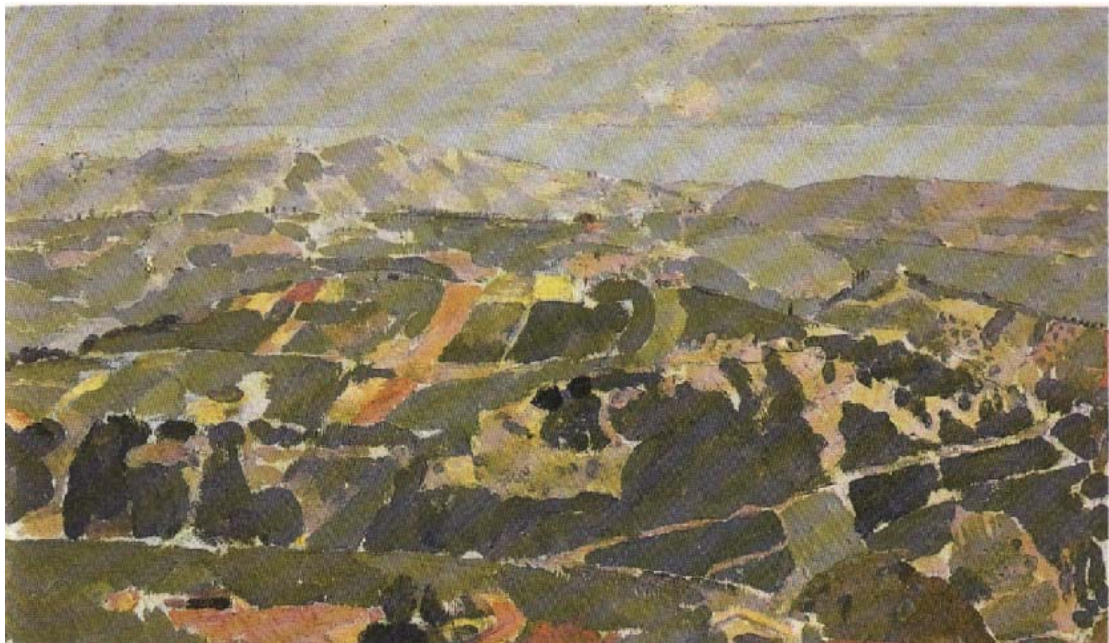


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ**



**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΞΗΡΑΝΘΗΡΙΟΥ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΗΣ ΣΤΑΦΙΔΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΙΓΙΟΥ**

Βασίλειος Σταματόπουλος του Αθανασίου

ΠΑΤΡΑ 2006

Η παρούσα μελέτη αποτελεί την Διπλωματική μου Εργασία, στα πλαίσια των σπουδών μου στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες του Πανεπιστημίου Πατρών.

Επιβλέπων της εργασίας αυτής είναι ο καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών Παναγιώτης Γιαννούλης..

Την τριμελή εξεταστική επιτροπή αποτελούν, εκτός του κ. Γιαννούλη, ο επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Φυσικής, Αργυρίου Αθανάσιος και ο καθηγητής του Τμήματος Μαθηματικών, Καφούσιος Νικόλαος.

Το εξώφυλλο είναι έργο του Αιγιώτη ζωγράφου Πάνου Φειδάκη, με τίτλο «Τοπίο της Αιγιαλείας»

«..... τα καλοκαίρια πηγαίναμε πάνω στο χωριό για τη σταφίδα και μου άρεσαν αυτές οι εικόνες από ψηλά. Έχω κάνει αρκετά έργα με τέτοιο θέμα. Γενικά μου αρέσει η όψη των πραγμάτων από ψηλά...».

+ Πάνος Φειδάκης, πριν ανέβει «ψηλά».

Από αφιέρωμα της NET στη μνήμη του.

ΜΙΚΡΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Την άνοιξη του 2001, στο τέλος μιας ετήσιας επιμόρφωσης στο Πανεπιστήμιο Πατρών, στην οποία συμμετείχα ως εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, κατέθεσα στον καθηγητή μου κ. Γιαννούλη Παναγιώτη, μια συγκεκριμένη πρόταση για την ξήρανση της Κορινθιακής Σταφίδας με τη χρήση ενός Έμμεσου Ηλιακού Ξηραντήριου.

Ο κ. Γιαννούλης βρίσκοντας ενδιαφέρουσα την πρότασή μου, με ενθάρρυνε για την υλοποίησή της και με καθοδήγησε σε κρίσιμα θέματα της διαδικασίας.

Μετά την απόκτηση εμπειρίας, με το ξηραντήριο-μοντέλο του καλοκαιριού του 2001, κατασκευάστηκε το επόμενο καλοκαίρι ένα καινούριο, μεγαλύτερο και ικανό να δώσει πληροφορίες σε πραγματική κλίμακα.

Η πειραματική διαδικασία συνεχίστηκε για τέσσερα χρόνια και πάντα με την επίβλεψη και την καθοδήγηση του κ. Γιαννούλη γινόταν αξιολόγηση των δεδομένων, ώστε να σχεδιάζονται τα επόμενα βήματα και οι μεταβολές κάθε χρονιά.

Από το Ακαδημαϊκό έτος 2003-2004 άρχισα στο Πανεπιστήμιο Πατρών, μεταπτυχιακές σπουδές στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες, συνέχισα την πειραματική διαδικασία στα χρόνια 2004 και 2005 και σήμερα, όλη αυτή η προσπάθεια, αποτελεί την διπλωματική μου εργασία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το ανωτέρω ιστορικό με υποχρεώνει να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Γιαννούλη Παναγιώτη, για την επίβλεψη της εργασίας και την καθοδήγησή του στο σύνολο της προσπάθειάς μου, η οποία ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωσή της. Τον ευχαριστώ για τη γνώση που μου πρόσφερε, στα πλαίσια της ιδιότητας του Πανεπιστημιακού Δασκάλου, αλλά και για την πολύτιμη βοήθειά του στην περίοδο που δεν είχα τη φοιτητική ιδιότητα.

Επίσης ευχαριστώ τον επίκουρο καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Αθανάσιο Αργυρίου, για τη βοήθεια που αφειδώς μου παρείχε όταν τη χρειάστηκα και κατά την τελευταία τριετία στο Πανεπιστήμιο Πατρών, αλλά και πριν από αυτήν.

Ευχαριστώ τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Καφούσια Νικόλαο για τη βοήθειά του στο μαθηματικό μέρος της παρούσης εργασίας, αλλά και για το γεγονός ότι με τις παραδόσεις του, μου επανέφερε στην μνήμη κομμάτια των Μαθηματικών, τα οποία στη Μέση Εκπαίδευση ξεχνάμε.

Όλους τους ανωτέρω Πανεπιστημιακούς Δασκάλους μου, ευχαριστώ και για τις σημαντικές παρατηρήσεις και διορθώσεις τους, στη δομή και το κείμενο της παρούσης Εργασίας μου.

Ευχαριστώ επίσης την Παναιγιάλεια Ένωση Συνεταιρισμών για την οικονομική ενίσχυση το καλοκαίρι του 2001.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα, την εμπορική εταιρεία της πόλης του Αιγίου «Προμηθέας» και τον εκπρόσωπό της κ. Σπυρούλια, για τη γενναία οικονομική ενίσχυση το καλοκαίρι του 2002, χωρίς την οποία θα ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθεί το κύριο πειραματικό έργο.

Τέλος, ευχαριστώ τον αδελφό μου Γιάννη, για τη βοήθειά του στην κατασκευή του ξηραντήριου.

Βασίλειος Σταματόπουλος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΗΣ ΣΤΑΦΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΙΓΙΟΥ

Η Κορινθιακή Σταφίδα, ποικιλία της αμπέλου και προϊόν μεγάλης διατροφικής αξίας, άρχισε να καλλιεργείται στη χώρα μας πριν από επτά αιώνες περίπου. Η καλλιέργειά της εντοπίζεται αρχικά στη Βόρεια, Βορειοδυτική και Δυτική Πελοπόννησο, καθώς και σε νησιά του Ιονίου αργότερα, περιοχές στις οποίες καλλιεργείται μέχρι σήμερα.

Η παραγωγή και το εμπόριο της σταφίδας, αποτελούσαν τον κορμό της οικονομίας της χώρας μας, στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα.

Για την περιοχή της Αιγιαλείας, η Κορινθιακή Σταφίδα αποτελεί ακόμη και σήμερα το βασικό αγροτικό προϊόν της, με αποτέλεσμα να καθορίζει την οικονομική ζωή της περιοχής, αλλά και να συμβάλλει στη διαμόρφωση των κοινωνικών και πολιτιστικών χαρακτηριστικών της.

Η ξήρανση της σταφίδας, δηλαδή η μετατροπή του σταφυλιού σε ξηρό καρπό, γίνεται σήμερα με Άμεση Ηλιακή Ξήρανση, δηλαδή με άμεση έκθεση του προϊόντος στην ηλιακή ακτινοβολία. Διαδικασία επίπονη για τους παραγωγούς και χωρίς ιδιαίτερο ποιοτικό αποτέλεσμα για το προϊόν.

Η Έμμεση Ηλιακή Ξήρανση, που προτείνεται από την παρούσα εργασία, διαφέρει από την Άμεση Ηλιακή Ξήρανση, σε δύο βασικά σημεία:

Το προϊόν,

- * δεν εκτίθεται άμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία και
- * δεν απλώνεται απροστάτευτο σε μεγάλη επιφάνεια στο έδαφος.

Συγκεκριμένα:

Με τη βοήθεια ενός ηλιακού συλλέκτη αέρος, συλλέγεται η ηλιακή ενέργεια, μετατρέπεται σε θερμότητα και στη συνέχεια, με τη βοήθεια του φυσικού η εξαναγκασμένου ρεύματος αέρα που δημιουργείται, χρησιμοποιείται για την αποξήρανση της σταφίδας, που βρίσκεται προστατευμένη σε κλειστό χώρο.

Υπολογίστηκε το ποσό της απαιτούμενης για την ξήρανση ενέργειας, η δυνατότητα δέσμευσης αυτής από το συλλέκτη, καθώς και τα χαρακτηριστικά του συλλέκτη και κατασκευάστηκε αρχικά ένα μικρό, πειραματικό μοντέλο ξηραντηρίου, με το οποίο έγιναν οι βασικές αρχικές διαπιστώσεις.

Στην συνέχεια, κατασκευάστηκε ένα μεγαλύτερο με παραγωγική ικανότητα ξηραντήριο, με στόχο να μελετηθεί η διαδικασία ξήρανσης σε πραγματική κλίμακα.

Για πέντε συνεχόμενα χρόνια μετρήθηκαν οι αποδόσεις του συλλέκτη και η αποτελεσματικότητα της διάταξης στη διαδικασία αποξήρανσης του προϊόντος, ενώ κάθε χρόνο με βάσει τις παρατηρήσεις της προηγούμενης χρονιάς, γίνονταν μεταβολές στον τρόπο λειτουργίας του ξηραντηρίου, αλλά και στη γεωμετρία του.

Μελετήθηκε η λειτουργία του συλλέκτη και του χώρου ξήρανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία, καθώς και με φυσική κυκλοφορία και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων σε κάθε περίπτωση.

Το κύριο συμπέρασμα είναι ότι, οι υψηλότερες θερμοκρασίες (κατά $10\text{ }^{\circ}\text{K}$), που ανεπύχθησαν στην περίπτωση της φυσικής κυκλοφορίας αέρα, χωρίς δηλαδή χρήση ανεμιστήρα, οδηγούν σε ταχύτερη ξήρανση, παρά τη μικρότερη παροχή αέρα.

Το αποτέλεσμα αναφορικά με την ποιότητα του αποξηραμένου προϊόντος, είναι άριστο, δεδομένου ότι είναι απαλλαγμένο από τα προβλήματα της έκθεσής του στο έδαφος (μικροβιακό και χημικό φορτίο, καταστροφές, κ.τ.λ.), στο ήλιο (χρώμα, συστατικά) και η ξήρανση του γίνεται με λιγότερη εργασία.

Το κόστος της εγκατάστασης είναι αρχικά μεγαλύτερο από αυτό της άμεσης ηλιακής ξήρανσης, αλλά ο χρόνος ζωής αυτής, σε συνδυασμό με το πολύ μικρότερο κόστος εργασίας ξήρανσης, καθιστούν την Έμμεση Ηλιακή Ξήρανση σε έναν ορίζοντα 10 ετών, πολύ φθηνότερη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΤΑΦΙΔΑ

Γενικά.....	Σελ. 8
ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΗ ΣΤΑΦΙΔΑ:	
Αμπελογραφικός Χαρακτήρας.....	» 9
Ιστορικά στοιχεία.....	» 10
Η σταφίδα σήμερα.....	» 12
Χαρακτήρες ποιότητας ειδών σταφιδοποιίας.....	» 14
Χαρακτήρες ποιότητας σταφίδων.....	» 14
Διαδικασίες παραγωγής.....	» 15
Σταφιδοποίηση σε άλλες χώρες.....	» 16
Διατροφική αξία.....	» 17
Σχόλιο.....	» 18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΞΗΡΑΝΣΗ

Γενικά.....	» 19
Μέθοδοι ξήρανσης.....	» 19
Ηλιακή ξήρανση.....	» 20
Θεωρία ξήρανσης.....	» 20
Πορεία ξήρανσης.....	» 21
Περίοδος σταθερού ρυθμού ξήρανσης.....	» 22
Περίοδος φθίνοντος ρυθμού ξήρανσης.....	» 23
Ξήρανση σταφίδας.....	» 25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Καλοκαίρι 2001.....	» 29
Καλοκαίρι 2002. Κατασκευή παραγωγικού μοντέλου.....	» 31
Καλοκαίρι 2003.....	» 34
Καλοκαίρι 2004.....	» 36
Καλοκαίρι 2005.....	» 37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Περιγραφή.....	» 39
Μελέτη συλλέκτη.....	» 41
Μετρήσεις- αξιολόγηση μοντέλου.....	» 45
Παρατηρήσεις - σχόλια – συμπεράσματα.....	» 50
Υπολογισμός αποθηκευμένης ενέργειας.....	» 52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΧΩΡΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Περιγραφή.....	» 54
Ανεμιστήρας.....	» 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΟΡΕΙΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Εισαγωγή.....	» 57
Ξήρανση 2001.....	» 58
Ξήρανση 2002.....	» 60
Ξήρανση 2003.....	» 63

Ξήρανση 2004.....»	65
Ξήρανση 2005.....»	67
Συνολική εικόνα.....»	68
Ρυθμοί ξήρανσης.....»	70
Ξήρανση στον κατακόρυφο άξονα του ξηραντήριου.....»	72
Μετρήσεις υγρασίας.....»	73
Άλλες μετρήσεις	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Σελ. 75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σελ. 78

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σελ. 79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΤΑΦΙΔΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι ποικιλίες της «Αμπέλου της Οινοφόρου» (*Vitis vinifera*), λόγω της υψηλής γενετικής ετερογένειας, υπερβαίνουν τις 10.000 παγκοσμίως.

Ο αριθμός όμως των ποικιλιών, που καλλιεργούνται για παραγωγή αμπελουργικών προϊόντων, περιορίζεται σε μερικές εκατοντάδες και ομαδοποιούνται με διάφορα κριτήρια.

Με βάση το κριτήριο, «προορισμός χρήσης των προϊόντων», οι ποικιλίες κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες:

- * Επιτραπέζιες,
- * Οινοποιίας,
- * Σταφιδοποιίας,
- * Χυμοποίησης,
- * Κονσερβοποίησης.

Για την κατηγορία της Σταφιδοποιίας, τα κριτήρια είναι πολύ αυστηρά και έτσι, λίγες ποικιλίες είναι κατάλληλες για παραγωγή σταφίδων.

Σταφίδα ονομάζεται το, με κάθε τρόπο, αποξηραμένο προϊόν της αμπέλου.

Διεθνώς ο όρος αυτός αποδίδεται στα αποξηραμένα σταφύλια ορισμένων μόνο ποικιλιών της αμπέλου και συγκεκριμένα:

της **Σουλτανίνας**,
της **Κορινθιακής Σταφίδας**
και του **Μοσχάτου Αλεξανδρείας**.

Το σύνολο των μεθόδων, των τεχνικών και των μέσων που χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, για να μετατραπουν τα σταφύλια σε σταφίδες, συνιστούν την **Σταφιδοποιία [1]**.

Στη χώρα μας σταφιδοποιούνται σταφύλια των δύο πρώτων ποικιλιών.

Θα περιοριστούμε στην Κορινθιακή Σταφίδα τη γνωστή και ως Μαύρη Σταφίδα, όνομα που προκύπτει με βάση το χρώμα της στο στάδιο της ωρίμανσης.

ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΗ ΣΤΑΦΙΔΑ

ΑΜΠΕΛΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ



Φ.1.1. Φυτό Κορινθιακής Σταφίδας, με σταφύλια σχεδόν ώριμα.

Η Κορινθιακή Σταφίδα ως νεαρό φυτό, έχει χρώμα τεφροπράσινο με ερυθρά παρυφή καλυμμένη με βαμβακώδες χνούδι.

Το φύλλο είναι μάλλον μεγάλου μεγέθους, σχήματος κυκλικού προς σφηνοειδές, συνήθως πεντάκολλο, με έλασμα παχύ, βαθυπράσινου χρώματος με οδόντες σε δύο σειρές και νευρώσεις κιτρινοπράσινου χρώματος, με την άνω επιφάνεια λεία και την κάτω με βαμβακώδες χνούδι.

Το σταφύλι είναι μετρίου μεγέθους, κυλινδρικό, συνήθως διπλό και πυκνόραγο.

Το μέσο βάρος του σταφυλιού είναι περίπου 200 gr .

Οι ράγες αποτελούν το 98% του ολικού βάρους του σταφυλιού, αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο άλλων ποικιλιών της αμπέλου.

Η ράγα είναι μικρή, σφαιρική και σε ποσοστό περίπου 98%, χωρίς κουκούτσι (αγίγαρτη). Οι εγίγαρτες ράγες και αυτές μεγάλης διαμέτρου, θεωρούνται κακής ποιότητας προϊόν.

Η ωρίμανση αρχίζει από τις αρχές Αυγούστου στα πεδινά και φτάνει μέχρι τα τέλη Σεπτεμβρίου στα ορεινά.

Η Κορινθιακή Σταφίδα ευδοκίμει σε εδάφη ελαφρά, καλώς στραγγιζόμενα, έστω και χαλικώδη, όπου έχει τις μεγαλύτερες αποδόσεις.

Είναι καλλιέργεια ευαίσθητη στα παθογόνα (περονόσπορο, οίδιο, ίσκα, ευδεμίδα) και γι αυτό απαιτεί ιδιαίτερο κόπο [3],[4].

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η καλλιέργεια της Κορινθιακής Σταφίδας στη χώρα μας, πρέπει να άρχισε πριν τον 14^ο αιώνα, καθότι υπάρχει ιστορική αναφορά, από τον Pegalotti στο δημοσίευμα «Prattica della mercatura», για ύπαρξη και εμπορία αυτής στον Ελλαδικό χώρο το 1340.

Κατά το τέλος της περιόδου της Φραγκοκρατίας (1389), ακμάζει η καλλιέργεια Κορινθιακής Σταφίδας και το προϊόν φτάνει στην αγορά του Λονδίνου, μέσω Ενετών εμπόρων.

Τον 15^ο αιώνα η σταφίδα αποτελεί αναγνωρισμένο είδος εμπορίας στην Ευρώπη, η δε καλλιέργειά της εντοπίζεται αρχικά στην Βόρεια, Βορειοδυτική, και Δυτική Πελοπόννησο και αργότερα στα Ιόνια νησιά, κυρίως στην Ζάκυνθο, περιοχές στις οποίες εξακολουθεί να καλλιεργείται μέχρι και σήμερα [11].

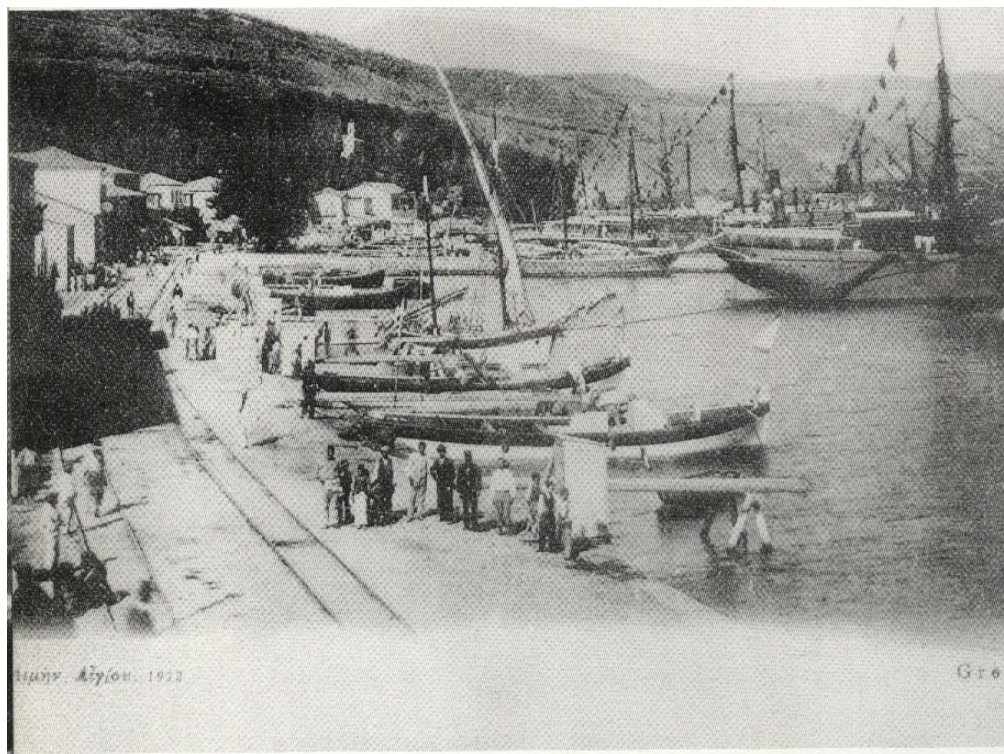
Την Κορινθιακή Σταφίδα γνώρισε πρώτος στην επιστήμη ο Γάλλος βοτανικός του 16^{ου} αιώνα, Bauhin J.G. με το όνομα «Vitis corinthiaca sive arygrea» [3].

Μετά την απελευθέρωση της χώρας, συνεχίστηκε με ταχύτερους ρυθμούς η επέκταση της καλλιέργειας, με δεδομένη την μεγάλη ζήτηση του προϊόντος στις Ευρωπαϊκές χώρες και κυρίως στην Αγγλία.

Στην περίοδο 1870-1890, λόγω της Φυλλοξηρικής εισβολής στην Γαλλία, δημιουργείται για τη σταφίδα μία καινούρια αυξημένη ζήτηση, για παραγωγή κρασιού. Κρασιού κατά τεκμήριο δεύτερης ποιότητας (ξηροσταφιδίτης οίνος) [12].

Αυτό αύξησε τις καλλιεργούμενες εκτάσεις, οι οποίες το 1939 έφτασαν να γίνουν 620.000 στρέμματα, και βέβαια την παραγωγή.

Με αυτά τα δεδομένα και τις συγκυρίες, η σταφίδα αποτελούσε το κύριο έσοδο για την οικονομία της χώρας μας (75% των εξαγωγών) και ως σταφιδοπαραγωγός χώρα ήταν γνωστή η χώρα μας στην Ευρώπη.



Φ.1.2. Το λιμάνι του Αιγίου στα 1912 γεμάτο κίνηση και ζωή, λόγω της σταφίδας [9]

Η καλλιέργεια της σταφίδας διαμόρφωσε τον οικονομικό και κοινωνικό ιστό των σταφιδοπαραγωγών περιοχών, το δε εμπόριο αυτής, ακόμη και τον πολιτικό χάρτη της χώρας, λόγω της δύναμης που απέκτησαν οι οικογένειες των εμπόρων.

(Ιστορία Ελληνικού Έθνους, Εκδοτική Αθηνών, τόμος ΙΔ, σελ. 65, «Σταφιδικό ζήτημα»)[10].

Μετά την αποκατάσταση όμως των Γαλλικών αμπελώνων και το κλείσιμο της Γαλλικής αγοράς, σε συνδυασμό με γενικότερη κρίση στην υπόλοιπη αγορά που είχε ήδη ξεκινήσει, ξεσπά πλέον η κρίση στη σταφίδα, που απετέλεσε μία από τις σημαντικότερες οικονομικές κρίσεις του Ελληνικού κράτους μέχρι σήμερα και είναι γνωστή με το όνομα «Σταφιδικό Ζήτημα».

Είναι φανερό ότι η καταστροφή των Γαλλικών αμπελώνων απλά μετέθεσε για λίγο την κρίση, δημιουργώντας παράλληλα κακή φήμη για το Ελληνικό Κρασί, λόγω του «ξηροσταφιδίτη οίνου».

Η πολιτεία μετά την κρίση, προσπάθησε να στηρίξει τη σταφίδα με ποικίλους τρόπους (καθορισμός τιμής ασφαλείας, επιδοτήσεις κτλ), αλλά το αποτέλεσμα σήμερα δεν είναι ιδιαίτερα θετικό, όσον αφορά το μερίδιό της στην αγορά καθώς και την τιμή του παραγωγού.

Η ΣΤΑΦΙΔΑ ΣΗΜΕΡΑ

Σήμερα πολλά έχουν αλλάξει στον παραγωγικό και οικονομικό χάρτη της χώρας. Η Ελλάδα, όπως όφειλε, έπαψε πλέον να είναι χώρα με ένα εξαγωγίμο προϊόν, ενώ ταυτόχρονα ανέπτυξε και άλλους παραγωγικούς τομείς, πέραν του πρωτογενούς.

Έγινε προσπάθεια να επεκταθεί η καλλιέργεια της Κορινθιακής Σταφίδας και σε άλλες περιοχές στην Ελλάδα, αλλά και σε άλλες χώρες. Τελικά αυτή δεν ευδοκίμησε, με την έννοια να δώσει προϊόντα ποιότητας, με αποτέλεσμα σήμερα η χώρα μας να εξακολουθεί να παράγει το 80-90% της παγκόσμιας παραγωγής. Οι χώρες που συμπληρώνουν το προηγούμενο ποσοστό είναι η Αυστραλία (5-7χιλ τόνοι), η Νότια Αφρική και λιγότερο οι ΗΠΑ (Καλιφόρνια). Οι εκτάσεις και η παραγωγή είναι σήμερα μικρότερες.

