



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Θερμότητας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ
ΜΕ ΣΤΕΡΕΟ ΑΦΥΓΡΑΝΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
SILICA GEL »***

Του Φοιτητή

Κουρλιμπίνη Αριστοτέλη

Επιβλέπουσα

**κ. Κορωνάκη Ειρήνη, Λέκτορας, Σχολή Μηχανολόγων
Μηχανικών**

Αθήνα, Ιούλιος 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Ειρήνη Κορωνάκη, Λέκτορα της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών για την ανάθεση του θέματος , τις συμβουλές και τις παρατηρήσεις της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ Δημήτριο Τερτίπη, υποψήφιο διδάκτορα της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών για τη σημαντική βοήθεια του καθώς και την εταιρία «ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ Α.Β.Ε.Τ.&Ε.Ε.» και τον κ. Χρήστο Κωνσταντινίδη για τη συνεχή καθοδήγηση που μου προσέφεραν σε τεχνικά θέματα.

Ακόμα ευχαριστώ ιδιαίτερω τους φίλους και Μηχανολόγους Μηχανικούς Φάκωνα Αφροδίτη και Πρίγκηπα Δημήτριο, για τη στήριξη και τη βοήθειά τους.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη που μου έχει προσφέρει καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2011

Κουρλιμπίνης Αριστοτέλης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την πειραματική αξιολόγηση ενός συστήματος ανοιχτού κυκλώματος (αέρα- αέρα) που χρησιμοποιεί την τεχνολογία «αφύγρανσης». Η συσκευή κλιματισμού είναι εγκατεστημένη στο χώρο του εργαστηρίου του τομέα Θερμότητας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. Η μελέτη και κατασκευή εκπονήθηκε από την εταιρία «ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ Α.Ε.», εξειδικευμένη σε θέματα κλιματισμού, σε συνεργασία με τον τομέα Θερμότητας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. Ο έλεγχος της συσκευής αφύγρανσης γίνεται διαμέσου ενός PLC (Λογικά Προγραμματιζόμενος Ελεγκτής), που διαθέτει λογισμικό και interface για ηλεκτρονικό υπολογιστή. Με το λογισμικό αυτό, είναι δυνατή τόσο η παρακολούθηση όσο και η μεταβολή των επιμέρους συνθηκών στα διάφορα στάδια της διαδικασίας. Η μεθοδολογία ελέγχου ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Καθορισμός συνθηκών αναφοράς για τον αναμεμιγμένο αέρα (περιβάλλοντος και ανακυκλοφορίας)
- Καθορισμός συνθηκών αναφοράς για τον αέρα εσωτερικού χώρου
- Υπολογισμός συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP)
- Υπολογισμός της ικανότητας αφύγρανσης (DW) του τροχού
- Μοντελοποίηση της εγκατάστασης στο λογισμικό MATHCAD

Στην συσκευή έχουν ήδη εγκατασταθεί οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, που είναι απαραίτητοι για την πραγματοποίηση της παραπάνω διαδικασίας ελέγχου. Οι αισθητήρες αυτοί είναι τοποθετημένοι στα ρεύμα αναγέννησης και στο ρεύμα επεξεργασίας της εγκατάστασης σε διάφορα σημεία, ώστε να λαμβάνουμε πληροφορίες για τις ακόλουθες συνθήκες:

- Ρεύμα επεξεργασίας: 1) συνθήκες του αέρα ανακυκλοφορίας από το χώρο, 2) συνθήκες του αέρα περιβάλλοντος, 3) συνθήκες του αναμεμιγμένου αέρα, 4) συνθήκες του αέρα πριν τον αφυγραντικό τροχό, 5) συνθήκες του αέρα μετά τον αφυγραντικό τροχό, 6) συνθήκες του αέρα προσαγωγής, καθώς μπαίνει στον κλιματιζόμενο χώρο.
- Ρεύμα αναγέννησης: 1) συνθήκες του αέρα περιβάλλοντος, 2) συνθήκες του αέρα μετά τις ηλεκτρικές αντιστάσεις θέρμανσης, 3) συνθήκες του απορριπτόμενου αέρα μετά τον αναγεννητή.

Κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας, αρχικά λαμβάνονται μετρήσεις σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης. Μέσω της επεξεργασίας των μετρήσεων αυτών, γίνεται ο υπολογισμός διαφόρων μεγεθών, που αφορούν στη «συμπεριφορά» της συσκευής. Τέλος, γίνεται η σύγκριση των πειραματικών αυτών αποτελεσμάτων με τα θεωρητικά από την μοντελοποίηση της εγκατάστασης.

Λέξεις κλειδιά: Αφύγρανση, Αφυγραντικός- Ξηραντικός τροχός, Silica Gel, Ξηραντικό υλικό, Πειραματική εγκατάσταση αφύγρανσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	11
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ	19
2.1 Ορισμός Αφύγρανσης.....	19
2.2 Εφαρμογές Αφύγρανσης.....	19
2.2.1 Ψυκτικοί Θάλαμοι.....	19
2.2.2 Στέγνωμα Προϊόντος.....	19
2.2.3 Αποφυγή συμπυκνωμάτων.....	20
2.2.4 Διάβρωση.....	20
2.2.5 Ηλεκτρονική βλάβη.....	21
2.2.6 Πρόληψη Χημικών Αντιδράσεων.....	21
2.2.7 Παραγωγή Ενέργειας.....	21
2.2.8 Άμυνα.....	21
2.2.9 Αρχεία και Μουσεία.....	22
2.2.10 Αναψυχή και Ελεύθερος Χρόνος.....	22
2.3 Μέθοδοι αφύγρανσης.....	22
2.3.1 Αφύγρανση με ψύξη.....	22
2.3.2 Αφύγρανση με ξηραντικά μέσα.....	25
2.3.2.1 Ψύξη και αφύγρανση με στερεά ξηραντικά μέσα.....	26
2.3.2.2 Ψύξη και αφύγρανση με υγρά ξηραντικά μέσα.....	28
2.3.2.3 Σύγκριση στερεών και υγρών ξηραντικών μέσων.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	31
3.1 Περιγραφή κυκλώματος αέρα και εξαρτημάτων.....	33
Α) Υγροστάτης χώρου.....	33
Β) Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα.....	34
Γ) Αφυγραντήρας και τεχνικές προδιαγραφές.....	36
Γ.1) Ρότορας.....	39
Γ.2) Μοτέρ κίνησης και Ιμαντοκίνηση.....	40
Γ.3) Αντιστάσεις θέρμανσης.....	42
Γ.4) Πρόφιλτρο του αέρα επεξεργασίας.....	43
Γ.6) Κινητήρας φυσητήρα του αέρα αναγέννησης.....	43
Γ.7) Προφίλτρο του αέρα αναγέννησης.....	43
Δ) Στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα.....	44
Ε) Στόμιο πρόσδοσης του ξηρού αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο.....	45
Ζ) Στόμιο αναρρόφησης αέρα περιβάλλοντος.....	46
Η) Στοιχείο μετάψυξης.....	46
Θ) Στοιχείο πρόψυξης.....	46
Ι) Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα περιβάλλοντος και ανακυκλοφορίας.....	47
Ι.1)Πρόφιλτρο Ζ.....	47
Ι.2) Σακόφιλτρο.....	47
3.2 Περιγραφή κυκλώματος νερού και εξαρτημάτων.....	51
Α) Βάνα.....	51
Β) Ηλεκτρική βάνα.....	52

Γ) Αυτόματο εξαεριστικό	53
Δ) Δοχείο αδρανείας	53
Ε) Αντλία θερμότητας	54
Ζ) Βάνα ρύθμισης παροχής εισαγωγής στην αντλία θερμότητας	55
Η) Βάνα ρύθμισης παροχής εξαγωγής από την αντλία θερμότητας	56
Θ) Βαλβίδα ασφαλείας για πίεση 3 bar	56
Ι) Αυτόματος πλήρωσης με μανόμετρο	56
Κ) Βάνα ρύθμισης παροχής δικτύου ύδρευσης	57
3.3 Περιγραφή ηλεκτρολογικού κυκλώματος και εξαρτημάτων	59
Α) Μετρητικά όργανα	59
Α.1) Υγρασιόμετρο	59
Α.2) Θερμοκρασιόμετρο	59
Β) Ηλεκτρολογικός πίνακας ελέγχου	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ TELEVIS NET	63
4.1 Έναρξη προγράμματος	63
4.2 Ορισμός παραμέτρων στα μετρητικά της εγκατάστασης	63
4.3 Καταγραφή και διαχείριση μετρήσεων	64
4.3.1 Πίνακας πραγματικού χρόνου μετρήσεων (Real time table)	65
4.3.2 Πίνακας ιστορικών μετρήσεων (Historical table)	66
4.3.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής	66
4.3.2.2 Εξαγωγή δεδομένων σε EXCEL	68
4.3.3 Γράφημα πραγματικού χρόνου μετρήσεων (Real time chart)	69
4.3.4 Γράφημα ιστορικού χρόνου μετρήσεων (Historical chart)	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	73
5.1 Ψυχομετρία	73
5.1.1 Πίεση ατμών	73
5.1.2 Θερμοκρασία	74
5.1.3 Υγρασία	74
5.1.4 Σημείο δρόσου	74
5.1.5 Ενθαλπία	74
5.1.6 Ψυχομετρικό διάγραμμα	75
5.2 Συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης COP	76
5.3 Ικανότητα αφύγρανσης DW	76
5.4 Μοντελοποίηση του ξηραντικού τροχού	76
5.4.1 Μοντέλο Jurinak – Banks	77
5.4.2 Μοντέλο Beccali et al.	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	79
6.1 Σύντομη περιγραφή της λήψης πειραματικών μετρήσεων	79
6.2 Αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων	80
6.2.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C	80
6.2.1.1 0% ανακυκλοφορία	81
6.2.1.2 50% ανακυκλοφορία	83
6.2.2 Συνθήκες θέρους 26 °C	85
6.2.2.1 0% ανακυκλοφορία	85
6.2.2.2 50% ανακυκλοφορία	87
6.3 Ψυχομετρικές μεταβολές	89
6.4 Επεξεργασία μετρήσεων	95
6.4.1 Υπολογισμός COP	95
6.4.1.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C	95
6.4.1.1.1 0% ανακυκλοφορία	95

6.4.1.1.2 50% ανακυκλοφορία	98
6.4.1.2 Συνθήκες θέρους 26 °C	100
6.4.1.2.1 0% ανακυκλοφορία	100
6.4.1.2.2 50% ανακυκλοφορία	103
6.4.2 Ικανότητα αφύγρανσης	105
6.4.2.2 Συνθήκες θέρους 26 °C	109
6.4.3 Μέθοδος BANKS και BECCALI	112
6.4.3.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C	112
6.4.3.1.1 0% ανακυκλοφορία	112
6.4.3.1.2 50% ανακυκλοφορία	116
6.4.3.2 Συνθήκες θέρους 26 °C	120
6.4.3.2.1 0% ανακυκλοφορία	120
6.4.3.2.2 50% ανακυκλοφορία	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΦΑΛΜΑΤΑ	129
7.1 Η έννοια του Σφάλματος	129
7.2 Διαδικασία υπολογισμού σφαλμάτων πειράματος	129
7.3 Αποτελέσματα σφαλμάτων	132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	137
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	139

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- σελ.19 **Σχήμα 2.1:** Ψυκτικός θάλαμος πριν και μετά από την αφύγρανση
σελ.20 **Σχήμα 2.2:** Η συμπύκνωση του υγρού αέρα
σελ.20 **Σχήμα 2.3:** Η διάβρωση των μετάλλων
Σελ.24 **Σχήμα 2.4:** Ενεργειακή σύγκριση συμβατικών συστημάτων αφύγρανσης με συστήματα αφύγρανσης ξηραντικού μέσου Silica Gel
- σελ.32 **Σχήμα 3.1:** Σχέδιο της εγκατάστασης
σελ.33 **Σχήμα 3.2:** Υγροστάτης χώρου
σελ.33 **Σχήμα 3.3:** Κύκλωμα αέρα, (Α)Υγροστάτης χώρου
σελ.34 **Σχήμα 3.4:** Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα
σελ.34 **Σχήμα 3.5:** Κεντρικός διακόπτης ισχύος του αφυγραντήρα
σελ.38 **Σχήμα 3.6:** Ροή αέρα στο εσωτερικό της εγκατάστασης αφύγρανσης
σελ.38 **Σχήμα 3.7:** Κύκλωμα αέρα, (Β)Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα (Munters ML690), (Γ)Αφυγραντήρας (Munters ML690)
- σελ.39 **Σχήμα 3.8:** Ρότορας αφυγραντήρα
σελ.39 **Σχήμα 3.9:** Τομή του ρότορα
σελ.40 **Σχήμα 3.10:** Χαρακτηριστικά μοτέρ κίνησης (mini motor ACE 66T)
σελ.41 **Σχήμα 3.11:** Κίνηση με οδοντωτό ιμάντα με μεγάλη επίπεδη τροχαλία
- σελ.43 **Σχήμα 3.12:** Όψεις πρόφιλτρου αφυγραντήρα του αέρα επεξεργασίας (Γ.4) και του αέρα αναγέννησης (Γ.7)
- σελ.44 **Σχήμα 3.13:** Εσωτερική διάταξη αφυγραντήρα, (Γ.1)Ρότορας, (Γ.2)Μοτέρ κίνησης (mini motor ACE 66T), (Γ.3)Δύο αντιστάσεις θέρμανσης, (Γ.4)Φίλτρο του αέρα προς επεξεργασία, (Γ.5)Κινητήρας φυσητήρα του αέρα προς επεξεργασία (ABB motors), (Γ.6)Κινητήρας φυσητήρα του αέρα αναγέννησης (ABB motors), (Γ.7)Φίλτρο του αέρα αναγέννησης
- σελ.45 **Σχήμα 3.14:** Στην αριστερή εικόνα είναι η οπή του στομίου που μετράμε την ταχύτητα και στην δεξιά εικόνα είναι το ταχύμετρο
- σελ.45 **Σχήμα 3.15:** Κύκλωμα αέρα, (Δ)Στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα, (Ε)Στόμιο πρόσδοσης του ξηρού αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο
- σελ.46 **Σχήμα 3.16:** Κύκλωμα αέρα στο εξωτερικό μέρος της εγκατάστασης
- σελ.47 **Σχήμα 3.17:** Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα πριν το στοιχείο πρόψυξης τοποθετημένα στην εγκατάσταση, (Ι.1)Πρόφιλτρο Ζ, (Ι.2)Σακόφιλτρο
- σελ.48 **Σχήμα 3.18:** Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα πριν το στοιχείο πρόψυξης, (Ι.1)Πρόφιλτρο Ζ, (Ι.2)Σακόφιλτρο
- σελ.48 **Σχήμα 3.19:** Κύκλωμα αέρα, (Ζ)Στόμιο αναρρόφησης αέρα περιβάλλοντος, (Η)Στοιχείο μετάψυξης, (Θ)Στοιχείο πρόψυξης, (Ι)Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα περιβάλλοντος και ανακυκλοφορίας
- σελ.49 **Σχήμα 3.20:** Κύκλωμα αέρα στο εξωτερικό μέρος της εγκατάστασης
- σελ.50 **Σχήμα 3.21:** Σχέδιο της εγκατάστασης του κυκλώματος αέρα
- σελ.51 **Σχήμα 3.22:** Βάνα ρύθμισης της παροχής του ρευστού
- σελ.51 **Σχήμα 3.23:** Σφαιρικός δίσκος
- σελ.52 **Σχήμα 3.24:** (Α.1)Ανοικτή βάνα, (Α.2)Κλειστή βάνα
- σελ.52 **Σχήμα 3.25:** (Β.1)Ανοικτή ηλεκτρική βάνα, (Β.2)Κλειστή ηλεκτρική βάνα

