights, the mean error, using the image analysis method was $0,0478 \pm 0,0056$, whereas that for the photo analysis was $0,0475 \pm 0,0089$. The 4,78% difference must be considered very promising.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χειρωνακτική ατομική ζύγιση των χοίρων είναι αφενός μεν κοπιαστική και χρονοβόρα για το προσωπικό μίας χοιροτροφικής μονάδας, αφετέρου δε επίπονη για τα ίδια τα ζώα. Γι'αυτόν το λόγο είτε δε γίνεται ποτέ, είτε γίνεται μόνον κατά τον απογαλακτισμό και την απομάκρυνση των ζώων από τη μονάδα. Είναι μάλιστα σημαντικό να τονιστεί ότι η ζύγιση αυτή είναι ομαδική και έτσι δεν υπάρχει καμία πληροφορία για κάθε ένα ζώο ξεχωριστά. Όμως, η ατομική ζύγιση αποτελεί σημαντικό στοιχείο διαχείρισης μίας χοιροτροφικής μονάδας. Αποτελεί το μέσο με το οποίο ο παραγωγός μπορεί να αποφασίσει για θέματα όπως: η ισόρροπη διατροφή, το κατάλληλο θερμικό μικροπεριβάλλον, η υγιεινή, οι απαραίτητες διαστάσεις των κελιών και των φατνών και τέλος το απαιτούμενο ύψος της ποτίστρας.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90' ξεκίνησαν οι προσπάθειες για τη συνεχή ζύγιση των χοίρων χωρίς να χρειάζεται η ανθρώπινη παρέμβαση. Η ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η συνεχής βελτίωση των συστημάτων καταγραφής εικόνας και η διαρκής πτώση των τιμών τους, ώθησε τους ερευνητές στη δοκιμή συστημάτων συνεχούς καταγραφής των οπτικών δεδομένων και στην μετέπειτα επεξεργασία αυτών των δεδομένων για τη συχρή εκτίμηση του βάρους των χοίρων.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στην εργασία [1] για πρώτη φορά έγινε προσπάθεια να εκτιμηθεί το βάρος (B) των χοίρων, που στεγάζονταν σε ειδικά διαμορφωμένο κελί, αφού προηγουμένα συσχετιστεί με σωματικά μεγέθη (π.χ. ύψος, πλάτος, εμβαδόν κάτοψης, κ.ο.κ) που είχαν εκτιμηθεί από φωτογραφίες των ζώων. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ακρίβεια στο υπολογισμό του βάρους είναι μεγαλύτερη από 95%, εφόσον χρησιμοποιηθεί μόνον το εμβαδόν της κάτοψης (K) του σώματος του ζώου χωρίς το κεφάλι, το λαιμό και την ουρά. Στην εργασία [2] περιγράφεται ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής που συλλέγει εικόνες χοίρων βάρους 42 έως 60 kg, καθώς επισκέπτονται την ποτίστρα. Το συμπέρασμα αυτής της εργασίας ήταν ότι είναι δυνατή η εκτίμηση του βάρους με σφάλμα μικρότερο του 5%. Σε μία επόμενη εργασία [3] χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρονικός σταθμός ατομικής διατροφής ώστε να είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση και η ταυτόχρονη ηλεκτρονική καταγραφή των χοίρων. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι η σχέση βάρους (B) και κάτοψης (K) είναι γραμμική. Τέλος, στην εργασία [4] επιβεβαιώνεται ότι η χρήση των τεχνικών επεξεργασίας εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του βάρους ατομικά στεγασμένων χοίρων με σφάλμα 5-6%, προστίθεται όμως ότι προηγουμένα θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη προσαρμογή σε κάθε υβρίδιο ξεχωριστά. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σημασία που έχει το ύψος των ζώων στην εκτίμηση αυτή.

Τα δύο βασικά μειονεκτήματα των μέχρι σήμερα προτεινόμενων μεθόδων είναι:

1. Η ανάγκη ατομικής στέγασης των χοίρων σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους [1,2,4] γεγονός που καθιστά πρακτικά ανεφάρμοστη τη μέθοδο σε πραγματικές μονάδες.
2. Η ανάγκη αγοράς ηλεκτρονικών σταθμών ατομικής διατροφής [3] που κρίνονται αντιοικονομικοί για τα περιορισμένα οικονομικά δεδομένα της Ελληνικής χοιροτροφίας.

Σκοπός της εργασίας που παρουσιάζεται εδώ, ήταν η χρησιμοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχουν οι τεχνικές επεξεργασίας εικόνας για να εκτιμηθεί τα βάρους των πρόωρα απογαλακτιζόμενων χοιριδίων κάτω από τις πραγματικές συνθήκες στέγασης που συναντώνται στα ελληνικά χοιροστάσια. Η ιδιαιτερότητα αυτής της εργασίας είναι αφενός μεν η ηλικία των ζώων, αφετέρου δε οι πειραματικές συνθήκες ανάπτυξης και εφαρμογής των μεθόδων.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Πειραματικό πρωτόκολλο

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 1997 διεξήχθη, στη χοιροτροφική μονάδα TRAF ΕΠΕ η οποία βρίσκεται στην περιοχή της Τανάγρας Βοιωτίας, ένα πείραμα πλήρους κλίμακας υπό πραγματικές συνθήκες, συνολικής διάρκειας πέντε εβδομάδων (14/6/97-19/7/1997).