Κατά συνέπεια μπορούμε να πούμε ότι η Κορινθιακή Σταφίδα αποτελεί μονοπωλιακό προϊόν για τη χώρα μας και το γεγονός αυτό αυξάνει τις ευθύνες και τις υποχρεώσεις για τη συνέχεια της καλλιέργειας αυτής, όχι τόσο για την ιστορία του προϊόντος, αλλά για τη διατροφική του αξία.

Στον πίνακα που ακολουθεί υπάρχουν στοιχεία για την καλλιέργεια της Κορινθιακής Σταφίδας τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας.

Π.1.1. Καλλιεργούμενες εκτάσεις και παραγωγή Κορινθιακής Σταφίδας.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ ΤΟ 96	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟ 2000(tn)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟ 2001(tn)
Αιγιάλεια	43.223	11.204	9.483
Κορινθία	39.240	7.716	8.161
Πάτρα	3.472	680	628
Ζάκυνθος	19.500	4.313	4.610
Κεφαλληνία	1.070	173	155
Ηλεία	34.471	7.942	7.463
Μεσσηνία	41.950	8.982	7.373
ΣΥΝΟΛΟ	182.926	41.010	37.873

Ο επόμενος πίνακας αναφέρεται στην εξαγωγική δραστηριότητα κατά τα έτη 2002-2003 και 2003-2004.

Π.1.2. Εξαγωγές Κορινθιακής Σταφίδας και χώρες προορισμού [8].

ΕΞΑΓΩΓΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ 01/09/03 ΕΩΣ 31/08/04				
ΣΤΑΦΙΔΙΚΑ ΕΤΗ ⇒	2003/2004		2002/2003	
	01/08/04-31/08/04	01/09/03-31/08/04	01/08/03-31/08/03	01/09/02-31/08/03
ΧΩΡΑ	ΚΙΛΑ	ΚΙΛΑ	ΚΙΛΑ	ΚΙΛΑ
Αγγλία	1.227.168	13.540.930	460.930	11.913.958
Αυστραλία		2.255.650		995.625
Γαλλία	25.750	609.080	17.550	583.930
Γερμανία	34.625	1.437.120	155.580	921.635
Ιταλία		448.637	40.800	419.506
Καναδάς	20.000	477.236		16.250
Νέα Ζηλανδία	20.000	340.000		80.000
Ολλανδία	176.938	4.984.472	-5.906	4.945.154
Τουρκία	76.000	395.463	38.750	391.463
Διάφορες Χώρες	29.760	937.149	20.000	644.649
Ελλάδα	25.379	1.488.231	-30.457	604.132
ΣΥΝΟΛΑ	1.635.620	26.913.968	697.247	21.516.302

Από στοιχεία για τα έτη από 1997 έως 2001 προκύπτει ότι, η μέση παραγωγή σε αυτό το χρονικό διάστημα, είναι 40951 τόνοι, περίπου ίση με την παραγωγή του 2000, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα Π.1.1.

Από το σύνολο της παραγωγής για το ανωτέρω διάστημα, 10-11 χιλ. τόνοι, δηλαδή ποσοστό 26,5% παράγεται στην ημιορεινή και ορεινή Αιγιάλεια.

Η παραγόμενη στην Αιγιάλεια Σταφίδα, υπερέχει ποιοτικά των υπολοίπων, γεγονός που είναι γνωστό, πιστοποιείται δε και κατοχυρώνεται στην χώρα μας και στην Ευρωπαϊκή Ένωση με Ονομασία Προελεύσεως Ανωτέρας Ποιότητας με τον τίτλο «**VOSTIZZA**» (όνομα του Αγίου Σλαβικής ρίζας την περίοδο της Επανάστασης του 1821).

Το γεγονός αυτό θα πρέπει να σχετίζεται, με τη θέση της Αιγιαλείας και ίσως το μικροκλίμα της περιοχής. Ο βόρειος προσανατολισμός των πλαγιών της, λόγω του Κορινθιακού Κόλπου, πάνω στον άξονα των κεντρικών οροσειρών της χώρας μας, δημιουργούν σύμφωνα με τους ειδικούς, ιδανικές συνθήκες για αμπελοκαλλιέργεια. Επίσης σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι διαδικασίες ξήρανσης που εφαρμόζονταν τουλάχιστον στο παρελθόν.



Φ.1.3. Σταφίδα και Αίγιο-Αιγιάλεια είχαν και έχουν ιδιαίτερη σχέση.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΙΔΩΝ ΣΤΑΦΙΔΟΠΟΙΑΣ

Όπως ανεφέρθη προηγουμένως, από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες αμπέλου, αυτές της Σταφιδοποίας είναι πολύ λίγες. Αυτό διότι σε κάποια ποικιλία, πρέπει να συνυπάρχουν μια σειρά από κριτήρια και χαρακτηριστικά, για να μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία αυτή. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα ακόλουθα [1].

Απουσία γιγάρτων: Η απυρηνία είναι χαρακτηριστική ιδιότητα της ποικιλίας και συνδέεται άμεσα με το μέγεθος της ράγας και μάλιστα υπάρχει αναλογία μεταξύ του μεγέθους της ράγας και του πλήθους των γιγάρτων. Το ποσοστό των εγγιγάρτων ραγών είναι συνάρτηση των εδαφοκλιματικών συνθηκών και των καλλιεργητικών επεμβάσεων.

Πρωιμότητα ωρίμανσης: Σημαντική ιδιότητα κυρίως για την εφαρμογή φυσικών μεθόδων ξήρανσης και αποφυγή των φθινοπωρινών βροχών. Η αύξηση της ζωηρότητας των πρέμων (φυτών της αμπέλου) και το ύψος του φορτίου (ποσότητα παραγωγής), επιδρούν αρνητικά στην ωρίμανση της παραγωγής.

Ευχέρεια αφυδάτωσης: Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως υφή, δομή και πάχος φλοιού ράγας, ποσότητα του επιδερμικού κηρού και όγκος της ράγας. Η ιδιότητα αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της σταφίδας και ειδικά στο χρώμα.

Μέγεθος ράγας: Το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάζει σχεδόν όλα τα άλλα και υπάρχουν αρκετές παρεμβάσεις καλλιεργητικές που μπορούν να το αυξήσουν ή να το μειώσουν (χαραγή, φορτίο, λίπανση κτλ).

Ελαστικότητα, συγκολλητικότητα: Η Κορινθιακή Σταφίδα και η Σουλτανίνα είναι περισσότερο ελαστικές και συγκολλούνται σε μικρότερο βαθμό από τις άλλες. Η ελαστικότητα κυρίως επηρεάζεται από το βαθμό ωρίμανσης των σταφυλιών κατά τον τρύγο και τη μέθοδο ξήρανσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΦΙΔΩΝ

Είναι φανερό ότι η ποιότητα των παραγομένων σταφίδων, έχει άμεση σχέση με την ποιότητα των σταφυλιών της συγκεκριμένης ποικιλίας.

Σημαντική επίδραση όμως έχουν και η μέθοδος ξήρανσης, οι καιρικές συνθήκες κατά την ξήρανση, οι χειρισμοί κατά τα στάδια της βιομηχανικής επεξεργασίας καθώς και οι συνθήκες αποθήκευσης.

Οι κύριοι χαρακτήρες ποιότητας των σταφίδων είναι το μέγεθος του κόκκου, το χρώμα, η υφή του φλοιού και η σάρκα, η χημική σύσταση, η περιεχόμενη υγρασία και η κατάσταση της υγείας τους [1].

Το μέγεθος του κόκκου εξαρτάται από το μέγεθος της νωπής ράγας και από το βαθμό ωρίμανσης, που και τα δύο αυτά εξαρτώνται από το φορτίο του πρέμνου.

Το ομοιόμορφο χρώμα του κόκκου και η λαμπρότητά του, καθορίζουν την ελκυστικότητα των σταφίδων και εξαρτώνται από τη μέθοδο ξήρανσης και τις επικρατούσες κατά τη διάρκεια αυτής συνθήκες, καθώς και από τις μετέπειτα διεργασίες και χειρισμούς.

Ο λεπτός φλοιός και τα σαρκώδη χαρακτηριστικά είναι απόδειξη της καλής ποιότητας σταφίδας, προέρχονται δε από ώριμα σταφύλια. Την πλέον λεπτή και «βελουδίνη» επιδερμίδα έχει η Κορινθιακή Σταφίδα. Η μέθοδος ξήρανσης επηρεάζει σημαντικά την υφή του φλοιού.

Η χημική σύσταση καθορίζει τη θρεπτική αξία του προϊόντος και εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, οξέα, μεταλλικά άλατα και βιταμίνες. Κατά τη

διάρκεια της αποξήρανσης η θρεπτική αξία παραμένει σταθερή εκτός από την περιεκτικότητα κάποιων βιταμινών.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 13-15%.

Τέλος καμία προηγμένη βιομηχανική διαδικασία δεν μπορεί να δώσει θετικά αποτελέσματα, αν δεν υπάρχει υγιές προϊόν. Μύκητες, έντομα, πουλιά, τραυματισμοί και κακές συνθήκες αποθήκευσης μπορούν να κάνουν μη εμπορεύσιμη τη σταφίδα.

Από τα προηγούμενα, που αναφέρονται στον χαρακτήρα της ράγας, προκύπτει ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο προσδιορισμό του χρόνου του τρύγου και επίσης στους μετέπειτα χειρισμούς (άπλωμα, ξήρανση, βιομηχανική επεξεργασία, αποθήκευση κτλ).

Ειδικότερα ο βαθμός ωρίμανσης είναι καθοριστικός παράγων για την ποιότητα, αλλά και την ποσότητα των παραγόμενων σταφίδων. Ο βαθμός ωρίμανσης, με την σειρά του, έχει άμεση σχέση με το μέγεθος της ράγας και αυτό εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη αμπελοκομική τεχνική (χαραγή, χρήση φυτορρυθμιστών, η και τα δύο ταυτόχρονα). Στο πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η παραγόμενη ποσότητα σταφίδας, σε σχέση με την βαθμό ωρίμανσης (βαθμός Μπωμέ).

Π.1.2.Βαθμός ωρίμανσης, αναλογία ξήρανσης και παραγόμενη σταφίδα[1].

Βαθμός Μπωμέ	Αναλογία ξήρανσης	Απόδοση% σε σταφίδα
10,11	5,43	18,4
11,9	4,59	21,8
14,3	3,68	27,2
15,4	3,16	31,6
16,1	3,02	33,1

Από τον πίνακα αυτό Π.1.2. φαίνεται ότι ο τρύγος πρέπει να αρχίζει, όταν ο βαθμός Μπωμέ είναι 15 (25-26° Brix).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ο τρύγος: Οι παραγωγοί καθορίζουν εμπειρικά το χρόνο του τρύγου από το χρώμα του ποδίσκου (στα ώριμα σταφύλια ανοικτό καφέ) και της ράγας (βαθύ μαύρο, λουλακί), η τέλος από τη γεύση. Σε οργανωμένους αμπελώνες χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι δείκτες. Στην Κορινθιακή Σταφίδα το χρώμα των ραγών έχει εξαιρετική σημασία στην ποιότητα της παραγόμενης σταφίδας και γι αυτό ο τρύγος, τουλάχιστον παλιότερα, γινόταν σε δύο η περισσότερα «χέρια» (φορές).

Οι απώλειες σε σάκχαρα, από τραυματισμούς, μπορούν να φτάσουν το 15%, πέραν από το γεγονός ότι αυτά που μένουν στην επιφάνεια της ράγας, αποτελούν εστία μόλυνσης του προϊόντος.

Ξήρανση: Γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στο θέμα αυτό στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση: Μετά την αποξήρανση της σταφίδας, γεγονός που πραγματοποιείται όταν η περιεχόμενη υγρασία γίνει 14-15%, ο παραγωγός τη μαζεύει και την καθαρίζει, κατατάσσοντάς την ταυτόχρονα με βάση το μέγεθος της ράγας, με τη βοήθεια ενός μηχανικού συστήματος κόσκινων (μάκινα),

που παράγει και ρεύμα αέρα. Στη συνέχεια την αποθηκεύει, μέχρι να την παραδώσει στο σταφιδεργαστάσιο και να αρχίσει η βιομηχανική επεξεργασία.

Η βιομηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει κατά σειρά την απαλλαγή από τα συσσωματώματα, το λίχνισμα και τη διαλογή, την πλύση, την απομίσχωση, τη στράγγιση, τη χειροδιαλογή και τη συσκευασία.

Τυποποίηση-Εξαγωγή: Η Κορινθιακή Σταφίδα, με βάση το μέγεθος κατατάσσεται σε πέντε κατηγορίες (bold, medium, small, siftings, ungraded), ενώ με βάση την ποιότητα σε τρεις (extra choicest, choicest, choice).

Η ποιοτική διαλογή γίνεται με κριτήρια το χρώμα, την υγρασία, την παρουσία, ξένων υλών, μη υγιών ραγών, πολύ μεγάλων ραγών, πολύ μικρών ραγών, με πλημμελή απομίσχωση κτλ.

Από παλιά είναι γνωστό ότι, οι ορεινές σταφίδες έχουν καλύτερους χαρακτήρες από τις πεδινές, καθώς και οι σταφίδες «σκιάς» από τις αποξηραμένες στον ήλιο.

Τέλος οι σταφίδες φέρουν τοπωνυμικά σήματα, όπως Vostizza, Gulf, Zante, Cephalonika, Amalias, Pyrgos, Patras, Kalamata.

ΣΤΑΦΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

Παρά το γεγονός ότι η χώρα μας παράγει το 80-90% της παγκόσμιας παραγωγής Κορινθιακής Σταφίδας, έχει ενδιαφέρον να αναφερθούν κάποια στοιχεία από τις διαδικασίες Σταφιδοποιίας άλλων χωρών .

Στην Αυστραλία η καλλιέργεια γίνεται σε μεγάλους και οργανωμένους αμπελώνες και με σύγχρονα μέσα. Η αποξήρανση γίνεται κυρίως σε ειδικά πλαίσια, είτε σε ξηραντήρια, είτε επάνω στα πρέμνα.

Εξαιτίας των ειδικών χαρακτήρων των ραγών της ποικιλίας και του καθοριστικού ρόλου που παίζει στην ποιότητα της σταφίδας το χρώμα, αποφεύγεται η ξήρανση με έκθεση στον ήλιο. Σχετικές εργασίες (Whiting and Morey, 1988) έδειξαν ότι σταφίδες που παράγονται με έκθεση στον ήλιο, είναι ποιοτικά κατώτερες των αποξηραμένων με τις άλλες δύο μεθόδους [1].

Στις ΗΠΑ η ξήρανση Κορινθιακής Σταφίδας γίνεται με φυσικό τρόπο επάνω στο πρέμνο. Οι παραγωγικές κληματίδες κόβονται και κρέμονται στα σύρματα υποστύλωσης και μετά από 4-5 βδομάδες συλλέγονται με μηχανικό τρόπο. Σταφίδες που παράγονται με την μέθοδο αυτή έχουν βαθύ κυανό χρώμα, διατηρούν το φυσικό σχήμα και την κέρνη ανθηρότητα, σε αντίθεση με αυτές που ξηραίνονται στον ήλιο, που έχουν χρώμα ερυθρωπό και ανομοιόμορφη συρρίκνωση (Weaver, 1976) [21].

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ

Αν η αξία των γεωργικών προϊόντων καθορίζεται από τα συστατικά τους, τότε η σταφίδα κατέχει προνομιακή θέση ανάμεσα στα γεωργικά προϊόντα της χώρας μας. Το περιεχόμενο και η μορφή της γενικά είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς βρώση αυτούσια, είτε στη ζαχαροπλαστική, είτε στη μαγειρική, είτε στην αρτοποιία.

Παρά τα ανωτέρω, η σταφίδα σήμερα, αποτελεί αρκετά μικρότερο κομμάτι της διατροφής του Έλληνα, απ' ό,τι παλαιότερα. Ο Έλληνας καταναλωτής στο τμήμα της διατροφής του, στο οποίο ανήκει η σταφίδα, έχει συμπεριλάβει είδη από ευτελή έως και επικίνδυνα, αφήνοντας αυτή έξω από τις επιλογές του.

Η εξήγηση του φαινομένου αυτού, έχει ίσως σχέση με πολλά από τα χαρακτηριστικά της σύγχρονης διατροφής, ακόμη και την επίδραση της διαφήμισης, αλλά δεν έχει να κάνει σε τίποτα με την αξία της σαν διατροφικό προϊόν.

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει στοιχεία για την διατροφική αξία της Σταφίδας

Π.1.3. Θρεπτικά συστατικά σταφίδας

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Υδατάνθρακες	75% εκ των οποίων το 68% σάκχαρα.
Νερό	14-17%
Πρωτεΐνες	2,5%
Λιπαρά	0,4%
Διαιτητικές Ίνες	6,7%
Ενέργεια	320 KCAL/100gr
Βιταμίνες	A , B ₆ , B ₁₂ , C (200 mgr/100gr), E, Niacin, Folacin .

Π.1.4. Χημικά χαρακτηριστικά σταφίδας

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Κάλιο	7000ppm (0,7%κ.β.)
Μαγνήσιο.....	300ppm
Νάτριο.....	25ppm
Σίδηρος.....	40ppm
Ψευδάργυρος.....	6ppm
Ασβέστιο.....	100ppm
Μαγγάνιο.....	5ppm
Χαλκός.....	7ppm
Φώσφορος (P ₂ O ₅).....	1800ppm

Τα περιεχόμενα στη σταφίδα σάκχαρα, είναι σάκχαρα αφομοιούμενα από τον οργανισμό στην φυσική τους κατάσταση, χωρίς δηλαδή κατεργασία, όπως απαιτείται με το καλαμοσάκχαρο η το άμυλο.

Η σταφίδα περιέχει περισσότερο σίδηρο, μαγνήσιο και φώσφορο από τις μπανάνες και τα μήλα, τα οποία φημίζονται για το συγκεκριμένο περιεχόμενό τους (Α. Κατσίγρα, «Τροφή και Ζωή», σελ 145) [7].

Το ανωτέρω περιεχόμενο της σταφίδας σε βιταμίνη C, αναφέρεται σε νωπή μορφή (σταφύλι), είναι δε 4 φορές μεγαλύτερο από αυτό των εσπεριδοειδών [7].

ΣΧΟΛΙΟ

Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά της Κορινθιακής Σταφίδας, την κατατάσσουν στις πρώτες θέσεις του καταλόγου ποιότητας των αγροτικών προϊόντων της χώρας μας. Ταυτόχρονα η σταφίδα φέρει το βαρύ φορτίο του παραδοσιακού και ιστορικού, για τη χώρα μας, προϊόντος.

Τα δεδομένα αυτά αποτελούν προϋποθέσεις, αλλά ταυτόχρονα δημιουργούν και σημαντικές ευθύνες και υποχρεώσεις για τη συνέχεια της καλλιέργειας καθώς και για την προώθησή της στην αγορά, Ελληνική και ξένη.

Βεβαίως η διακίνηση του προϊόντος είναι θέμα με πολλές και δύσκολες πλευρές, ένα θέμα για ειδικούς.

Πρέπει όμως αυτοί που έχουν την ευθύνη διαχείρισης και προβολής του προϊόντος, δίνοντας την μάχη με τη σύγχρονη «διατροφή» και αξιοποιώντας τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά του προϊόντος, να βρουν τρόπο να φέρουν την σταφίδα στην Κουζίνα της Ελληνικής Οικογένειας και στο Κυλικείο του Σχολείου.

Η βελτίωση της ποιότητας θα μπορούσε να αποτελεί ένα επί πλέον εφόδιο στα χέρια τους.

Η ποιότητα με τη σειρά της, όπως ανεφέρθη προηγουμένως, καθορίζεται από πλήθος παραμέτρων.

Μία από τις πιο σημαντικές είναι η μέθοδος αποξήρανσής της.

Με το θέμα αυτό θα ασχοληθούμε στη συνέχεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΞΗΡΑΝΣΗ

ΓΕΝΙΚΑ

Ξήρανση (Drying) ενός υλικού είναι η απομάκρυνση, δι εξατμίσεως, ενός πτητικού υγρού, συνήθως νερού, από το εσωτερικό του υλικού προς την επιφάνεια αυτού και η εξαγωγή του στη συνέχεια στο περιβάλλον .

Η ξήρανση επιτυγχάνεται με όλους τους μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας, ενώ είναι διεργασία ταυτόχρονης μετάδοσης θερμότητας και μάζας (υγρό η ατμός) μεταξύ του υλικού και κάποιων αδρανών αερίων.

Η ξήρανση είναι η αρχαιότερη μέθοδος συντήρησης τροφίμων, δεδομένου ότι επιτυγχάνεται και με αρκετές φυσικές διεργασίες.

Η ελάττωση του περιεχόμενου νερού περιορίζει σημαντικά την ανάπτυξη μυκήτων, οι οποίοι οδηγούν στην υποβάθμιση και τελικώς στην καταστροφή του προϊόντος.

Σήμερα, πολλές βιομηχανίες παράγουν προϊόντα χαμηλής υγρασίας, τα οποία **αποθηκεύονται, μεταφέρονται, συντηρούνται και κατεργάζονται** ευκολότερα από τα αντίστοιχα νωπά, ενώ η ξήρανση αναπτύσσεται όλο και περισσότερο ως μέθοδος συντήρησης όχι μόνο φυτικών, αλλά και ζωικών προϊόντων. Γενικά, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες δραστηριότητες της βιομηχανίας τροφίμων.

Στη χώρα μας, όπου τα αποξηραμένα προϊόντα (σταφύλια, σταφίδα, σύκα, δαμάσκηνα, φρούτα, ξηροί καρποί, ακόμη και καπνός) ήταν πάντα μία σημαντική πηγή αγροτικού εισοδήματος, η ξήρανση ήταν και είναι, ένα σημαντικό τμήμα της παραγωγικής διαδικασίας,

Με βάσει αυτό το δεδομένο, η βελτίωση των μεθόδων ξήρανσης, θα μπορούσε να συμβάλλει στην ποιοτική αναβάθμιση, καθώς και στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των φυτικών και ζωικών προϊόντων.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Οι μέθοδοι ξήρανσης που εφαρμόζονται σήμερα είναι κατά βάσει δύο.

1. **Η ελεγχόμενη η βιομηχανική ξήρανση και**
2. **Η ηλιακή ξήρανση.**

Η ελεγχόμενη ξήρανση απαιτεί τον κατάλληλο τύπο ξηραντηρίου, ανάλογα με τη φύση του προϊόντος και των απαιτούμενων συνθηκών. Αυτά λειτουργούν καταναλώνοντας κάποια μορφή ενέργειας, ακόμη και ηλιακής.

Η πλέον διαδεδομένη κατηγορία είναι οι ξηραντήρες ρεύματος αέρα, όπου ρεύμα αέρος προκαλεί την ξήρανση, απομακρύνοντας ταυτόχρονα και την εξατμιζόμενη υγρασία. Τέτοια παραδείγματα είναι:

Ξηραντήρες ραφιών, τύπου σήραγγας, μεταφορικής ταινίας, περιστροφικοί.

Άλλοι τύποι ξηραντήρων είναι:

Ξηραντήρες περιστρεφόμενων δίσκων, στιγμιαίας δράσεως, διασκορπισμού, ρευστοποιημένης κλίσης κ.α.[5],[6].

Οι ανωτέρω μέθοδοι ξήρανσης παρουσιάζουν μεν πλεονεκτήματα που αφορούν στην ποιότητα, στην υγιεινή, στη μείωση των απωλειών, αλλά και στον απαιτούμενο χρόνο, αλλά το κόστος τους και οι τεχνικές απαιτήσεις τις καθιστούν μη βιώσιμες για χρήση από τους παραγωγούς.

ΗΛΙΑΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ

Η ηλιακή ξήρανση, η ξήρανση με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, εφαρμόζεται από αρχαιοτάτων χρόνων για διάφορα αγροτικά προϊόντα, σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια. Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες αυτές.

Τα τελευταία χρόνια η ηλιακή ξήρανση αποκτά όλο και περισσότερο ενδιαφέρον, λόγω του αυξανόμενου κόστους των συμβατικών καυσίμων.

Η ηλιακή ξήρανση μπορεί να είναι:

1. Άμεση ηλιακή ξήρανση
2. Άμεση ηλιακή ξήρανση με χρήση φαινομένου θερμοκηπίου και
3. Έμμεση ξήρανση με ηλιακό ξηραντήριο και θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες [17].

Κατά την άμεση ηλιακή ξήρανση το προϊόν εκτίθεται στον ήλιο, ανακατεύεται κατά διαστήματα και αποξηραίνεται.

Κατά την άμεση ηλιακή ξήρανση με χρήση φαινομένου θερμοκηπίου, γίνεται ό,τι και προηγουμένως, με τη διαφορά ότι το προϊόν καλύπτεται με διαφανές κάλυμμα για προστασία και ταυτόχρονα προκαλείται, λόγω του γνωστού φαινομένου, αύξηση της θερμοκρασίας.

Κατά την έμμεση ξήρανση με ηλιακό ξηραντήριο, το προϊόν τοποθετείται κατάλληλα σε στεγασμένο κλειστό χώρο και ξηραίνεται με ρεύμα αέρα που περνά προηγουμένως από ηλιακό συλλέκτη.

ΘΕΩΡΙΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Τα στερεά σώματα περιέχουν δύο είδη υγρασίας:

* Το ελεύθερο νερό, το οποίο συγκρατείται μηχανικά από το στερεό και συμπεριφέρεται ως καθαρό νερό και

* το ενωμένο ή δεσμευμένο νερό, το οποίο συναντάται ως φυσικά προσροφημένο, η κρυσταλλικό νερό, η ως διάλυμα. Το νερό αυτό σε δεδομένο στερεό, προσδιορίζεται ποσοτικά από την καμπύλη ισορροπίας υδρατμού-στερεού σε δοθείσα θερμοκρασία.

Από τα δύο αυτά είδη υγρασίας, το πρώτο αποβάλλεται ευκολότερα ακόμη και με ελεύθερη εξάτμιση, ενώ το δεύτερο δυσκολότερα και συνήθως απαιτεί θέρμανση.

Η υγρασία εκφράζεται ποσοτικά, συνήθως επί ξηράς βάσεως (W) σε kg νερού ανά kg ξηρού στερεού και σπανιότερα επί υγρής βάσης (w) σε kg νερού ανά 100 kg υγρού στερεού (η γνωστή % κ.β. περιεκτικότητα) και συνδέονται με την σχέση:

$$W = \frac{w}{1 - w} \quad (1)$$

Η υγρασία των στερεών προσδιορίζεται πειραματικά με τις ακόλουθες μεθόδους:

- * Ξήρανση εντός κλιβάνου σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία 105 °C .
- * Ξήρανση στο κενό, συνήθως για ευαίσθητα στη θερμοκρασία προϊόντα.
- * Αζεοτροπική απόσταξη του νερού με ανάμιξη του στερεού με τολουένιο.
- * Ογκομετρικώς με το αντιδραστήριο του Fischer (διάλυμα ιωδίου σε πυριδίνη).
- * Με ηλεκτρικές μετρήσεις, καθώς η περιεκτικότητα σε υγρασία επηρεάζει την ηλεκτρική αντίσταση και την διηλεκτρική σταθερά.

ΠΟΡΕΙΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Η πορεία της ξήρανσης ενός στερεού δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί πλήρως με βάσει τις φυσικές ιδιότητες του στερεού και τα χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου συστήματος. Απαιτούνται πειραματικά δεδομένα από πρότυπους ρυθμιζόμενους ξηραντήρες, για το σχεδιασμό των βιομηχανικών ξηραντήρων.

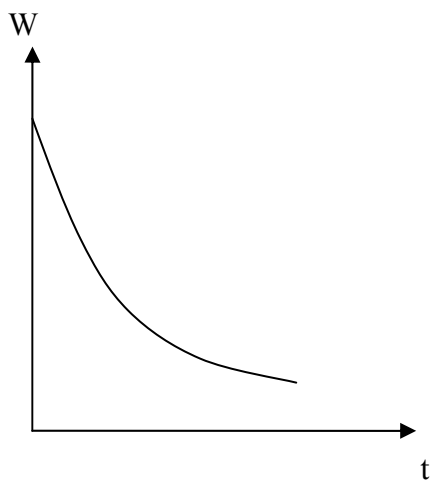
Συνήθως σε όλα τα υλικά, υγροσκοπικά και μη, παρατηρούνται δύο ρυθμοί ξήρανσης, ένας σταθερός αρχικά και ένας φθίνων στη συνέχεια.

Στο σχήμα 2.1. φαίνεται η καμπύλη ξήρανσης ενός στερεού και δείχνει τη μέση υγρασία W , συναρτήσει του χρόνου t .

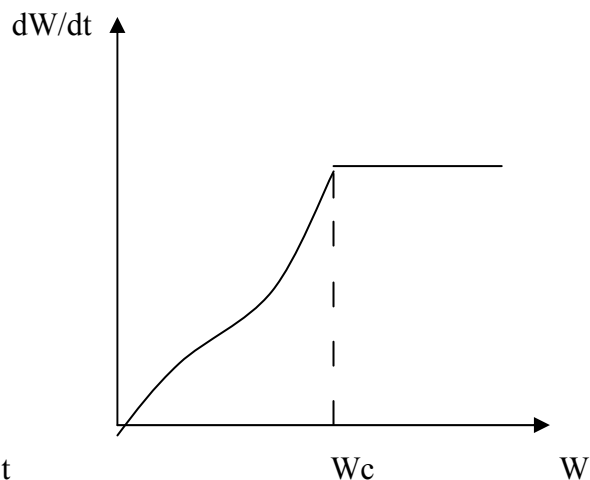
Στο σχήμα 2.2., η καμπύλη προκύπτει από το Σχήμα 2.1. με παραγωγή και παριστά το ρυθμό ξήρανσης dW/dt , σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία.

Τα σχήματα αυτά παριστούν μία συνήθη περίπτωση και διακρίνεται ο σταθερός και ο φθίνων ρυθμός, καθώς και η κρίσιμη υγρασία W_c στην οποία ο σταθερός ρυθμός μετατρέπεται σε φθίνοντα.

Οι καμπύλες ξήρανσης μεταβάλλονται σημαντικά κατά περίπτωση, μέχρι ακόμη και του σημείου η ξήρανση να λαμβάνει χώρα μέσω μόνο του ενός, η μόνο του άλλου ρυθμού ξήρανσης. Η τελική τιμή της υγρασίας εξαρτάται από το χαρακτήρα του υλικού (υγροσκοπικό η μη υγροσκοπικό), μπορεί να είναι μηδέν (Σχ. 2.2.) η και μεγαλύτερη του μηδενός για τα υγροσκοπικά υλικά. Το υλικό φτάνει σε ισορροπία της περιεχόμενης υγρασίας του, όταν η τάση των υδρατμών του γίνει ίση με την μερική πίεση των υδρατμών του περιβάλλοντα αέρα.



Σχ. 2.1. Υγρασία σε συνάρτηση με τον χρόνο.



Σχ.2.2 Ρυθμός ξήρανσης σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.

Κατά την περίοδο του σταθερού ρυθμού ξήρανσης, η επιφάνεια του στερεού είναι κορεσμένη με νερό και η ξήρανση λαμβάνει χώρα με διάχυση του νερού στο γύρω χώρο. Κατά την περίοδο αυτή η υγρασία μεταφέρεται από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του στερεού, ώστε αυτή να παραμένει συνεχώς κορεσμένη σε νερό.

Η θερμότητα εξατμίσεως μεταδίδεται στην διεπιφάνεια στερεού-αέρος με μεταφορά εξ επαφής με ρεύμα αέρος, με αγωγή, η και με ακτινοβολία.

Στην περίπτωση μεταφοράς εξ επαφής με ρεύμα αέρα, από το ενεργειακό ισοζύγιο μπορούμε να πάρουμε την σχέση:

$$\frac{-dW}{dt} = \frac{hA\Delta T}{\Delta H} = k_G A \Delta P = k_y A \Delta W \quad (2)$$

όπου:

$-dW/dt$ ο ρυθμός ξήρανσης υγρής βάσης (kg νερού / sec),

h ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/m^2K),

k_G ο συντελεστής μεταφοράς μάζας (kg/sec m^2bar),

k_y ο συντελεστής μεταφοράς μάζας (kg/sec m^2)

A η επιφάνεια εξατμίσεως (m^2),

ΔH η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως του νερού (J/kg),

T_w η θερμοκρασία επιφάνειας εξατμίσεως (K),

T η θερμοκρασία κύριας μάζας του αέρα (K),

ΔT η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αέρα και επιφάνειας εξατμίσεως(K),

ΔP η διαφορά τάσης ατμών μεταξύ επιφάνειας εξατμίσεως και αέρος (bar),

ΔW η διαφορά υγρασίας μεταξύ επιφάνειας εξατμίσεως και αέρα (kg νερού/kg ξηρού αέρα)[5].

Επειδή η μόνη πηγή ενέργειας είναι η θερμότητα του αέρα και η ολική ενθαλπία αυτού μένει σταθερή, η ξήρανση με σταθερό ρυθμό ξήρανσης λέγεται και αδιαβατική ξήρανση.

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εξισώσεις, ο ρυθμός εξάτμισης του νερού ισούται με το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας στην επιφάνεια του υλικού και ο ρυθμός ξήρανσης σε αυτή την περίοδο εξαρτάται από τις σταθερές μεταφοράς θερμότητας και μάζας, από τη διαφορά θερμοκρασίας αέρα ξήρανσης και επιφάνειας εξατμίσεως (θερμοκρασία υγρού βολβού), από την επιφάνεια του υλικού και από τη διαφορά υγρασίας μεταξύ της υγρής επιφάνειας και του αέρα ξήρανσης.

Τελικά κατά την περίοδο αυτή, ο ρυθμός ξήρανσης εξαρτάται από τις εξωτερικές και όχι τις εσωτερικές συνθήκες μεταφοράς υγρασίας.

Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και μάζας εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες, την ταχύτητα του αέρα και τη γεωμετρία του ξηραντήρα.

Για ροή αέρα κάθετη στην επιφάνεια του στερεού, ισχύει η εμπειρική σχέση:

$$h = 24 G^{0.37} \quad (3)$$

όπου G ο ρυθμός ροής του αέρα (kg/m^2sec).

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΦΘΙΝΟΝΤΟΣ ΡΥΘΜΟΥ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.

Κατά την περίοδο αυτή, η μεταφορά υγρασίας προς την επιφάνεια εξατμίσεως είναι βραδύτερη, λόγω της αυξανόμενης αντίστασης στη μεταφορά μάζας εντός του υλικού. Αυτό οφείλεται πιθανότατα, στο γεγονός ότι η υγρασία μεταφερόμενη με διάχυση εντός του υλικού, μεταφέρει και άλλες ουσίες (στα φρούτα ζάχαρα, μέταλλα), που αυξάνουν το ιξώδες, μειώνουν έτσι την τάση των υδρατμών στην επιφάνεια και επομένως και το ρυθμό ξήρανσης, καθώς επίσης και στην αυξανόμενη αντίσταση στη μεταφορά μάζας εντός του στερεού σώματος (συρίκνωση τριχοειδών κτλ)

Ο ρυθμός ξήρανσης εξαρτάται κυρίως από την υγρασία του στερεού (W) και την θερμοκρασία του αέρα (T) και λιγότερο από την υγρασία και την ταχύτητα του αέρα, δηλαδή $dW/dt = f(W, T, \Delta W)$ [5].

Η ανωτέρω συνάρτηση δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί με θεωρητική ανάλυση. Απαιτούνται πειραματικά δεδομένα, τα οποία προσαρμόζονται σε μία σχέση της μορφής:

$$-\frac{dW}{dt} = K(W - W_e) \quad (4)$$

όπου W_e η υγρασία σε κατάσταση ισορροπίας και K είναι η εμπειρική σταθερά ξήρανσης (sec^{-1}).

Η διαφορά $W - W_e$ είναι το δυναμικό της ξήρανσης και καλείται ελεύθερη υγρασία του στερεού. Η ξήρανση μπορεί να φτάσει ασυμπτωτικά στην υγρασία ισορροπίας W_e .

Η λύση της εξίσωσης αυτής είναι :

$$\frac{W - W_e}{W_o - W_e} = e^{-Kt} \quad (5)$$

όπου W_o είναι η αρχική υγρασία του προϊόντος και από την οποία λύση φαίνεται, το ποσοστό ξήρανσης σε τυχαίο χρόνο ενώ μπορεί να υπολογιστεί ο στιγμιαίος ρυθμός ξήρανσης.

Η περίοδος του φθίνοντος ρυθμού ξήρανσης αρχίζει την στιγμή της κρίσιμης περιεκτικότητας σε υγρασία W_c . Αυτή μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά με εξίσωση των ρυθμών ξήρανσης των δύο περιόδων ξήρανσης, σταθερής και φθίνουσας, δηλαδή:

$$k_y A \Delta W = K (W_c - W_e) \quad (6)$$

Η λύση της ανωτέρω εξίσωσης (4), δίνει τον χρόνο ξήρανσης του φθίνοντος ρυθμού ξήρανσης, από W_c έως W_e , εάν βεβαίως στην περιοχή αυτή το K παραμένει σταθερό.

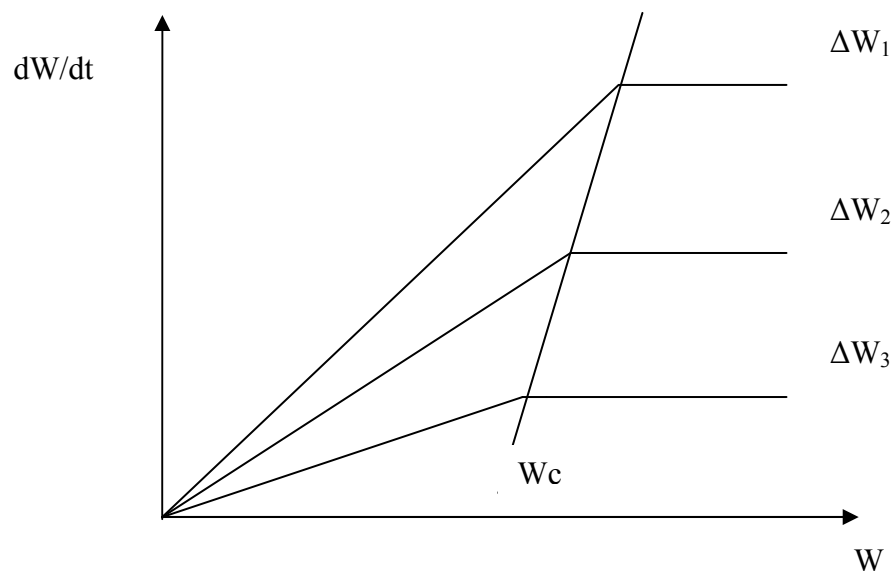
$$t = \frac{1}{K} \ln \frac{W_c - W_e}{W - W_e} \quad (7)$$

Με βάσει την εξίσωση αυτή και τα απαιτούμενα πειραματικά δεδομένα, μπορεί να προσδιοριστεί η σταθερά K , σαν η κλίση του λογαριθμικού διαγράμματος $\ln \frac{W - W_e}{W_c - W_e}$ συναρτήσει του χρόνου.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, στο προηγούμενο στάδιο ξήρανσης, ο ρυθμός ξήρανσης αυξάνει σημαντικά με την ΔW . Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μεταξύ των άλλων, με αύξηση της θερμοκρασίας του ρεύματος αέρα.

Αυξανόμενου του ρυθμού ξήρανσης, αυξάνεται και η κρίσιμη υγρασία W_c διότι η επιφάνεια εξατμίσεως καθίσταται ακόρεστη νωρίτερα.

Πειραματικά βρίσκεται, ότι στο διάγραμμα ρυθμού ξήρανσης με την υγρασία, ο γεωμετρικός τόπος των κρίσιμων εργασιών είναι ευθεία, όπως φαίνεται στο επόμενο Σχήμα.2.3. [5].



Σχ. 2.3. Ρυθμός ξήρανσης σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία για διαφορετικές τιμές διαφοράς υγρασίας μεταξύ επιφάνειας ξήρανσης και αέρα ξήρανσης.

ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΤΑΦΙΔΑΣ

Η διαδικασία ξήρανσης της σταφίδας, είναι ουσιαστικά μια διαδικασία μεταποίησης ενός αγροτικού προϊόντος, αφού πρέπει ένα σταφύλι να μετατραπεί σε ξηρό καρπό. Ο ξηρός αυτός καρπός έχει βέβαια εντελώς διαφορετικές ιδιότητες, χαρακτηριστικά και δυνατότητες, αλλά περίπου την ίδια θρεπτική αξία, με το σταφύλι.

Η ξήρανση απαιτεί κοπιαστική εργασία και επειδή λαμβάνει χώρα στο τέλος του καλοκαιριού αρχές φθινοπώρου, συνοδεύεται από πρωτοβρόχια και υπαρκτό κίνδυνο απώλειας του προϊόντος. Οι παραγωγοί θα ήταν ευτυχείς, αν ο κύκλος της σταφίδας τελείωνε με τον τρύγο της.

Η βιομηχανική ξήρανση της σταφίδας σε επίπεδο παραγωγού, δεν μπορεί να έχει ενδιαφέρον, για καθαρά οικονομικούς λόγους.

Η περίοδος του τρύγου, η ηλιοφάνεια στη χώρας μας και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, κάνουν την ηλιακή ξήρανση εφικτή, παρά τα όποια προβλήματα.

Η ανάγκη των σταφιδοπαραγωγών να κάνουν όσο γίνεται μικρότερες μετακινήσεις, σε μια εποχή που τα μόνα μεταφορικά μέσα ήταν τα ζώα, τους ανάγκασε να οργανώσουν χώρους ξήρανσης κοντά στα αμπέλια τους. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μετακομίζουν από το σπίτι τους και τον οικισμό τους και να ζουν δύο έως τρεις μήνες σε αγροικίες, τα λεγόμενα «λινά».

Μία χαρακτηριστική αναφορά στην κατασκευή των ξηραντηρίων, είναι το κείμενο που ακολουθεί. Δίνεται από τον «Ζωγράφο» το 1935, προέρχεται από τον Γάλλο Μπωζάρ και φαίνεται σε αυτό η προσπάθεια για επίτευξη ταχύτερης και αποδοτικότερης διαδικασίας ξήρανσης, σε μια εποχή που τα διαθέσιμα υλικά και η τεχνογνωσία δεν είχαν σχέση με τα σημερινά [1]:

«Η αποξήρανση των σταφυλιών γίνεται εις αλώνι, όπερ είναι επικλινές και λείον δια να ρέουν τα ύδατα. Το κατασκευάζουν με κόπρον ανάμικτον με αίμα βοός και άχυρα και το όλον διαλελυμένον στο νερό. Η μίξη όλων αυτών δίνει ένα υγρό παχύ και γλοιώδες, το οποίον διαχεόμενον επί της επιφάνειας του αλωνίου και θερμαινόμενον από τας ηλιακάς ακτίνας, σχηματίζει χονδράν κόλλα ομοιόμορφον η οποία έχει την ιδιότητα και την εμφάνιση βερνικίου. Τούτο χρησιμεύει εν πρώτοις να εμποδίζει το χώμα να ανακατεύεται με τας ράγας, έπειτα να ξηραίνεται το τσαμπί ταχύτερον, διότι επισύρει και διατηρεί θερμότητα».

Αν ανατρέξουμε στην εξέλιξη των μεθόδων ξήρανσης της σταφίδας, θα δούμε ότι, δεν έχουμε σημαντικές αλλαγές, τουλάχιστον ως προς τον χαρακτήρα της μεθόδου. Το κείμενο «Η Σταφίδα του Γείτονα», στο παλιό Αναγνωστικό του Δημοτικού Σχολείου, που δίδασκε την αρετή της αλληλοβοήθειας και της αλληλεγγύης, χρησιμοποιώντας σαν σκηνικό την ξήρανση της σταφίδας, μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να είναι ακόμη σύγχρονο.

Η άμεση ηλιακή ξήρανση είναι σίγουρα η πιο απλή και με τις λιγότερες προϋποθέσεις μέθοδος. Απαιτεί όμως μεγάλο κόστος εργασίας, συνεχή παρουσία του παραγωγού στο χώρο ξήρανσης, ενέχει κίνδυνο καταστροφής από καιρικά φαινόμενα και τα αποτελέσματα της δεν είναι τα καλύτερα.

Μία πρωτοποριακή για την εποχή της μέθοδος, που εφαρμόστηκε μέχρι και λίγο μετά τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, κυρίως στην περιοχή της Αιγιαλείας, έδωσε προϊόν με άριστη ποιότητα, που χαρακτηρίζεται από τότε με το όνομα «Σκιά».



Φ.2.1. Κρέμασμα σταφίδας στην «ισκιάδα» σε περιοχή της Αιγιαλείας, έτος 1912 [9].

Ήταν ουσιαστικά ένας ανοικτός, στεγασμένος χώρος, στον οποίο κρεμούσαν από τα υπάρχοντα τεντωμένα σύρματα, τη νωπή σταφίδα και με το φυσικό αερισμό γινόταν η ξήρασή της.

Στη προηγούμενη φωτογραφία, η οποία έχει ιστορική αξία για την περιοχή της Αιγιαλείας, φαίνεται ένας τέτοιος χώρος ξήρασης στην περίοδο του τρύγου, καθώς γεμίζει με νωπό προϊόν.

Η ανωτέρω μέθοδος δεν αποδείχτηκε βιώσιμη, για λόγους που έχουν σχέση με, τον μεγάλο χρόνο ξήρασης (30-40 μέρες), το μεγάλο λειτουργικό κόστος που απορρέει από αυτόν, καθώς και με προβλήματα σχετιζόμενα με τη μείωση του δυναμικού της αγοράς, καθώς και κάποιο ανταγωνισμό από άλλες χώρες (ΗΠΑ, Αυστραλία, κ.τ.λ.).

Σήμερα η επικρατούσα μέθοδος ξήρασης είναι η **άμεση ηλιακή με χρήση φαινομένου θερμοκηπίου**.

Εδώ και αρκετά χρόνια χρησιμοποιούνται πλαστικά σταφιδόπανα για το σκέπασμα της απλωμένης σταφίδας.

Ήταν ένα σημαντικό βήμα, που βελτίωσε τις συνθήκες ξήρασης όσον αφορά την συμμετοχή του παραγωγού, παρά το γεγονός ότι δε λύθηκαν όλα τα προβλήματα, για τα οποία θα μιλήσουμε πιο κάτω.

Μία προσεκτικότερη όμως παρατήρηση τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβρη, στις περιοχές της μη πεδινής Αιγιαλείας, όπου γίνεται ο τρύγος και η ξήραση της σταφίδας, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η χρήση του σταφιδόπανου είναι ενέργεια που βασικό στόχο έχει την προστασία από ξαφνική βροχή και όχι ενέργεια για καλύτερη η γρηγορότερη ξήραση. Και αυτό γιατί, όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, οι παραγωγοί, δεν χρησιμοποιούν σταφιδόπανα, επιλέγοντας έτσι την άμεση ηλιακή ξήραση, έναντι της άμεσης με φαινόμενο θερμοκηπίου.



Φ.2.2. Μία τυπική εγκατάσταση για τη ξήρανση της σταφίδας (αποθήκη, «ισκιάδα», αλώνια με σταφιδόπανα).



Φ.2.3. Σταφιδόπανα σκεπάζουν το απλωμένο στον ήλιο προϊόν.

Τα χαρακτηριστικά της άμεσης ηλιακής ξήρανσης είναι τα παρακάτω:

Το νωπό προϊόν απλώνεται στο έδαφος σε μία στρώση και στο κάθε τετραγωνικό μέτρο τοποθετούνται περίπου 25 kg από αυτό.

Για 1250 kg νωπού προϊόντος (420 kg αποξηραμένο), απαιτούνται:

Χρήση γης 100 m² περίπου.

Υλικά αξίας 150 Ευρώ.

Εργασία κατασκευής 100 Ευρώ.

Χρόνος 10-15 μέρες με ηλιοφάνεια.

Τα υλικά δεν έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής, απαιτείται ετήσια προετοιμασία, βελτιώσεις και επισκευές, ενώ υπάρχει πάντα ο κίνδυνος, από αντίξοα καιρικά φαινόμενα να καταστραφούν τα σταφιδόπανα και βεβαίως το προϊόν. Τέλος απαιτείται κοπιαστική εργασία για την αποξήρανση. Σήμερα, με τις υπάρχουσες τιμές του αποξηραμένου προϊόντος, οι παραγωγοί θα ήταν ευτυχείς αν το διέθεταν νωπό στην οινοποίηση, αποφεύγοντας την διαδικασία της ξήρανσης. Για το λόγο αυτό βέβαια, η καταβολή της σχετικής επιδότησης, προϋποθέτει την παράδοση ενός ελάχιστου ποσού αποξηραμένου προϊόντος.

Η ποιότητα του προϊόντος μπορεί να είναι σχετικά καλή, παρά την αλλαγή του χρώματος λόγω της άμεσης ακτινοβολίας.

Τα κυριότερα προβλήματα, πέρα από τους κινδύνους που ανεφέρθησαν, είναι η σκόνη, το χώμα και το μικροβιακό φορτίο από έντομα, πουλιά, ζώα, τρωκτικά, ακόμη και τον ίδιο τον άνθρωπο.

Η πηγή όλων των ανωτέρω αρνητικών χαρακτηριστικών και αποτελεσμάτων, είναι το γεγονός ότι, το προϊόν απλώνεται απροστάτευτο σε μεγάλη επιφάνεια γης.

Κίνδυνοι καταστροφής, παρουσία ξένων σωμάτων, μολύνσεις, ακόμη και η απαιτούμενη εργασία, προέρχονται από το άπλωμα του προϊόντος.

Τίθεται επομένως το ερώτημα:

Μπορούμε να αποξηράνουμε την σταφίδα, τοποθετώντας την σε κλειστό χώρο, έχοντάς την έτσι προστατευμένη και δίνοντάς της την απαιτούμενη ενέργεια για την ξήρανση;

Η απάντηση μπορεί να προκύψει από την εξής παρατήρηση.

Για να αποξηρανθούν τα 25 kg νωπού προϊόντος που απλώνουμε στο ένα τετραγωνικό μέτρο, πρέπει να απομακρύνουμε από αυτά 16 kg νερού. Αυτό για να γίνει απαιτεί ενέργεια ίση με 36 MJ (10kWh).

Η μέση ημερήσια ανά m² ακτινοβολία Αυγούστου - Σεπτέμβρη είναι 20 MJ περίπου και απαιτούνται για την ξήρανση 10-15 μέρες.

Επομένως διαθέτουμε περίπου 250 MJ και χρησιμοποιούμε τα 36 MJ.

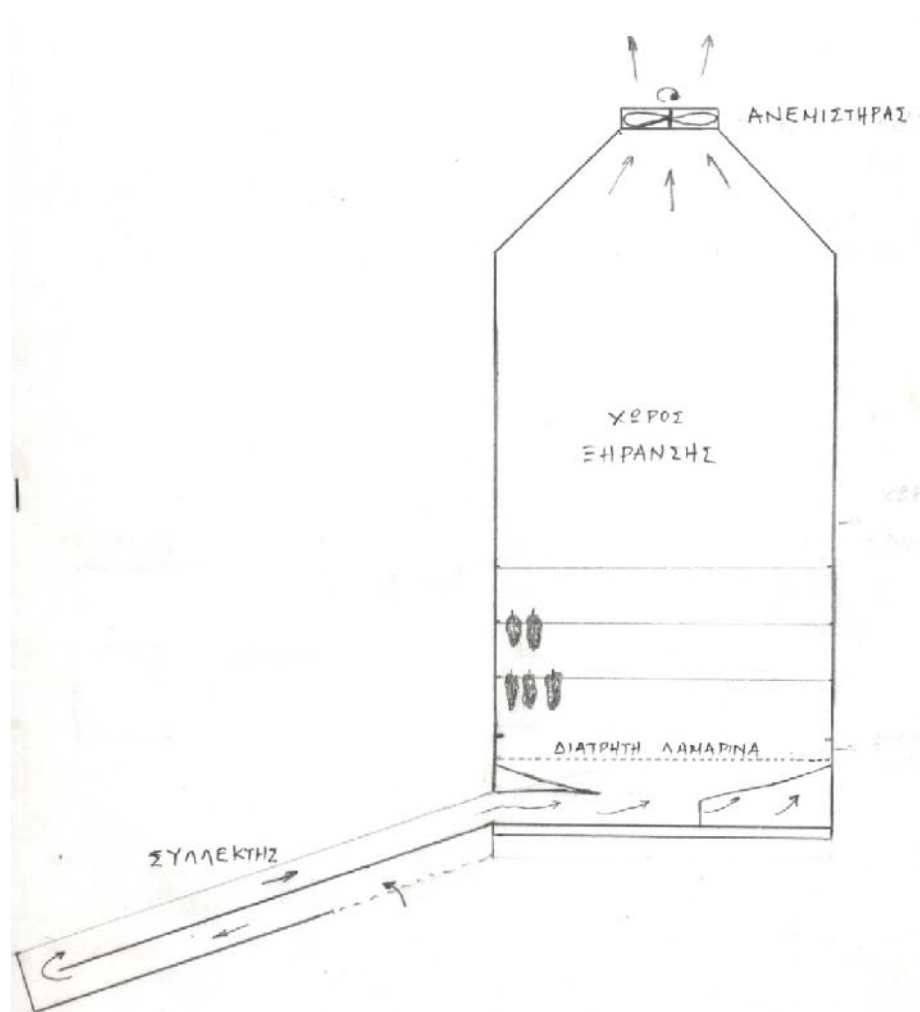
Κατά συνέπεια μία αποδοτικότερη διαχείριση της ηλιακής ενέργειας θα μπορούσε να μας δώσει θετική απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα.