σελ.53	Σχήμα 3.26: Αυτόματο εξαεριστικό
σελ.53	Σχήμα 3.27: Ανεπίστροφη βαλβίδα
σελ.55	Σχήμα 3.28: Αριστερά είναι ο κεντρικός διακόπτης ισχύος και δεξιά ο πίνακας ελέγχου της αντλίας θερμότητα
σελ.55	Σχήμα 3.29: (Γ) Αυτόματο εξαεριστικό με βάνα, (Δ) Δοχείο αδρανείας, (Ε) Αντλία θερμότητας
σελ.56	Σχήμα 3.30: Τομή βαλβίδα ασφαλείας
σελ.57	Σχήμα 3.31: Τομή αυτόματου πλήρωσης
σελ.58	Σχήμα 3.32: (Ζ) Βάνα ρύθμισης παροχής εισαγωγής στην αντλία θερμότητας, (Η) Βάνα ρύθμισης παροχής εξαγωγής από την αντλία θερμότητας, (Θ) Βαλβίδα ασφαλείας για 3 bar, (Ι) Αυτόματος πλήρωσης με μανόμετρο, (Κ) Βάνα ρύθμισης παροχής δικτύου ύδρευσης
σελ.59	Σχήμα 3.33: Υγρασιόμετρο (eliwell-EWHS 300)
σελ.59	Σχήμα 3.34: Θερμοκρασιόμετρο (Temperature probes)
σελ.60	Σχήμα 3.35: Πίνακας ελέγχου (ΠΙΝΑΚΑΣ Ι)
σελ.61	Σχήμα 3.36: Πίνακας ελέγχου (ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ)
σελ.62	Σχήμα 3.37: Συνδεσμολογία πίνακα ΙΙ
σελ.63	Σχήμα 4.1: Έναρξη ελέγχου μετρήσεων και καταγραφής δεδομένων
σελ.64	Σχήμα 4.2: Πίνακας παραμέτρων των μετρητικών οργάνων ενός ελεγκτή
σελ.65	Σχήμα 4.3: Κύρια λίστα επεξεργασίας μετρήσεων
σελ.66	Σχήμα 4.4: Πίνακας πραγματικού χρόνου μετρήσεων
σελ.68	Σχήμα 4.5: Επιφάνεια εργασίας του πίνακα ιστορικών μετρήσεων (Historical table)
σελ.69	Σχήμα 4.6: Ρυθμίσεις εμφάνισης δεδομένων στην επιφάνεια εργασίας του πίνακα ιστορικών μετρήσεων
σελ.70	Σχήμα 4.7: Επιφάνεια εργασίας του γραφήματος πραγματικών μετρήσεων (Real time chart)
σελ.72	Σχήμα 4.8: Επιφάνεια εργασίας του γραφήματος ιστορικού χρόνου μετρήσεων (Historical chart)
σελ.73	Σχήμα 5.1: Διάταξη της εγκατάστασης
σελ.75	Σχήμα 5.2: Σχηματική μορφή ενός ψυχομετρικού διαγράμματος
σελ.91	Σχήμα 6.1: Ψυχομετρικές μεταβολές για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C
σελ.92	Σχήμα 6.2 : Ψυχομετρικές μεταβολές για 50% ανακυκλοφορία στους 21 °C
σελ.93	Σχήμα 6.3 : Ψυχομετρικές μεταβολές για 0% ανακυκλοφορία στους 26 °C
σελ.94	Σχήμα 6.4: Ψυχομετρικές μεταβολές για 50% ανακυκλοφορία στους 26 °C

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

- σελ.81 **Γράφημα 6.1:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.81 **Γράφημα 6.2:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.82 **Γράφημα 6.3:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.82 **Γράφημα 6.4:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.83 **Γράφημα 6.5:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.83 **Γράφημα 6.6:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.84 **Γράφημα 6.7:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.84 **Γράφημα 6.8:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.85 **Γράφημα 6.9:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.85 **Γράφημα 6.10:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.86 **Γράφημα 6.11:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.86 **Γράφημα 6.12:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.87 **Γράφημα 6.13:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.87 **Γράφημα 6.14:** Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.88 **Γράφημα 6.15:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.88 **Γράφημα 6.16:** Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.95 **Γράφημα 6.17:** Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.96 **Γράφημα 6.18:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.96 **Γράφημα 6.19:** Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.97 **Γράφημα 6.20:** Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.97 **Γράφημα 6.21:** Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.98 **Γράφημα 6.22:** Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.98 **Γράφημα 6.23:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C

- σελ.99 **Γράφημα 6.24:** Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.99 **Γράφημα 6.25:** Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.100 **Γράφημα 6.26:** Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.100 **Γράφημα 6.27:** Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.101 **Γράφημα 6.28:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.101 **Γράφημα 6.29:** Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.102 **Γράφημα 6.30:** Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.102 **Γράφημα 6.31:** Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.103 **Γράφημα 6.32:** Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.103 **Γράφημα 6.33:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.104 **Γράφημα 6.34:** Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.104 **Γράφημα 6.35:** Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.105 **Γράφημα 6.36:** Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.106 **Γράφημα 6.37:** Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.106 **Γράφημα 6.38:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.107 **Γράφημα 6.39:** Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_4 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.107 **Γράφημα 6.40:** Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.108 **Γράφημα 6.41:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.108 **Γράφημα 6.42:** Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.109 **Γράφημα 6.43:** Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.109 **Γράφημα 6.44:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.110 **Γράφημα 6.45:** Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.110 **Γράφημα 6.46:** Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.111 **Γράφημα 6.47:** Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.111 **Γράφημα 6.48:** Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_4 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

- σελ.112 **Γράφημα 6.49:** Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.113 **Γράφημα 6.50:** Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.113 **Γράφημα 6.51:** Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.114 **Γράφημα 6.52:** Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.114 **Γράφημα 6.53:** Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.115 **Γράφημα 6.54:** Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.115 **Γράφημα 6.55:** Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.116 **Γράφημα 6.56:** Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.116 **Γράφημα 6.57:** Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.117 **Γράφημα 6.58:** Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.117 **Γράφημα 6.59:** Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.118 **Γράφημα 6.60:** Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.118 **Γράφημα 6.61:** Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.119 **Γράφημα 6.62:** Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.119 **Γράφημα 6.63:** Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.120 **Γράφημα 6.64:** Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.120 **Γράφημα 6.65:** Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.121 **Γράφημα 6.66:** Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.121 **Γράφημα 6.67:** Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.122 **Γράφημα 6.68:** Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.122 **Γράφημα 6.69:** Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.123 **Γράφημα 6.70:** Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.123 **Γράφημα 6.71:** Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.124 **Γράφημα 6.72:** Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.124 **Γράφημα 6.73:** Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

- σελ.125 **Γράφημα 6.74:** Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.125 **Γράφημα 6.75:** Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.126 **Γράφημα 6.76:** Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.126 **Γράφημα 6.77:** Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.127 **Γράφημα 6.78:** Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.127 **Γράφημα 6.79:** Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.128 **Γράφημα 6.80:** Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.133 **Γράφημα 7.1:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.133 **Γράφημα 7.2:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.134 **Γράφημα 7.3:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.134 **Γράφημα 7.4:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C
- σελ.135 **Γράφημα 7.5:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.135 **Γράφημα 7.6:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.136 **Γράφημα 7.7:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C
- σελ.136 **Γράφημα 7.8:** Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

- σελ.37 **Πίνακας 3.1:** *Τεχνικές προδιαγραφές του αφυγραντήρα ML690*
- σελ.89 **Πίνακας 6.1:** Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C
- σελ.89 **Πίνακας 6.2:** Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C
- σελ.89 **Πίνακας 6.3:** Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C
- σελ.89 **Πίνακας 6.4:** Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C
- σελ.90 **Πίνακας 6.5:** Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C
- σελ.90 **Πίνακας 6.6:** Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C
- σελ.90 **Πίνακας 6.7:** Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C
- σελ.90 **Πίνακας 6.8:** Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι μίγμα αζώτου, οξυγόνου, ευγενών αερίων, διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών. Η ποσότητα των στοιχείων αυτών εκτός των υδρατμών, είναι σταθερή. Ανάλογα με την ποσότητα της υγρασίας μέσα στην ατμόσφαιρα, αισθανόμαστε άνετα ή όχι.

Στην σημερινή εποχή υπάρχει η τεχνολογική δυνατότητα ρύθμισης της υγρασίας ενός χώρου, έτσι ώστε ο χώρος αυτός να είναι κατάλληλος για τη χρήση για την οποία προορίζεται. Απ' τη μία πλευρά, ρυθμίζοντας την υγρασία, αλλά και τη θερμοκρασία ενός χώρου μπορούμε να εξασφαλίσουμε άνετες συνθήκες διαβίωσης ή εργασίας. Από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος της υγρασίας είναι βασικός σε πολλές βιομηχανίες τόσο για την παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά και διατήρηση υλικών και προϊόντων, όσο και για την αντιμετώπιση προβλημάτων διάβρωσης των μετάλλων.

Βέβαια, έχει γίνει πλέον αντιληπτό, ότι ο σύγχρονος άνθρωπος με τη βοήθεια της τεχνολογικής ανάπτυξης, έχει διαταράξει την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος. Η διατάραξη αυτή έχει ως συνέπεια διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η συρρίκνωση της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Το πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας της γης και τις κλιματικές αλλαγές. Αν και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ως ένα βαθμό φυσικό, ενισχύεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και στην έκλυση άλλων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες.

Οι χλωροφθοράνθρακες αποτελούν το μεγαλύτερο εχθρό του όζοντος και τη μεγαλύτερη αιτία της εξαφάνισής του από τη στρατόσφαιρα. Κάποτε τους θεωρούσαν αβλαβείς, γι' αυτό και χρησιμοποιούνταν σε πολλά προϊόντα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το φρέον, που χρησιμοποιείται και σήμερα ως ψυκτικό στα κλιματιστικά και τα ψυγεία. Η εκτεταμένη χρήση χλωροφθορανθράκων σε εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού για περίπου εξήντα χρόνια, αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής χλωρίου. Ένα άτομο χλωρίου μπορεί να καταστρέψει $1 * 10^6$ μόρια όζοντος, πριν κατακαθήσει στη γη. Από μελέτες που έχουν γίνει, φαίνεται ότι αν συνεχιστεί η χρήση χλωροφθορανθράκων μέχρι το 2075, η ζώνη του όζοντος θα καταστραφεί κατά 40%. Έχει δε υπολογιστεί, ότι ελάττωση του όζοντος κατά 1%, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας UVB που φτάνει στη γη κατά 2%, με συνέπεια τα καρκινώματα του δέρματος να αυξάνουν κάθε χρόνο κατά 1-3%. [1],[2]

Αυτή η παγκόσμια περιβαλλοντική ανησυχία, σε συνδυασμό με την ανάγκη βελτίωσης των επιπέδων ποιότητας αέρα, έχουν συμβάλλει στη αλλαγή του τρόπου σκέψης σχετικά με το σχεδιασμό συστημάτων ψύξης και κλιματισμού. Μια επιλογή πολύ φιλική στο περιβάλλον, αποτελούν τα συστήματα ψύξης με ξηραντικό μέσο. Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα ψύξης, τα συστήματα ψύξης με ξηραντικό μέσο είναι συστήματα ανοικτού κύκλου, που

παρέχουν άνετες συνθήκες εσωτερικού χώρου, ακόμα και όταν το εξωτερικό περιβάλλον είναι ζεστό και υγρό. Τα συστήματα λοιπόν αυτά συνεισφέρουν στην προστασία του περιβάλλοντος, όταν βέβαια διαστασιολογούνται και λειτουργούν σωστά. [3]

Έχει διαπιστωθεί, ότι πολλές βιομηχανίες για την παραγωγή και διατήρηση των παραγόμενων προϊόντων τους έχουν ανάγκη ξηρού περιβάλλοντος. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί ποσότητα της υγρασίας από το χώρο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αφύγρανση. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάγκη ρύθμισης της υγρασίας σε βιομηχανικές εφαρμογές. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται μέσω μιας μονάδας που λειτουργεί με στερεό ξηραντικό μέσο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ

2.1 Ορισμός Αφύγρانشης

Αφύγρانشη είναι η διεργασία αφαίρεσης νερού (υγρασίας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου, με σκοπό την πτώση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα όρια. [4] Στην αρχή του εικοστού αιώνα η τεχνολογία της αφύγρانشης άρχισε να αναπτύσσεται, διότι διαπιστώθηκε η χρησιμότητά της σε αρκετές εφαρμογές.

2.2 Εφαρμογές Αφύγρانشης

Είναι σημαντικό να αναλυθούν κάποιες από τις εφαρμογές της αφύγρانشης, διότι μ' αυτόν τον τρόπο, τα προβλήματα που δημιουργεί η υγρασία θα γίνουν πιο κατανοητά.

2.2.1 Ψυκτικοί Θάλαμοι

Ο πάγος και οι κρύσταλλοι σε ψυγμένα και κατεψυγμένα τρόφιμα επηρεάζουν την παραγωγικότητα, την ποιότητα και την ασφάλεια. Η αφύγρانشη εξουδετερώνει τον πάγο στους ψυκτικούς θαλάμους κατάψυξης, καθώς και στους τοίχους και στα πατώματα. Προκαλεί ταχύτερη ψύξη των προϊόντων, με δραματικά λιγότερες αποψύξεις, εξαλείφει τις συνθήκες ολίσθησης στην αποβάθρα φόρτωσης και εξασφαλίζει την ποιότητα των προϊόντων.