3.1.1. Στέγαση χοιριδίων

Κατά τη διάρκεια του πειράματος 6 χοιρίδια ηλικίας 24-26 ημερών στεγάζονταν ομαδικά, σε συνθήκες θερμοουδετερότητας, σε κελί που ήταν τοποθετημένο μέσα σε ένα θάλαμο πρώτης ανάπτυξης. Ο θάλαμος είχε μήκος 7,4 m, πλάτος 5,4 m και ύψος που κυμαινόταν από 3,1 m στο γέισο μέχρι 4,4 m στον κορφιά. Ο αερισμός του θαλάμου ήταν μηχανικός και γινόταν με ανεμιστήρες υποπίεσης. Τα χωρίσματα του κελιού αποτελούνταν από κατακόρυφες μεταλλικές δοκίδες, ενώ το δάπεδο ήταν μεταλλικό πλήρως εσχαρωτό. Το μήκος του κελιού ήταν 2,0 m, το πλάτος του 1,0 m και το ύψος των χωρισμάτων του 0,6 m. Η πυκνότητα στέγασης ανά χοιρίδιο ήταν 0,33 m². Η παροχή τροφής γινόταν κατά βούληση από δύο φάτνες, προς την πλευρά του διαδρόμου τροφοδοσίας, καθεμία από τις οποίες διέθετε τρεις θέσεις και είχε πλάτος 0,5 m. Η παροχή νερού γινόταν με ποτίστρα τύπου θηλής, η οποία βρισκόταν στην πλευρά απέναντι από τη φάτνη.

3.1.2. Ταυτοποίηση και μαγνητοσκόπηση χοιριδίων

Η αυτόματη (χωρίς ανθρώπινη επέμβαση) ταυτοποίηση των χοιριδίων ήταν το πρώτο ζητούμενο του πειράματος. Χρησιμοποιήθηκαν έγχρωμα ενάντια, τα οποία τοποθετήθηκαν ανά δύο σε κάθε χοιρίδιο, ένα σε κάθε αντί, ώστε να διευκολυνθεί η ταυτοποίηση των ζώων με τον υπολογιστή. Τα χρώματα επιλέχθηκαν έτσι ώστε να έχουν επαρκή απόσταση στον τρισδιάστατο χρωματικό χώρο, τόσο μεταξύ τους όσο και με το μαύρο υπόβαθρο του δαπέδου του κελιού στέγασης. Ως χρώματα επιλέχθηκαν τα: Πορτοκαλί, Πράσινο, Κίτρινο, Μπλε, Γαλάζιο και Κόκκινο.

Η μηχανή λήψεως εικόνας (βιντεοκάμερα) στερεώθηκε σε ύψος 2,15 m πάνω από το δάπεδο του κελιού ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση ενός χώρου που θα είχε πλάτος 1,0 m και μήκος 0,6 m (μέσα σε αυτόν το χώρο είχε εκτιμηθεί ότι θα βρίσκονταν οι χοίροι κατά τη διάρκεια της λήψης της τροφής την τελευταία εβδομάδα του πειράματος, κατά την οποία θα είχαν τις μεγαλύτερες διαστάσεις). Η μαγνητοσκόπηση προγραμματίστηκε να γίνεται από τις 07:00 ΠΜ έως τις 07:00 ΜΜ, γιατί μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα έχει αποδειχθεί ότι τα ζώα επισκέπτονται τη φάτνη τουλάχιστον δύο φορές και καταναλώνουν το 75% της ημερήσιας καταναλισκόμενης ποσότητας τροφής [5].

3.1.3. Ζύγιση & σωματομέτρηση χοιριδίων

Τα χοιρίδια ζυγίστηκαν στην αρχή του πειράματος (μέσο αρχικό βάρος: $9,33 \pm 0,44$ kg) και στη συνέχεια ζυγίζονταν κάθε εβδομάδα. Για τη ζύγιση χρησιμοποιήθηκε μία ηλεκτρονική ζυγαριά με ακρίβεια ± 20 g. Ένας κλωβός κατασκευασμένος από μεταλλικό πλέγμα $5 \text{ cm} * 10 \text{ cm}$ και με διαστάσεις: $M=0,8 \text{ m}$, $\Pi=0,5 \text{ m}$, $Y=0,5 \text{ m}$ περιόριζε τις κινήσεις των χοίρων και παράλληλα χρησίμευε ως αναφορά των διαστάσεων των χοίρων κατά τη διάρκεια της φωτογράφισής τους. Το ύψος (Y) των χοιριδίων μετριόταν σε χιλιοστά (mm) στο μέσον της απόστασης ώμων και πλάτης όταν το ζώο είχε το κεφάλι του σε ευθεία γραμμή με το υπόλοιπο σώμα του.

3.1.4 Φωτογράφιση χοιριδίων

Κατά τη διάρκεια του πειράματος η φωτογράφιση των χοιριδίων γινόταν αμέσως μετά τη ζύγιση και ενώ τα χοιρίδια βρίσκονταν περιορισμένα μέσα στον κλωβό. Η κάτοψη κάθε χοιριδίου φωτογραφίζονταν έξι φορές σε διάστημα λίγων δευτερολέπτων, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των καταλληλότερων φωτογραφιών για παραπέρα επεξεργασία της εικόνας. Μετά την επεξεργασία αυτή ήταν δυνατή η εκτίμηση του εμβαδού της κάτοψης (K_b) των νεαρών χοιριδίων.

3.2 Επεξεργασία εικόνας

Η διαδικασία της επεξεργασίας των εικόνων που καταγράφηκαν από την κάμερα προκειμένου να γίνουν μετρήσεις μεγεθών χρησίμων στην εκτίμηση του βάρους, ακολούθησε τις εξής φάσεις:

3.2.1 Επιλογή κατάλληλων εικόνων

Η εβδομαδιαία επιλογή των εικόνων έγινε με βάση τη “στάση” του ζώου. Έπρεπε δηλαδή να φαίνεται η κάτοψη του ζώου μόνον και όχι π.χ. τα πόδια του και να είναι τέτοια ώστε να μην παραμορφώνεται το σχήμα του (π.χ. υπερβολικό τέντωμα ή κάμψη). Φυσικά επιλέχτηκαν εικόνες που περιείχαν ολόκληρο το ζώο χωρίς επικάλυψη με τα άλλα ζώα του κελιού.