Η εργασία που ακολουθεί, ξεκίνησε με τη φιλοδοξία να διερευνήσει το θέμα αυτό, θέτοντας ταυτόχρονα τους παρακάτω στόχους που αφορούν στην ξήρανση της σταφίδας:

1. **Ποιοτική αναβάθμιση του προϊόντος.**
2. **Ελάττωση εργασίας ξήρανσης.**
3. **Κατασκευή διαχρονική, λιγότερα αναλώσιμα υλικά.**
4. **Απαλλαγή από κινδύνους καταστροφών.**
5. **Ελάττωση χρόνου ξήρανσης.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ****ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2001**

Η πειραματική διαδικασία άρχισε το καλοκαίρι του 2001, με την κατασκευή ενός μικρού μοντέλου έμμεσου ηλιακού ξηραντήριου, τομή του οποίου φαίνεται στο επόμενο σχήμα 3.1.



Σχ.3.1. Τομή της κατασκευής το καλοκαίρι του 2001.

Στόχος αυτής της κατασκευής ήταν πρωτίστως, η απόκτηση εμπειρίας από διαδικασία ξήρανσης σταφίδας σε κλειστό χώρο, με έξωθεν προσφερόμενη ενέργεια και δευτερευόντως η ποσοτική μελέτη αυτής.

Στην επόμενη σελίδα υπάρχουν φωτογραφίες της κατασκευής.



Φ.3.1. (δεξιά) Μεσημβρινή πλευρά του μοντέλου το καλοκαίρι του 2001 και Φ.3.2.(αριστερά) Το εσωτερικό του χώρου ξήρανσης με μερικά από τα 8 ράφια σταφίδας και την διάτρητη λαμαρίνα στο κάτω μέρος, για την ισοκατανομή του αέρα.

Ο συλλέκτης είχε εμβαδόν 2.8 m^2 και ο αέρας έκανε δύο διαδρομές μέσα σε αυτόν, μία κάτω από τον απορροφητή και μία πάνω από αυτόν.

Το ρεύμα του αέρα δημιουργούσε ηλεκτρικός ανεμιστήρας τοποθετημένος στην κορυφή της διάταξης.

Στο χώρο ξήρανσης τοποθετήθηκε, σε 8 οριζόντια συρμάτινα πλαίσια, ποσότητα 480 kg νωπού προϊόντος και πήραμε 170 kg αποξηραμένο, με αφαίρεση 310 kg νερού, σε χρονικό διάστημα 15 ημερών, από τις οποίες η μία δεν είχε καθόλου ηλιοφάνεια και οι έξι είχαν χαμηλή θερμοκρασία, για την εποχή.

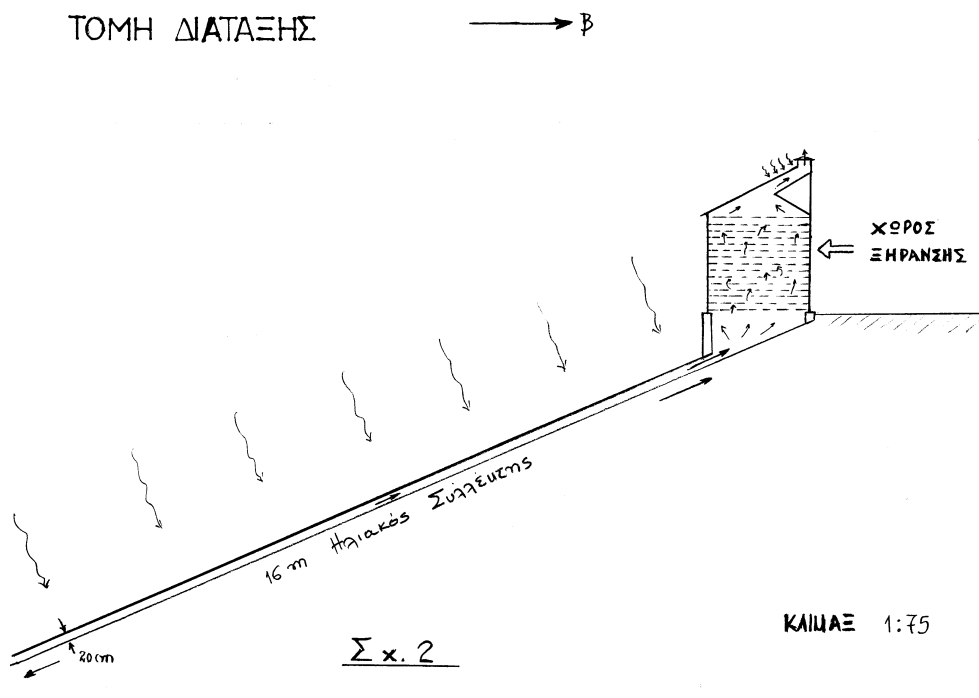
Το τελικό προϊόν είχε μέση υγρασία 13%. Μιλάμε για μέση υγρασία, διότι παρατηρήθηκε ανομοιομορφία στην ξήρανση όπως περιμέναμε, καθότι τα πλαίσια δε μετακινήθηκαν καθόλου κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Με το μοντέλο αυτό έγιναν οι πρώτες ποιοτικές παρατηρήσεις, αλλά και κάποιες ποσοτικές.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2002 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το καλοκαίρι του 2002, με βάση και την προηγούμενη εμπειρία, κατασκευάστηκε ένα μεγαλύτερο παραγωγικό μοντέλο με χωρητικότητα 2250 kg περίπου, νωπού προϊόντος.

Συγκεκριμένα κατασκευάστηκαν δύο τέτοια μοντέλα με στόχο την σύγκριση των ιδιοτήτων τους, δεδομένου ότι διέφεραν τα χαρακτηριστικά τους, όπως θα δούμε παρακάτω.

Το κάθε μοντέλο αποτελείται από το **χώρο ξήρανσης** και τον **συλλέκτη**.
Τομή της διάταξης φαίνεται παρακάτω.



Σχ.3.2. Τομή της διάταξης.

Ο **συλλέκτης** είναι σταθερή κατασκευή πάνω στο χώμα, με προσανατολισμό μεσημβρινό, που οδηγεί τον αέρα στη βάση του χώρου ξήρανσης.

Η κλίση του συλλέκτη είναι περίπου 23° , παρότι θα έπρεπε για την περίοδο Αυγούστου-Σεπτεμβρίου να είναι $28-30^{\circ}$, αλλά δεν έγινε δυνατό για τεχνικούς λόγους.

Αναλυτική περιγραφή όλης της διάταξης καθώς και των ιδιοτήτων αυτής του καλοκαιριού του 2002, γίνεται στο κεφάλαιο του «Συλλέκτη» και στο κεφάλαιο του «Χώρου ξήρανσης».

Ακολουθούν φωτογραφίες από τις κατασκευές και τις εγκαταστάσεις εκείνης της χρονιάς, ενώ λεπτομέρειες της κατασκευής υπάρχουν στα επόμενα κεφάλαια, που αναφέρονται στα επιμέρους τμήματα της κατασκευής.



Φ.3.3. Η συνολική εγκατάσταση σε αρχικό στάδιο της κατασκευής.



Φ.3.4. Η εγκατάσταση στο τελικό στάδιο, λίγο πριν την τοποθέτηση του προϊόντος.

Ο χώρος ξήρανσης βρίσκεται στο πάνω μέρος του συλλέκτη και συνδέεται με αυτόν ώστε ο αέρας από τον συλλέκτη να οδηγείται στη βάση του χώρου αυτού. Στη φωτογραφία που ακολουθεί φαίνεται ο χώρος ξήρανσης.



Φ.3.5. Ο Χώρος ξήρανσης με την μορφή που είχε αρχικά, το καλοκαίρι του 2002.



Φ.3.6. Τοποθέτηση του προϊόντος στο χώρο ξήρανσης.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2003

Η εμπειρία και τα συμπεράσματα του καλοκαιριού του 2002, οδήγησαν σε κατάργηση του ανεμιστήρα και κατασκευή μιας ηλιακής καμινάδας. Έτσι η κατασκευή πήρε τη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Φ.3.7. Διάταξη χωρίς ανεμιστήρα, αλλά με ηλιακή καμινάδα.

Το ενδιαφέρον αυτή την χρονιά μετατοπίστηκε περισσότερο προς την παρατήρηση και καταγραφή της λειτουργίας του ξηραντήριου και λιγότερο προς την λειτουργία του συλλέκτη.

Για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις οι αναφερόμενες στο συλλέκτη τότε, ήταν λίγες.

Συγκεκριμένα οι μετρήσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και εισόδου στο συλλέκτη ταυτόχρονα T_a , της εξόδου του συλλέκτη T_o και της εξόδου του χώρου ξήρανσης T_1 αυτή τη χρονιά, είναι οι παρακάτω.

Ημέρα	Ωρα	$T_a(^{\circ}C)$	$T_o(^{\circ}C)$	$T_1(^{\circ}C)$
28/8/2003	11:00	31	47	34
	16:30	30	55	42
29/8/2003	17:00		57	44
30/8/2003	15:00		60	47
31/8/2003	14:00		63	53

Ο χώρος ξήρανσης χωρίστηκε σε δύο τμήματα, ένα επάνω και ένα κάτω, με στόχο την κατάλληλη στιγμή να γίνει αντιστροφή, σύμφωνα με τα συμπεράσματα του προηγούμενου καλοκαιριού, ώστε να οδηγηθούμε σε ομοιόμορφη ξήρανση.



Φ.3.8. Ο χώρος ξήρανσης το καλοκαίρι του 2003, με γεμάτα πλαίσια.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2004

Τον Ιούλιο του 2004 μία φωτιά, που ξεκίνησε από το παρακείμενο δάσος, κατέστρεψε και το ξηραντήριο, μετατρέποντάς το σε ένα μεταλλικό σκελετό, καθώς και το γυάλινο κάλυμμα του συλλέκτη, που ήταν αποθηκευμένο στην διπλανή αποθήκη. Η προσπάθεια ανασυγκρότησης, που εμπειρείχε και επιλογές ανάγκης, οδήγησε στο αποτέλεσμα που δείχνει η επόμενη φωτογραφία.

Οι κυριότερες μεταβολές ήταν, κάλυμμα του συλλέκτη από πλαστικό αντί για το τζάμι, η μαύρη λαμαρίνα στα πλαϊνά του χώρου ξήρανσης αντί για το διαφανές πολυκαρβονικό υλικό και η ελάττωση του πλάτους του χώρου ξήρανσης κατά το 1/3 του αρχικού.



Φ.3.9. Αποτέλεσμα της ανασυγκρότησης μετά την φωτιά.

Το καλοκαίρι αυτό λειτούργησε μόνο ο ένας συλλέκτης.

Οι μετρήσεις που τον αφορούν είναι λίγες, αλλά έχουν αρκετή συγγένεια με αυτές της προηγούμενης χρονιάς.

Συγκεκριμένα για μεσημέρι και θερμοκρασία περιβάλλοντος 33°C, μετρήθηκαν 57 °C στην έξοδο του συλλέκτη και 39°C στην έξοδο του χώρου ξήρανσης, ενώ για 27°C περιβάλλοντος είχαμε αντίστοιχα 48°C και 36°C.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2005

Η μεταβολή στη διάταξη το χρόνο αυτό, αφορούσε κυρίως στην κατασκευή κλίσης στην ηλιακή καμινάδα, καθώς και στο γεγονός ότι αντί για πλαίσια χρησιμοποιήθηκαν μικρά πλαστικά κιβώτια, με διάτρητο πάτο, ώστε να διέρχεται ο αέρας.

Τα κιβώτια αυτά απετέλεσαν αρχικά λύση ανάγκης, λόγω της καταστροφής των ξύλινων πλαισίων. Λόγω όμως του μικρού μεγέθους των, μετεφέρθησαν στο κτήμα, όπου και γέμισαν με μία μόνο στρώση νωπού προϊόντος και μετεφέρθησαν στη συνέχεια στο ξηραντήριο, χωρίς έτσι το προϊόν να υποστεί καμία ταλαιπωρία. Αυτό έδωσε αποτέλεσμα ποιοτικά ανώτερο.

Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται μερικές από τις μεταβολές που αναφέρονται παραπάνω.



Φ.3.10. Αλλαγές στη γεωμετρία του χώρου ξήρανσης.

Την περίοδο αυτή έγιναν μετρήσεις υγρασίας του αέρα στο περιβάλλον, στην έξοδο του συλλέκτη και μέσα στο χώρο ξήρανσης.

Οι μετρήσεις αυτές θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο, μαζί με εκείνες που αναφέρονται στην πορεία της ξήρανσης, μετρώντας το βάρος ενός δείγματος σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Οι φωτογραφίες που ακολουθούν δείχνουν κάποια από τα γεγονότα που αναφέρονται παραπάνω.



Φ.3.11. Πλαίσια που γέμισαν στο κτήμα και στην συνέχεια....



Φ.3.12.....τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο συλλέκτης αποτελεί τον ενεργειακό τροφοδότη της διάταξης, καθότι παρέχει στο προϊόν την απαιτούμενη, για την ξήρανσή του, ενέργεια.

Στην φωτογραφία που ακολουθεί, φαίνονται κάποιες λεπτομέρειες από τους δύο συλλέκτες, σε κάποια φάση της αρχικής κατασκευής τους το 2002 (δεν έχουν ακόμη τοποθετηθεί τα καλύμματα).



Φ.4.1. Συλλέκτες Σ_1 (αριστερά) και Σ_2 (δεξιά). Διακρίνεται το γεγονός ότι η συλλεκτική επιφάνεια του Σ_1 εφάπτεται στο έδαφος, ενώ του Σ_2 όχι (απέχει από αυτό 13 cm).

Οι παραπάνω συλλέκτες τροφοδοτούν με θερμό και ξηρό αέρα διαφορετικούς χώρους ξήρανσης, με ίση χωρητικότητα και διαφέρουν ως προς το πάχος του καναλιού τους, το κάλυμμα, τη μόνωση και το γεγονός ότι στον Σ_1 έχουμε ροή αέρα πάνω από την συλλεκτική επιφάνεια, ενώ στον Σ_2 έχουμε ροή κάτω από αυτήν, όπως φαίνεται στην προηγούμενη φωτογραφία Φ.4.1.

Διαστάσεις: Μήκος 16m, πλάτος 2m, πάχος 14cm (Σ_2) και 20cm (Σ_1).

Προσανατολισμός: Μεσημβρινός.

Κλίση : 23^0

Διαφανές κάλυμμα: Κοινό πλαστικό (Σ_1) και τζάμι 4mm (Σ_2)

Συλλεκτική επιφάνεια: Κυματοειδής λαμαρίνα πάχους 0.5mm, βαμμένη μαύρη ματ. Για την επιλογή της, έγινε σύγκριση των ιδιοτήτων της με μία επίπεδη λαμαρίνα πάχους 1 mm και εφόσον δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη διαφορά, επελέγη η ανωτέρω λόγω διαφοράς τιμής.

Μόνωση: Υαλοβάμβακας πάχους 2cm κάλυψε το χώμα στον Σ_2 , ενώ δεν χρησιμοποιήθηκε μόνωση στον συλλέκτη Σ_1 .

Τα πλαϊνά των συλλεκτών είναι από μπετό πάχους 15cm.

Το διαφανές κάλυμμα στον Σ_2 τοποθετήθηκε 1-2 cm πάνω από τον απορροφητή και αυτός με τη σειρά του, 13 cm περίπου πάνω από το καλυμμένο με την μόνωση χώμα, έτσι ώστε η κύρια μάζα του αέρα να περνά κάτω από τη συλλεκτική επιφάνεια.

Στον συλλέκτη Σ_1 έχουμε ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κάλυμμα από κοινό πλαστικό, η συλλεκτική επιφάνεια τοποθετήθηκε 1-2 cm πάνω από το χώμα, ενώ ο αέρας περνάει πάνω από τον απορροφητή.

Στην επόμενη φωτογραφία φαίνονται οι συλλέκτες με τα καλύμματά τους.



Φ.4.2. Οι συλλέκτες με τα καλύμματά τους.

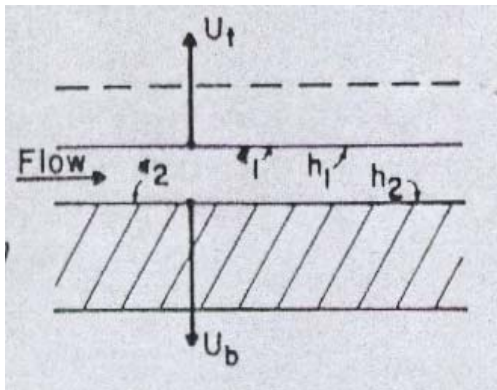
Από τους δύο αυτούς συλλέκτες, ο Σ_2 έχει υψηλότερο κοστολόγιο υλικών και κατασκευής και είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε για τις κύριες παρατηρήσεις και μετρήσεις.

Ο Σ_1 κατασκευάστηκε ευκολότερα, με μικρότερο κόστος και η λειτουργία του χρησιμοποιήθηκε για σύγκριση με τον Σ_2 .

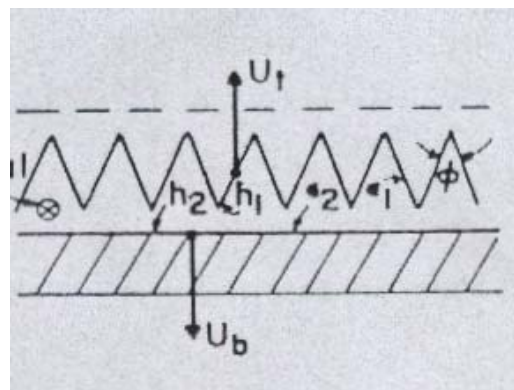
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Για την περιγραφή της λειτουργίας του συλλέκτη Σ_2 , χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός από τα μοντέλα της σελίδας 297, του «SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES», (J.Duffie, W.Beckman, WILEY, New York)[19], που φαίνονται στα επόμενα σχήματα 4.1. και 4.2. με τη διαφορά ότι η πίσω επιφάνεια του συλλέκτη στην προκειμένη περίπτωση είναι το έδαφος.

Το Σχήμα 4.1. αναφέρεται στην γεωμετρία του συλλέκτη με τις οριζόντιες γραμμές από πάνω προς τα κάτω να παριστάνουν το κάλυμμα του συλλέκτη (διακεκομμένη), την απορροφητική επιφάνεια και οι δύο επόμενες το στρώμα της μόνωσης, ενώ το 4.2. δείχνει ίδια γεωμετρία με διαφορετική απορροφητική επιφάνεια.

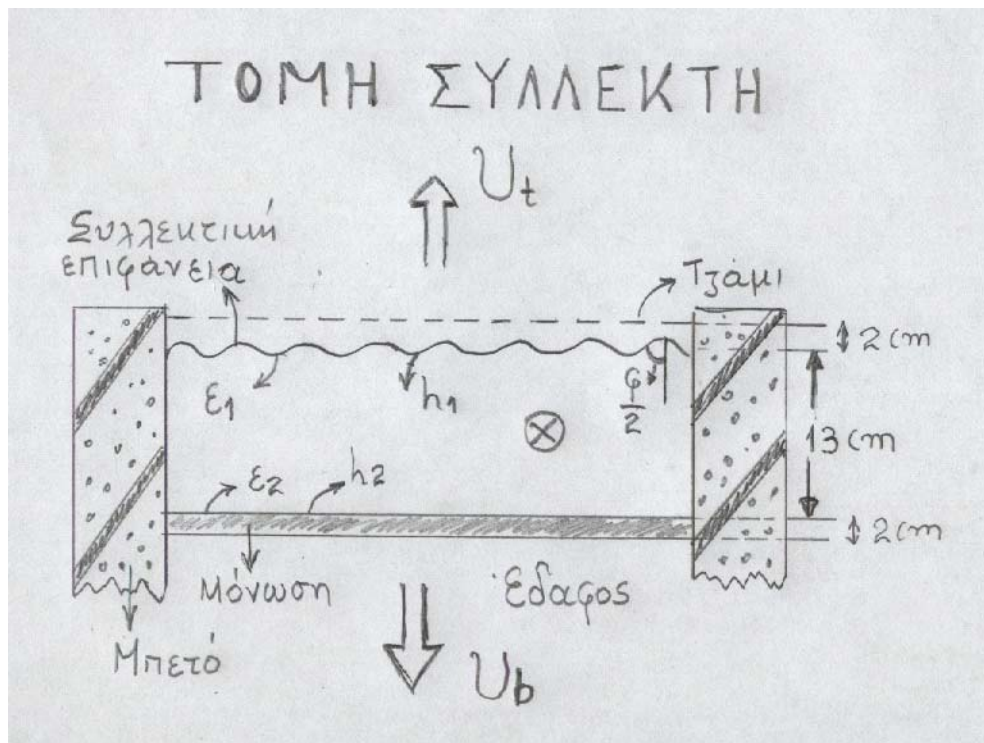


Σχ. 4.1. Τομή συλλέκτη



Σχ.4.2. Τομή συλλέκτη

Η τομή του συλλέκτη Σ_2 που θα μελετηθεί είναι η εμφανιζόμενη στο επόμενο σχήμα 4.3.. Τα εμφανιζόμενα μεγέθη θα εξηγηθούν στη συνέχεια.



Σχ.4.3. Τομή του συλλέκτη Σ_2 .

Δεδομένα :

Εμβαδόν επιφάνειας συλλέκτη: $A_c = 32 \text{ m}^2$. (Μήκος 16m, πλάτος 2 m)

Απόσταση μεταξύ απορροφητή και τζαμιού **1- 2 cm**.

Απόσταση μεταξύ απορροφητή και μόνωσης (πάχος καναλιού) **13 cm**.

Συντελεστής εκπομπής κάτω επιφάνειας απορροφητή $\epsilon_1=0.5$.

Συντελεστής εκπομπής πλαστικού καλύμματος μόνωσης $\epsilon_2=0.9$.

Από το «Solar Engineering», σελ.261, σχήμα 6.4.4. (b), για:

συντελεστή μεταφοράς θερμότητας από το γυαλί στον αέρα $h_w = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$,

συντελεστή εκπομπής πάνω επιφάνειας απορροφητή $\epsilon_p = 0.95$,

θερμοκρασία απορροφητή $T_p = 70^\circ\text{C}$ και συλλέκτη με ένα κάλυμμα,

προκύπτει:

συντελεστής απωλειών από την πάνω πλευρά του συλλέκτη $U_t = 6.2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Για τις απώλειες από την κάτω και τις πλαϊνές επιφάνειες του συλλέκτη **δέχονται** ότι, για τον υαλοβάμβακα πάχους 2cm και το χώμα κάτω από αυτόν, έχουμε συντελεστή απωλειών $U_b = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Επομένως συντελεστής ολικών απωλειών $U_L = U_t + U_b = 7,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Για μέση θερμοκρασία ρευστού $T_{\text{ρευστ}} = 60^\circ\text{C}$, προκύπτει για τον συντελεστή ακτινοβολούμενης θερμότητας:

$$h_r = \frac{4\sigma T^3}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} = 3.96 \text{ W/m}^2\text{K}. \quad (\text{με σταθερά Stefan-Boltzmann}$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4)$$

Για πλάτος συλλέκτη 2m και πάχος καναλιού 13 cm, έχουμε την υδραυλική διάμετρο καναλιού D_h :

$$D_h = \frac{4A}{\text{περίμετρο}} = 4x (2x0.13)/4.26 = 0.244\text{m}.$$

(όπου A , εμβαδόν διατομής καναλιού).

Για παροχή αέρα $\Pi = A \times u = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$, η ταχύτητα του αέρα μέσα στο κανάλι προκύπτει $u = 3.2 \text{ m/sec}$.

Επομένως ο αριθμός Reynolds είναι:

$$R_e = \frac{uD_h\rho}{\mu} = 42078$$

(με πυκνότητα αέρα $\rho = 1,06 \text{ kg/m}^3$ και ιξώδες αέρα $\mu = 1,97 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{sec}$)

Επειδή $R_e > 2000$ και ο λόγος, μήκος συλλέκτη / $D_h = 16/0.244 = 65$, δηλαδή πολύ μεγάλος, συνάγεται ότι η ροή είναι **τυρβώδης**.

Επομένως ο αριθμός Nusselt δίνεται από την εξίσωση:

$$Nu = 0.0158 R_e^{0.8} = 79.05$$

Κατά συνέπεια: $Nu = \frac{hD_h}{\kappa}$ (κ:θερμική αγωγιμότητα του αέρα = 0,028 W/mK)

και από την σχέση αυτή προκύπτει ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας h:

$$h = 9.07 \text{ W / m}^2 \text{ K.}$$

Από το Σχήμα 4.2. και για $\varphi/2 = 45^\circ$, προσαρμόζουμε την τιμή του h, ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα στη γεωμετρία της συλλεκτικής επιφάνειας, με την:

$$h_1 = h / \sin \varphi/2 = 12,87 \text{ W/m}^2\text{K}, \text{ ενώ } h_2 = h = 9.07 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Με βάσει τα ανωτέρω προκύπτει ο «παράγοντας απόδοσης του συλλέκτη» F' , ο οποίος παριστάνει το λόγο της συλλεγόμενης χρήσιμης ενέργειας, δια της συλλεγόμενης ενέργειας όταν η συλλεκτική επιφάνεια και ο αέρας έχουν ίδια θερμοκρασία.

$$F' = \left[1 + \frac{U_L}{h_1 + \left(\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_r} \right)^{-1}} \right]^{-1} = 0,685.$$

Η αδιάστατη σταθερά ροής μάζας του συλλέκτη, $\Phi = \frac{\frac{dm}{dt} C_p}{AcU_L F'}$,

με $dm/dt = \rho \cdot dV/dt = 0,883 \text{ kgr/sec}$, C_p (ειδική θερμότητα αέρα υπό σταθερή πίεση) = 1008 J/Kgr K, παίρνει έτσι την τιμή $\Phi = 5,64$.