Σχήμα 2.1: Ψυκτικός θάλαμος πριν και μετά από την αφύγρانشη [5]

2.2.2 Στέγνωμα Προϊόντος

Η πιο κοινή μέθοδος ξήρανσης προϊόντων είναι η εισαγωγή θερμού αέρα, ο οποίος εξατμίζει την υγρασία που εμπεριέχει το προϊόν. Παρόλα αυτά, δεν αποτελεί την ιδανική μέθοδο, αφού η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει και τον κίνδυνο ανάπτυξης μούχλας και μυκήτων. Με τη σειρά τους, η μούχλα και οι μύκητες μπορεί να προκαλέσουν τη διάβρωση των μηχανημάτων, ενώ η επιπλέον θερμότητα μπορεί να καταστρέψει το προϊόν που υποβάλλεται σε ξήρανση. Με τη χρήση των αφυγραντήρων, οι συνθήκες μπορούν να διατηρούνται σταθερές, έτσι ώστε να αποφεύγονται αυτές οι καταστροφικές συνέπειες.

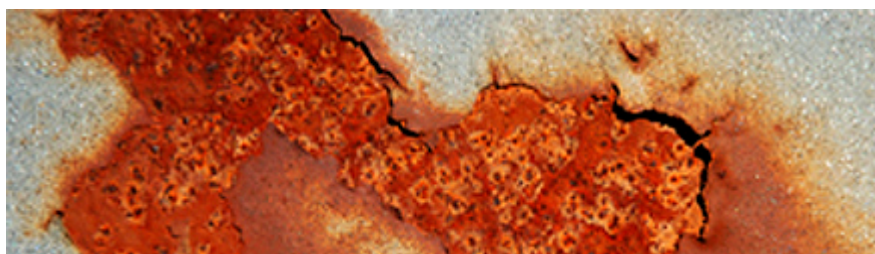
2.2.3 Αποφυγή συμπυκνωμάτων



Σχήμα 2.2: Η συμπύκνωση του υγρού αέρα [5]

Όταν το νερό εξατμίζεται μετατρέπεται σε υδρατμούς. Όταν αυτοί έρχονται σε επαφή με κρύες επιφάνειες, παρατηρείται συμπύκνωση και σχηματίζονται σταγόνες πάνω στους τοίχους, στα δάπεδα και στα προϊόντα. Όσο ο υγρός αέρας συμπυκνώνεται, τόσο αυξάνει το ενδεχόμενο μόλυνσης των προϊόντων και μειώνεται η ασφάλεια και η ποιότητα των προϊόντων. Τα συστήματα αφύγρανσης δημιουργούν ατμόσφαιρα χαμηλής σχετικής υγρασίας, για την πρόληψη της μόλυνσης και την αποφυγή της μούχλας και των μικροβίων. Χρησιμοποιώντας τα συστήματα αφύγρανσης, μειώνεται η φθορά των προϊόντων, η διάβρωση, και η φθορά της κτηριακής κατασκευής.

2.2.4 Διάβρωση



Σχήμα 2.3: Η διάβρωση των μετάλλων [5]

Η διάβρωση ή οξειδωση των μετάλλων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία υγρασίας στον αέρα. Μια υψηλή τιμή σχετικής υγρασίας επιτρέπει σε ένα λεπτό στρώμα μορίων υδρατμού να κατακαθίσει στην επιφάνεια του μετάλλου, με αποτέλεσμα αυτό να λειτουργεί ως ηλεκτρολύτης στη διαδικασία της διάβρωσης. Στα περισσότερα μέρη του κόσμου, η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας υπερβαίνει το 75%. Με τη χρήση των αφυγραντήρων, η τιμή της σχετικής υγρασίας μπορεί να μειωθεί σημαντικά, χωρίς πρόβλημα, αποτρέποντας τη διάβρωση του χάλυβα. Αυτό μειώνει δραματικά τη ζημία και το κόστος συντήρησης.

2.2.5 Ηλεκτρονική βλάβη

Ένα περιβάλλον με υγρασία προκαλεί βλάβες σε όλα τα είδη ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Μια μελέτη της Αμερικανικής Αεροπορίας αποδίδει το 20% όλων των ηλεκτρονικών βλαβών στη διάβρωση των επαφών και των εξαρτημάτων, ακόμη και αν αυτά διαθέτουν εγκεκριμένη επίστρωση. Η υγρασία επηρεάζει ακόμη και την ανθεκτικότητα των μονωτικών υλικών, προκαλώντας βλάβες στον έλεγχο του συστήματος και σε κάποιες περιπτώσεις ανεπανόρθωτες ζημιές. Η μείωση της τιμής της σχετικής υγρασίας (RH), στα επίπεδα του 45%, περιορίζει περίπου στις μισές τις δυσλειτουργίες, σε σύγκριση με τις συνθήκες περιβάλλοντος σχετικής υγρασίας 80%(RH). Εξίσου σημαντικό είναι ότι ο υγρός αέρας μπορεί να είναι από μόνος του καλός αγωγός. Στις περιπτώσεις ηλεκτρονικών συστημάτων υψηλής ισχύος, όπως ραντάρ και εξοπλισμός επικοινωνιών, ένα πολύ υγρό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ηλεκτρικές εκκενώσεις, ακόμη και πυρκαγιές.

2.2.6 Πρόληψη Χημικών Αντιδράσεων

Η υγρασία και οι υδρατμοί είναι από τα στοιχεία, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν μια ανεπιθύμητη χημική αντίδραση. Για παράδειγμα, το λίθιο (το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή των μπαταριών λιθίου) θα αντιδράσει βίαια με τους υδρατμούς. Για το λόγο αυτό, η παραγωγή των μπαταριών λιθίου μπορεί να γίνει μόνο σε εξαιρετικά στεγνό (αφυγρασμένο) χώρο. Επίσης, είναι γνωστό ότι τα εκρηκτικά και τα προωθητικά είναι ευαίσθητα σε χημικές αντιδράσεις με υγρασία. Ανεπιθύμητες αντιδράσεις μπορεί να οδηγήσουν σε κάποιο ασταθές προϊόν (κίνδυνος έκρηξης) ή στο σχηματισμό ανεπιθύμητων και επικίνδυνων χημικών ενώσεων (για παράδειγμα αέριο υδρογόνο).

2.2.7 Παραγωγή Ενέργειας

Προκειμένου να συντηρείται ο μηχανικός εξοπλισμός μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας, θα πρέπει να δημιουργηθεί το κατάλληλο περιβάλλον. Η υψηλή υγρασία προκαλεί συμπύκνωση, διάβρωση, και σκουριά, παράγοντες που σε μια τέτοια μονάδα δημιουργούν προβλήματα στους αεριοστροβίλους, στις αντλίες, στους εξοπλισμούς μεταγωγής και στις ηλεκτρονικές λειτουργίες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία εκκίνησης μετά από διακοπές για λειτουργίες συντήρησης.

2.2.8 Άμυνα

Ουσιαστικό ρόλο έχει η τεχνολογία της αφύγρανσης και στην άμυνα, διότι κύριο μέλημα είναι να διασφαλιστούν οι μέγιστες διάρκειες ζωής των πυρομαχικών. Πολλοί αμυντικοί οργανισμοί είναι πλέον σε θέση να αποθηκεύουν εξοπλισμό και αντικείμενα για ελάχιστο χρονικό διάστημα 4 ετών, χωρίς συντήρηση, και ταυτόχρονα να τα έχουν άμεσα διαθέσιμα και έτοιμα σε καιρούς κινητικότητας ή δράσης. Οι εφαρμογές δεν περιορίζονται μόνο στον αποθηκευμένο εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός καθημερινής χρήσης μπορεί επίσης να προστατευθεί, περιορίζοντας έτσι την φθορά και την υποβάθμιση, τις δυσλειτουργίες, και βελτιώνοντας το μέσο χρόνο μεταξύ

βλαβών των συστημάτων και των υποσυστημάτων. Συνήθως τα οφέλη της επένδυσης, τα οποία γίνονται ορατά εντός κάποιων μηνών, είναι το χαμηλότερο κόστος συντήρησης και κύκλου ζωής, με υψηλότερη ετοιμότητα και διαθεσιμότητα.

2.2.9 Αρχεία και Μουσεία

Οι αφυγραντήρες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, προκειμένου να προστατεύσουν φιλμ, ταινίες, έγγραφα, βιβλία και τεχνουργήματα σε αρχεία, μουσεία και βιβλιοθήκες. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι σημαντικοί παράγοντες για τη διατήρηση εγγράφων. Γενικά, η θερμοκρασία και η υγρασία πρέπει να διατηρούνται όσο το δυνατόν πιο σταθερές και οι ρύποι πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο. Γκαλερί, μουσεία και βιβλιοθήκες αποτελούν δημόσιους χώρους που απαιτούν εξαερισμό, με αέρα που φέρει υψηλά φορτία υγρασίας. Γι' αυτού του είδους τα κτίρια, ένας αφυγραντήρας που επεξεργάζεται τα φορτία υγρασίας στην πηγή τους (π.χ. φρέσκος αέρας πριν την είσοδό του στο κτίριο) είναι ο καταλληλότερος.

2.2.10 Αναψυχή και Ελεύθερος Χρόνος

Στη βιομηχανία δραστηριοτήτων αναψυχής και ελεύθερου χρόνου, εντάσσονται οι εγκαταστάσεις για παγοδρόμια, πισίνες και εσωτερικές αίθουσες αθλητισμού. Καθώς αυτά τα κτίρια φιλοξενούν ένα μεταβλητό αριθμό επισκεπτών και έχουν το νερό ή τον πάγο ως αναπόσπαστο μέρος τους, μπορεί να προκύψουν πολυάριθμα προβλήματα. Με την εγκατάσταση ενός συστήματος αφύγρανσης αέρα, έχουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Πρόληψη της συμπύκνωσης
- Πρόληψη της διάβρωσης
- Μειωμένες ζημιές στην κατασκευή του κτιρίου
- Μείωση του ενεργειακού κόστους [5]

2.3 Μέθοδοι αφύγρανσης

Υπάρχουν βασικά δύο τρόποι αφύγρανσης του ατμοσφαιρικού αέρα:

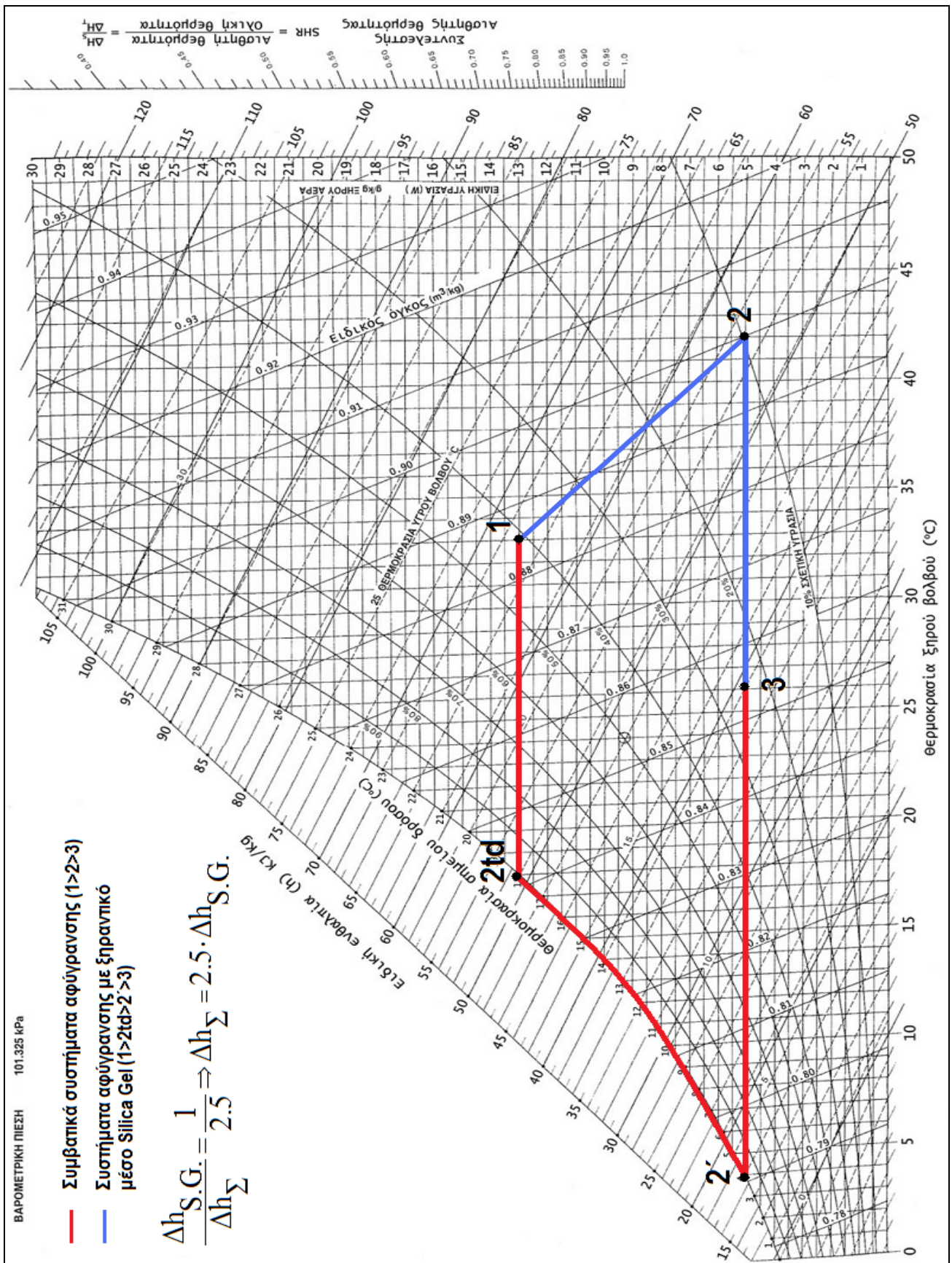
1. Ψύχοντας τον αέρα κάτω από το σημείο δρόσου, με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω στην ψυχρή επιφάνεια ενός συμβατικού κλιματιστικού συστήματος.
2. Περνώντας τον αέρα πάνω από ουσίες που έχουν μεγάλη συγγένεια με την υγρασία και την αφαιρούν, μετατρέποντάς τον, σε αέρα με μικρότερο λόγο υγρασίας.