3.2.2 Ταυτοποίηση χρώματος

Στις επιλεγμένες εικόνες αναζητήθηκε το χρώμα του ενωτίου, που αντιστοιχούσε στο συγκεκριμένο ζώο. Η περιοχή που παρουσίαζε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού του χρώματος ανήκε στο συγκεκριμένο ζώο. Έτσι βρέθηκαν σημεία που ανήκαν στο ζώο και χρησιμοποιήθηκαν για την απομόνωση του αντικειμένου-ζώου από την υπόλοιπη εικόνα. Μελετήθηκε ο εντοπισμός του εκάστοτε ζητούμενου χρώματος και στο χώρο RGB (κόκκινο, πράσινο, μπλέ) και στο συμπληρωματικό χώρο CMY (κυανό, ματζέντα, κίτρινο) και έγινε σύγκριση των δύο περιπτώσεων.

3.2.3 Μετατροπή της έγχρωμης εικόνας σε εικόνα επιπέδων του γκριζου

Η έγχρωμη εικόνα μετατράπηκε σε εικόνα επιπέδων του γκριζου. Για το σκοπό αυτό πρώτα μετατράπηκε σε εικόνα του συστήματος RGB και στη συνέχεια σε εικόνα του συστήματος HIS (hue, saturation, intensity). Κατόπιν μηδενίστηκαν οι τιμές της απόχρωσης και του κορεσμού και κρατήθηκε μόνον η συνιστώσα της έντασης.

3.2.4 Μετατροπή της εικόνας επιπέδων του γκρίζου σε δυαδική ασπρόμαυρη εικόνα

Με την επιλογή κατάλληλου κατώφλιου, έτσι ώστε να διατηρηθεί όλη η χρήσιμη πληροφορία, μετατράπηκε η εικόνα του γκρίζου σε δυαδική ασπρόμαυρη. Όποιο pixel είχε τιμή μικρότερη από το κατώφλι μηδενίστηκε (μαύρο), ενώ όλα τα άλλα θεωρήθηκαν ίσα με τη μονάδα (άσπρο).

3.2.5 Οριοθέτηση στη δυαδική εικόνα του αντικειμένου-ζώου

Σ' αυτή τη φάση απομονώθηκε το προς επεξεργασία ζώο από οτιδήποτε άλλο στην εικόνα. Έχοντας βρει στην φάση της ταυτοποίησης σημεία που ανήκαν στο ζώο και ξεκινώντας από ένα τέτοιο σημείο επιλέχθηκαν όλα τα μη μηδενικά γειτονικά 8-connected σημεία. Αυτή η διαδικασία έγινε και για τα καινούργια σημεία μέχρι που δεν υπήρχαν άλλα τέτοια σημεία. Το σύνολο αυτών των σημείων αποτέλεσε το αντικείμενο-ζώο προς επεξεργασία.

3.2.6 Εξομάλυνση της κάτοψης και εύρεση του κύριου άξονα του ζώου

Στη φάση αυτή εφαρμόστηκαν κυρίως μορφολογικές επεξεργασίες με σκοπό να αντιμετωπιστούν κάποιες αδυναμίες ή/και αρνητικές παρενέργειες των προηγούμενων επεξεργασιών και να εξαχθούν στη συνέχεια κάποιες χρήσιμες πληροφορίες. Καταρχάς στη φάση αυτή αποκαταστάθηκαν κάποια μαύρα pixels, που εμφανίζονται για διάφορους λόγους στο εσωτερικό του αντικειμένου-ζώου, ώστε αυτό να είναι συμπαγές. Έπειτα εφαρμόζοντας διαδοχικά και για τον ίδιο αριθμό φορών πάνω στην εικόνα τις επεξεργασίες «erosion» (διάβρωση) και «dilatation» (διαστολή) εξομαλύνθηκε το περιγράμμα της κάτοψης αφαιρώντας ανεπιθύμητες περιοχές (π.χ. ουρά). Με την επεξεργασία «thinning» (εκλέπτυνση) εκφυλίστηκε το αντικείμενο-ζώο σε μια απλή γραμμή, που με τη χρήση του κριτηρίου των ελαχίστων τετραγώνων μετατράπηκε στην ευθεία-κύριο άξονα του σώματος του ζώου.

3.2.7 Περιστροφή του αντικειμένου-ζώου και αφαίρεση του επάνω τμήματος της κάτοψης

Ο προσδιορισμός του κύριου άξονα του ζώου, επέτρεψε την περιστροφή του ώστε να έλθει στην κατακόρυφη θέση σε σχέση με την εικόνα. Η περιστροφή κρίθηκε απαραίτητη για να διευκολυνθεί η παραπέρα επεξεργασία. Έχοντας φέρει το αντικείμενο-ζώο στην κατακόρυφη θέση και με δεδομένη τη σχετική συμμετρία που παρουσιάζει το σώμα του ως προς τον κύριο άξονα, έγινε η αφαίρεση του λαιμού και του κεφαλιού, ώστε να μείνει τελικά η κάτοψη (K).