Επομένως ο παράγοντας ροής του συλλέκτη F'' , προκύπτει:

$$F'' = \Phi \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{\Phi}} \right) = 0,916.$$

Το γινόμενο όμως $F'' \times F' = 0.916 \times 0.685 = 0.627$ ισούται με την ποσότητα F_R που είναι ισοδύναμη με την απόδοση ενός εναλλάκτη και ορίζεται ως ο λόγος της μεταφοράς θερμότητας προς την μέγιστη δυνατή μεταφορά θερμότητας, η οποία επιτυγχάνεται όταν ο συλλέκτης έχει θερμοκρασία, τη θερμοκρασία εισόδου του αέρα, που είναι και θερμοκρασία περιβάλλοντος[18].

$$\text{Επομένως } F_R = 0,627$$

Η ωφέλιμη ενέργεια του συλλέκτη Q_u ισούται τότε, σύμφωνα με την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη εξίσωση στη μελέτη συλλεκτών, με:

$$Q_u = A_c \cdot F_R [S - U_L (T_i - T_a)], [18]$$

με S την ανά μονάδα επιφάνειας του συλλέκτη απορροφούμενη ενέργεια και T_i , T_a τις θερμοκρασίες εισόδου του αέρα και περιβάλλοντος αντίστοιχα..

Επειδή T_i (θερμοκρασία εισόδου) = T_a (θερμοκρασία περιβάλλοντος), από την προηγούμενη σχέση έχουμε:

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot S$$

Επίσης ισχύει: $Q_u = \frac{dm}{dt} C_p \Delta T$,

($\Delta T = T_o - T_i$, όπου T_o η θερμοκρασία εξόδου από τον συλλέκτη).

Η σχέση αυτή δίνει:

$$T_o - T_i = \frac{Q_u}{\frac{dm C_p}{dt}} \text{ και επομένως:}$$

$$T_o - T_i = \frac{Q_u}{\rho \frac{dV}{dt} C_p} ,$$

οπότε λόγω και της εξάρτησης της πυκνότητας του αέρα από την θερμοκρασία καταλήγουμε στην:

$$T_o - T_i = \frac{A_c \cdot F_R \cdot S}{\rho_o \frac{273}{T} \frac{dV}{dt} C_p}$$

(T , η θερμοκρασία εξόδου του αέρα από τον συλλέκτη).

Με δεδομένα :

$$A_c = 32 \text{ m}^2,$$

$$F_R = 0.627,$$

$$\rho_o (\text{πυκνότητα αέρα σε θερμοκρασία } 0^\circ\text{C}) = 1,292 \text{ kg/m}^3 ,$$

$$\frac{dV}{dt} = 0.833 \text{ m}^3/\text{sec} \text{ και}$$

$$C_p = 1008 \text{ J/KgK},$$

η παραπάνω σχέση καταλήγει στην:

$$T_o - T_i = k \cdot T \cdot S, \quad (k = 6,77 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{W})$$

Από την σχέση αυτή θα προκύψουν στην συνέχεια οι τιμές του $\Delta\theta$ και θα συγκριθούν με τις μετρήσεις που έγιναν.

Για τις τιμές του S υπάρχει σχετικό σχόλιο στο τέλος του τρέχοντος κεφαλαίου.

Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η παραπάνω μελέτη του συλλέκτη αναφέρεται σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας (steady state) της διάταξης και δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του δυναμικού χαρακτήρα, που έχουν τα σχετικά φαινόμενα, στη διάρκεια μιας μέρας.

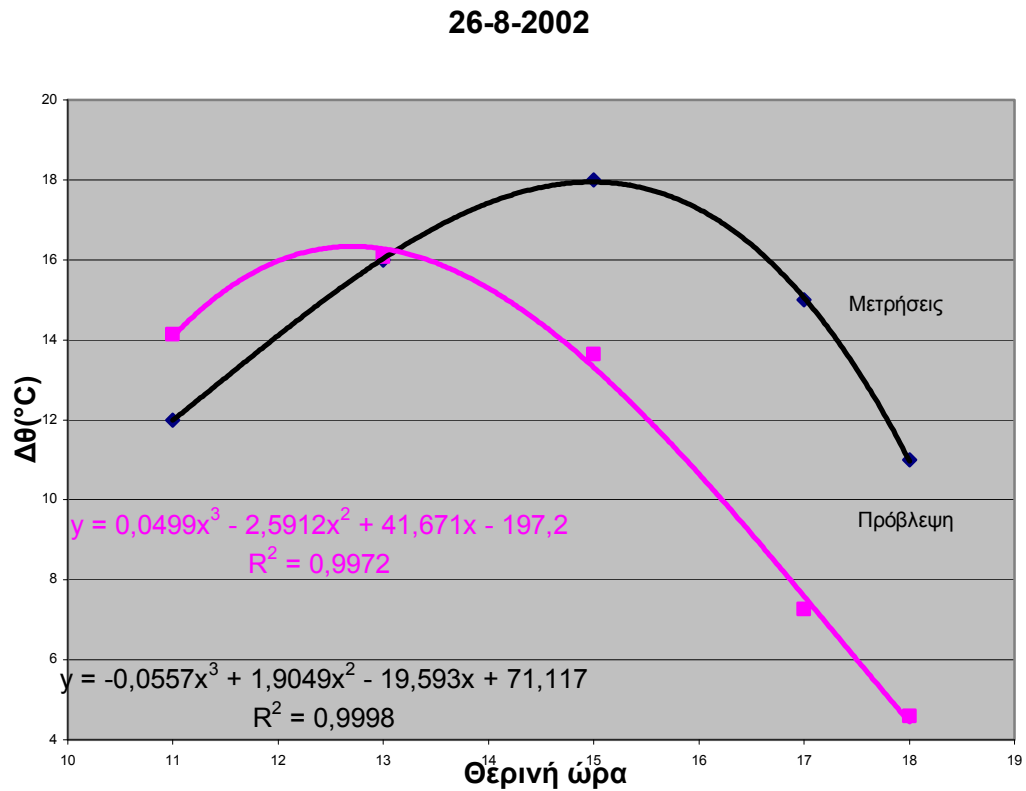
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρεται στις μετρήσεις που έγιναν το 2002, αφορούν στην λειτουργία του συλλέκτη Σ_2 και περιλαμβάνει, την ημέρα, την ώρα(θερινή), την θερμοκρασία περιβάλλοντος και εισόδου συλλέκτη ταυτόχρονα, την θερμοκρασία εξόδου απ αυτόν, την διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου για τον συλλέκτη, την ένταση ηλιακής ακτινοβολίας από βιβλιογραφία [23], την πρόβλεψη του μοντέλου για την διαφορά θερμοκρασίας και την θερμοκρασία εξόδου από τον χώρο ξήρανσης. Η παροχή αέρα από την λειτουργία του ανεμιστήρα ήταν 3000 m³/h.

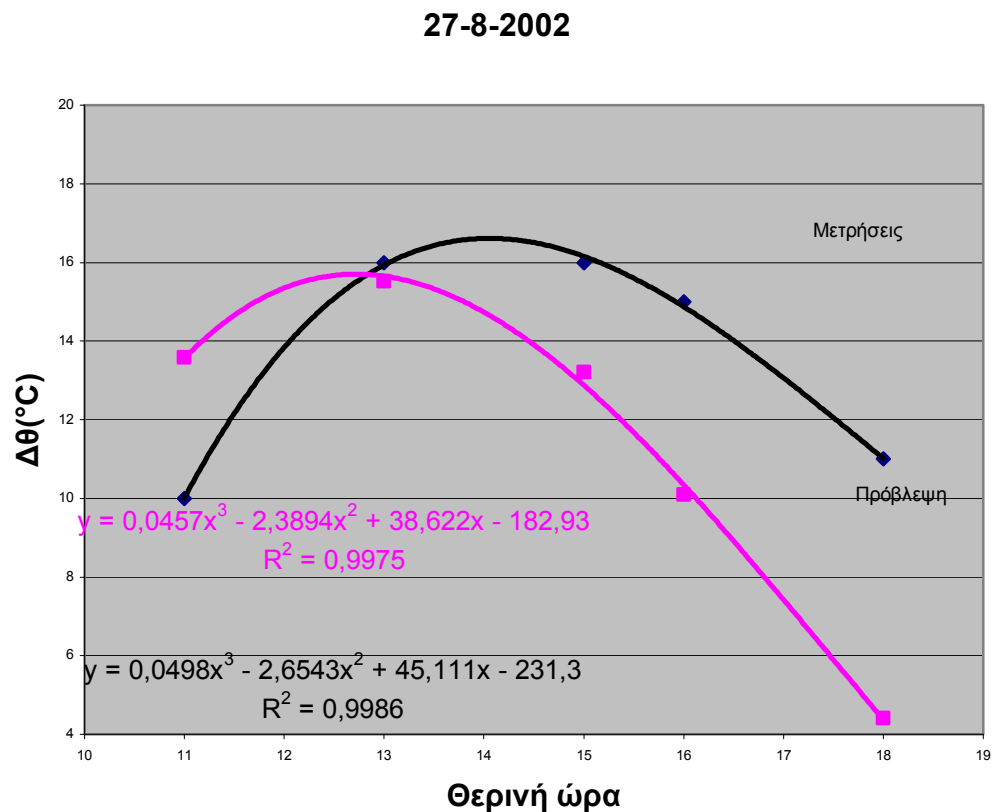
Π.4.1. Μετρήσεις από την λειτουργία του συλλέκτη με ανεμιστήρα.

Μέρα	Ωρα(θερ)	θ.εισ(°C)	θ.εξοδ(°C)	$\Delta\theta(^{\circ}\text{C})$	S(w/m ²)	Πρόβλεψη	θ.εξ.ξηρ.(°C)
26/8/2002	11	28	40	12	674	13,74	30
	12				746		
	13	30	46	16	762	15,64	35
	14				718		
	15	32	50	18	642	13,26	36
	16				495		
	17	32	47	15	342	7,064	36
	18	28	39	11	219	4,464	34
27/8/2002	11	26	36	10	671	13,59	29
	12				744		
	13	29	45	16	759	15,52	36
	14				716		
	15	32	47	16	639	13,2	38
	16	31	47	15	490	10,09	37
	17				339		
	18	30	42	12	215	4,412	37
28/8/2002	11	25	34	9	668	13,48	29
	12				741		
	13	30	46	16	756	15,51	37
	14				713		
	15	31	48	17	636	13,09	39
	16				486		
	17				336		
	18	29	41	12	212	4,336	38

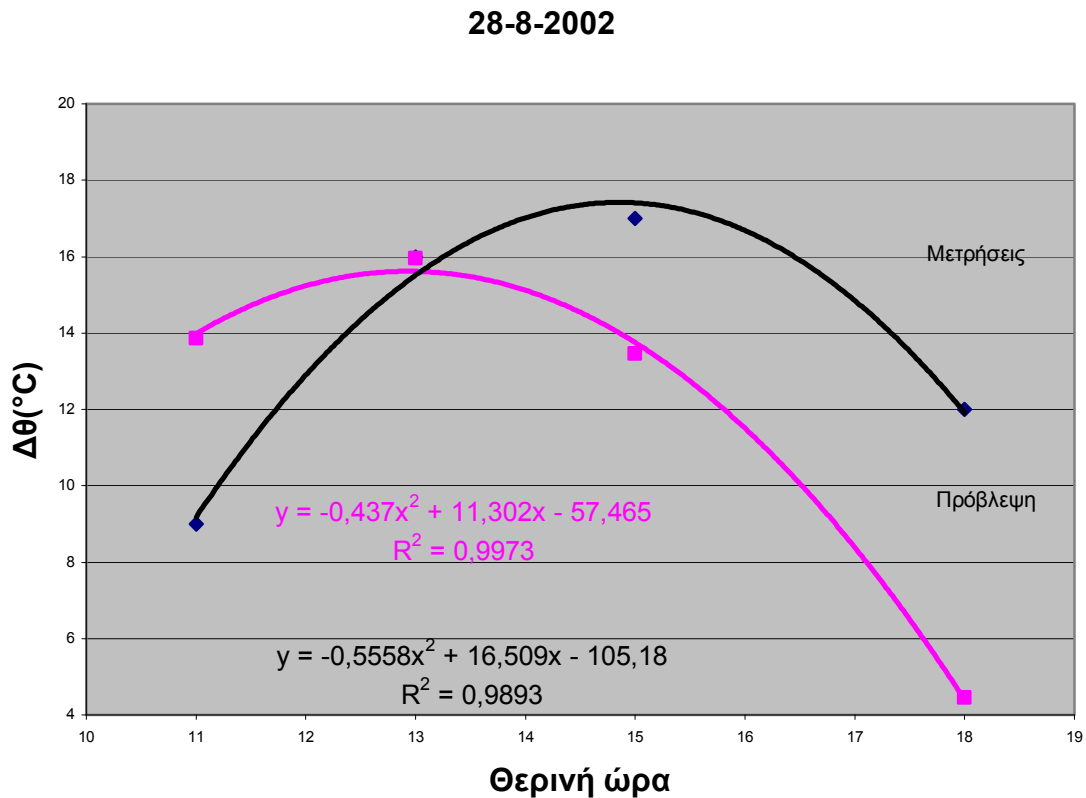
Η γραφική απεικόνιση των μετρήσεων και της πρόβλεψης του μοντέλου για τις τρεις αυτές μέρες ακολουθεί στις επόμενες σελίδες.



Σχ.4.4. Μετρήσεις και πρόβλεψη για το συλλέκτη στις 26-8-2002.



Σχ.4.5. Μετρήσεις και πρόβλεψη για τον συλλέκτη στις 27-8-2002.



Σχ.4.6. μετρήσεις και πρόβλεψη για τον συλλέκτη στις 28-8-2002.

Οι ανωτέρω μετρήσεις των τριών ημερών, πάρθηκαν με καλή ηλιοφάνεια.

Μετά τις 28-8-2002 η ηλιοφάνεια ήταν μέτρια έως κακή και δε λειτούργησε ο ανεμιστήρας. Στη διάταξη είχαμε φυσική κυκλοφορία, με τον ίδιο το συλλέκτη να δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα, κατ' εκτίμηση της τάξης των 700-800 m³/h.

Οι μετρήσεις που αναφέρονται σε αυτές τις συνθήκες, είναι οι ακόλουθες:

Π.4.2. Μετρήσεις στο συλλέκτη χωρίς λειτουργία ανεμιστήρα.

Ημέρα	Ωρα(θερ)	Θπερ(°C)	Θσυλ(°C)	Δθ(°C)	Πρόβλεψη
29/8/2002	14:00	26	52	26	27
31/8/25002	10:00	23	36	13	17
	13:00	27	51	24	27
3/9/2002	14:00	24	50	26	27
5/9/2002	14:00	30	56	26	28

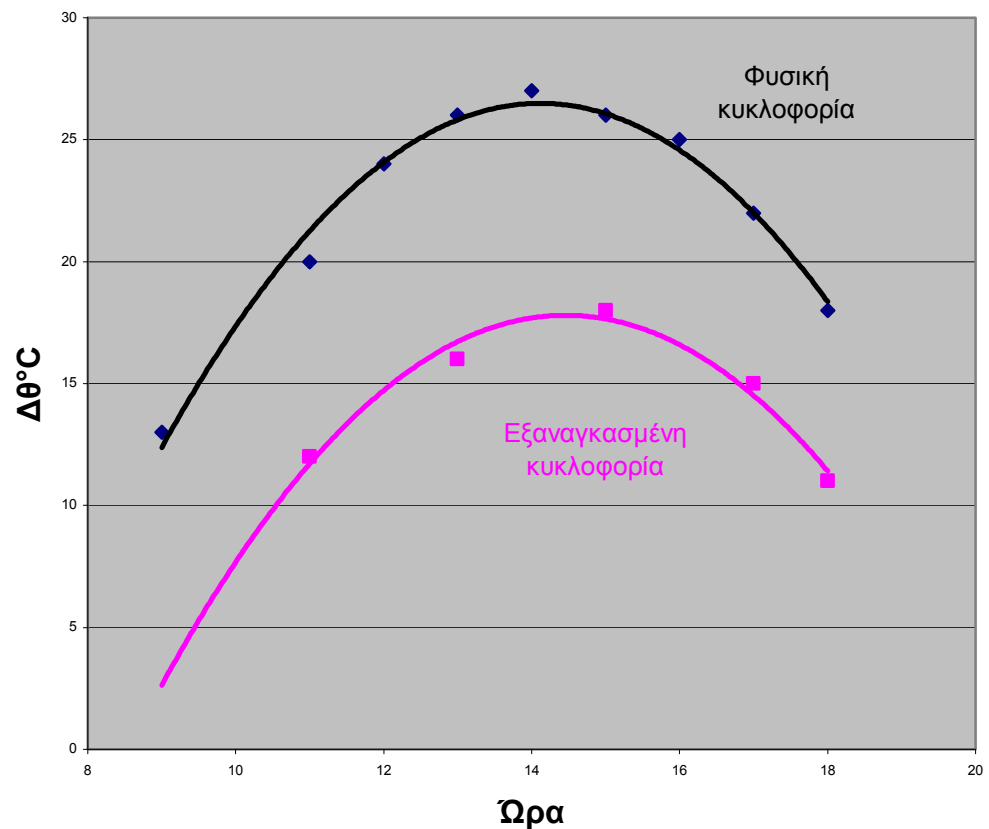
Οι μετρήσεις αυτές, όπως αναφέρθηκε, προέρχονται από ημέρες με νέφωση, οπότε η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη είναι η μισή της ολικής. Επίσης, η έξοδος του αέρα από τον χώρο ξήρανσης ήταν δυσχερής, δεδομένου ότι αυτή γινόταν από την έξοδο που είχε προβλεφθεί για την λειτουργία με τον ανεμιστήρα.

Η σημαντική αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας του συλλέκτη, ήταν αναμενόμενη.

Η τελευταία στήλη είναι η πρόβλεψη του ίδιου παραπάνω μοντέλου, για την μισή περίπου ηλιακή ακτινοβολία και για παροχή 0,222m³/sec.(800 m³/h).

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται μία τυπική ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ εισόδου και εξόδου του συλλέκτη για, φυσική και εξαναγκασμένη κυκλοφορία, όπως αυτή προκύπτει από τις προηγούμενες μετρήσεις. Με την φυσική κυκλοφορία είχαμε μία επί πλέον αύξηση κατά 10°C περίπου από ότι στην εξαναγκασμένη, σε όλη την διάρκεια της ημέρας.

Συλλέκτης με φυσική και εξαναγκασμένη κυκλοφορία



Σχ.4.7. Λειτουργία του συλλέκτη με φυσική και εξαναγκασμένη κυκλοφορία.

Ο επόμενος πίνακας περιέχει τις μετρήσεις στον δεύτερο συλλέκτη με το πλαστικό κάλυμμα, που λειτούργησε χωρίς ανεμιστήρα και είχε τα χαρακτηριστικά που προαναφέραμε. Οι μετρήσεις αυτές είναι η μέρα, η ώρα, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία στην έξοδο του συλλέκτη και η διαφορά θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του συλλέκτη.

Π.4.3. Λειτουργία συλλέκτη Σ₁

Μέρα	Ώρα(θερινή)	Θερμ.περ(°C)-ηλιοφ.	Θερμ.συλ(°C)	Δθσυλ
26/8/2002	11:30	28-καλή	46	18
	13:00	30-καλή	52	22
	15:00	32-καλή	52	20
	17:00	32-καλή	44	12
	18:00	28-καλή	37	9
27/8/2002	11:00	26-καλή	42	16
	13:00	29-καλή	51	22
	15:00	32-καλή	51	19
	16:00	31-καλή	46	15
	18:00	30-καλή	42	12
28/8/2002	10:30	25-καλή	40	15
	13:00	30-καλή	52	22
	15:00	31-καλή	51	20
	18:00	29-καλή	41	12
29/8/2002	14:00	26-κακή	47	21
31/8/2002	10:00	23-μέτρια	35	12
	13:15	27-μέτρια	51	24
3/9/2002	14:00	24-μέτρια	50	26
5/9/2002	14:00	30-μέτρια	53	23

Είναι φανερή και εδώ, η σημαντική διαφορά θερμοκρασίας στην είσοδο και έξοδο του συλλέκτη, σε σχέση με αυτή της λειτουργίας του ανεμιστήρα στον προηγούμενο συλλέκτη.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

A. Η περιγραφή της λειτουργίας του συλλέκτη από το συγκεκριμένο μοντέλο, παρουσιάζει περιοχή καλής συμφωνίας γύρω από το μεσημέρι, αλλά και σημαντική διαφορά τις πρωινές και απογευματινές ώρες. Το πρωί, το μοντέλο δίνει ψηλότερες τιμές από τις μετρήσεις, το δε απόγευμα οι προβλέψεις του μοντέλου υπολείπονται σημαντικά των μετρήσεων.

Αναζητώντας την εξήγηση της διαπίστωσης αυτής, πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας τα εξής γεγονότα.

1. Η ηλιακή ακτινοβολία έφτανε σε ολόκληρο τον συλλέκτη μετά τις 10 το πρωί, λόγω του πευκοδάσους που βρίσκεται στα ανατολικά και πολύ κοντά στο συλλέκτη. Η καθυστερημένη αυτή άφιξη της ηλιακής ενέργειας στο συλλέκτη, μπορεί να ευθύνεται για ένα μέρος της πρωινής διαφοράς μοντέλου και μετρήσεων.

2. Οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται είναι αυτής επί οριζοντίου επιφάνειας, ενώ θα έπρεπε να είναι η απορροφούμενη από το συλλέκτη.

Για την περίοδο του μεσημεριού το σφάλμα είναι σχεδόν ασήμαντο, διότι με ζενιθία γωνία 29° και κλίση συλλέκτη 23° οι τιμές πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 1,14 ($\cos 6^\circ / \cos 29^\circ$), αλλά αυτό σχεδόν αναιρείται από το γινόμενο διαπερατότητας-απορροφητικότητας του καλύμματος του συλλέκτη, που έχει τιμή κοντά στο 0,85.

Νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα οι τιμές της απορροφούμενης ακτινοβολίας είναι μικρότερες λόγω μεγαλύτερης ανάκλασης, δεδομένου ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγάλη. Το γεγονός αυτό συμβάλλει για την ερμηνεία του «πρωινού» προβλήματος, αλλά μεγαλώνει την διαφορά το απόγευμα.

3. Το άλλο γεγονός είναι ότι ο συλλέκτης έχει την πίσω πλευρά του στο έδαφος.

Η κατασκευή αυτή, έχει ως συνέπεια την ανταλλαγή ποσών θερμότητας ανάμεσα στον συλλέκτη και στο έδαφος παρά την υπάρχουσα μόνωση. Αυτή η ανταλλαγή μπορεί να ερμηνεύσει την υστέρηση των τιμών πριν το μεσημέρι και ταυτόχρονα την επίτευξη μεγαλύτερων τιμών μετά το μεσημέρι.

Το «αδρανειακό» αυτό φαινόμενο, οφείλεται στην αποθήκευση θερμότητας στο έδαφος αρχικά και στην απόδοση ενός τμήματος αυτής, μετά το μεσημέρι.

Η διαδικασία αυτή, διαφοροποιεί σημαντικά τις απώλειες του συλλέκτη από την πίσω πλευρά του (U_b), μετά το μεσημέρι τουλάχιστον, όταν παίρνει θερμότητα από το έδαφος. Μία λογική τιμή για τα δεδομένα της κατασκευής είναι $U_b = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

B. Από κάποιες μετρήσεις, όχι προγραμματισμένες, παρατηρήθηκε απώλεια βάρους του προϊόντος κατά τη νύκτα. Το γεγονός αυτό, επειδή το προϊόν δεν είναι εκτεθειμένο στον αέρα, δεν μπορεί να οφείλεται σε νυκτερινή καλοκαιρινή αύρα χαμηλής υγρασίας.

Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε απώλεια βάρους στο δείγμα τέτοια ώστε, στο σύνολο της ποσότητας του χώρου ξήρανσης η αντίστοιχη απώλεια, να χρειάζεται ποσό ενέργειας της τάξης των 60 MJ για να προκληθεί.

Αυτό το ποσό της ενέργειας μπορεί να προήλθε μόνο από την αποθηκευμένη μέσα στο προϊόν ενέργεια στο τέλος της μέρας, αλλά και από την θερμότητα που αποδίδει το έδαφος στον συλλέκτη την νύχτα.

Η αποθηκευμένη ενέργεια στο προϊόν, λαμβάνοντας υπόψη τις θερμοχωρητικότητες των υλικών και εκτιμώντας την διαφορά θερμοκρασίας τους το βράδυ στο χώρο ξήρανσης, καλύπτει το μισό περίπου ποσό της αναζητούμενης ενέργειας, περίπου 30 MJ. Το υπόλοιπο θα πρέπει να προέρχεται από το έδαφος κάτω από τον συλλέκτη.

Προσπάθεια να υπολογιστεί αυτό το ποσό θερμότητας γίνεται πιο κάτω.

Γ. Όταν σταμάτησε να λειτουργεί ο ανεμιστήρας και είχαμε έτσι μικρότερη παροχή αέρα, παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας εξόδου του συλλέκτη κατά 10°C περίπου. Αυτό σε συνδυασμό με παρατήρηση της απώλειας βάρους του προϊόντος τότε, οδήγησαν αρχικά στην υποψία και κατόπιν στην βεβαιότητα ότι, ο συνδυασμός, μεγαλύτερη θερμοκρασία-μικρότερη παροχή είναι πιο αποτελεσματικός στην ελάττωση του χρόνου ξήρανσης, από τον συνδυασμό μικρότερη θερμοκρασία-μεγαλύτερη παροχή.

Η διαπίστωση αυτή αφορά στην περιοχή θερμοκρασιών 35-65°C και τις αντίστοιχες παροχές, στις οποίες δούλεψε η συγκεκριμένη διάταξη.