2.3.1 Αφύγρανση με ψύξη

Η ψύξη του αέρα για αφύγρανση είναι πολύ συνηθισμένη ψυχομετρική αλλαγή στις κλιματιστικές μονάδες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Ο αέρας ψύχεται πρώτα χωρίς αφύγρανση (αισθητή ψύξη), ώσπου η θερμοκρασία

ξηρού βολβού να γίνει ίση με το σημείο δρόσου (θερμοκρασία κορεσμού). Στη συνέχεια αρχίζει πτώση της θερμοκρασίας και η συνέχιση της ψύξης προκαλεί τη συμπύκνωση των υδρατμών. Δηλαδή η αφύγρανση (αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας) μπορεί να επιτευχθεί μόνο ως παραπροϊόν της ψύξης του αέρα (αφαίρεση της αισθητής θερμότητας). Για να απομακρυνθεί η λανθάνουσα θερμότητα, πρέπει ο ατμοποιητής του ψυκτικού κυκλώματος να βρίσκεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου του αέρα, έτσι ώστε να προκληθεί συμπύκνωση των υδρατμών. Ο λόγος της λανθάνουσας προς την αισθητή θερμότητα που αποβάλλεται, μπορεί να αυξηθεί, μειώνοντας τη θερμοκρασία ατμοποίησης ή μειώνοντας το ρυθμό της ροής αέρα μέσα από τον ατμοποιητή. Ο τυπικός λόγος της λανθάνουσας προς την αισθητή θερμότητα που αποβάλλεται, χωρίς υπόψυξη του αέρα, είναι 1:3. Όμως σε υγρά κλίματα, όπου η αφύγρανση μπορεί να ανέρχεται στο 80-90% του συνολικού ψυκτικού φορτίου, τα συμβατικά συστήματα ψύξης δεν είναι ικανά να παρέχουν επαρκή έλεγχο της υγρασίας. Για να επιτευχθεί επαρκής συμπύκνωση, θα μπορούσε να εφαρμοσθεί η εναλλακτική λύση της υπόψυξης του αέρα και στη συνέχεια η αναθέρμανσή του, αλλά η μέθοδος αυτή οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

Αφύγρανση χωρίς υπόψυξη μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ξηραντικών υλικών για αφύγρανση (desiccants). Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όταν οι απαιτήσεις αφύγρανσης είναι μεγάλες, καθώς επιτρέπει την “απόζευξη” της αφύγρανσης από την ψύξη και τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα αφύγρανσης. Για παράδειγμα η αφύγρανση με το ευρέως χρησιμοποιούμενο ξηραντικό μέσο Silica Gel απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ως προς το αντίστοιχο συμβατικό σύστημα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.4. Επίσης από το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι σε πιο υγρά κλίματα, το ενεργειακό όφελος από τα συστήματα αυτά είναι ακόμα μεγαλύτερο. Η χρήση των χημικών αφυγραντών περιγράφεται στο ακόλουθο υποκεφάλαιο. [6],[7]



Σχήμα 2.4: Ενεργειακή σύγκριση συμβατικών συστημάτων αφύγρανσης με συστήματα αφύγρανσης ξηραντικού μέσου Silica Gel

2.3.2 Αφύγρανση με ξηραντικά μέσα

Η χρήση ξηραντικών μέσων είναι μία λύση στο πρόβλημα της αφύγρανσης του αέρα. Τα ξηραντικά μέσα είναι υλικά που έχουν χημική συγγένεια (affinity) ως προς το νερό. Όλα τα κοινά υλικά, όπως το ξύλο ή το μαλλί, έχουν τη δυνατότητα της δέσμευσης και κατακράτησης υγρασίας. Η σημαντική διαφορά όμως των «κοινών» υλικών από τα ξηραντικά είναι η χωρητικότητά τους. Για παράδειγμα ένα μάλλινο χαλί μπορεί να δεσμεύσει υγρασία ίση με το 23% της ξηρής του μάζας, ενώ το νάιλον μόνο το 6% της ξηρής του μάζας. Αντιθέτως, τα ξηραντικά υλικά μπορούν να δεσμεύσουν υγρασία από το 20 έως το 1100% της ξηρής τους μάζας, τιμή που εξαρτάται από το είδος του υλικού αλλά και τη διαθέσιμη υγρασία στο περιβάλλον. Ακόμα πολλά ξηραντικά υλικά ελκύουν υγρασία ακόμα και αν ο περιβάλλον αέρας είναι αρκετά ξηρός. [8]

Ενώ στα συμβατικά συστήματα αφύγρανσης μέσω ψύξης, η υγρασία ελέγχεται μέσω συμπύκνωσης πάνω σε μια ψυχρή επιφάνεια, τα συστήματα αυτά πραγματοποιούν την αφύγρανση μέσω προσρόφησης (adsorption) ή απορρόφησης (absorption) σε ένα υδροσκοπικό (hygroscopic) υλικό.

Ο μηχανισμός στον οποίο βασίζεται η διαδικασία της δέσμευσης της υγρασίας, είναι η διαφορά της πίεσης των υδρατμών στο ρεύμα αέρα και την επιφάνεια του ξηραντικού υλικού. Η περιεχόμενη στον αέρα υγρασία σε μορφή υδρατμών έχει μία πίεση. Το νερό που κατακρατείται από το ξηραντικό μέσο έχει επίσης μια πίεση. Είναι φυσικό οι δύο αυτές πιέσεις να τείνουν σε μια ισορροπία, που επιτυγχάνεται με τον πλήρη κορεσμό σε υγρασία του ξηραντικού μέσου. Όταν η πίεση του υδρατμού στην επιφάνεια του ξηραντικού μέσου είναι μικρότερη από την πίεση του στον αέρα, το ξηραντικό μέσο προσλαμβάνει υγρασία. Όταν η επιφανειακή πίεση του υδρατμού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο ρεύμα του αέρα, το ξηραντικό μέσο απελευθερώνει υγρασία. Η ισορροπία επιτυγχάνεται όταν η πίεση των υδρατμών στο ξηραντικό μέσο είναι ίση με την πίεση των υδρατμών στον αέρα.

Ανάλογα με το ξηραντικό υλικό που χρησιμοποιείται, η δέσμευση της υγρασίας από τον αέρα γίνεται είτε μέσω προσρόφησης είτε μέσω απορρόφησης.

Προσρόφηση καλείται η διαδικασία κατά την οποία , η υγρασία παγιδεύεται στο υλικό του ξηραντικού μέσου, κατά τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ένα σφουγγάρι κατακρατά νερό μέσω των τριχιδίων του, δηλαδή η διείσδυση ξένων μορίων ή ιόντων στην επιφάνεια στερεού, πορώδους ή κονιοποιημένου σώματος, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό επίστρωσης στην επιφάνεια αυτή. Οι περισσότεροι προσροφητές είναι στερεά υλικά. Μια τέτοια ουσία είναι το ξηρόπηγμα πορώδους πυριτίας (silica gel) .

Απορρόφηση καλείται η διαδικασία κατά την οποία η υγρασία παγιδεύεται μέσω χημικής διεργασίας, η οποία οδηγεί σε χημική αλλαγή του ξηραντικού μέσου. Οι περισσότεροι απορροφητές είναι υγροί.

Μερικά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως βάση των ξηραντικών μέσων είναι το ξηρόπηγμα πορώδους πυριτίας (silica gel), το χλωριούχο λίθιο (υγρό ή ξηρό), το βρωμιούχο λίθιο, η ενεργοποιημένη αργιλία (activated alumina) και το μοριακό κόσκινο (π.χ. ζεολίτης)

Τα silica gels είναι άμορφες στερεές δομές που σχηματίζονται από την υγροποίηση ευδιάλυτων σιλικονούχων, από διαλύματα νερού και άλλων διαλυτών. Έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλού σχετικού κόστους και της σχετικής απλότητας στην διαμόρφωση της κατασκευής. Είναι διαθέσιμα σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, από μικρές σφαίρες διαμέτρου 5mm έως κόκκους μίας λείας πούδρας. [8]

Οι ζεολίτες είναι αλουμινοσιλικονούχα ορυκτά. Τα συναντάμε ελεύθερα στη φύση και η σύνθεσή τους δεν είναι απαραίτητη. Οι ζεολίτες έχουν πολύ ανοικτή κρυσταλλική δομή που επιτρέπει σε μόρια όπως αυτά των υδρατμών, να συγκρατούνται μέσα στον κρύσταλλο σαν σε κελί. Συγκεκριμένα άτομα των αλουμινοσιλικονούχων καθορίζουν το πόσο ανοικτή θα είναι η κρυσταλλική τους δομή, γεγονός που καθορίζει και το μέγεθος των μορίων που μπορεί να δεσμεύσει.

Οι συνθετικοί ζεολίτες, που συχνά αποκαλούνται και μοριακά κόσκινα, είναι κρυσταλλικά αλουμινοσιλικονούχα, που κατασκευάζονται ύστερα από θερμική κατεργασία. Με τον έλεγχο της θερμοκρασίας της διαδικασίας αλλά και της αναλογίας των συστατικών υλικών, είναι δυνατή η πλήρης διαμόρφωση της δομής αλλά και των χαρακτηριστικών της επιφάνειας του προσροφητικού υλικού. Με λίγο ψηλότερο κόστος κατασκευής, οι φυσικοί ζεολίτες προσφέρουν ένα πολύ περισσότερο ομοιογενές υλικό από ότι οι φυσικοί ζεολίτες.

Μια σπουδαία ιδιότητα των ξηραντικών μέσων είναι ότι μετά την αφύγρανση μπορούν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, με την απλή διοχέτευση ρεύματος θερμού αέρα πάνω τους, που αφαιρεί την ποσότητα υγρασίας που έχει κατακρατηθεί και τους αναγεννά.

2.3.2.1 Ψύξη και αφύγρανση με στερεά ξηραντικά μέσα

Το silica gel και το αλουμινοσιλικονούχο χρησιμοποιούνται ως στερεά ξηραντικά, με το δεύτερο να παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης του νερού (water holding capacity). Μοριακά κόσκινα με διάκενο 3-Ångstrom μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς επιτρέπουν στο νερό (διάσταση 2,8 – Ångstrom) αλλά όχι σε μεγαλύτερα μόρια να πλησιάσουν το ξηραντικό μέσο. (Το *ångström* αποτελεί μονάδα μέτρησης μήκους που διατυπώθηκε από τον σουηδό φυσικό Anders Jonas Ångström, και η αντιστοίχισή του στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι: $1 \text{ \AA} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m}$). Όπως ήδη αναφέρθηκε, η συγκράτηση του νερού γίνεται μέσω προσρόφησης, καθώς το ξηραντικό υλικό δεν υφίσταται καμία χημική αλλαγή, όταν κατακρατά το νερό. Η ιδιότητα της απορρόφησης προκύπτει από την ύπαρξη εξαιρετικά μεγάλου αριθμού πόρων: $1 \text{ m}^3 \text{ silica gel}$ υπολογίζεται ότι έχει επιφανειακό εμβαδόν $3 \times 10^7 \text{ m}^2$. Όταν ένα στερεό ξηραντικό μέσο προσροφά υγρασία, απελευθερώνεται θερμότητα, η οποία θερμαίνει το ξηραντικό υλικό και το εισερχόμενο ρεύμα

αέρα. Το ξηραντικό μέσο πρέπει να θερμανθεί περαιτέρω, από ένα ρεύμα αναγέννησης αέρα, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που απορροφήθηκε.

Όταν το στερεό ξηραντικό υλικό προσροφά υγρασία εκλύεται παράλληλα θερμότητα, ανεβάζοντας έτσι και τη θερμοκρασία του ίδιου του υλικού αλλά και του διερχόμενου ρεύματος αέρα. Η αλλαγή στην κατάσταση του αέρα στο ρεύμα προσαγωγής συνοδεύεται από μια μικρή αύξηση στην ενθαλπία του. Σε θεωρητικούς υπολογισμούς αυτή η αύξηση λαμβάνεται τις περισσότερες φορές μηδενική. Η εκλυόμενη θερμότητα κατά την δέσμευση και αποδέσμευση των υδρατμών είναι ίση με τη λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών που δεσμεύτηκαν από το ξηραντικό υλικό και μια επιπλέον ποσότητα θερμότητας που κυμαίνεται από 5% έως 25% της λανθάνουσας θερμότητας των υδρατμών. [8],[9] Σημαντικό είναι να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερη δυνατή ολική θερμότητα εκλυόμενη κατά την προσρόφηση, ιδιότητα που αποτιμάται από τους ίδιους τους κατασκευαστές.

Το ξηραντικό υλικό πρέπει να θερμανθεί περισσότερο από ένα δεύτερο ρεύμα αέρα προκειμένου να αναγεννηθεί, δηλαδή να αποδεσμεύσει την ήδη προσροφημένη υγρασία. Η απαιτούμενη θερμοκρασία για την αναγέννηση πρέπει να έχει μία ορισμένη τιμή στην οποία η πίεση ατμών του δεσμευμένου νερού να υπερβαίνει την μερική πίεση των υδρατμών στο θερμό ρεύμα αναγέννησης.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP=Coefficient of Performance) ενός κύκλου με στερεό ξηραντικό μέσο, σημαντικές παράμετροι είναι η αποδοτικότητα του ξηραντικού υλικού (δηλαδή η ποσότητα του υδρατμού που προσροφάται ως κλάσμα της μέγιστης δυνατής προσρόφησης για δεδομένες συνθήκες), η αποδοτικότητα του εναλλάκτη αισθητής θερμότητας (δηλαδή η θερμοκρασιακή μεταβολή στις παροχές αέρα που διέρχονται από τον εναλλάκτη ως κλάσμα της αρχικής θερμοκρασιακής διαφοράς των δύο ρευμάτων) και η αποδοτικότητα του εξατμιστικού ψύκτη, όταν υπάρχει. Οι αποδοτικότητες αυτές εξαρτώνται τόσο από τα φυσικά χαρακτηριστικά των ιδίων των συστατικών, αλλά και από μεταβλητές παραμέτρους, όπως η ταχύτητα περιστροφής του ξηραντικού και η ταχύτητα του εισερχόμενου ρεύματος αέρα.