3.2.8 Υπολογισμός του εμβαδού της κάτοψης και αναγωγή του σε πραγματικά μεγέθη

Έχοντας την τελική κάτοψη και μετρώντας τα pixels του εσωτερικού και του ορίου, προσδιορίστηκε το εμβαδόν (K_{III}) της. Εφόσον η κάμερα ήταν σε σταθερή θέση και είχαν μετρηθεί οι πραγματικές διαστάσεις του πλέγματος του δαπέδου, ήταν δυνατός ο υπολογισμός του αριθμού των pixels που αντιστοιχούν στα μήκη που μετρήσαμε και κατεπέκταση ο υπολογισμός, για σταθερή απόσταση από την κάμερα, των πραγματικών μεγεθών που αντιστοιχούν στις διαστάσεις ενός pixel. Κατόπιν συνυπολογίζοντας το ύψος του ζώου, εκτιμήθηκε το πραγματικό εμβαδόν της κάτοψης.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Στατιστική επεξεργασία

4.1.1 Σωματομέτρηση χοιριδίων

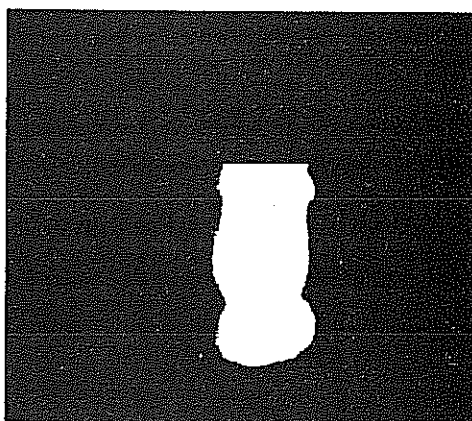
Η σχέση μεταξύ ύψους και βάρους βρέθηκε να είναι: $Y=143 \cdot B^{1/3}$ ($R^2=0.92$). Η βιβλιογραφικά [6] κατοχυρωμένη εξίσωση για χοίρους βάρους 20-100 kg είναι $Y=159 \cdot B^{1/3}$. Η διαφορά κρίνεται φυσιολογική και αναμενόμενη και οφείλεται πιθανόν στο ότι τα χοιρίδια του πειράματός μας ήταν πιο σύγχρονα υβρίδια, είχαν μικρότερη ηλικία και μικρότερο βάρος (9-30 kg).

4.1.2. Επεξεργασία εικόνας

Η αρχική και η τελική φάση της επεξεργασίας εικόνας, όπως εφαρμόστηκαν για το χοιρίδιο με το κίτρινο ενώπιο και για μία εικόνα του στο τέλος της τέταρτης εβδομάδας, φαίνονται στο σχήμα 1 και στο σχήμα 2, αντίστοιχα.



Σχήμα 1. Εικόνα επιπέδων του γκρίζου.



Σχήμα 2. Τελική κάτοψη

Η στατιστική επεξεργασία [7] των δεδομένων του μετρηθέντος βάρους και του (K_{EE}) έδειξε ότι υπάρχει γραμμική σχέση ανάμεσα στο βάρος των χοιριδίων και στο εμβαδόν της κάτοψης. Η εξίσωση που περιγράφει αυτή τη σχέση είναι:

$$K_{EE} = 32.300 + 2.733,37 \cdot B \quad (R^2=0,98) \quad (1)$$

4.1.3 Επεξεργασία φωτογραφιών

Η στατιστική επεξεργασία [7] των μεγεθών του βάρους και του (K_{Φ}) έδειξε επίσης ότι υπάρχει γραμμική σχέση ανάμεσα στο βάρος των χοιριδίων και στο εμβαδόν της κάτοψης. Η εξίσωση που περιγράφει αυτή τη σχέση είναι:

$$K_{\Phi} = 15.128,60 + 3.459,53 \cdot B \quad (R^2=0,97) \quad (2)$$

4.2 Συζήτηση

Με βάση τα δεδομένα από τα οποία προέκυψαν οι τελικές εξισώσεις των δύο μεθοδολογιών μπορούμε, χρησιμοποιώντας το βάρος (B) ως εξαρτημένη μεταβλητή και το εμβαδόν της κάτοψης (K) ως ανεξάρτητη μεταβλητή, να βρούμε και τις αντίστοιχες εξισώσεις που περιγράφουν τη σχέση βάρους-εμβαδού κάτοψης. Έτσι για μεν τη μέθοδο επεξεργασίας εικόνας έχουμε την εξίσωση (3), για δε τα χοιρίδια το βάρος των οποίων εκτιμήθηκε με τη φωτογραφική μέθοδο έχουμε την εξίσωση (4):

$$B_{EE} = -11,041 + 0,000357 \cdot K_{EE} \quad (R^2=0,98) \quad (3)$$

$$B_{\Phi} = -3,753 + 0,000281 \cdot K_{\Phi} \quad (R^2=0,97) \quad (4)$$

Με τις παραπάνω εξισώσεις αφενός μεν μπορούμε να εκτιμήσουμε τα βάρη των χοιριδίων, αφετέρου δε να ελέγξουμε το κατά πόσο διαφέρουν από τα πραγματικά. Το μέσο σχετικό σφάλμα στην εκτίμηση του βάρους των χοίρων με την τεχνική επεξεργασία εικόνας ήταν $0,0478 \pm 0,0056$, ενώ με τη φωτογραφική μέθοδο $0,0475 \pm 0,0089$. Ουσιαστικά δηλαδή ενώ οι δύο μέθοδοι έδωσαν τα ίδια αποτελέσματα, η διαφορά των τυπικών σφαλμάτων υποδεικνύει ότι η εκτίμηση του βάρους των χοιριδίων με τεχνική της επεξεργασίας εικόνας είναι πιο αξιόπιστη. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η διαδικασία λήψης των εικόνων με την κάμερα γινόταν κάτω από πιο σταθερές συνθήκες (π.χ. ύψος και γωνία λήψης εικόνων, αυτόματη οριοθέτηση της κάτοψης αντί για οριοθέτηση από το χρήστη, κ.ο.κ).