Η διαπίστωση αυτή έχει μεγάλη σημασία, διότι δεν απαιτείται ανεμιστήρας σ' αυτές τις συνθήκες και σ' αυτήν στηρίχθηκε η απομάκρυνσή του τις επόμενες χρονιές.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Είναι γνωστό ότι, η μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους συναρτήσει του χρόνου t και του βάθους z από την επιφάνεια, δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$T_{(z,t)} = T_{ave} + A_o e^{-\frac{z}{D}} \sin[\omega(t - 8) - \frac{z}{D}] \quad (1), [20] \text{ όπου:}$$

T_{ave} η μέση ημερήσια θερμοκρασία της επιφάνειας,

A_o το πλάτος της ημερήσιας μεταβολής στην επιφάνεια,

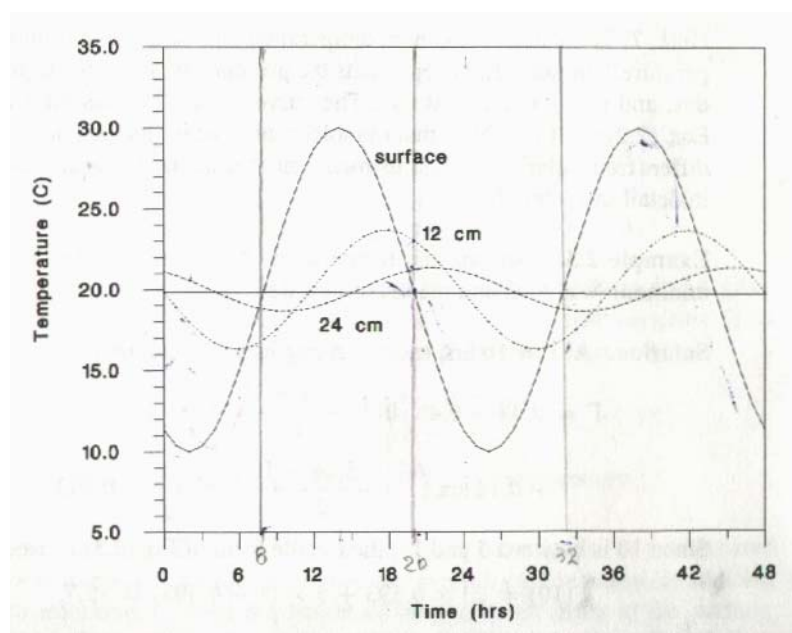
ω η κυκλική συχνότητα μεταβολής που ισούται με $\pi/12$,

z το βάθος εντός του εδάφους,

D το βάθος απόσβεσης (damping depth), εξαρτώμενο από την φύση του εδάφους (θεωρούμε τιμή 0,12 m) και t ο χρόνος μετρημένος σε ώρες.

Από την εξίσωση αυτή προκύπτει ότι, για έδαφος μεικτής σύνθεσης, για το οποίο η τιμή της παραμέτρου D είναι γύρω στα 0.12m, η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας μετά τα 40 cm είναι αμελητέα. Επομένως μπορούμε ως πρώτη προσέγγιση να υποθέσουμε ότι μόνο το στρώμα εδάφους πάχους 40 cm ανταλλάσσει θερμότητα με τον υπερκείμενο αέρα κατά την διάρκεια του ημερήσιου κύκλου μεταβολής της θερμοκρασίας.

Η γραφική παράσταση της εξίσωσης είναι η επόμενη.



Σχ.4.8. Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας εδάφους μεικτής σύνθεσης, στην επιφάνεια και σε διάφορα βάθη εντός αυτού.

Έστω Q_1 το «θερμικό περιεχόμενο» του εδάφους την 20^η ώρα, το οποίο μπορεί θεωρητικά, αν διατεθεί ο απαιτούμενος χρόνος, να αποδοθεί στον αέρα πάνω από την επιφάνεια.

Υπολογισμός του Q_1 :

Έστω σε βάθος z εντός του εδάφους, στρώμα εδάφους στοιχειώδους πάχους dz και θερμοκρασίας T_z .

Η θερμότητα αυτού του στρώματος ΔQ_1 είναι:

$$\Delta Q_1 = \Delta m \cdot C \cdot \Delta T = \rho A_c dz C (T_z - T_0), \text{ όπου:}$$

ρ η πυκνότητα του εδάφους,

A_c το εμβαδόν της επιφάνειας,

C η ειδική θερμότητα του εδάφους,

T_z η θερμοκρασία στο βάθος z και

T_0 η θερμοκρασία στην επιφάνεια.

Η σχέση (1) για $t = 20$ h δίνει:

$$T_{(z,20)} = T_{ave} + A_0 e^{-\frac{z}{D}} \sin \frac{z}{D} \quad (2)$$

Επομένως η συνολική θερμότητα μέχρι βάθους z_0 με την βοήθεια και της σχέσης (2) είναι:

$$Q_1 = \rho A_c C A_0 \int_0^{z_0} \sin \frac{z}{D} e^{-\frac{z}{D}} dz$$

Για τον υπολογισμό του ολοκληρώματος θέτω $u=z/D$, αλλάζω τα όρια ολοκλήρωσης από $(0-z_0)$ σε $(0-u_0)$. Το D για ξηρό έδαφος μπορεί βάσει της βιβλιογραφίας να πάρει τιμή 0.12m , το z_0 είναι 0.4m και έτσι το άνω όριο u_0 γίνεται $u_0=z_0/D=0.4/0.12=3.33$.

Η τιμή του ολοκληρώματος προκύπτει $0,521$.

Με τιμές μεγεθών:

$$\rho = 2000 \text{ kg m}^{-3},$$

$$A_c = 32\text{m}^2,$$

$$C = 820 \text{ JK}^{-1}\text{kg}^{-1} \text{ και}$$

$A_0 = 10^\circ\text{C}$ η τιμή της Q_1 είναι:

$$\mathbf{Q_1 = 32810 \text{ kJ.}}$$

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζεται το αντίστοιχο ποσό Q_2 για την χρονική στιγμή $t = 32\text{h}$.

Η σχέση (1) για $t=32$ h δίνει:

$$T_{(z,32)} = T_{ave} - A_0 e^{-\frac{z}{D}} \sin \frac{z}{D} \quad (3)$$

Το αντίστοιχο ολοκλήρωμα έχει ίδια τιμή αλλά αντίθετο πρόσημο και η ποσότητα Q_2 έχει τιμή:

$$\mathbf{Q_2 = -32810 \text{ kJ}}$$

Επομένως το ποσό της θερμότητας που έχασε το στρώμα των $0,4$ m στην διάρκεια της νύχτας είναι:

$$\mathbf{Q = Q_1 - Q_2 = 65620 \text{ kJ}}$$

Το ποσό αυτό αποδίδεται στο συλλέκτη, αλλά ένα σημαντικό μέρος αυτού φεύγει στο περιβάλλον. Επίσης η ικανότητα αποξήρανσης σταφίδας, του ποσού που απομένει μετά τις απώλειες, είναι μικρή, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας με την οποία παίρνουμε αυτό το ποσό. Η συνεισφορά πάντως αυτού και του αποθηκευμένου στο προϊόν, μπορεί να εξηγήσει την παρατήρηση ότι κατά την διάρκεια της νύχτας 26 προς 27-8-2003 και 2 προς 3 – 9 – 2004 μετρήθηκαν 30gr και 22gr αντίστοιχα απώλεια βάρους στο δείγμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΧΩΡΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο χώρος ξήρανσης είναι ο κλειστός χώρος, στον οποίο τοποθετείται η νωπή σταφίδα. Το προϊόν τοποθετείται πάνω σε συρμάτινα πλαίσια, με πυκνότητα 30 kg ανά m² και στην συγκεκριμένη κατασκευή είχαμε 14 πλαίσια καθ' ύψος και 3 τέτοιες στήλες, συνολικά 42 πλαίσια.

Οι διαστάσεις του χώρου ξήρανσης είναι, μήκος 2.70 m, πλάτος 2.03 m, ύψος 2.10 m και το υλικό κατασκευής του είναι μεταλλικός σκελετός και διαφανές πλαστικό (πολυκαρβονικό) πάχους 4mm με κυψέλες εσωτερικά.

Η οροφή είναι δίκλιτη με κλίση 30⁰ φτιαγμένη από το ίδιο υλικό.

Ο χώρος ξήρανσης βρίσκεται στο πάνω μέρος του συλλέκτη ώστε, η έξοδος του συλλέκτη να ταυτίζεται με την είσοδο στο χώρο ξήρανσης, όπως φαίνεται στην φωτογραφία που ακολουθεί.



Φ.5.1. Ο χώρος ξήρανσης με την μορφή που είχε το καλοκαίρι του 2003.

Στη βάση του χώρου ξήρανσης διοχετεύεται ο θερμός αέρας από την έξοδο του συλλέκτη και ισοδιανέμεται στο χώρο ξήρανσης με παράλληλα τοποθετημένες σανίδες, ανάμεσα στις οποίες υπάρχουν κενά όπως φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία.



Φ.5.2. Βάση χώρου ξήρανσης και ισοδιανομή αέρα.

Ο ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

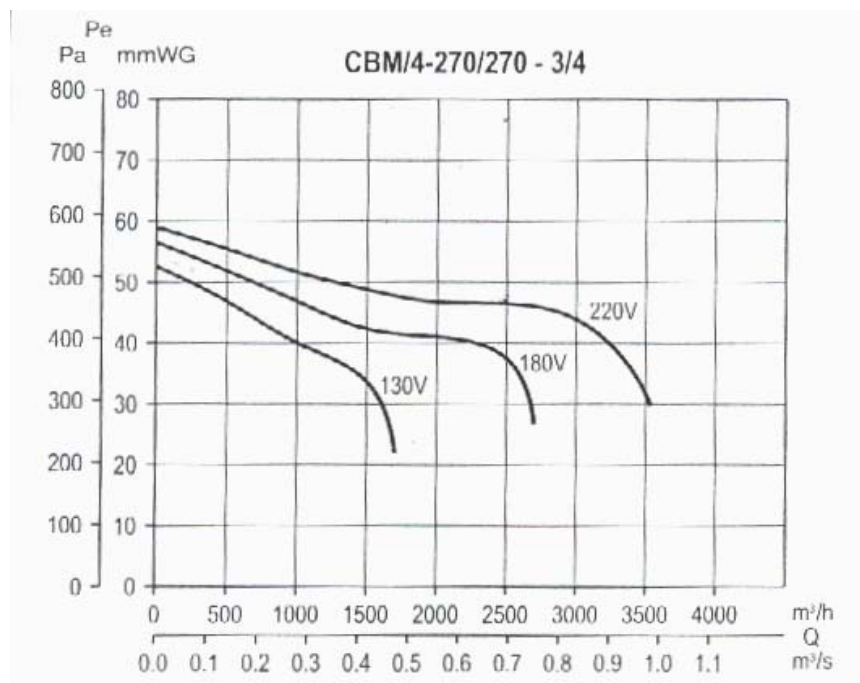
Στην κορυφή του χώρου ξήρανσης την πρώτη χρονιά λειτουργίας, το 2002, τοποθετήθηκε ο ανεμιστήρας, ο οποίος δημιουργούσε ένα αέριο ρεύμα στο κλειστό κανάλι, που η αρχή του ήταν στην είσοδο του συλλέκτη και το τέλος του στην κορυφή του χώρου ξήρανσης.

Επελέγη ανεμιστήρας με δυνατότητα παροχής υπό σχετικά υψηλή πίεση (διότι δεν ήταν γνωστή η αντίσταση του προϊόντος στον αέρα) και η καμπύλη λειτουργίας αυτού, φαίνεται παρακάτω.

Το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του ανεμιστήρα είναι 6.2 A και αρχικά, μετά την τοποθέτηση του προϊόντος, μετρήθηκε ρεύμα 9 A, με αποτέλεσμα να χρειαστεί να παρεμποδιστεί η έξοδος του αέρα μέχρι το ρεύμα να πάρει την κανονική του τιμή.

Αυτό υποδηλώνει ότι η αντίσταση του προϊόντος στον αέρα δεν είναι μεγάλη.

Η παροχή του συγκεκριμένου ανεμιστήρα, δεδομένου ότι τροφοδοτήθηκε από γεννήτρια τάσης 200-220 volt, θεωρούμε ότι ήταν 2500 - 3000 m³ / h.



Σχ.5.1. Καμπύλη λειτουργίας ανεμιστήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΟΡΕΙΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος των διαδοχικών μεταβολών στη διάταξη και στις διαδικασίες ήταν προφανώς, η βελτιστοποίηση της πορείας ξήρανσης.

Η καταγραφή της πορείας της ξήρανσης, γίνεται με τη μέτρηση του βάρους ενός μικρού δείγματος προϊόντος, σε συνάρτηση με τον χρόνο. Το δείγμα αυτό τοποθετήθηκε μέσα στο χώρο ξήρανσης.

Κατεγράφη η πορεία ξήρανσης δύο συνήθως δειγμάτων, το ένα στο κάτω μέρος του χώρου ξήρανσης, στο πρώτο κάτω πλαίσιο και ένα στο τελευταίο πάνω. Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι όταν ένα δείγμα φτάνει στο 1/3 περίπου του αρχικού βάρους του, τότε η περιεχόμενη υγρασία του είναι αποδεκτή.

Στον άξονα του χρόνου κάποιων διαγραμμάτων, υπάρχουν πληροφορίες για βροχή (β), συννεφιά (σ), αν κάποια μέρα δεν είχαμε ηλιοφάνεια.

Οι μετρήσεις της υγρασίας έγιναν στο εργαστήριο της Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Αιγιαλείας.

Η πειραματική διαδικασία και οι μετρήσεις που αφορούν στην μελέτη της ξήρανσης ακολουθούν στις επόμενες σελίδες.

ΞΗΡΑΝΣΗ 2001

Οι μετρήσεις αυτές δεν αναφέρονται στο τελικό ξηραντήριο, αλλά στο αρχικό μικρό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, όπως αυτό περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3.

Συγκεκριμένα, για την ξήρανση του προϊόντος απαιτήθηκαν περίπου 700 MJ, ενώ ο συλλέκτης δεν έδωσε παραπάνω από 500 MJ.

Η διαφορά καλύφθηκε από την ενέργεια που δέσμευσε παθητικά ο χώρος ξήρανσης της διάταξης, δεδομένου ότι είχε συγκρίσιμο μέγεθος με το συλλέκτη.

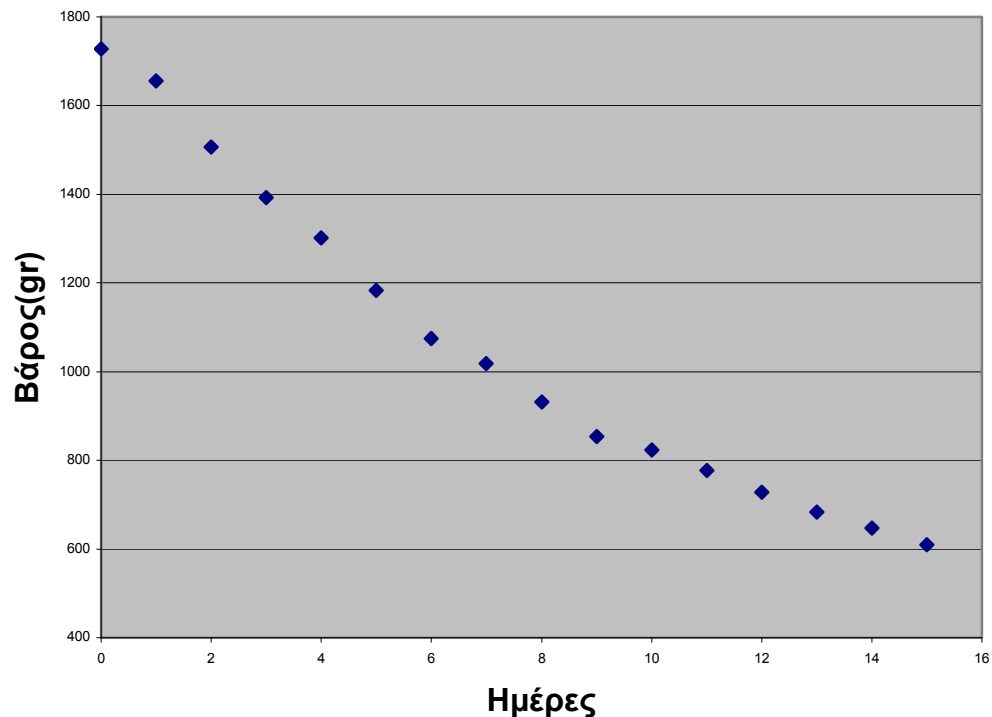
Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος τις μεσημβρινές ώρες, της μεταβολής του βάρους ενός μικρού δείγματος κάθε μέρα, η αναλογία του νερού σε υγρή και στερεή βάση στο προϊόν και ο ρυθμός ξήρανσης, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Π.6.1. Πορεία ξήρανσης 2001

	Θερμοκρασία- Ηλιοφάνεια	Βάρος(gr)	gr νερού ανά100gr	gr νερού ανά gr στερεού	gr νερού ανά gr στερεού μέρα
27/8/2001		1728	69,3	2,25	
28/8/2001	35-καλή	1655	67,9	2,12	0,13
29/8/2001	36-καλή	1507	64,8	1,84	0,28
30/8/2001	35-καλή	1393	61,9	1,62	0,22
31/8/2001	34-καλή	1301	59,2	1,45	0,17
1/9/2001	36-καλή	1183	55,1	1,23	0,22
2/9/2001	-καλή	1075	50,6	1,02	0,21
3/9/2001	-κακή	1018	47,8	0,92	0,1
4/9/2001	35-καλή	931	43	0,75	0,17
5/9/2001		853	37,7	0,61	0,14
6/9/2001	27-καλή	824	35,6	0,55	0,06
7/9/2001	26-καλή	777	31,7	0,46	0,09
8/9/2001	28-καλή	728	27,1	0,37	0,09
9/9/2001	28-καλή	683	22,3	0,29	0,08
10/9/2001	28-καλή	647	17,9	0,22	0,07
11/9/2001		610	13	0,15	0,07

Η καμπύλη ξήρανσης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Καμπύλη ξήρανσης 2001



Σχ.6.1. καμπύλη ξήρανσης 2001

Τα συμπεράσματα από την λειτουργία του μοντέλου αυτού ήταν:

1. Μπορούμε να αποξηράνουμε Κορινθιακή σταφίδα με ένα έμμεσο ηλιακό ξηραντήριο.
2. Το προϊόν δεν υποβαθμίζεται ποιοτικά ούτε εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες από τις γνωστές.
3. Ανομοιομορφία ξήρανσης παρατηρήθηκε κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα ροής του αέρα και όχι οριζόντια (ράφι).
4. Ο συλλέκτης ήταν μικρός και έτσι η ενεργειακή συνεισφορά του ήταν συγκρίσιμη με την ενέργεια που παθητικά αποθήκευσε η διάταξη.
5. Για θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta=35^{\circ}\text{C}$ και καλή ηλιοφάνεια, μετρήθηκε αύξηση θερμοκρασίας $\Delta\theta$ στον συλλέκτη περίπου 10°C και πτώση στον χώρο ξήρανσης κατά περίπου 3°C , όταν υπήρχε παροχή αέρα $800\text{ m}^3/\text{h}$ από τον ανεμιστήρα.
6. Χωρίς τον ανεμιστήρα και για την ίδια θερμοκρασία περιβάλλοντος, είχαμε αύξηση στο συλλέκτη 23°C και πτώση στον χώρο ξήρανσης περίπου 18°C .

ΞΗΡΑΝΣΗ 2002

Το καλοκαίρι του 2002 στο χώρο ξήρανσης, τοποθετήθηκαν τρεις στήλες πλαισίων, αποτελούμενη η κάθε μία από 14 συρμάτινα πλαίσια. Κάθε πλαίσιο περιείχε περίπου 50-55 kg νωπό προϊόν, δηλαδή συνολικά 2.200 kg νωπό προϊόν.

Οι μετρήσεις που έγιναν τότε στο χώρο ξήρανσης ήταν, το βάρος B_1 ενός δείγματος στο πρώτο κάτω πλαίσιο, το βάρος B_2 ενός ίσου αρχικά δείγματος στο τελευταίο πάνω πλαίσιο και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες, που έχουν καταχωριστεί στο κεφάλαιο του Συλλέκτη.

Οι μετρήσεις αυτές είναι οι παρακάτω:

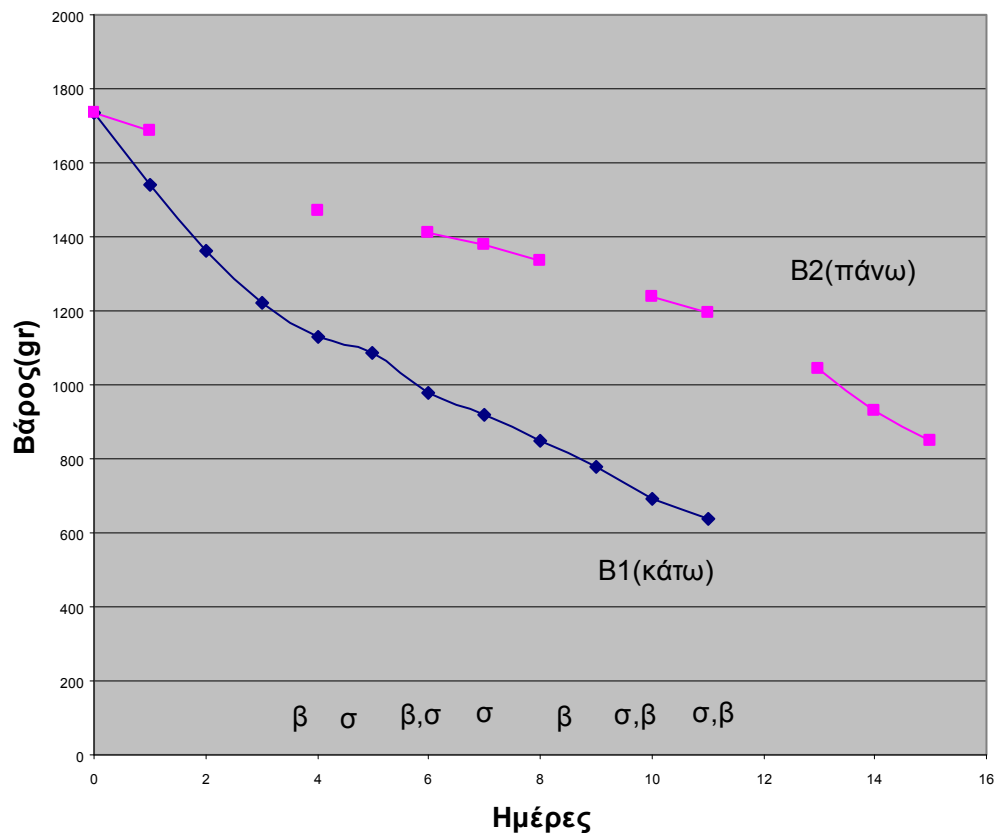
Π.6.2. Πορεία ξήρανσης 2002

Ημέρα	Βάρος B_1 (gr)	Βάρος B_2 (gr)
0	1737	1737
1	1542	1685
2	1364	
3	1223	
4	1130	1471
5	1084	
6	978	1410
7	918	1377
8	850	1334
9	777	
10	694	1240
11	640	1196
12		
13		1044
14		930
15		850

Υπενθυμίζεται ότι οι τρεις πρώτες μέρες (26,27,28/8/2002), είχαν καλή ηλιοφάνεια και λειτούργησε ο ανεμιστήρας, ενώ στις επόμενες είχαμε συννεφιά και βροχή και δεν λειτούργησε ο ανεμιστήρας.

Διαγράμματα για τα παραπάνω γεγονότα υπάρχουν στις επόμενες σελίδες.

Καμπύλη ξήρανσης 2002



Σχ. 6.2. Καμπύλη ξήρανσης 2002.

Η καμπύλη B_1 στο ανωτέρω διάγραμμα, παριστά τη μάζα σε συνάρτηση με το χρόνο, μιας αρχικής ποσότητας 1737 gr νωπού προϊόντος, που τοποθετήθηκε στο πρώτο κάτω πλαίσιο.

Η καμπύλη B_2 , μέχρι την ενδέκατη μέρα, παριστά την αντίστοιχη μεταβολή μιας άλλης, ίσης αρχικής μάζας, που τοποθετήθηκε στο τελευταίο πάνω πλαίσιο.

Στο τέλος της ενδέκατης μέρας τα μισά περίπου πλαίσια, αρχίζοντας από κάτω προς τα πάνω, έχουν αποξηρανθεί, έχουν μέση υγρασία 15.8 % και βγαίνουν από το χώρο ξήρανσης. Τα υπόλοιπα μισά τοποθετούνται με αντίστροφη σειρά (το τελευταίο πάνω, πρώτο κάτω κτλ), ακολουθούν έτσι διαφορετική πορεία ξήρανσης και μετά τέσσερις μέρες, αποκτούν περίπου, την ίδια με τα προηγούμενα, μέση υγρασία (16.6%).

Δυστυχώς οι κακές καιρικές συνθήκες, καθώς και η κάκιστη, ποσοτικά και ποιοτικά, παραγωγή αυτής της χρονιάς, δεν επέτρεψαν την επανάληψη του πειράματος.

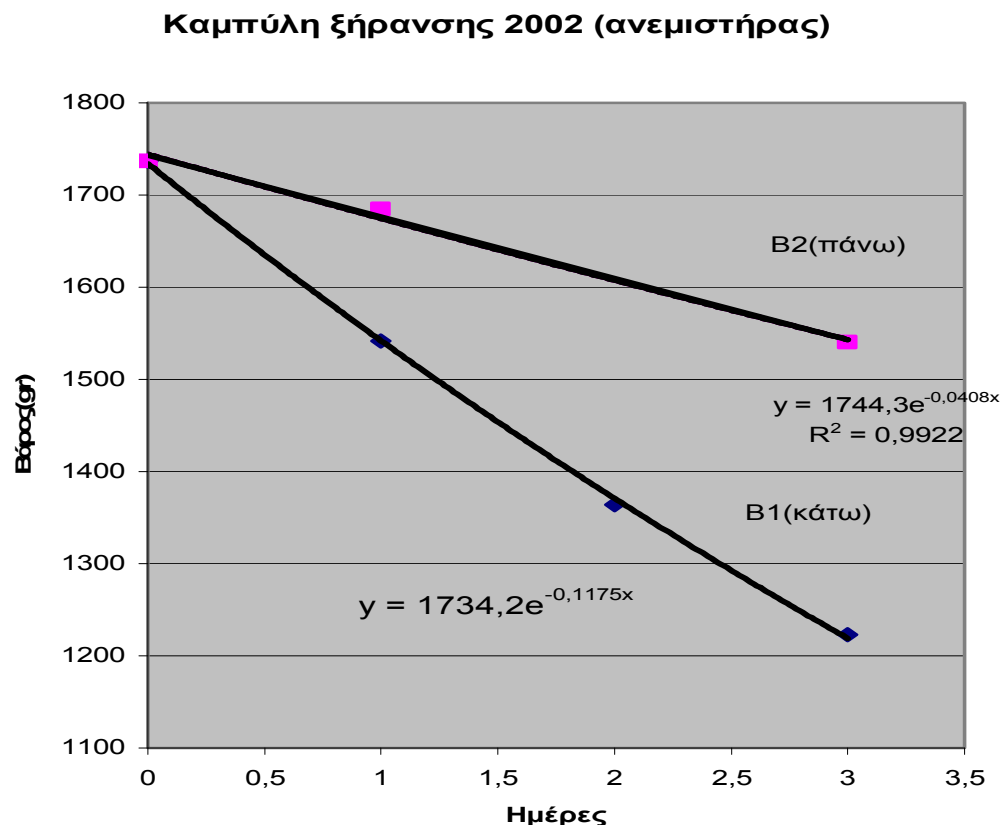
Σημείωση: Κατά την μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας ευρέθη ότι, από τα 1737 gr του αρχικού δείγματος, τα 528 gr είναι το τελικό καθαρό στερεό.