Η επιλογή του πλέον κατάλληλου ξηραντικού υλικού για την κάθε εφαρμογή, εξαρτάται από το εύρος των πιέσεων των υδρατμών που εμφανίζονται στο διερχόμενο ρεύμα αέρα, το θερμοκρασιακό επίπεδο της πηγής για την απαιτούμενη αναγέννηση, αλλά και τα ίδια χαρακτηριστικά του ξηραντικού υλικού. Κατά τη σχεδίαση και την κατασκευή των στερεών ξηραντικών υλικών γίνονται κάποιοι συμβιβασμοί ως προς τα χαρακτηριστικά τους, ώστε να πετυχαίνεται ο βέλτιστος συνδυασμός των επιθυμητών ιδιοτήτων για την απαιτούμενη εφαρμογή. Αυτός ο συνδυασμός μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση περισσότερων από ένα υλικών. [8]

2.3.2.2 Ψύξη και αφύγρανση με υγρά ξηραντικά μέσα

Ένα υγρό ξηραντικό είναι ένα υγρό διάλυμα που έχει μεγάλη συγγένεια με τον υδρατμό. Στα τυπικά υγρά ξηραντικά, χρησιμοποιούνται τριαθυλενική γλυκόλη (triethylene glycol) ή άλατα όπως χλωριούχο ασβέστιο ή χλωριούχο λίθιο, διαλυμένα στο νερό. Όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση έχει το υγρό διάλυμα, τόσο μικρότερη είναι η πίεση του υδρατμού στο διάλυμα, και άρα τόσο πιο εύκολα απορροφά υδρατμό από τον αέρα. Τα συστήματα υγρού ξηραντικού μέσου, έχουν χρησιμοποιηθεί σε νοσοκομεία και μεγάλες εγκαταστάσεις.

Όταν απορροφάται ο υδρατμός από ένα υγρό ξηραντικό, απελευθερώνεται η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης, καθώς και επιπρόσθετη λανθάνουσα θερμότητα (ένα επιπλέον 10%), που σχετίζεται με τους δεσμούς ανάμεσα στα μόρια του νερού και του ξηραντικού. Άρα, η απορρόφηση υδρατμού από το ξηραντικό οδηγεί σε σημαντική θέρμανση του ξηραντικού, σε αύξηση της πίεσης των υδρατμών και σε μείωση της ικανότητας του ξηραντικού να απορροφήσει περαιτέρω υγρασία. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό το ξηραντικό υλικό να ψύχεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, με τη βοήθεια ενός πύργου ψύξης.

Για να φτάσει ξανά το ξηραντικό σε μια δοσμένη συγκέντρωση, πρέπει να θερμανθεί σε τέτοια θερμοκρασία, ώστε η πίεση των υδρατμών στο υγρό διάλυμα του ξηραντικού να υπερβεί την πίεση των υδρατμών στο ρεύμα του αέρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά αυτή, τόσο γρηγορότερα μπορεί να αναγεννηθεί το υγρό ξηραντικό.

Τρία βασικά θέματα σχετικά με την απόδοση και την αποδεκτότητα των αφυγραντών με υγρό ξηραντικό είναι:

- να ψυχθεί το υγρό ξηραντικό μέσο όσο πιο αποτελεσματικά γίνεται, ενώ ταυτόχρονα απορροφά υδρατμό.
- να επαναδεσμευτεί η απορριπτόμενη θερμότητα (waste heat) όταν το υγρό ξηραντικό αναγεννάται, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί ο θερμικός COP του αναγεννητή.
- να ελαχιστοποιηθεί ο ρυθμός ροής του υγρού ξηραντικού μέσα από την κλίνη απορρόφησης, ώστε να προληφθεί η παραγωγή και η είσοδος σταγόνων υγρού ξηραντικού μέσα στο παρεχόμενο ρεύμα αέρα.

Η χρήση αφυγραντών υγρού ξηραντικού έχει περιοριστεί λόγω κόστους, λόγω της αντίληψης ότι απαιτείται μεγαλύτερη συντήρηση και του ότι σταγόνες του υγρού ξηραντικού τείνουν να εισέρχονται στο παρεχόμενο ρεύμα αέρα, αν δεν υπάρχει φίλτρο σταγόνων.

Το κόστος θα μπορούσε να μειωθεί μέσω της βελτίωσης της απόδοσης (και της παραγωγής μεγάλης κλίμακας). Το κλειδί για να αποφευχθεί η παραγωγή σταγόνων υγρού ξηραντικού είναι να επιτευχθεί αποτελεσματική αποβολή θερμότητας από την κλίνη απορρόφησης, έτσι ώστε ο ρυθμός ροής του υγρού ξηραντικού να μειωθεί σημαντικά.

2.3.2.3 Σύγκριση στερεών και υγρών ξηραντικών μέσων

Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα στερεά και υγρά ξηραντικά μέσα από πλευράς απόδοσης, είναι η εξής: στο σύστημα με στερεό ξηραντικό, μεγάλο μέρος της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την προσρόφηση του υδρατμού χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την αναγέννηση του υλικού, μέσω ενός εναλλάκτη αισθητής θερμότητας. Αντιθέτως σε ένα σύστημα υγρού ξηραντικού, η θερμότητα απορρόφησης χάνεται στο νερό ψύξης και στον πύργο ψύξης. Γενικά τα συστήματα υγρού ξηραντικού μέσου τείνουν να έχουν χαμηλότερο COP από τα συστήματα στερεού ξηραντικού μέσου.

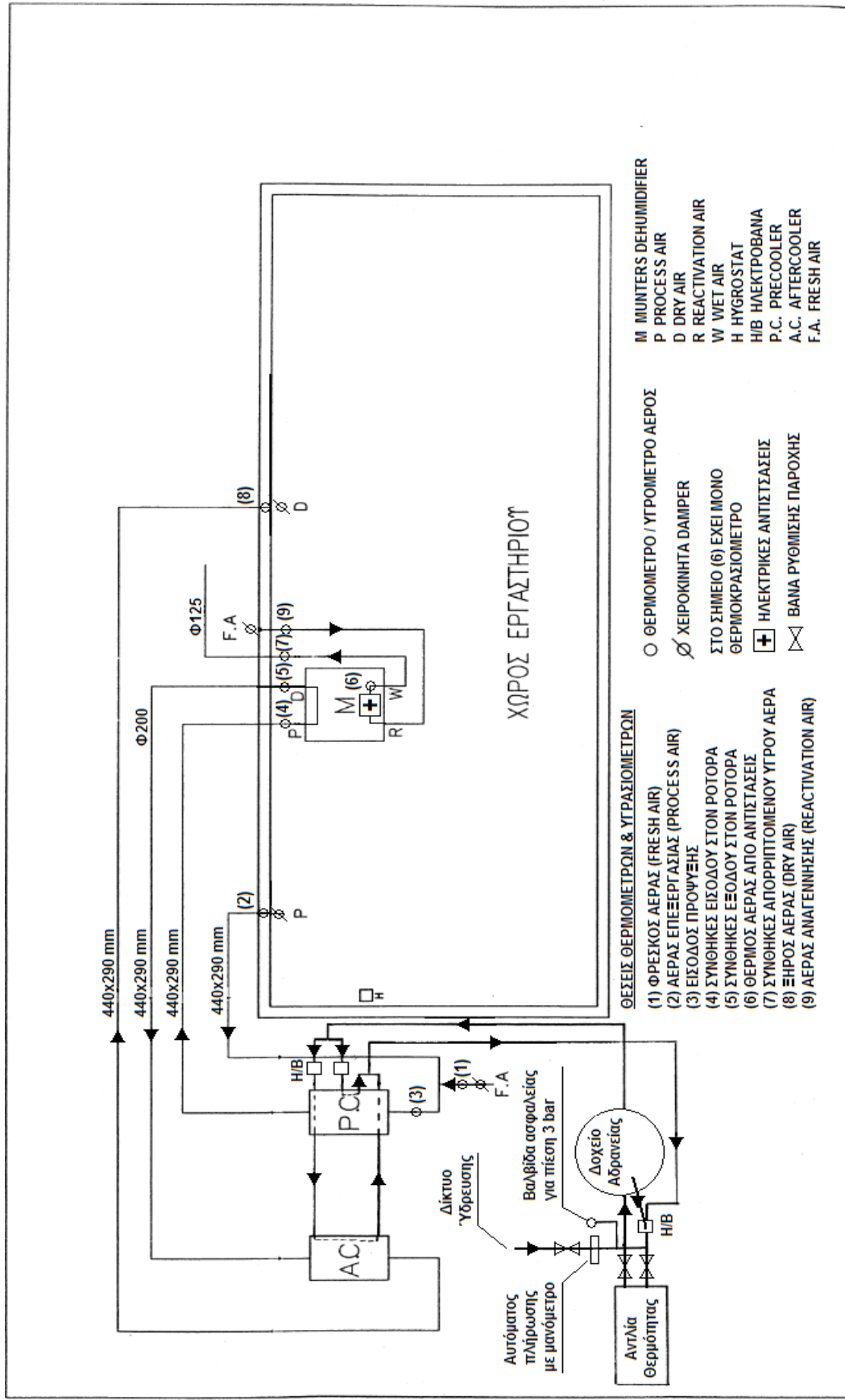
Το σημαντικότερο ίσως πλεονέκτημα των στερεών ξηραντικών είναι το χαμηλότερο κόστος τους σε σχέση με τα υγρά ξηραντικά, το οποίο κυμαίνεται στα 360÷750\$/kW παραγόμενης ψύξης.

Από την άλλη πλευρά, τα υγρά ξηραντικά παρουσιάζουν και αυτά με τη σειρά τους κάποια σοβαρά πλεονεκτήματα. Χαμηλότερες πιέσεις ατμών μπορούν να επιτευχθούν για μία συγκεκριμένη θερμοκρασία αναγέννησης, καθώς μέρος της θερμότητας που προσλαμβάνει το υλικό αφαιρείται κατά την διαδικασία της απορρόφησης. Ακόμα οι πτώσεις πιέσεων στο διακινούμενο ρεύμα αέρα που παρατηρούνται κατάντι ενός υγρού ξηραντικού είναι μικρότερες από εκείνες που παρατηρούνται σε ένα στερεό, με αποτέλεσμα την μικρότερη απαίτηση σε ενέργεια από τους ανεμιστήρες της εγκατάστασης.

Εν γένει, τα στερεά ξηραντικά είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές χάρη στην μεγαλύτερη ξηραντική τους ικανότητα. Βέβαια, όλη η έρευνα κατευθύνεται προς την ανάπτυξη των υγρών ξηραντικών, καθώς είναι η μόνη τεχνολογία με την δυνατότητα να φέρει τον αέρα απ' ευθείας στις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, χωρίς να χρειαστεί πρώτα θέρμανση ή ψύξη του, όπως συμβαίνει με τα στερεά ξηραντικά αλλά και άλλες τεχνολογίες. [7] Σε ότι αφορά στο κόστος των υγρών ξηραντικών υλικών, με την εξέλιξη της τεχνολογίας προβλέπεται να υπάρχει δυνατότητα να γίνουν 50% μικρότερα και 40% πιο οικονομικά από τα αντίστοιχα στερεά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Η εγκατάσταση ανοικτού κύκλου με την τεχνολογία «αφύγρανσης» χρησιμοποιείται για να παράγει απ' ευθείας κλιματιζόμενο αέρα. Τα βασικά εξαρτήματα που απαρτίζουν μία τέτοιου είδους εγκατάσταση είναι τα ειδικά φίλτρα, οι ηλεκτροκίνητοι ανεμιστήρες, ο τροχός αφύγρανσης, οι ηλεκτρικές αντιστάσεις και η αντλία θερμότητας. Η απαραίτητη αναγέννηση του αφυγραντικού τροχού πραγματοποιείται με ρεύμα αέρα υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής σχετικής υγρασίας, πράγμα που επιτυγχάνεται με τις ηλεκτρικές αντιστάσεις. Ο όρος «ανοικτού κύκλου» αφορά στο γεγονός ότι το μέσο που υφίσταται τη μεταβολή, δηλαδή ο αέρας, εισέρχεται στον χώρο, αφού περάσει από τον αφυγραντικό τροχό. Τα παραπάνω εξαρτήματα που αποτελούν και τις κύριες λειτουργικές συνιστώσες της μονάδας παρουσιάζονται παρακάτω με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.



Σχήμα 3.1: Σχέδιο της εγκατάστασης

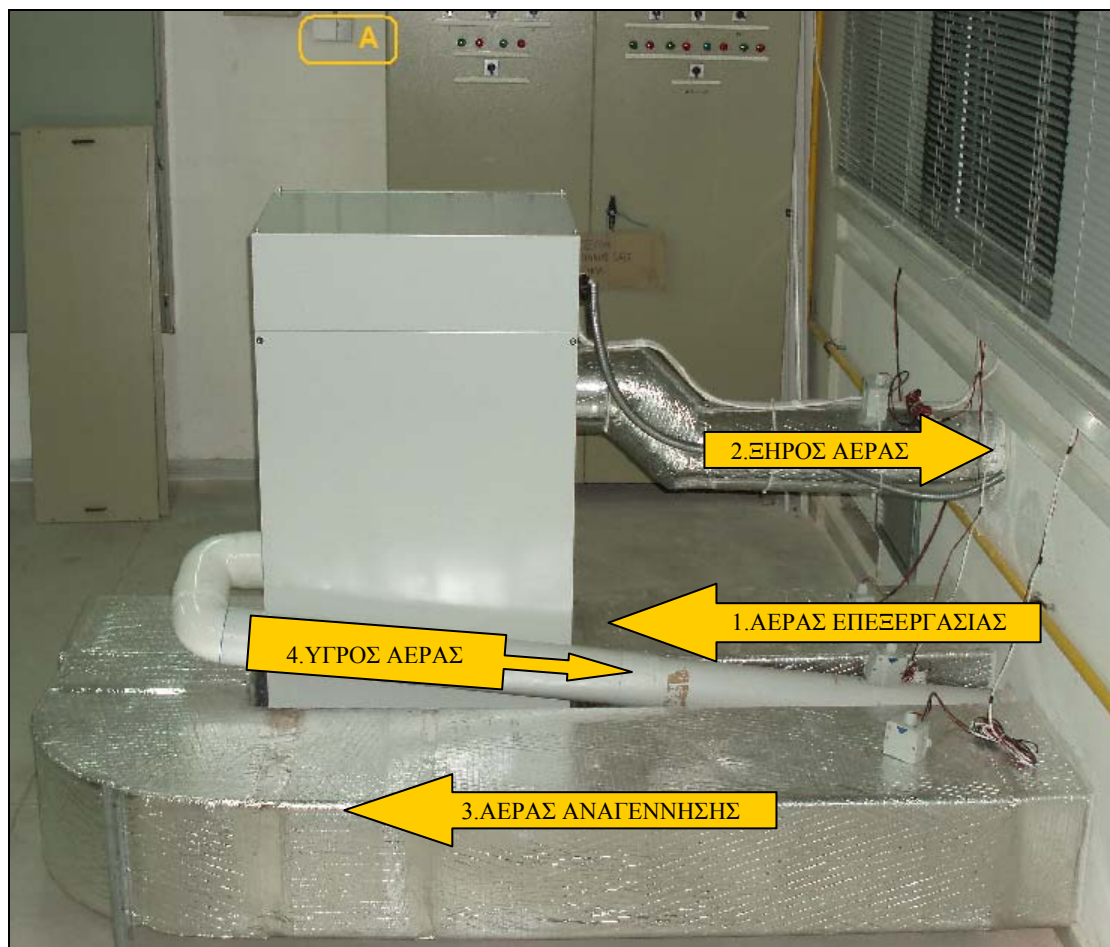
3.1 Περιγραφή κυκλώματος αέρα και εξαρτημάτων

A) Υγροστάτης χώρου

Ο Υγροστάτης χώρου είναι της εταιρίας “REGIN” και χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της υγρασίας του χώρου.