Η διαφορά 4,78% που αφορά στην τεχνική επεξεργασίας εικόνας πρέπει να θεωρηθεί πολύ ικανοποιητική και κοντά στα βιβλιογραφικά δεδομένα [1,2,4], εάν ληφθούν υπόψη οι δυσκολίες που υπάρχουν στα πειράματα πλήρους κλίμακας και στα εγγενή προβλήματα αυτόματης ταυτοποίησης ομαδικά στεγασμένων χοιριδίων. Όμως, υποδεικνύει επίσης ότι υπάρχουν ακόμα αρκετά τεχνικά και πρακτικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν πριν από το στάδιο της εμπορικής εφαρμογής της μεθοδολογίας (τροποποιημένης) στην καθημερινή χοιροτροφική πρακτική. Ακόμα, η διαφορά 4,75% που αφορά στη μέθοδο επεξεργασίας των φωτογραφιών είναι ενθαρρυντική, αφού με μικρές παρεμβάσεις στον τρόπο λήψης των φωτογραφιών η ακρίβεια εκτίμησης του βάρους των χοίρων μπορεί να βελτιωθεί. Η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου είχε καθαρά ερευνητικό χαρακτήρα συμβάλλοντας στην επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη μέθοδο της επεξεργασίας εικόνων κάτω από πραγματικές συνθήκες χοιροτροφικής εκτροφής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι είναι δυνατή η με αρκετά καλή ακρίβεια, και επιδεχόμενης βελτίωσης εκτίμηση του βάρους των χοιριδίων με χρήση τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Δείχθηκε επίσης ότι η εκτίμηση αυτή μπορεί να διεξαχθεί ακόμη και σε πραγματικές συνθήκες
2. Μεσοπρόθεσμα είναι δυνατή η ανάπτυξη ενός βελτιωμένου συστήματος που θα δίνει ακριβέστερες εκτιμήσεις με ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων του χειριστή του όλου συστήματος.

Ευχαριστίες: Οι συγγραφείς ευχαριστούν τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας για τη χρηματοδότηση αυτού του έργου στα πλαίσια του ΠΕΝΕΔ-95.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Schofield, C. P., 1990. Evaluation of image analysis as a means of estimating the weight of pigs. *J. agric. Engng Res.* 47, 287-296.
2. Schofield, C. P. 1993. Image analysis for non-intrusive weight and activity monitoring of live pigs. *Proc. Livestock Environment IV*. ASAE, St. Joseph, MI 49085.
3. Schofield, C. P. and Marchant, J. A., 1996. Measuring the size and shape of pigs using image analysis. Paper 96G-035. *In: AgEng 96*, Madrid.
4. Brandl, N. and Jorgensen, E., 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture.* 15, 57-72.
5. Nienaber, J. A., McDonald, T. P., Hahn, G. L. and Chen, Y. R., 1990. Eating dynamics of growing-finishing swine. *Transactions of the ASAE.* 33(6), 2011-2018.
6. Baxter, S., 1984. *Intensive Pig Production: Environmental Management and Design*. Granada, London.
7. StatSoft, 1994. *Statistica*, Tulsa, OK.

ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

**Φ. Ν. Κουμπουλής* , Μ. Γ. Σκαρπέτης*,
Π. Γιαγλάρας** και Κ. Κίττας****

*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πεδίον Άρεως Βόλος, Ελλάδα, e-mails: fkoumb@mie.uth.gr, miskarpe@mie.uth.gr

**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής,
Πεδίον Άρεως, Βόλος, Ελλάδα, e-mails: ckittas@uth.gr, panos@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτήν την εργασία μελετάται το πρόβλημα του ελέγχου θερμοκρασίας (ή υγρασίας) σε κατανεμημένα γεωργικά συστήματα με αλληλεπίδραση και επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά θα μπορούσαν να είναι γεωργικά κτίρια με πολλαπλά δωμάτια. Τα συστήματα αυτά περιέχουν κατανεμημένους ενεργοποιητές (θερμαντήρες, ξηραντήρες-υγραντήρες). Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την τεχνική της αποσύνδεσης εισόδων-εξόδων. Η παρούσα τεχνική παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα αφού μετατρέπει την πολυμεταβλητή διεργασία σε πολλές μονομεταβλητές διεργασίες και η ευστάθεια του συστήματος κλειστού βρόχου μειώνει δραστικά την επίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος στις επιμέρους μονάδες.

MULTIVARIABLE HUMIDITY AND TEMPERATURE CONTROL FOR AGRICULTURAL BUILDINGS

**F. N. Koumboulis* , M. G. Skarpetis*,
P. Giaglaras** and K. Kittas****

*Department of Mech. and Ind. Eng., University of Thessaly,
Pedion Areos, Volos, GREECE, e-mails: fkoumb@mie.uth.gr, miskarpe@mie.uth.gr

**School of Agriculture, Crop & Animal Production, University of Thessaly,
Pedion Areos, Volos, GREECE, e-mails: ckittas@uth.gr, panos@uth.gr

ABSTRACT

The problem of controlling the temperature (and/or the humidity) of multichamber agricultural buildings, is studied. The thermal (or drying) actuators are distributed to the chambers, while the desired climate is in general different for each chamber. The climate characteristics of the chambers are influenced each other, while they are also influenced from the environment. The problem is treated using the input-output decoupling technique with simultaneous stabilization, via dynamic controllers.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόβλημα του ελέγχου του κλιματισμού γεωργικών κτιρίων έχει προσελκύσει αρκετό ενδιαφέρον (βλ. π.χ. [2-4]). Σε κατανεμημένα γεωργικά συστήματα με θερμική αλληλεπίδραση και επίδραση υγρασίας και θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και με κατανεμημένους ενεργοποιητές (θερμαντήρες, ξηραντήρες-υγραντήρες), το πρόβλημα του ελέγχου παρουσιάζει εξαιρετική πολυπλοκότητα. Τέτοιου είδους κατανεμημένα συστήματα συναντώνται συνήθως σε θερμοκήπια με επιμέρους δωμάτια στα οποία η απαιτούνται συνήθως τα ίδια επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας με διαφορετικές διαταραχές από το εξωτερικό περιβάλλον για κάθε δωμάτιο (π.χ. διαφορετική απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω θέσης) [βλ. [5]].