Είναι φανερό ότι μεταξύ του ανώτερου και κατώτερου πλαισίου υπάρχει σημαντική διαφορά στον ρυθμό ξήρανσης με αποτέλεσμα καθυστέρηση στη ξήρανση των ανώτερων πλαισίων.

Η αρχική σκέψη για τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε να πετύχουμε ομοιόμορφη ξήρανση, ήταν να κάνουμε, σύμφωνα με τα προηγούμενα, **αντιστροφή των πλαισίων** την κατάλληλη στιγμή.

Προβλήματα που είχαν σχέση με τον προσδιορισμό της στιγμής αυτής, καθώς και τεχνικά προβλήματα, οδήγησαν τελικά στην αναθεώρηση της σκέψης αυτής.

Μία άλλη σημαντική καμπύλη ξήρανσης από το καλοκαίρι του 2002, είναι η παρακάτω, που αφορά στην διαδικασία των τριών πρώτων ημερών με την χρήση του ανεμιστήρα.



Σχ.6.3. Καμπύλη ξήρανσης 2002 με χρήση ανεμιστήρα.

Από το διάγραμμα αυτό σημειώνουμε την σταθερά χρόνου **0.1175**, της εκθετικής συνάρτησης, με την οποία προσεγγίζουμε την καμπύλη ξήρανσης στο κάτω πλαίσιο.

Από την παρατήρηση και αξιολόγηση αρκετών μετρήσεων, όπως π.χ. αυτής της 14^{ης} μέρας του παραπάνω πίνακα, προέκυψε η υπόθεση, που έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο του συλλέκτη, ότι η χρήση του ανεμιστήρα, είναι ίσως, περιττή, αν όχι επιζήμια, όσον αφορά τουλάχιστον τον ρυθμό της ξήρανσης.

Ο στόχος για την επόμενη χρονιά είναι να επιβεβαιωθεί η πρόβλεψη για την παραπάνω υπόθεση, ώστε να λειτουργήσει η διάταξη χωρίς κατανάλωση ενέργειας και να περιοριστεί ο χρόνος ξήρανσης.

ΞΗΡΑΝΣΗ 2003

Για την επίτευξη του προηγούμενου στόχου, έγιναν οι παρακάτω ενέργειες:

1. Κατασκευή ηλιακής καμινάδας και κατάργηση ανεμιστήρα.
2. Διαχωρισμός της στήλης των δώδεκα πλαισίων, ώστε να γίνει πιο εύκολα η διαδικασία της αντιστροφής.

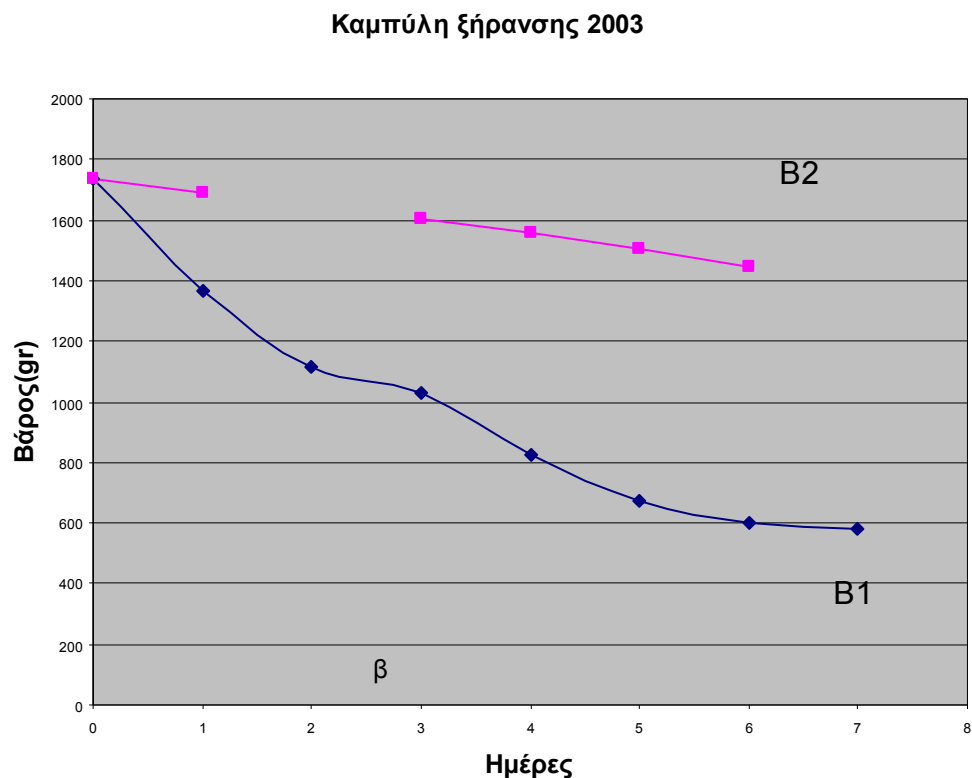
Η πρώτη ημέρα ήταν η 25/8/2003, ενώ οι τρεις πρώτες μέρες, είχαν ηλιοφάνεια εναλλασσόμενη με συννεφιά, την νύχτα της δεύτερης προς την τρίτη μέρα έβρεξε. Ακολούθησε ένα εξαήμερο ηλιοφάνειας και οι υπόλοιπες μέρες είχαν άστατο καιρό.

Οι μετρήσεις που πάρθηκαν είναι οι παρακάτω:

Π.6.3. Πορεία ξήρανσης 2003

Ημέρα	B1(κάτω)gr	B2(πάνω)gr
0	1737	1737
1	1369	1692
2	1113	
3	1032	1607
4	828	1560
5	670	1502
6	603	1447
7	579	
8		1268

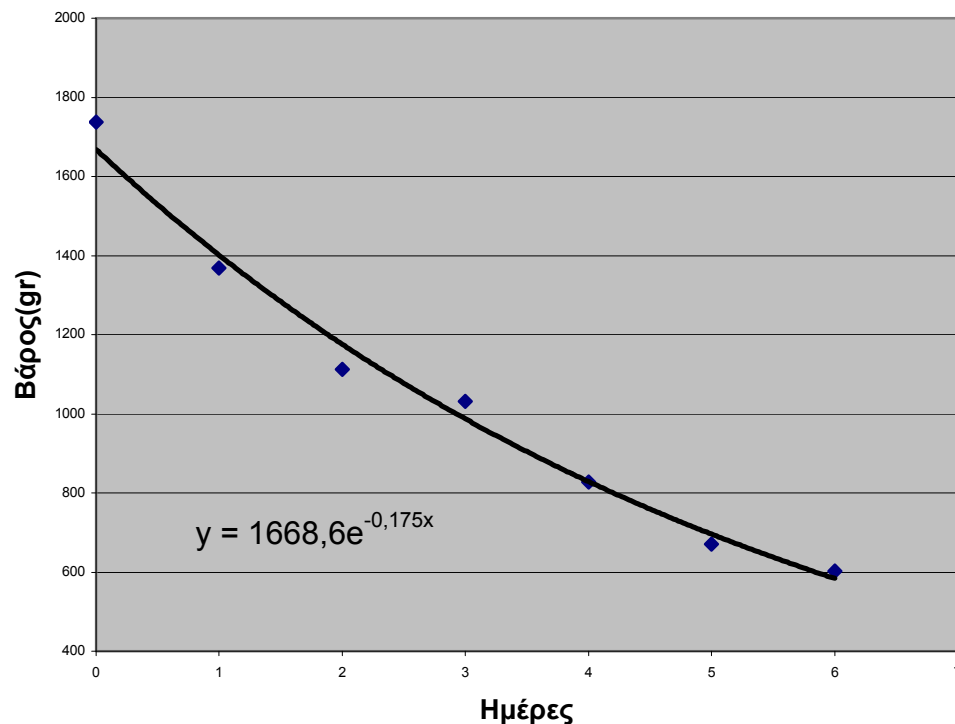
Η καμπύλη ξήρανσης των μετρήσεων αυτών είναι:



Σχ. 6.4. Καμπύλη ξήρανσης 2003

Η καμπύλη ξήρανσης του κάτω δείγματος είναι:

Ξήρανση κάτω πλαισίου το 2003



Σχ.6.5. Καμπύλη ξήρανσης κάτω δείγματος 2003.

Η σημαντικότερη παρατήρηση στο παραπάνω διάγραμμα, είναι η τιμή της σταθεράς χρόνου **0.175** και η σύγκριση αυτής με την αντίστοιχη τιμή **0.1175** του 2002. Η αύξηση της τιμής της κατά 49% περίπου επιβεβαιώνει την υπόθεση της προηγούμενης χρονιάς.

Συγκεκριμένα, με την απομάκρυνση του ανεμιστήρα και την δημιουργία ενός μικρότερου φυσικού αερίου ρεύματος από τον συλλέκτη, επετεύχθησαν θερμοκρασίες περίπου 10°C υψηλότερες από εκείνες με την χρήση ανεμιστήρα. Είναι φανερό ότι, οι υψηλότερες αυτές θερμοκρασίες, παρά την ύπαρξη μικρότερου ρεύματος αέρα, συμβάλλουν στην γρηγορότερη ξήρανση απ' ότι ο συνδυασμός χαμηλότερων θερμοκρασιών και μεγαλύτερου αερίου ρεύματος, που έχουμε όταν λειτουργεί ο ανεμιστήρας.

Η ανωτέρω διαπίστωση αφορά στην συγκεκριμένη περιοχή θερμοκρασιών που επετεύχθησαν από την διάταξη (40-65°C) και τις συγκεκριμένες παροχές αέρα, κάνοντας σύγκριση των αποτελεσμάτων των ανωτέρω δύο συνδυασμών.

Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη αξία, αφού χωρίς ανάγκη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και χρήση ανεμιστήρα, έχουμε γρηγορότερα αποτελέσματα.

Εάν μάλιστα η κλίση του συλλέκτη ήταν 29-30°, όπως θα έπρεπε, το αποτέλεσμα πρέπει να ήταν καλύτερο.

ΞΗΡΑΝΣΗ 2004

Στόχος αυτής της χρονιάς, μετά βέβαια και την καταστροφή από την φωτιά, ήταν η επανάληψη της διαδικασίας και σε συνδυασμό με την αναγκαστική ελάττωση του μεγέθους του χώρου ξήρανσης της διάταξης κατά 33% περίπου, να επιτευχθεί περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας ξήρανσης.

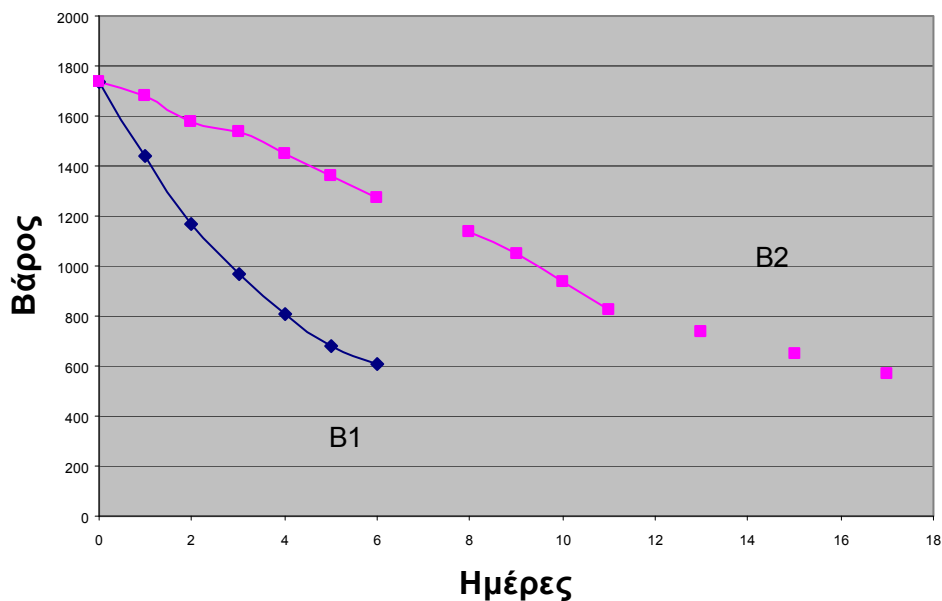
Οι μετρήσεις ήταν τότε οι ακόλουθες:

Π.6.4. Πορεία ξήρανσης 2004

Ημέρα	B1κάτω(gr)	B2πάνω(gr)
0	1737	1737
1	1439	1682
2	1170	1580
3	965	1534
4	807	1447
5	677	1358
6	605	1271
7		
8		1135
9		1051
10		938
11		826
12		
13		740
14		
15		645
16		
17		571

Η καμπύλη ξήρανσης ήταν η παρακάτω:

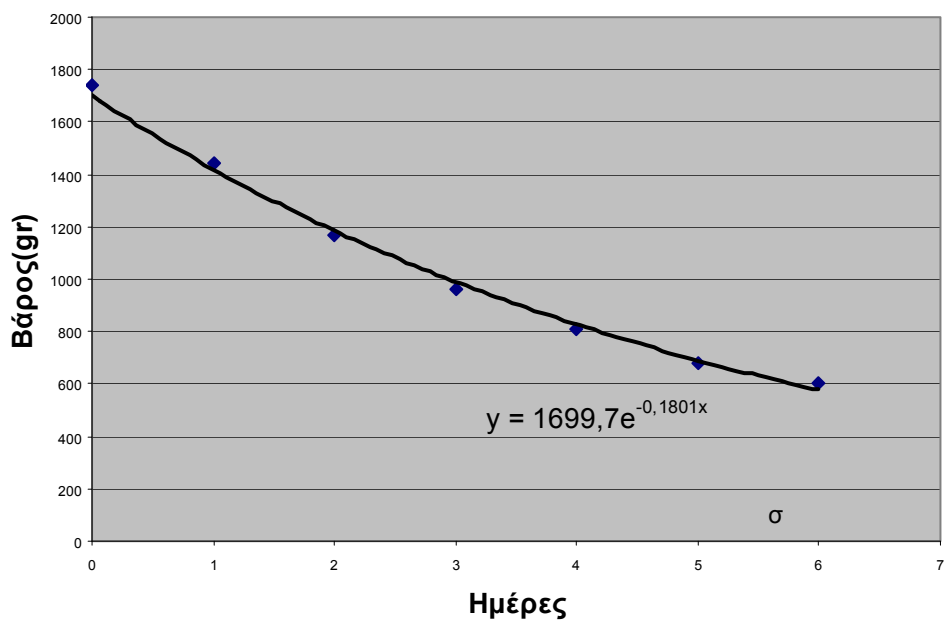
Καμπύλη ξήρανσης 2004



Σχ.6.6. Καμπύλη ξήρανσης 2004

Η βελτίωση του ρυθμού ξήρανσης φαίνεται από την αύξηση της σταθεράς χρόνου (**0.1801**) στο επόμενο διάγραμμα.

Ξήρανση κάτω πλαισίου το 2004



Σχ. 6.7. Καμπύλη ξήρανσης κάτω δείγματος 2004

ΞΗΡΑΝΣΗ 2005

Η μεταβολή της χρονιάς αυτής αφορά την αλλαγή της γεωμετρίας της ηλιακής καμινάδας (κατασκευή με κλίση) και την χρήση άλλων μικρότερων πλαισίων.

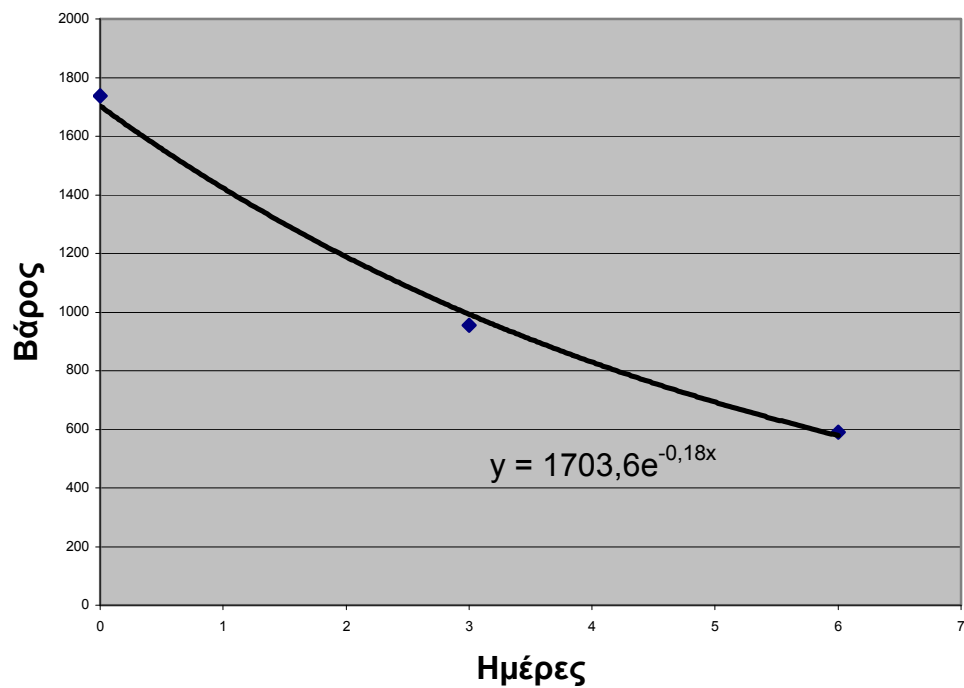
Οι μετρήσεις ήταν οι ακόλουθες:

Π.6.5. Πορεία ξήρανσης 2005

Ημέρα	B1(κάτω)gr
0	1737
1	
2	
3	955
4	
5	
6	590

και το αντίστοιχο διάγραμμα αυτό που ακολουθεί.

Ξήρανση κάτω πλαισίου το 2005

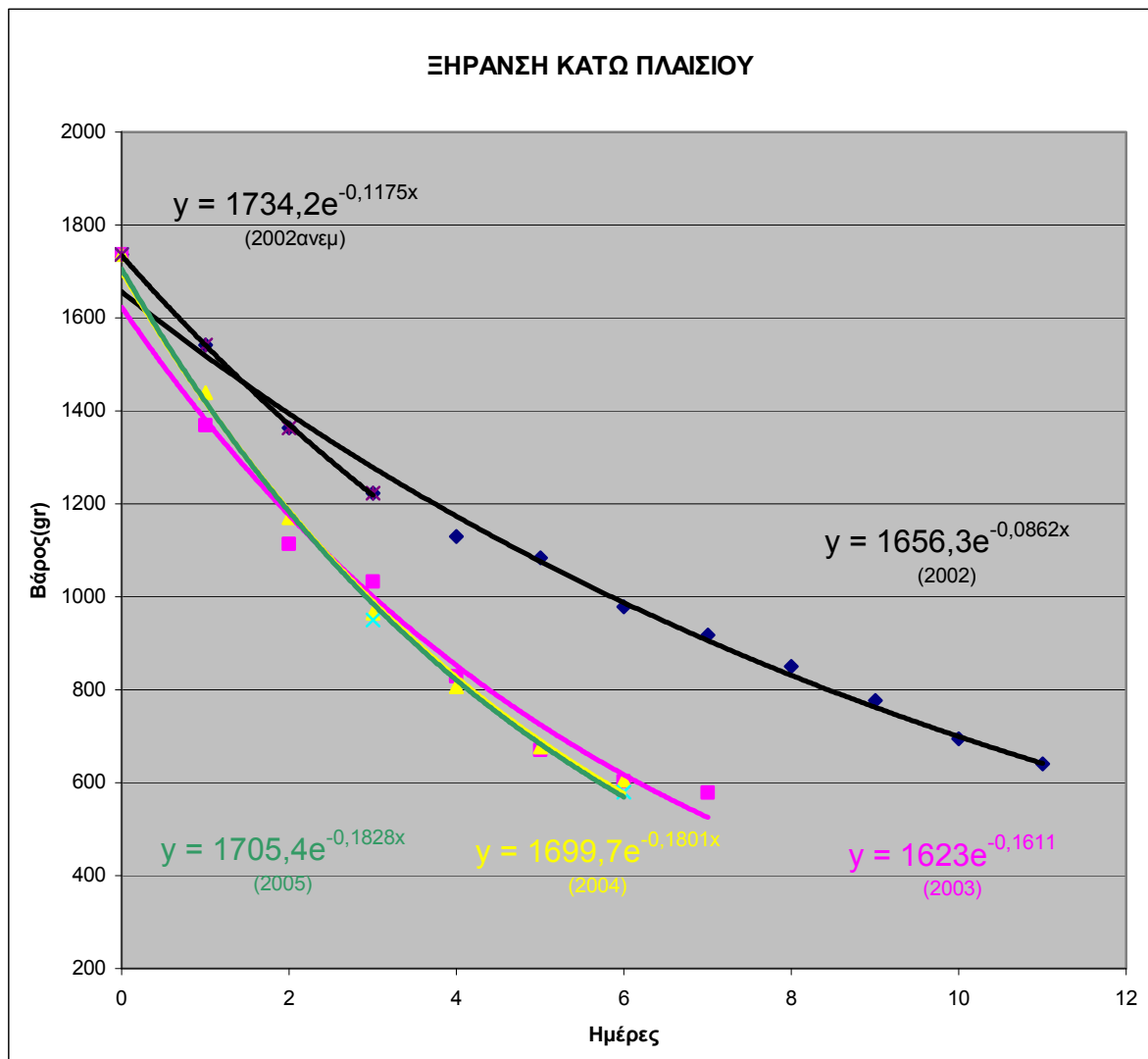


Σχ.6.8. Καμπύλη ξήρανσης κάτω δείγματος 2005.

Παρατηρούμε την επιβεβαίωση του βελτιωμένου ρυθμού ξήρανσης και από το διάγραμμα αυτό.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Η συνολική εικόνα για την διαδικασία ξήρανσης των πρώτων κάτω ραφιών είναι η ακόλουθη:



Σχ. 6.8. Συνολική εικόνα των καμπυλών ξήρανσης του κάτω πλαισίου.

Η συνολική εικόνα που αποτυπώνεται στο ανωτέρω Σχήμα 6.8. δίνει αρκετές πληροφορίες.

Συγκεκριμένα:

Η διαφορά ανάμεσα στο 2002 με την χρήση ανεμιστήρα και στα επόμενα τρία χρόνια, χωρίς αυτόν, είναι ιδιαίτερα εμφανής.

Το 2002 και κατά τις τρεις πρώτες μέρες που λειτούργησε ο ανεμιστήρας με καιρικές συνθήκες πολύ καλές, είχαμε σταθερά χρόνου 0,1175.

Τις επόμενες δέκα περίπου μέρες, που οι καιρικές συνθήκες ήταν οι χειρότερες των τελευταίων χρόνων, όπως φαίνεται και στο Σχ.6.2., η καμπύλη ξήρανσης είχε μεν μικρότερη σταθερά χρόνου, αλλά εμφανίστηκαν και σημαντικές ημερήσιες απώλειες νερού, όπως αυτή της 5^{ης} προς 6^η μέρα. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η κατασκευή της διάταξης τότε, σχεδιασμένη για εξαναγκασμένη κυκλοφορία, δεν διευκόλυνε την απομάκρυνση του φυσικού ρεύματος αέρα.

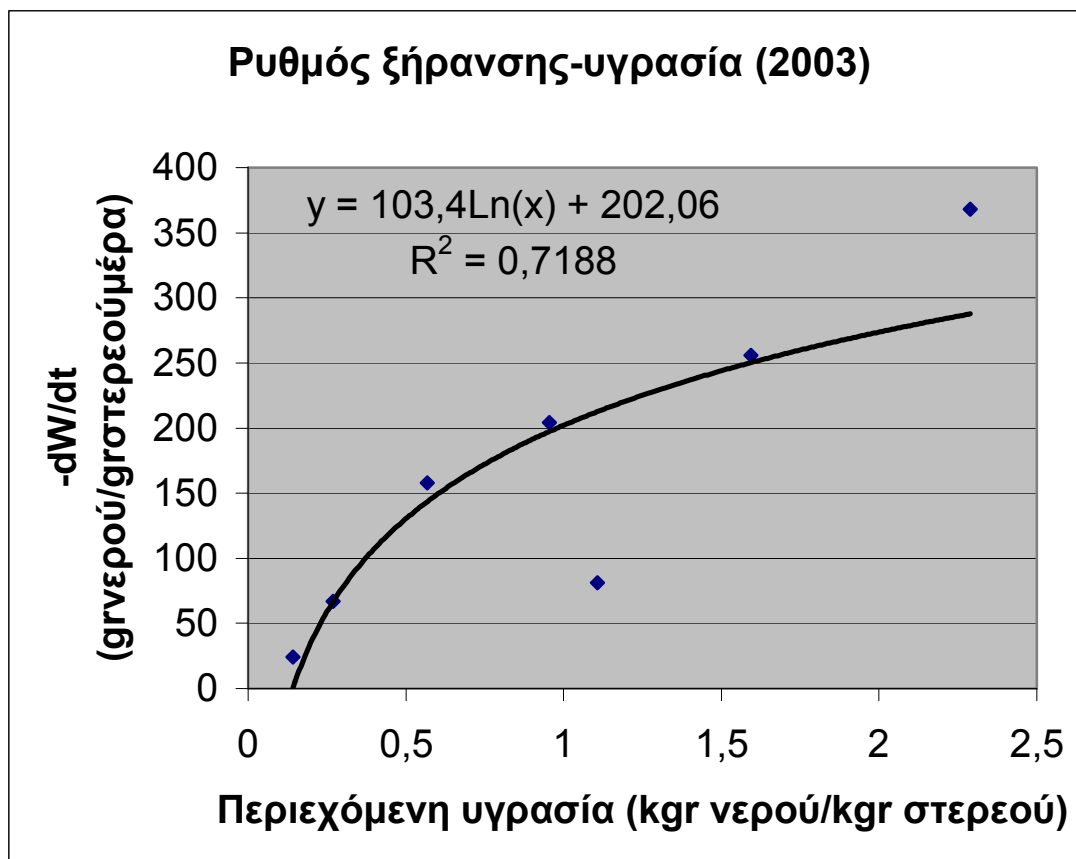
Από αυτές τις διαπιστώσεις προέκυψε η απόφαση, να μην λειτουργήσει ο ανεμιστήρας την επόμενη χρονιά. Η απόφαση αυτή, στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η εύκολη λύση, αφού η λειτουργία του ανεμιστήρα σε περιοχή που δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο δημιουργεί πρόσθετα προβλήματα. Ένα ερώτημα που δεν απαντήθηκε είναι το τι αποτέλεσμα θα είχαμε με χρήση του ανεμιστήρα, αλλά με ρυθμιζόμενη και πάντως μικρότερη παροχή.