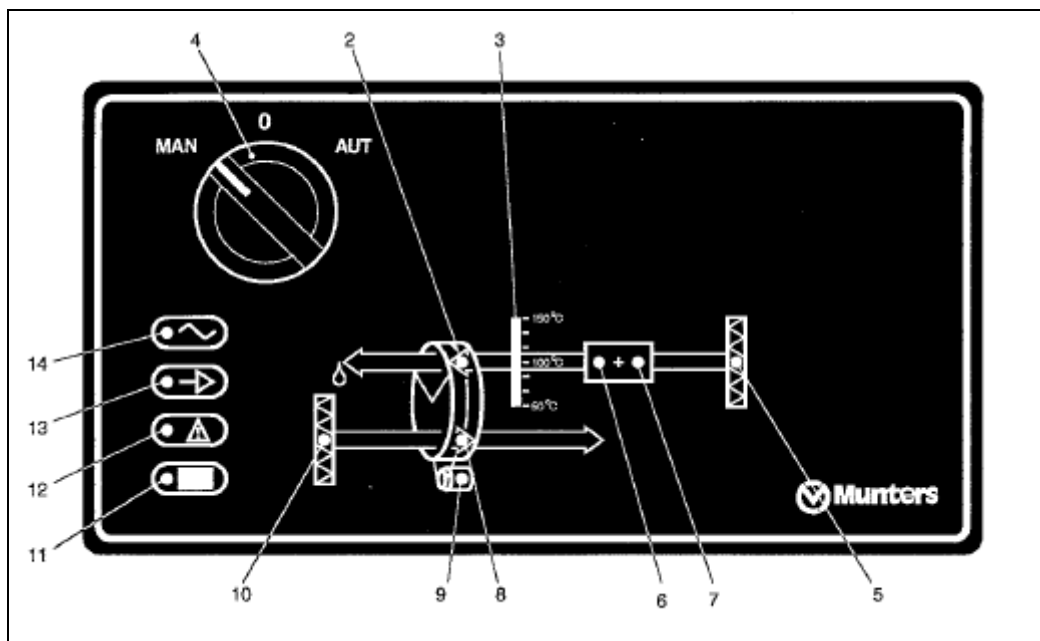


Σχήμα 3.2: Υγροστάτης χώρου

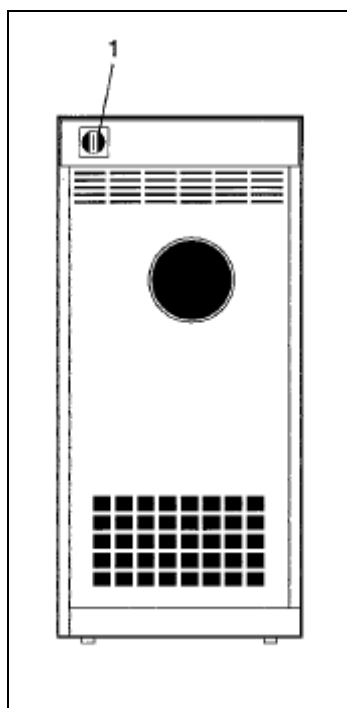


Σχήμα 3.3: Κύκλωμα αέρα, (A) Υγροστάτης χώρου

Β) Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα



Σχήμα 3.4: Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα [10]



Σχήμα 3.5: Κεντρικός διακόπτης ισχύος του αφυγραντήρα [10]

- 1.Κεντρικός διακόπτης ισχύος
- Όταν ο διακόπτης είναι επιλεγμένος στο "0", το κύκλωμα δεν έχει παροχή ισχύος και η μονάδα δεν μπορεί να ξεκινήσει.

- Όταν ο διακόπτης είναι επιλεγμένος στο “1”, το κύκλωμα έχει παροχή ισχύος και ο αφυγραντήρας μπορεί να ξεκινήσει με τον διακόπτη λειτουργίας (4).
- 2. Ένδειξη ανεμιστήρα του αέρα αναγέννησης
 - Η ένδειξη του αέρα αναγέννησης είναι αναμμένη όταν ο ανεμιστήρας λειτουργεί.
 - Η ένδειξη αναβοσβήνει όταν ο ανεμιστήρας έχει πρόβλημα.
- 3. Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα αναγέννησης
 - Δείχνει την θερμοκρασία του αέρα αναγέννησης μετά τις αντιστάσεις.
- 4. Διακόπτης λειτουργίας
 - Με τον διακόπτη λειτουργίας στη θέση “MAN”, ο αφυγραντήρας λειτουργεί στο πλήρες φορτίο του, δηλ. όταν όλες οι αντιστάσεις είναι συνεχώς αναμμένες και ο υγροστάτης χώρου είναι εκτός λειτουργίας.
 - Με τον διακόπτη λειτουργίας στη θέση “0”, ο αφυγραντήρας είναι απενεργοποιημένος.
 - Με τον διακόπτη λειτουργίας στη θέση “AUTO”, ο αφυγραντήρας λειτουργεί στην αυτόματη λειτουργία. Ο αφυγραντήρας είναι συνδεδεμένος με έναν υγροστάτη χώρου, με τον οποίο ρυθμίζεται το επιθυμητό επίπεδο υγρασίας στον χώρο. Έτσι, ο αφυγραντήρας ξεκινάει και σταματάει, δηλαδή ανάβουν και σβήνουν οι αντιστάσεις του, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή υγρασία .
- 5. Ένδειξη φίλτρου αέρα αναγέννησης
 - Όταν η ένδειξη φίλτρου αέρα αναγέννησης ανάψει, τότε το φίλτρο έχει μπλοκάρει.
 - Το μπλοκάρισμα του φίλτρου δεν διακόπτει την λειτουργία της μονάδας ή την ενεργοποίηση της ένδειξης προειδοποίησης σφάλματος.
- 6. Ένδειξη πρώτης αντίστασης αναγέννησης
 - Η ένδειξη είναι αναμμένη, όταν η αντίσταση είναι ενεργοποιημένη.
 - Η ένδειξη αναβοσβήνει, όταν η αντίσταση έχει πρόβλημα.
- 7. Ένδειξη δεύτερης αντίστασης αναγέννησης
 - Η ένδειξη είναι αναμμένη, όταν η αντίσταση είναι ενεργοποιημένη.
 - Η ένδειξη αναβοσβήνει, όταν η αντίσταση έχει πρόβλημα.
- 8. Ένδειξη ανεμιστήρα του αέρα προς επεξεργασία
 - Η ένδειξη του προς επεξεργασία αέρα είναι αναμμένη, όταν ο ανεμιστήρας λειτουργεί.
 - Η ένδειξη αναβοσβήνει, όταν ο ανεμιστήρας έχει πρόβλημα.
- 9. Ένδειξη του ηλεκτροκινητήρα του ρότορα
 - Η ένδειξη του ηλεκτροκινητήρα του ρότορα είναι αναμμένη, όταν ο ηλεκτροκινητήρας είναι σε λειτουργία.
 - Η ένδειξη αναβοσβήνει, είτε όταν ο ηλεκτροκινητήρας έχει πρόβλημα είτε όταν ο ρότορας σταματήσει.
- 10. Ένδειξη φίλτρου αέρα προς επεξεργασία (προαιρετικό στοιχείο)
 - Όταν η ένδειξη φίλτρου αέρα προς επεξεργασία ανάψει, τότε το φίλτρο έχει μπλοκάρει.
 - Το μπλοκάρισμα του φίλτρου δεν διακόπτει την λειτουργία της μονάδας ή την ενεργοποίηση της ένδειξης προειδοποίησης σφάλματος.
- 11. Δείκτης σφάλματος βοηθητικής εισόδου
 - Είναι επιλογή που καθορίζεται από τον χρήστη. Η ένδειξη είναι αναμμένη στην κανονική λειτουργία, ενώ αναβοσβήνει όταν υπάρχει σφάλμα. Σε περίπτωση σφάλματος, διακόπτεται αυτόματα η λειτουργία της μονάδας και

ενεργοποιείται αυτόματα η ένδειξη προειδοποίησης σφάλματος (βλέπε 12) της μονάδας ή και ανεξάρτητες, συνδεδεμένες με τη μονάδα, ενδείξεις σφάλματος.

- Για μονάδες που διαθέτουν και αερόψυκτο συμπυκνωτή, η ένδειξη είναι αναμμένη όταν ο συμπυκνωτής λειτουργεί κανονικά, ενώ αναβοσβήνει όταν ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή ή οι αντιστάσεις δεν λειτουργούν κανονικά.

• 12. Ένδειξη προειδοποίησης σφάλματος

- Όταν η ένδειξη προειδοποίησης σφάλματος αναβοσβήνει, αυτό δείχνει ότι η μονάδα έχει κλείσει, διότι διαπιστώθηκε ένα από τα ακόλουθα σφάλματα.

- Σφάλμα ανεμιστήρα του αέρα προς επεξεργασία
- Σφάλμα ανεμιστήρα του αέρα αναγέννησης
- Σφάλμα του μοτέρ κίνησης
- Σφάλμα πρώτης αντίστασης αναγέννησης
- Σφάλμα δεύτερης αντίστασης αναγέννησης
- Σταμάτημα του ρότορα
- Σφάλμα βοηθητικής εισόδου

• 13. Ένδειξη μονάδας λειτουργίας

- Όταν η ένδειξη είναι αναμμένη, η μονάδα λειτουργεί ή δείχνει τότε είναι έτοιμη να ξεκινήσει, όταν είναι στην αυτόματη λειτουργία.

• 14. Ένδειξη σύνδεσης ισχύος

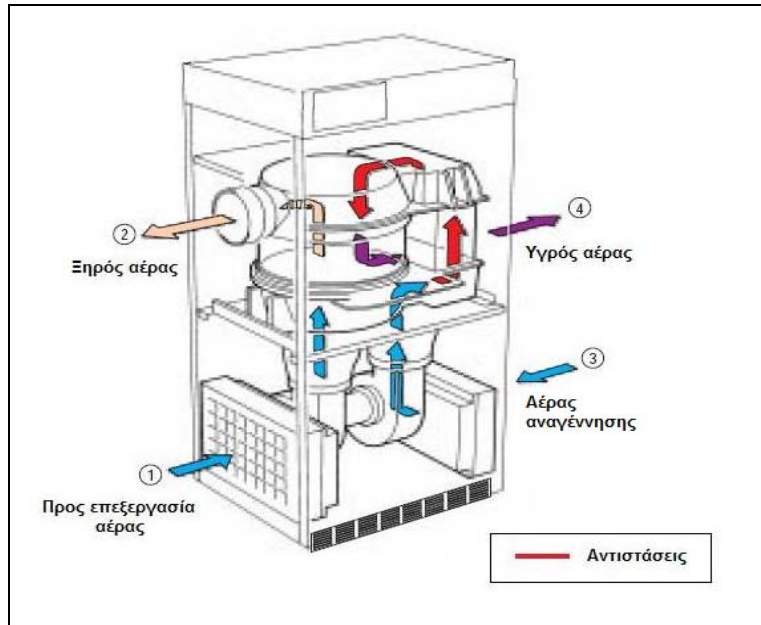
- Όταν η ένδειξη είναι αναμμένη, η ισχύς του δικτύου έχει συνδεθεί με τον αφυγραντήρα και ο διακόπτης ρεύματος είναι στη θέση “1”.