Το πρόβλημα του ελέγχου σε τέτοια συστήματα εντάσσεται στα πλαίσια της βελτίωσης του εξοπλισμού του θερμοκηπίου (βλ. [6]) και ειδικότερα στην εφαρμογή κατάλληλου υλικού και λογισμικού. Το λογισμικό αναφέρεται σε ειδικές αποφάσεις που σχετίζονται με την αποδοτικότερη απόδοση των ενεργοποιητών σε σχέση με την όλη διεργασία. Ο στόχος είναι η βελτίωση της απόδοσης συνήθως χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οικονομικά κριτήρια. Ο λόγος για αυτό είναι το χαμηλό κόστος των σύγχρονων υπολογιστικών μονάδων ελέγχου (βλ. [1]). Σημειώνεται ότι στις συγκεκριμένες διεργασίες οι μεταβλητές απόδοσης ταυτίζονται με τις μετρούμενες μεταβλητές. Οι παραδοσιακές τεχνικές ελέγχου σε τέτοιου είδους διεργασίες είναι κυρίως αποσυγκεντρωμένου τύπου. Δηλαδή, οι ελεγκτές σχεδιάζονται με βάση κάθε χωριστό δωμάτιο του κατανεμημένου συστήματος και χρησιμοποιούν μετρήσεις από το συγκεκριμένο δωμάτιο.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια τεχνική πολυμεταβλητού ελέγχου και ειδικότερα αυτή της αποσυζεύξης εισόδων-εξόδων με ταυτόχρονη ευσταθειοποίηση σε περιοχή. Η τεχνική στηρίζεται σε γραμμικοποιημένο μοντέλο που προκύπτει από αποτελέσματα ταυτοποίησης. Η παρούσα τεχνική παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα: α) η πολυμεταβλητή διεργασία ανάγεται σε πολλές μονομεταβλητές διεργασίες β) κάθε εξωτερική είσοδος του συστήματος επηρεάζει μόνο μια έξοδο της διεργασίας και αντίστροφα μια έξοδο της διεργασίας επηρεάζεται από μια μόνο είσοδο της διεργασίας γ) η ευστάθεια του συστήματος κλειστού βρόχου μειώνει δραστικά την επίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος στις επιμέρους μονάδες.

2. ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Σε αυτήν την ενότητα εξετάζεται η δομή του μοντέλου και μελετάται το πρόβλημα του ελέγχου της θερμοκρασίας (ή της υγρασίας) n γεωργικών μονάδων τα οποία είναι συνδεδεμένα σε σειρά (βλ Σχήμα 1). Επειδή η θερμοκρασία της μιας γεωργικής μονάδας επηρεάζει την θερμοκρασία της άλλης (πολυμεταβλητό σύστημα) το πρόβλημα του ελέγχου είναι πολύπλοκο. Είναι επιθυμητό να εφαρμοστεί ένας νόμος ελέγχου που θα αποσυζεύγει το πολυμεταβλητό σύστημα σε αντίστοιχα μονομεταβλητά συστήματα. Τα συστήματα αυτά μπορούν να ελεγχθούν με απλές τεχνικές ελέγχου.

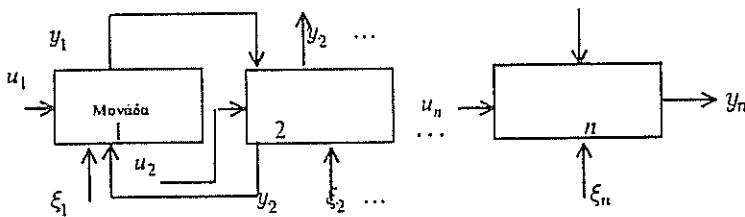
Το μοντέλο ενός τέτοιου συστήματος αλληλεπίδρασης είναι ισχυρά μη γραμμικό. Συνήθως βρίσκεται σε μια κατάσταση ισορροπίας και παρουσιάζει απολκίσεις γύρω από αυτήν. Έτσι προκύπτει ένα γραμμικοποιημένο μοντέλο το οποίο μετά από διακριτοποίηση μπορεί να έχει την ακόλουθη δομή

$$\begin{aligned}
A_n(q)y_n(k) &= B_n(q)u_n(k) + D_n(q)[y_n(k) - y_{n-1}(k)] + \xi_n(k) \\
A_{n-1}(q)y_{n-1}(k) &= B_{n-1}(q)u_{n-1}(k) + D_{n-1}(q)[y_{n-1}(k) - y_{n-2}(k)] + \\
&\quad E_{n-1}(q)[y_{n-1}(k) - y_n(k)] + \xi_{n-1}(k) \\
&\vdots \\
A_2(q)y_2(k) &= B_2(q)u_2(k) + D_2(q)[y_2(k) - y_1(k)] + E_2(q)[y_2(k) - y_3(k)] + \xi_2(k) \\
A_1(q)y_1(k) &= B_1(q)u_1(k) + E_2(q)[y_1(k) - y_2(k)] + \xi_1(k)
\end{aligned}
\tag{1}$$