Οι καμπύλες των επόμενων χρόνων είναι πολύ κοντά μεταξύ τους και ισχυροποιείται έτσι η διαπίστωση για τα αποτελέσματα της φυσικής κυκλοφορίας.

Η μικρή διαφορά ανάμεσα στην καμπύλη του 2003 και αυτές του 2004 και 2005 οφείλεται, κατά πάσα πιθανότητα, στην ελάττωση του χώρου ξήρανσης.

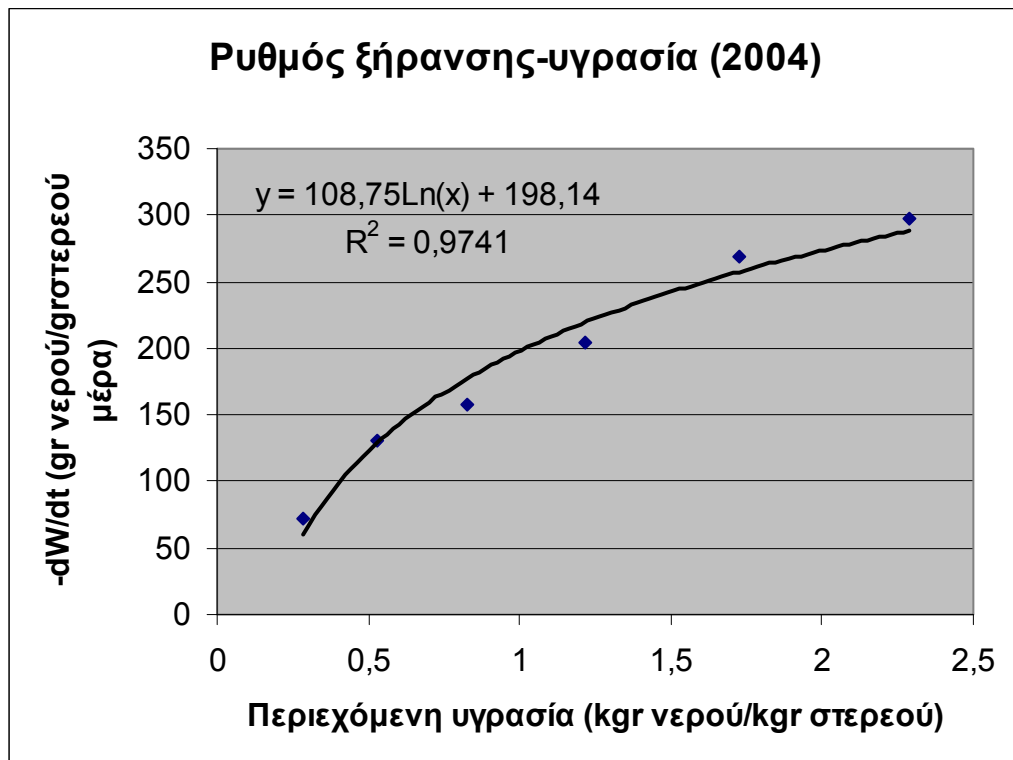
ΡΥΘΜΟΙ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Στα δύο επόμενα διαγράμματα για τα έτη 2003 και 2004 φαίνονται οι ρυθμοί ξήρανσης σε, gr νερού/gr στερεού μέρα, σε συνάρτηση με την περιεχόμενη υγρασία, σε gr νερού/gr στερεού (ξηρή βάση).



Σχ.6.9. Ρυθμός ξήρανσης 2003

Το σημείο κάτω από την καμπύλη οφείλεται στο γεγονός ότι την νύχτα της 26-8-2003 προς 27-8-2003 είχαμε βροχή και την 27-8-2008 συννεφιά, σχεδόν όλη μέρα.



Σχ. 6.10. Ρυθμός ξήρανσης 2004.

Αν θελήσουμε να συγκρίνουμε τα διαγράμματα αυτά με το Σχ. 2.2. (θεωρητική καμπύλη) και να διερευνήσουμε την ύπαρξη σταθερού και φθίνοντος ρυθμού ξήρανσης, μπορούμε με επιφύλαξη προφανώς, να ισχυριστούμε ότι, μέχρι η υγρασία του προϊόντος να φτάσει στην περιοχή του 0,5 kg νερού/kg στερεού, η ξήρανση ακολουθεί σταθερό ρυθμό από εκείνον στην συνέχεια.

ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΤΟΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟΥ

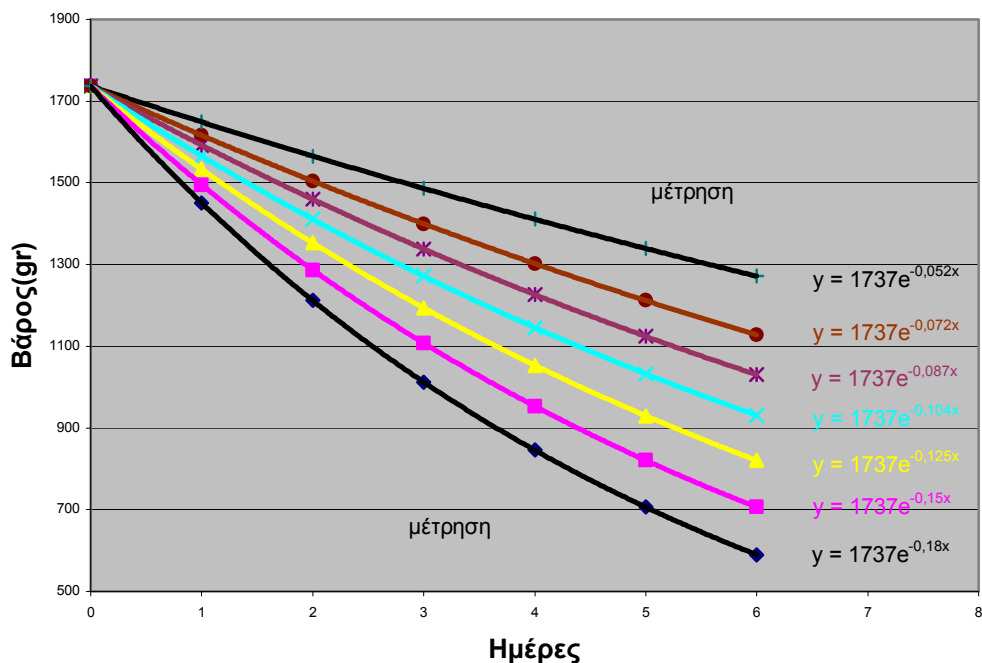
Οι προηγούμενες μετρήσεις αφορούν, στην πορεία ξήρανσης του πρώτου κάτω ραφιού και κάποιες στο τελευταίο πάνω ράφι. Δεν υπάρχουν αντίστοιχες μετρήσεις για τα ενδιάμεσα ράφια. Για την πορεία της ξήρανσης αυτών, υπάρχουν πληροφορίες και δεδομένα για την χρονική καθυστέρηση της ξήρανσής τους σε σχέση με το πρώτο κάτω ράφι. Συγκεκριμένα:

Το 2002, μετά την απομάκρυνση μερικών από τα πρώτα κάτω ράφια, επελέγη η διαδικασία της αντιστροφής των υπολοίπων για να έχουμε ταυτόχρονη ξήρανση των υπολοίπων. Αυτό τελικά συνέβη μετά από τέσσερις περίπου μέρες, αλλά εμφανίστηκαν προβλήματα που έχουν σχέση με ανομοιομορφία και ύπαρξη τεχνικών δυσκολιών, με αποτέλεσμα τις επόμενες χρονιές να επιλεγεί η διαδικασία της απομάκρυνσης των αποξηραμένων πλαισίων μόνο από κάτω προς τα πάνω.

Από την εμπειρία των ετών 2003, 2004 και 2005 προκύπτει ότι, μετά την απομάκρυνση συνήθως των 2 πρώτων κάτω ραφιών, ο ρυθμός με τον οποίο ακολουθούν τα υπόλοιπα είναι, 2 η και ίσως 3 ράφια κάθε 1-2 μέρες.

Με βάση τις μετρήσεις των ακραίων ραφιών, την προηγούμενη πληροφορία και κάποιους μαθηματικούς υπολογισμούς, σχηματίστηκε το επόμενο διάγραμμα, που δείχνει την πορεία και την κατάσταση όλων των πλαισίων (ανά ζεύγη), την στιγμή που τα δύο πρώτα κάτω, έχουν αποξηρανθεί. Βέβαια η κατάσταση αυτή είναι θεωρητική, δεδομένου ότι εξαρτάται από την ποιότητα του προϊόντος, τον βαθμό ωρίμανσης αυτού και την ηλιοφάνεια.

Ξήρανση στον κατακόρυφο άξονα (2004)

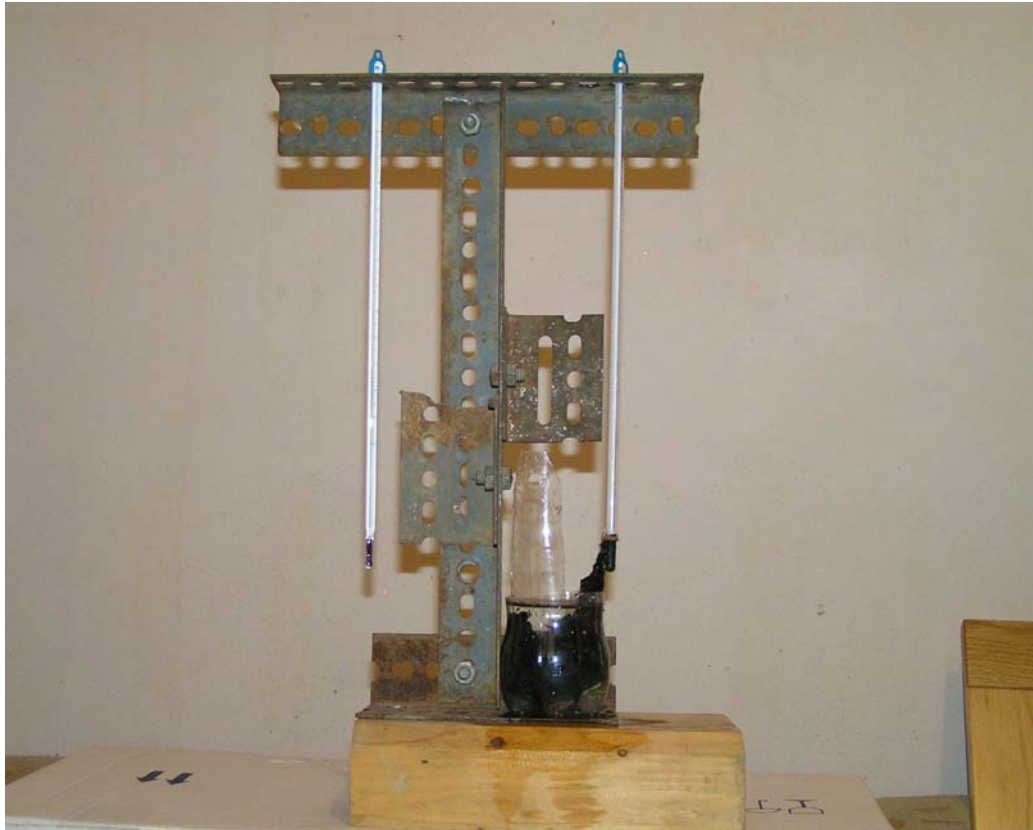


Σχ.6.11. Ξήρανση κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα του ξηραντήριου.

Από το διάγραμμα αυτό και για τις έξι αυτές μέρες, υπολογίστηκε ότι η συνολική διάταξη είχε συντελεστή απόδοσης γύρω στο 40%.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Το καλοκαίρι του 2005 έγιναν μετρήσεις της υγρασίας του αέρα σε διάφορα σημεία της συνολικής διάταξης. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με ψυχρόμετρο AUGUST, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία, τοποθετημένο σε κατάλληλο κλωβό.



Φ.6.1. Ψυχρόμετρο AUGUST για την μέτρηση της υγρασίας.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν στις 8-10 Σεπτέμβρη, τις πρώτες απογευματινές ώρες (16:00-17:00). Συγκεκριμένα:

Η απόλυτη υγρασία περιβάλλοντος βρέθηκε να έχει μέση τιμή $13,68 \text{ gr/m}^3$, δηλαδή σχετική υγρασία 37%, σε μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος $32,8^\circ\text{C}$.

Στην έξοδο του συλλέκτη μετρήθηκε απόλυτη υγρασία $10,2 \text{ gr/m}^3$, δηλαδή σχετική 9%, σε θερμοκρασίες $54-55^\circ\text{C}$.

Μετά το πέμπτο πλαίσιο, την τέταρτη μέρα ξήρανσης, η απόλυτη υγρασία μετρήθηκε $21,5 \text{ gr/m}^3$, δηλαδή σχετική 32 % στους 44°C [16].

ΑΛΛΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Έγιναν επίσης αρκετές μετρήσεις θερμοκρασίας στην έξοδο του χώρου ξήρανσης, οι οποίες είναι καταχωρημένες στους αντίστοιχους πίνακες.

Στην περίπτωση της εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, η διαφορά θερμοκρασίας στον χώρο ξήρανσης κυμάνθηκε από 5-11°C, ενώ στην φυσική κυκλοφορία είχε μικρότερη διακύμανση και τιμές από 12-17°C.

Τέλος έγιναν παρατηρήσεις στον χώρο ξήρανσης, που τροφοδοτείται από τον δεύτερο συλλέκτη Σ2.

Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία που έδωσε αυτός ήταν κατά μέσο όρο 4°C μικρότερη από την αντίστοιχη του Σ1, εκτός από 1-2 τιμές, που ήταν μεγαλύτερες και δεν αξιολογούνται.

Η αποξήρανση στο χώρο αυτό δεν παρουσίασε άλλα χαρακτηριστικά, εκτός από μία καθυστέρηση 1-2 ημερών, η οποία δεν θεωρείται καθόλου σημαντική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η αξιολόγηση των παρατηρήσεων γίνεται στη συνέχεια για καθένα από τα επιμέρους στοιχεία της διάταξης.

Εκτός από τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης, που είναι οι μετρηθείσες τιμές θερμοκρασιών και χρόνων ξήρανσης, μία επίσης σημαντική ομάδα κριτηρίων είναι, η απλότητα της κατασκευής, τα απαιτούμενα υλικά και η ευκολία διαχείρισης αυτών καθώς και το κόστος. Τα κριτήρια αυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο δεδομένου ότι, βασικός στόχος της εργασίας αυτής είναι η εφαρμογή της μεθόδου από τον ίδιο τον σταφιδοπαραγωγό, γεγονός που απαιτεί την χρήση υλικών εύκολα διαχειρίσιμων από τον ίδιο. Η ιδιότητα αυτή είναι προφανές, έχει να κάνει και με το κόστος.

Συλλέκτης:

Η κατασκευή του συλλέκτη Σ_1 είναι σαφώς ευκολότερη από εκείνη του Σ_2 , με αποτέλεσμα να έχει και μικρότερο κόστος, πέρα από το γεγονός ότι το γυάλινο κάλυμμα του Σ_2 τον καθιστά λιγότερο ευέλικτο και περισσότερο αναλώσιμο.

Οι επιδόσεις τους είχαν μία μικρή διαφορά (της τάξης των 2-3 °C), όπως φαίνεται στους πίνακες για τις ημέρες από 29-8-2002 έως 5-9-2002, αλλά είναι μάλλον μικρό το κέρδος για τον Σ_2 σε σχέση με το κόστος του. Η κατασκευαστική διαφορά τους, είχε επίσης μικρά αποτελέσματα, όπως πιστοποιείται από τα έτη 2004 και 2005, όταν το κάλυμμα ήταν πλαστικό και για τους δύο.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι το πλαστικό κάλυμμα είναι πιο προσιτό στον σταφιδοπαραγωγό και επομένως με βάσει αυτό και τα διατιθέμενα στην αγορά πλαστικά σταφιδόπανα, μπορούν να καθοριστούν και οι διαστάσεις του συλλέκτη, το μεν πλάτος 3,8 έως 4,3 m και το μήκος, βάσει βιβλιογραφίας, 15-20 m.

Χώρος ξήρανσης:

Η ξήρανση σε κλειστό χώρο (έμμεση ξήρανση) λύνει, όπως είναι ευνόητο, ένα σύνολο προβλημάτων, που σχετίζονται πρωτίστως με την ποιότητα του προϊόντος.

Το πλάτος του χώρου ξήρανσης εξυπηρετεί να είναι όσο και του συλλέκτη, το δε μήκος του περίπου 2m, όσο δηλαδή το μήκος ενός πλαισίου από αυτά που τοποθετείται το νωπό προϊόν.

Η κατασκευή του χώρου ξήρανσης απαιτεί έναν μεταλλικό σκελετό και επένδυση με μαύρη λαμαρίνα ή διαφανές πολυκαρβονικό υλικό. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά από την χρήση των δύο αυτών υλικών.

Η ισοκατανομή του αέρα στην βάση του χώρου ξήρανσης κρίνεται ικανοποιητική, με την χρήση σανίδων που ισαπέχουν. Όσες φορές παρατηρήθηκε ανομοιομορφία στην ξήρανση σε πλαίσια του ίδιου οριζοντίου επιπέδου, αυτό είχε να κάνει με διαφορά στο προϊόν (μέγεθος ράγας, βαθμός ωρίμανσης κτλ).

Κυκλοφορία αέρα:

Η διάταξη λειτούργησε με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα, με χρήση ανεμιστήρα, παροχής 2500-3000 m³/h. Στην περίπτωση αυτή ο συλλέκτης έδωσε αύξηση θερμοκρασίας 12-17 °C από τις 11 πμ έως τις 6 μμ. με μέγιστο το μεσημέρι (17°C).

Λειτούργησε δε και με φυσική κυκλοφορία, την οποία δημιούργησε η κλίση του συλλέκτη, αλλά και η ηλιακή καμινάδα στη συνέχεια.

Η παροχή αέρα σε αυτή την περίπτωση, ήταν πολύ μικρότερη και η αύξηση της θερμοκρασίας 18-26°C (10°C μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της εξαναγκασμένης).

Ξήρανση:

Η ποιότητα του παραχθέντος προϊόντος είναι άριστη από άποψη χρώματος και γενικά την υφή. Η αξιολόγησή του από την Παναιγιάλεια Ένωση Συνεταιρισμών, του έδωσε τον ποιοτικό τίτλο «σκιά». Ανάλυση του περιεχομένου δεν έγινε, λόγω υψηλού κόστους. Στην επόμενη φωτογραφία φαίνεται η χρωματική διαφορά μεταξύ προϊόντων που προέκυψαν με άμεση και έμμεση ηλιακή ξήρανση.



Φ.7.1. Διαφορά χρώματος μεταξύ «ήλιου»(αριστερά) και «σκιάς»(δεξιά).

Το κόστος ξήρανσης (εργασία και αναλώσιμα) είναι αρκετά μικρότερο, της τάξης του 50% και εξασφαλίζεται πλήρης σχεδόν αποφυγή των κινδύνων καταστροφής.

Ο ρυθμός ξήρανσης, στην περίπτωση της φυσικής κυκλοφορίας, είναι αρκετά έως πολύ μεγαλύτερος, από τον αντίστοιχο της εξαναγκασμένης. Προσεγγίζοντας τις

καμπύλες ξήρανσης με εκθετική συνάρτηση για την εξαναγκασμένη και την φυσική κυκλοφορία, προέκυψαν σταθερές χρόνου αντίστοιχα 0,1175 και 0,1810. Η διαφορά είναι σημαντική και υποδηλώνει ότι στην πρώτη περίπτωση, το πρώτο κάτω ράφι θα είναι έτοιμο σε 10 περίπου μέρες, ενώ στην δεύτερη σε 5-6 μέρες, εκτός βέβαια από το ότι δεν απαιτείται ανεμιστήρας, γεγονός που εκτός από δαπάνη ενέργειας σε κάποιες περιπτώσεις είναι ανέφικτο λόγω έλλειψης δικτύου ηλεκτροδότησης.

Για την διαχείριση του ζητήματος της καθυστέρησης της ξήρανσης από κάτω προς τα πάνω, έγινε σύγκριση των εξής λύσεων:

Αντιστροφή των πλαισίων την κατάλληλη στιγμή,
πλαίσια σε σταθερά ράφια και επιλεκτική μετάθεση κάποιου-ων,
απομάκρυνση των πλαισίων από κάτω και συμπλήρωση άλλων από πάνω.
Η πιο αποδεκτή έως τώρα λύση είναι η τελευταία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Άμεση Ηλιακή Ξήρανση αποτελεί ίσως, την εύκολη λύση για την ξήρανση γεωργικών προϊόντων. Τα χαρακτηριστικά όμως των αποξηραμένων προϊόντων, όταν αυτά είναι τρόφιμα, δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ποιοτικές απαιτήσεις.

Η Κορινθιακή Σταφίδα, προϊόν μεγάλης διατροφικής αξίας, απετέλεσε τον κορμό της οικονομίας της χώρας μας, στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα.

Με την ανωτέρω εργασία, διερευνήθηκε η δυνατότητα εφαρμογής Έμμεσης Ηλιακής Ξήρανσης για την Κορινθιακή Σταφίδα.

Οι διαπιστώσεις που έγιναν είναι θετικές.

Την δυνατότητα αυτή μας παρέχει η αποδοτικότερη χρήση της ηλιακής ενέργειας, καθώς με την βοήθεια ενός ηλιακού συλλέκτη, δεσμεύουμε ηλιακή ενέργεια, την μετατρέπουμε σε θερμότητα και την χρησιμοποιούμε στην συνέχεια για την ξήρανση της σταφίδας, η οποία παραμένει προστατευμένη σε κλειστό χώρο.

Με την μέθοδο αυτή, η ποιότητα του αποξηραμένου προϊόντος είναι άριστη, η απαιτηθείσα εργασία λιγότερη και ο χρόνος μικρότερος.

Από την εμπειρία που αποκτήθηκε στα πέντε συνεχόμενα χρόνια της πειραματικής διαδικασίας, κατά την οποία μετρήθηκαν οι αποδόσεις του συλλέκτη και η αποτελεσματικότητα της διάταξης στην αποξήρανση του προϊόντος, το κύριο συμπέρασμα είναι ότι, οι υψηλότερες θερμοκρασίες, που ανεπτύχθησαν στην περίπτωση της φυσικής κυκλοφορίας αέρα, χωρίς δηλαδή χρήση ανεμιστήρα, οδηγούν σε ταχύτερη ξήρανση, παρά τη μικρότερη παροχή αέρα.

Το κόστος της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο από αυτό της άμεσης ηλιακής ξήρανσης, αλλά γρήγορα επέρχεται απόσβεση, λόγω κυρίως μικρότερου κόστους εργασίας.

Με την Έμμεση Ηλιακή Ξήρανση της σταφίδας υπερδιπλασιάζεται η απόδοση χρήσης της ηλιακής ενέργειας σε σχέση με την απόδοση που έχουμε στην Άμεση Ηλιακή Ξήρανση, η οποία δεν υπερβαίνει το 15%.

Υποθέτοντας ότι για την διαδικασία της απομάκρυνσης του νερού από το προϊόν μέσα στο χώρο ξήρανσης, έχουμε απόδοση 75%, τότε για την ξήρανση της παραγωγής ενός στρέμματος σταφίδας, απαιτούνται 1.100 kWh. Το κόστος της ενέργειας αυτής σήμερα, παραγόμενη από συμβατικά καύσιμα, είναι ίσο με το μισό της αξίας, της ανά στρέμμα παραγόμενης σταφίδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ. Σταυρακάκης, «**Σταφιδοποιία**», έκδοση Γεωπονικού Πανεπιστημίου, Αθήνα 1986.
2. Π. Αθανασόπουλος, «**Αρχές Ποιοτικού Ελέγχου Τροφίμων**», εκδ. Γεωπονικού Πανεπιστημίου, Αθήνα 1982.
3. Ξ. Νταβίδης, «**Ελληνική Αμπελολογία**», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα 1982.
4. Δ. Σταύρακας, «**Σημειώσεις Αμπελογραφίας**», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα 1993.
5. Γ. Δ. Σαραβάκος, «**Τεχνική θερμικών διεργασιών**», εκδ. ΕΜΠ, Αθήνα 1979.
6. Σ. Φαλάγκα, «**Ξήρανση αγροτικών προϊόντων**», εκδ ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1985.
7. «**Σταφιδικό Δελτίο**» εκδ. Α. Σ. Ο, Σεπτέμβρης 1937.
8. **Στατιστικό δελτίο κίνησης Κορινθιακής Σταφίδας**, Σ.Κ.Ο.Σ. ΠΑΤΡΑ
9. «**Εν Αιγίω**», φωτογραφικό χρονικό, έκδοση «Φίλοι του Πολυτεχνείου».
10. «**Ιστορία Ελληνικού Έθνους**», Εκδοτική Αθηνών.
11. Κουράκου-Δραγώνας, «**Θέματα οινολογίας**», εκδ. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 1990.
12. Χρ. Αγραντώνη, Α. Ρούβαλης, «**Η Ελληνική Οινοβιομηχανία τον 19^ο αιώνα**», Ιστορία Ελληνικού κρασιού, Σαντορίνη 1990.
13. «**Ερευνώντας**», έκδοση ΓΓΕΤ, Δεκέμβρης 2002.
14. «**Συναρμολόγηση, κατασκευή και έλεγχος λειτουργίας Ηλιακών Συλλεκτών**», πρακτικά σεμιναρίου, Πάτρα Νοέμβρης 84.
15. «**Μελέτη κινητικής ξήρανσης σταφυλιών με χρήση ηλιακής ενέργειας και ξηραντήριου εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**», Διπλωματική εργασία, Αγγελική Στρατογιάννη.
16. Λεωνίδα Καραπιπέρη, «**Πρακτική Μετεωρολογία**», Αθήνα 1966.
17. Π. Χαρώνης, «**Ηλιακά Ξηραντήρια**», εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1989.
18. Παναγιώτη Γιαννούλη, «**Νέες Πηγές Ενέργειας**», έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 1989.
19. J. Duffie, W. Beckman, «**Solar Engineering of Thermal Processes**», Wiley N.Y. 1980.
20. G. S. Campbell, J. M. Norman, «**An Introduction to Environmental Biophysics**», Springer.
21. G. R. Gregory, «**Australian viticulture**».
22. V. Karathanos, V. Belessiotis, **Journal of Food Engineering** 31 (1997), 35-46.
23. Κ.Α.Μπαλαράς, Α.Α.Αργυρίου, Φ.Ε.Καραγιάννης, «**Συμβατικές και Ήπιες Μορφές Ενέργειας**», ΣΕΛΚΑ-4Μ, ΕΚΔΟΤΙΚΗ, ΑΘΗΝΑ, 2006.