Γ) Αφυγραντήρας και τεχνικές προδιαγραφές

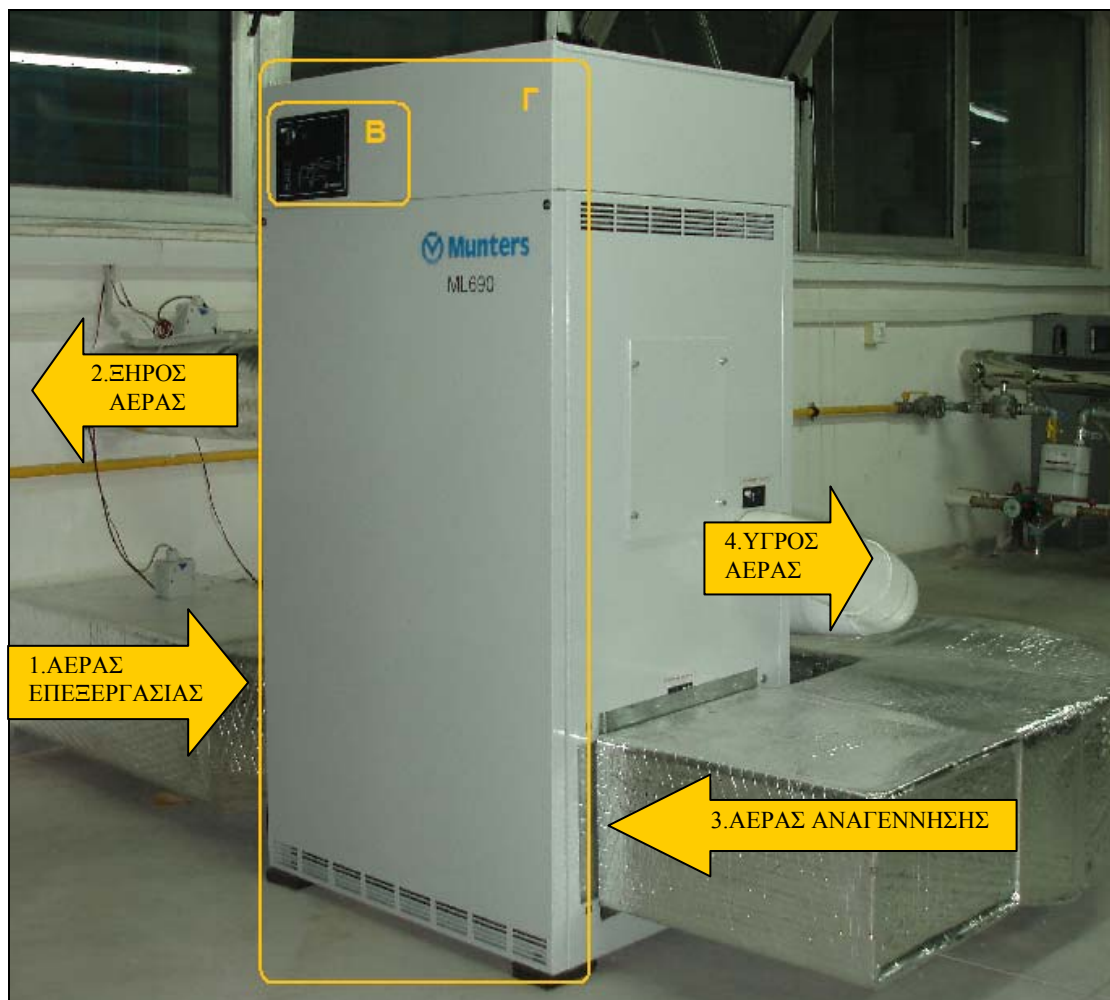
Ο αφυγραντήρας της εταιρίας “Munters” και μοντέλου “ML690” αφυγραίνει τον χώρο και κρατάει την υγρασία σε χαμηλά επίπεδα. Η αφύγρανση επιτυγχάνεται με τον ρότορα (τροχός ξήρανσης), που είναι και η καρδιά του συστήματός μας. [10]

Πίνακας 3.1: Τεχνικές προδιαγραφές του αφυγραντήρα ML690 [10]

Προς επεξεργασία αέρας¹ Ονομαστική ροή αέρα (m ³ /s) Ονομαστική ροή αέρα (m ³ /h) Ελάχιστη διαθέσιμη στατική πίεση (Pa) ² Ισχύς κινητήρα ανεμιστήρα (Kw) για 50Hz Ισχύς κινητήρα ανεμιστήρα (Kw) για 60Hz	0,192 690 300 0,55 0,56
Αέρας αναγέννησης¹ Ονομαστική ροή αέρα (m ³ /s) Ονομαστική ροή αέρα (m ³ /h) Ελάχιστη διαθέσιμη στατική πίεση (Pa) ² Ισχύς κινητήρα ανεμιστήρα (Kw) για 50Hz Ισχύς κινητήρα ανεμιστήρα (Kw) για 60Hz	0,071 254 300 0,37 0,44
Ονομαστική ένταση ρεύματος Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 220V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 220V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 230V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 230V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 380V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 380V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 400V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 415V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 440V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 460V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 60Hz 480V Ένταση ρεύματος (Amps/Phase) 3~ 50Hz 500V	22,0 22,5 21,6 21,7 12,7 13,0 12,4 12,2 11,3 11,0 10,8 10,0
Θερμότητα αναγέννησης Αύξηση της θερμοκρασίας κατά μήκος του θερμαντή (°C) Ισχύς θερμαντή αναγέννησης (Kw)	95 6,9
Διάφορα στοιχεία Ισχύς μοτέρ κίνησης (W) Φίλτρα αέρα (standard) Προστασία σε νερό και σκόνη (κύρια περίπτωση) Προστασία σε νερό και σκόνη (ηλεκτρικές διατάξεις ελέγχου) Επίπεδο θορύβου ηλεκτροκινητήρα ανεμιστήρων Επίπεδο θορύβου ηλεκτροκινητήρα του ρότορα Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (°C) Τάση τροφοδοσίας του ελεγκτή του καυστήρα 1- 50 Hz (VAC)	10 EU3 IP44 IP54 Class F Class F 160 ± 5 -
¹ Τιμές που παρατίθενται, με βάση την θερμοκρασία εισόδου του ανεμιστήρα 20 °C και πυκνότητας 1,2 kg/m ³ . ² χωρίς τα προαιρετικά φίλτρα F5 ή F7	



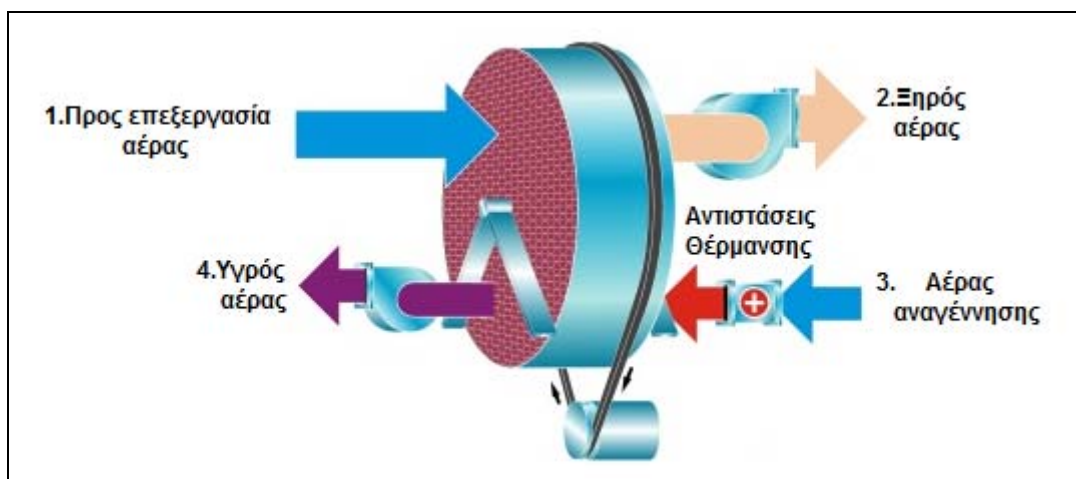
Σχήμα 3.6: Ροή αέρα στο εσωτερικό της εγκατάστασης αφύγρανσης [11]



Σχήμα 3.7: Κύκλωμα αέρα, (B) Πίνακας ελέγχου του αφυγραντήρα (Munters ML690), (Γ) Αφυγραντήρας (Munters ML690)

Γ.1) Ρότορας

Ο ρότορας του αφυγραντήρα προσρόφησης περιέχει μικρούς αεραγωγούς με μεγάλη επιφάνεια επαφής. Ο ρότορας είναι επεξεργασμένος με ένα συστατικό το silica gel (ξηρόπηγμα πορώδους πυριτίας), το οποίο προσροφά υγρασία εύκολα. Όταν ο αφυγραντήρας λειτουργεί, δυο ρεύματα αέρα διέρχονται από δύο τμήματα την ίδια χρονική στιγμή. Το ένα ρεύμα αέρα αφυγραίνεται, ενώ το άλλο, που είναι θερμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξηράνει το ρότορα, προκειμένου να απορροφηθεί η υγρασία. Η υγρασία απομακρύνεται με το θερμό και πολύ υγρό ρεύμα αέρα.



Σχήμα 3.8: Ρότορας αφυγραντήρα [12]


Ο ρότορας κατασκευάζεται από 80% ενεργό silica gel με σκοπό την επίτευξη της υψηλότερης δυνατής δυναμικότητας αφύγρανσης. Ο ρότορας λειτουργεί αποδοτικά, είναι ανθεκτικός σε όξινα περιβάλλοντα και απρόσβλητος από εξαιρετικά υψηλά επίπεδα υγρασίας. [12] Η διάμετρος του ρότορα για το μοντέλο ML690 είναι 454 mm και το πάχος του 300 mm. Ο ρότορας έχει διάρκεια ζωής περίπου 15 χρόνια, εκτός και αν χρησιμοποιείται σε ειδικές εφαρμογές. Για παράδειγμα σε ένα εργοστάσιο ζάχαρης, επειδή ο ρότορας λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, η ζάχαρη καραμελώνει και φράζει τους πόρους του, με αποτέλεσμα να χρειάζεται άνοιγμα και ειδικό καθαρισμό.




Σχήμα 3.9: Τομή του ρότορα [12]

Γ.2) Μοτέρ κίνησης και Ιμαντοκίνηση

Το μοτέρ κίνησης της εταιρίας “mini motor” περιστρέφει το ρότορα μέσω οδοντωτού ιμάντα. Στο παρακάτω σχήμα αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του μοτέρ κίνησης του μοντέλου “ACE 66T”.





ACE

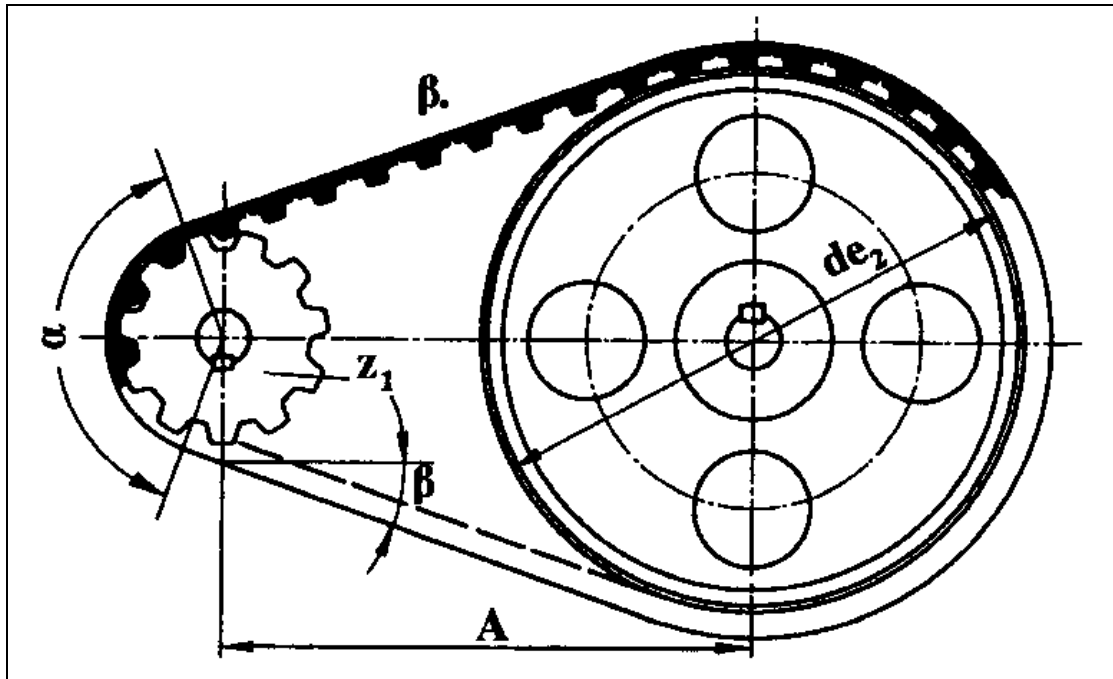
Tipo Type Typ Type Tipo	Rapporto Ratio Übersetzungs- verhältnis Rapport Relación	Potenza resa Delivered power Abgegebene Leistung Puissance développée Potencia entregada	Giri entrata a vuoto Input r.p.m. no-load Eingangsdrehzahl unbelastet Tours en entrée à vide Revoluciones entrada sin carga	Giri uscita a vuoto Output r.p.m. no-load Ausgangsdrehzahl unbelastet Tours à la sortie à vide Revoluciones salida sin carga
	i	W	rpm	rpm
ACE 66T	1227,5	10	1400	1,1

Tipo Type Typ Type Tipo	Coppia nominale Rated torque Nenn Drehmoment Couple nominal Par nominal	Tensione Voltage Spannung Voltage Tensión	Corrente Current Strom Courant Intensidad	Condensatore Capacitor Kondensator Condensateur Condensador
	Nm	Vac - 50 Hz	A	μF
ACE 66T	*23,5	230Δ 400Υ	0,19Δ 0,11Υ	-

(EN) (*) - Under no circumstances should the torque values marked with an asterisk be exceeded, as for the higher gear ratios the motor power is considerably higher than the capacity of the gear unit.

Σχήμα 3.10: Χαρακτηριστικά μοτέρ κίνησης (mini motor ACE 66T) [14]

Οι μεταδόσεις κίνησης με ιμάντες εξυπηρετούν τη μεταφορά ισχύος από έναν άξονα σε άλλο. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο όταν υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις αξόνων. Ο ιμάντας περιβάλλει τις τροχαλίες που βρίσκονται πάνω στον κινητήριο και στον κινούμενο άξονα. Η ικανότητα μεταφοράς ισχύος εξαρτάται ουσιαστικά από τη συμπεριφορά της τριβής ανάμεσα στον ιμάντα και την επιφάνεια της τροχαλίας.



Σχήμα 3.11: Κίνηση με οδοντωτό ιμάντα με μεγάλη επίπεδη τροχαλία [27]

Η σχέση μετάδοσης, ανάλογα προς τους οδοντωτούς τροχούς και τα άλλα είδη ιμάντων, είναι

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (3.1)$$

Σύνηθες είναι $i \leq 10$.

Η περιφερειακή ταχύτητα του ιμάντα είναι

$$v = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60} = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \quad (3.2)$$

d_1, d_2 αρχικές διαμέτροι των οδοντωτών τροχαλιών (μικρής, μεγάλης)

n_1, n_2 στροφές των οδοντωτών τροχαλιών (μικρής, μεγάλης)

z_1, z_2 αριθμός οδόντων των οδοντωτών τροχαλιών (μικρής, μεγάλης)

Το βήμα t_0 είναι η απόσταση από οδόντα σε οδόντα, m το modul, όπως στους οδοντωτούς τροχούς. [27]

$$t_0 = m \cdot \pi \quad (3.3)$$

Με τα δεδομένα αυτά λαμβάνουμε την αρχική διάμετρο σε mm.

$$d = m \cdot z \quad (3.4)$$

Η μεγάλη διάμετρος της επίπεδης τροχαλίας είναι η διάμετρος του ρότορα $d_2=454\text{mm}$ και η μικρή διάμετρος της οδοντωτής τροχαλίας είναι η διάμετρος του μοτέρ κίνησης $d_1=98\text{mm}$. Άρα,

$$(3.3), (3.4) \Rightarrow z = \frac{d \cdot \pi}{t} \quad (3.5)$$

Υπολογισμός στροφών του ρότορα

α' τρόπος με σχέσεις

$$(3.1), (3.5) \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\frac{d_2 \cdot \pi}{t_0}}{\frac{d_1 \cdot \pi}{t_0}} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (3.6)$$

$$(3.6) \Rightarrow n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2} = \frac{98 \cdot 1.1}{454} \Rightarrow n_2 = 0.24 \text{rpm}$$

β' τρόπος πειραματικά

Χρονομετρήθηκε η διάρκεια μιας περιστροφής του ρότορα και βρέθηκε ίση με $T=276\text{sec}$ (Περίοδος).

$$\left. \begin{array}{l} \omega = 2 \cdot \pi \cdot f_2 \\ \omega = \frac{\pi \cdot n_2}{30} \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = 60 \cdot f_2 \xrightarrow{f_2 = \frac{1}{T_2}} n_2 = 60 \cdot \frac{1}{T_2} \xrightarrow{T_2 = 276 \text{sec}} n_2 = 0.22 \text{rpm}$$

Άρα οι στροφές του ρότορα είναι $n_2=0.23 \text{rpm}$.