όπου $y_i(k)$ συμβολίζει την θερμοκρασία (ή την υγρασία) της i -οστής γεωργικής μονάδας, $\xi_i(k)$ συμβολίζει εξωτερικές διαταραχές θερμοκρασίας (ή υγρασίας). Οι A_i, B_i, E_i, D_i είναι πολυώνυμα του τελεστή προήγησης q και προσδιορίζουν την αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας ή της υγρασίας μεταξύ των γεωργικών μονάδων. Όπως είναι φανερό από τις παραπάνω εξισώσεις η θερμοκρασία (ή υγρασία) της i -οστής γεωργικής μονάδας εξαρτάται από τις θερμοκρασίες (ή δείκτες υγρασίας) της $(i-1)$ -οστής και $(i+1)$ -οστής μονάδας καθώς ακόμη από την επίδραση ενός θερμαντήρα (ή ξηραντήρα/υγραντήρα) καθώς ακόμη από τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος (π.χ. για την θερμοκρασία η συναγωγή στα εξωτερικά τοιχώματα). Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται η δομή ενός συστήματος δωματίων συνδεδεμένα το ένα με το άλλο σε σειρά



Η συστημική δομή της παραπάνω διάταξης παρουσιάζεται στο ακόλουθο χονδρικό διάγραμμα.



Σχήμα 1. Χονδρικό διάγραμμα συνδεδεμένων δωματίων

Ο σχεδιαστικός στόχος ελέγχου είναι το πολυμεταβλητό σύστημα (1) να μετατραπεί σε n -μονομεταβλητά συστήματα. Ο νόμος ελέγχου που προτείνεται είναι της μορφής [1]

$$\begin{aligned}
u_i(k) &= [B_i(q)]^{-1} \{-D_i(q)[y_i(k) - y_{i-1}(k)] - E_i(q)[y_i(k) - y_{i+1}(k)] + G_i(q)\Omega_i(k)\}, i = n, 1 \\
u_1(k) &= [B_1(q)]^{-1} \{-E_1(q)[y_1(k) - y_2(k)] + G_1(q)\Omega_1(k)\} \\
u_n(k) &= [B_n(q)]^{-1} \{-D_n(q)[y_n(k) - y_{n-1}(k)] + G_n(q)\Omega_n(k)\}
\end{aligned} \tag{2}$$

όπου $\Omega_i(k)$ είναι η εξωτερική είσοδος. Εφαρμόζοντας το νόμο ελέγχου (2) στο σύστημα ανοικτού βρόχου (1) λαμβάνεται η ακόλουθη μορφή του συστήματος κλειστού βρόχου

$$A_i(q)y_i(k) = G_i(q)\Omega_i(k) + \xi_i(k), i = 1, \dots, n, k \geq 0 \tag{3}$$

όπως είναι φανερό ο σχεδιαστικός στόχος της αποσύζευξης εισόδων-εξόδων έχει επιτευχθεί.

Για να είναι υλοποιήσιμος ο νόμος ελέγχου θα πρέπει ο νόμος ελέγχου να είναι αιτιατός. Η συνθήκη για να είναι ο νόμος ελέγχου αιτιατός είναι η ακόλουθη

$$\deg[B_i(q)] \geq \deg[D_i(q)]$$

$$\deg[B_i(q)] \geq \deg[E_i(q)]$$

$$\deg[B_i(q)] \geq \deg[G_i(q)]$$

Ενώ για να είναι το σύστημα ανοικτού και κλειστού βρόχου αιτιατό θα πρέπει

$$\deg[A_i(q)] \geq \deg[B_i(q)]$$

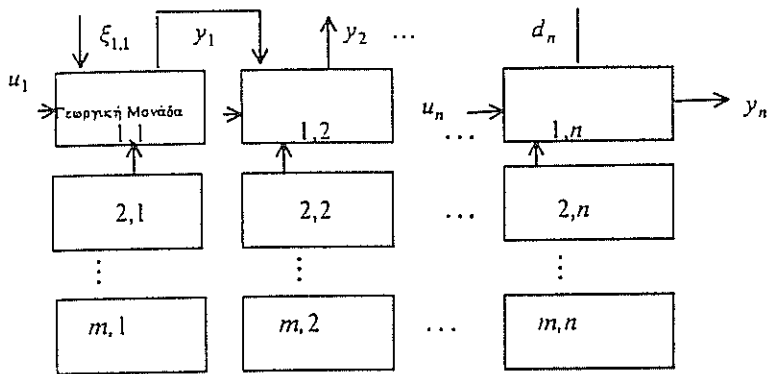
Εφόσον τα συστήματα κλειστού βρόχου είναι μονομεταβλητά, η ευσταθειοποίησή τους μπορεί να εξασφαλιστεί με μία πλειάδα τεχνικών (βλ. [1] και τις αναφορές σε αυτό).

3. ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Οι εξισώσεις διαφορών που χαρακτηρίζουν την θερμοκρασιακή συμπεριφορά ή την συμπεριφορά της υγρασίας των συνδεδεμένων σε ένα επίπεδο γεωργικών μονάδων δίνονται από τον ακόλουθο τύπο

$$\begin{aligned}
A_{i,j}(q)y_{i,j}(k) &= B_{i,j}(q)u_{i,j}(k) + L_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i-1,j}(k)] + \\
R_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i+1,j}(k)] &+ U_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i,j-1}(k)] + \\
D_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i,j+1}(k)] &+ \xi_{i,j}(k) \quad (i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m)
\end{aligned} \tag{4}$$

όπου $y_{i,j}(k)$ συμβολίζει την θερμοκρασία ή την υγρασία της i,j -οστής γεωργικής μονάδας, $\xi_{i,j}(k)$ συμβολίζει εξωτερικές διαταραχές θερμοκρασίας ή υγρασίας. Οι συναρτήσεις $A_{i,j}, B_{i,j}, R_{i,j}, L_{i,j}, U_{i,j}, D_{i,j}$ είναι συναρτήσεις του τελεστή προήγησης q και προσδιορίζουν την αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας ή της υγρασίας μεταξύ των γεωργικών μονάδων. Επίσης οι συναρτήσεις $R_{i,j}, L_{i,j}, U_{i,j}, D_{i,j}$ μηδενίζονται στις γεωργικές μονάδες που δεν έχουν αριστερά, δεξιά, πάνω ή κάτω αντίστοιχα γεωργικές μονάδες (π.χ. για $i=1, j=1$ ισχύει $L_{i,j} = 0, U_{i,j} = 0$).



Σχήμα 2. Σχηματικό διάγραμμα ενός επιπέδου γεωργικών μονάδων

Ο σχεδιαστικός στόχος ελέγχου είναι το πολυμεταβλητό σύστημα (4) να μετατραπεί σε $n \times m$ -μονομεταβλητά συστήματα. Ο νόμος ελέγχου που προτείνεται είναι της μορφής [1]

$$u_{i,j}(k) = -[B_{i,j}(q)]^{-1} \left\{ L_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i-1,j}(k)] + R_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i+1,j}(k)] + U_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i,j-1}(k)] + D_{i,j}(q)[y_{i,j}(k) - y_{i,j+1}(k)] - G_{i,j}(q)\Omega_{i,j}(k) \right\} \quad (5)$$

όπου $\Omega_{i,j}(k)$ είναι η εξωτερική είσοδος i, j . Εφαρμόζοντας το νόμο ελέγχου (5) στο σύστημα ανοικτού βρόχου (4) λαμβάνεται η ακόλουθη μορφή του συστήματος κλειστού βρόχου

$$A_{i,j}(q)y_{i,j}(k) = G_{i,j}(q)\Omega_{i,j}(k) + \xi_{i,j}(k) \quad (i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, m, \quad k \geq 0) \quad (6)$$

οπως είναι φανερό ο σχεδιαστικός στόχος της αποσύζευξης εισόδων-εξόδων έχει επιτευχθεί.

Για να είναι υλοποιήσιμος ο νόμος ελέγχου θα πρέπει ο νόμος ελέγχου να είναι αιτιατός. Η συνθήκη για να είναι ο νόμος ελέγχου αιτιατός είναι η ακόλουθη

$$\deg[B_{i,j}(q)] \geq \deg[L_{i,j}(q)]$$

$$\deg[B_{i,j}(q)] \geq \deg[R_{i,j}(q)]$$

$$\deg[B_{i,j}(q)] \geq \deg[U_{i,j}(q)]$$

$$\deg[B_{i,j}(q)] \geq \deg[D_{i,j}(q)]$$

$$\deg[B_{i,j}(q)] \geq \deg[G_{i,j}(q)]$$

Ενώ για να είναι το σύστημα ανοικτού και κλειστού βρόχου αιτιατό θα πρέπει

$$\deg[A_{i,j}(q)] \geq \deg[B_{i,j}(q)]$$

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία προτάθηκε η τεχνική της αποσύζευξης εισόδων εξόδων για διακριτά πολυμεταβλητά συστήματα γεωργικών εφαρμογών. Με την τεχνική της αποσύζευξης ο έλεγχος της θερμοκρασίας (ή της υγρασίας) των γεωργικών μονάδων (γεωργικά κτίρια με πολλά αλληλεπιδρόντα δωμάτια) μπορεί να αναχθεί στο αντίστοιχο πρόβλημα για μη αλληλεπιδρόντα δωμάτια. Η ίδια τεχνική ελέγχου μπορεί να εφαρμοστεί και σε γεωργικά κτίρια πολλών ορόφων με τρισδιάστατη αλληλεπίδραση.

Σε επόμενες μελέτες απαραίτητο είναι να εξαχθούν πειραματικά (ταυτοποίηση) και αιτιοκρατικά (φυσικοί νόμοι) μοντέλα για το πολυμεταβλητό σύστημα που περιγράφει αλληλεπιδρόντα δωμάτια θερμοκηπίων και να προκύψουν αποτελέσματα με εφαρμογή σε εργαστηριακή ή αληθινή διάταξη.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φ. Ν. Κουμπουλής, **Βιομηχανικός Έλεγχος**, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα 1999.
- [2] P. Young, L. Price, D. Bercksmans and K. Janssens "Recent Developments in the modelling and control of climate and ventilation in agricultural buildings", *Proc. of 1st IFAC Workshop on Control Applications and Ergonomics in Agriculture*, pp. 3-10, Athens, Greece, 1998.
- [3] P. C. Young, M.J. Lees, A. Chotai, W. Tych and Z. Chalabi, "Modelling and PID control of a glasshouse microclimate", *Control Eng. Practice*, Vol. 2, pp. 591-604, 1994.
- [4] T.S. Norris, B. J. Bailey, M.J. Lees and P. C. Young, "Design of a controller ventilation open-top chamber for climate change research", *Journal Agric. Eng. Research*, Vol. 64, pp. 279-288, 1996.
- [5] J. J. Hanan, F. A. Coker and K.L. Goldsberry, "A climate control for greenhouse research", *HortScience*, vol. 22, pp. 704-708, 1987.
- [6] A. Baille, "L' aide a la decision dans la gestion du climat sous serre: De nouvelles prespectives", *P.H.M.-Revue Horticole*, no. 315, pp. 5156, 1991.