Η περιφερειακή ταχύτητα του ιμάντα είναι

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60} \\ v_2 = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} v_1 = \frac{0.098 \cdot \pi \cdot 1.1}{60} \\ v_2 = \frac{0.454 \cdot \pi \cdot 0.24}{60} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} v_1 = 0.0056 \text{m/s} \\ v_2 = 0.0057 \text{m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow v = 0.00565 \text{m/s}$$

Γ.3) Αντιστάσεις θέρμανσης

Η εγκατάσταση έχει δύο αντιστάσεις θέρμανσης οι οποίες θερμαίνουν τον αέρα αναγέννησης, με σκοπό να απομακρυνθεί η υγρασία από τον ρότορα και να αποβληθεί στο περιβάλλον. Οι δύο αντιστάσεις καταναλώνουν συνολική ισχύ 6.9 KW.

Γ.4) Πρόφιλτρο του αέρα επεξεργασίας

Βασικός σκοπός του είναι να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ρότορα. Οι διαστάσεις του φίλτρου είναι ΜxΠxΥ=515x310x45 εκφρασμένες σε mm. Η ροή του αέρα γίνεται από την κίτρινη πλευρά του φίλτρου προς την άσπρη. Το φίλτρο ταξινομείται στην κλάση EU3 ή G3 (τυποποίηση φίλτρων κατά 'EUROVENT 4/5' και 'EN 779' αντίστοιχα) και επιτυγχάνεται συγκράτηση σωματιδίων με διάμετρο άνω των 5 μm. Επίσης, κατασκευάζεται από χάρτινο πλαίσιο με προοδευτική πύκνωση του φίλτρου, για μεγαλύτερη κατακράτηση (συγκράτηση σωματιδίων 85%). [14],[15]



Σχήμα 3.12: Όψεις πρόφιλτρου αφυγραντήρα του αέρα επεξεργασίας (Γ.4) και του αέρα αναγέννησης (Γ.7)

Γ.5) Κινητήρας φυσητήρα του αέρα επεξεργασίας

Ο κινητήρας του φυσητήρα του αέρα επεξεργασίας είναι της εταιρίας "ABB motors" και κινεί τον αέρα στο πρωτεύον κύκλωμα.

Γ.6) Κινητήρας φυσητήρα του αέρα αναγέννησης

Ο κινητήρας του φυσητήρα του αέρα αναγέννησης είναι της εταιρίας "ABB motors" και κινεί τον αέρα στο δευτερεύον κύκλωμα.

Γ.7) Προφίλτρο του αέρα αναγέννησης

Βασικός σκοπός του είναι να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ρότορα. Οι διαστάσεις του φίλτρου είναι ΜxΠxΥ=515x310x45 εκφρασμένες σε mm. Η ροή του αέρα γίνεται από την κίτρινη πλευρά του φίλτρου προς την άσπρη. Το φίλτρο ταξινομείται στην κλάση EU3 ή G3 (τυποποίηση φίλτρων κατά 'EUROVENT 4/5' και 'EN 779' αντίστοιχα) και επιτυγχάνεται συγκράτηση σωματιδίων με διάμετρο άνω των 5 μm. Επίσης κατασκευάζεται από χάρτινο πλαίσιο με προοδευτική πύκνωση του φίλτρου, για μεγαλύτερη κατακράτηση (συγκράτηση σωματιδίων 85%). [14],[15]



Σχήμα 3.13: Εσωτερική διάταξη αφυγραντήρα, (Γ.1) Ρότορας, (Γ.2) Μοτέρ κίνησης (mini motor ACE 66T), (Γ.3) Δύο αντιστάσεις θέρμανσης, (Γ.4) Φίλτρο του αέρα προς επεξεργασία, (Γ.5) Κινητήρας φυσητήρα του αέρα προς επεξεργασία (ABB motors), (Γ.6) Κινητήρας φυσητήρα του αέρα αναγέννησης (ABB motors), (Γ.7) Φίλτρο του αέρα αναγέννησης

Δ) Στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα

Οι διαστάσεις του στομίου είναι $M \times \Pi = 450 \times 300$ εκφρασμένες σε mm. Στα πλάγια του αεραγωγού του στομίου, υπάρχει μια οπή για να μετριέται η ταχύτητα του αέρα μ' ένα ταχύμετρο, και κατά συνέπεια η παροχή του, αφού διατομή του είναι σταθερή. Άρα, ανάλογα με την επιθυμητή παροχή, ρυθμίζονται και οι περσίδες (dumper) χειροκίνητα.

$$\dot{Q} = U \cdot A \quad (3.7)$$

όπου Q είναι η παροχή του αέρα (m^3/s), U είναι η ταχύτητα του αέρα (m/s) και A η διατομή (m^2).

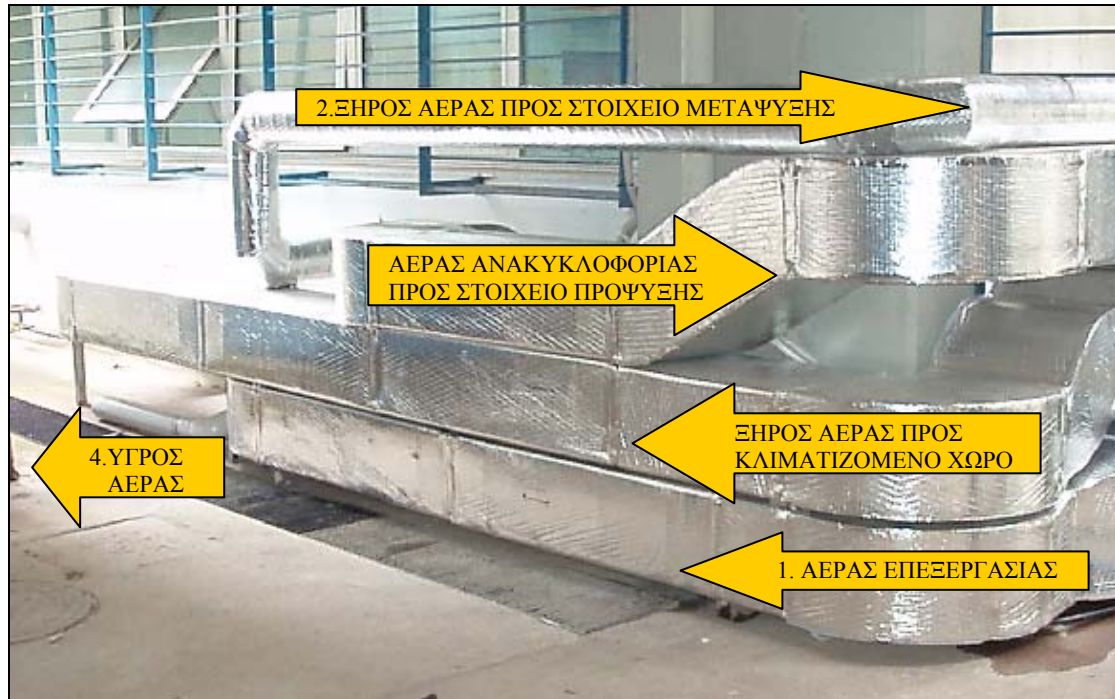


Σχήμα 3.14: Στην αριστερή εικόνα είναι η οπή του στομίου που μετράμε την ταχύτητα και στην δεξιά εικόνα είναι το ταχύμετρο

Ε) Στόμιο πρόσδοσης του ξηρού αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο



Σχήμα 3.15: Κύκλωμα αέρα, (Δ) Στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα, (Ε) Στόμιο πρόσδοσης του ξηρού αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο



Σχήμα 3.16: Κύκλωμα αέρα στο εξωτερικό μέρος της εγκατάστασης

Ζ) Στόμιο αναρρόφησης αέρα περιβάλλοντος

Οι διαστάσεις του στομίου είναι $Mx\P=350x240$ εκφρασμένες σε mm. Αναρροφά αέρα από το περιβάλλον και τον αναμιγνύει με τον αέρα ανακυκλοφορίας. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ανανέωση του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο. Το μόνο αρνητικό είναι ότι, όσο μεγαλύτερο ποσοστό αέρα αναρροφά από το περιβάλλον, τόσο μεγαλύτερη ενέργεια καταναλώνεται για να σχηματιστεί ο χώρος. Επομένως, θα πρέπει οι περσίδες (damper) να είναι κατάλληλα ρυθμισμένες, ώστε να έχουμε την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και επαρκή ανανέωση αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο. Επίσης η παροχή του αέρα ρυθμίζεται με την ίδια διαδικασία, όπως και στην περίπτωση του στομίου ανακυκλοφορίας του αέρα (Δ).

Η) Στοιχείο μετάψυξης

Το στοιχείο μετάψυξης είναι εναλλάκτης, του οποίου το ένα ρεύμα είναι νερό και το άλλο αέρας. Σ' αυτό το κομμάτι της διάταξης, γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το ένα κύκλωμα στο άλλο (από το νερό στον αέρα). Είναι το τελευταίο στοιχείο επεξεργασίας του αέρα πριν εισαχθεί στον κλιματιζόμενο χώρο.

Θ) Στοιχείο πρόψυξης

Το στοιχείο πρόψυξης είναι εναλλάκτης, του οποίου το ένα ρεύμα είναι νερό και το άλλο αέρας. Σ' αυτό το κομμάτι της διάταξης, γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το ένα κύκλωμα στο άλλο (από το νερό στον αέρα). Είναι το στοιχείο επεξεργασίας του αέρα πριν εισαχθεί στον αφυγραντήρα.

Ι) *Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα περιβάλλοντος και ανακυκλοφορίας*
Ανοίγοντας τα τρία χερούλια θα δούμε δύο φίλτρα, που ο βασικός τους σκοπός είναι να παρατείνουν την διάρκεια ζωής του ρότορα και της εγκατάστασης και να κλιματίσουν τον χώρο με καθαρό αέρα.

Ι.1) *Πρόφιλτρο Z*

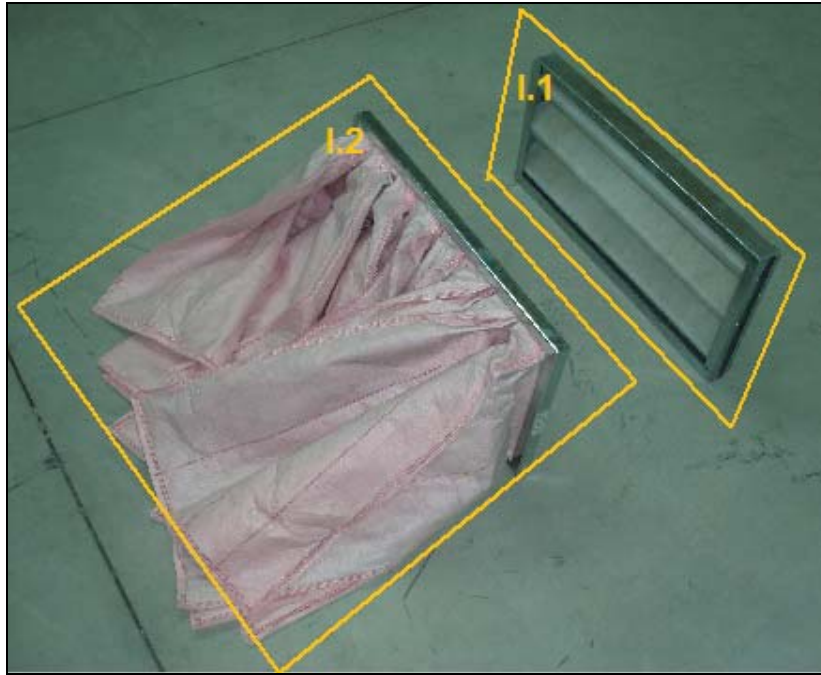
Οι διαστάσεις του φίλτρου είναι ΜxΠxΥ=592x287x48 εκφρασμένες σε mm. Το φίλτρο ταξινομείται στην κλάση EU3 ή G3 (τυποποίηση φίλτρων κατά 'EUROVENT 4/5' και 'EN 779' αντίστοιχα) και επιτυγχάνεται συγκράτηση σωματιδίων με διάμετρο άνω των 5 μm και μέση απορροφητικότητα 89%. Είναι κατασκευασμένο από γαλβανιζέ λαμαρίνα πάχους 0.5mm, διαθέτει πλέγμα συγκράτησης του φιλτρούλικού από τις δύο πλευρές και έχει κυματοειδή μορφή για μεγαλύτερη ενεργή επιφάνεια. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η εύκολη αντικατάσταση του φιλτρούλικού, ενώ προκύπτει και σημαντικό οικονομικό όφελος από την μη αντικατάσταση του πλαισίου. [14],[15]

Ι.2) *Σακόφιλτρο*

Οι διαστάσεις του φίλτρου είναι ΜxΠxΥ=592x287x600 εκφρασμένες σε mm και διαθέτει 8 σακούλες. Το φίλτρο ταξινομείται στην κλάση EU7 ή F7 (τυποποίηση φίλτρων κατά 'EUROVENT 4/5' και 'EN 779' αντίστοιχα) και επιτυγχάνεται μέση συγκράτηση σωματιδίων 99% και μέση αποδοτικότητα 87% για 0.4μm διάμετρο σωματιδίων. Σ' ένα σκελετό υποστήριξης, εφαρμόζονται οι θύλακες από υλικό φιλτραρίσματος και σταθεροποιούνται με μηχανικά μέσα και σταθεροποιητικά. Οι θύλακες κατασκευάζονται από συνθετικές ίνες και τοποθετούνται κατακόρυφα, για να ξεδιπλώνονται αυτόματα, όταν αρχίσει η ροή του αέρα. [14],[15]



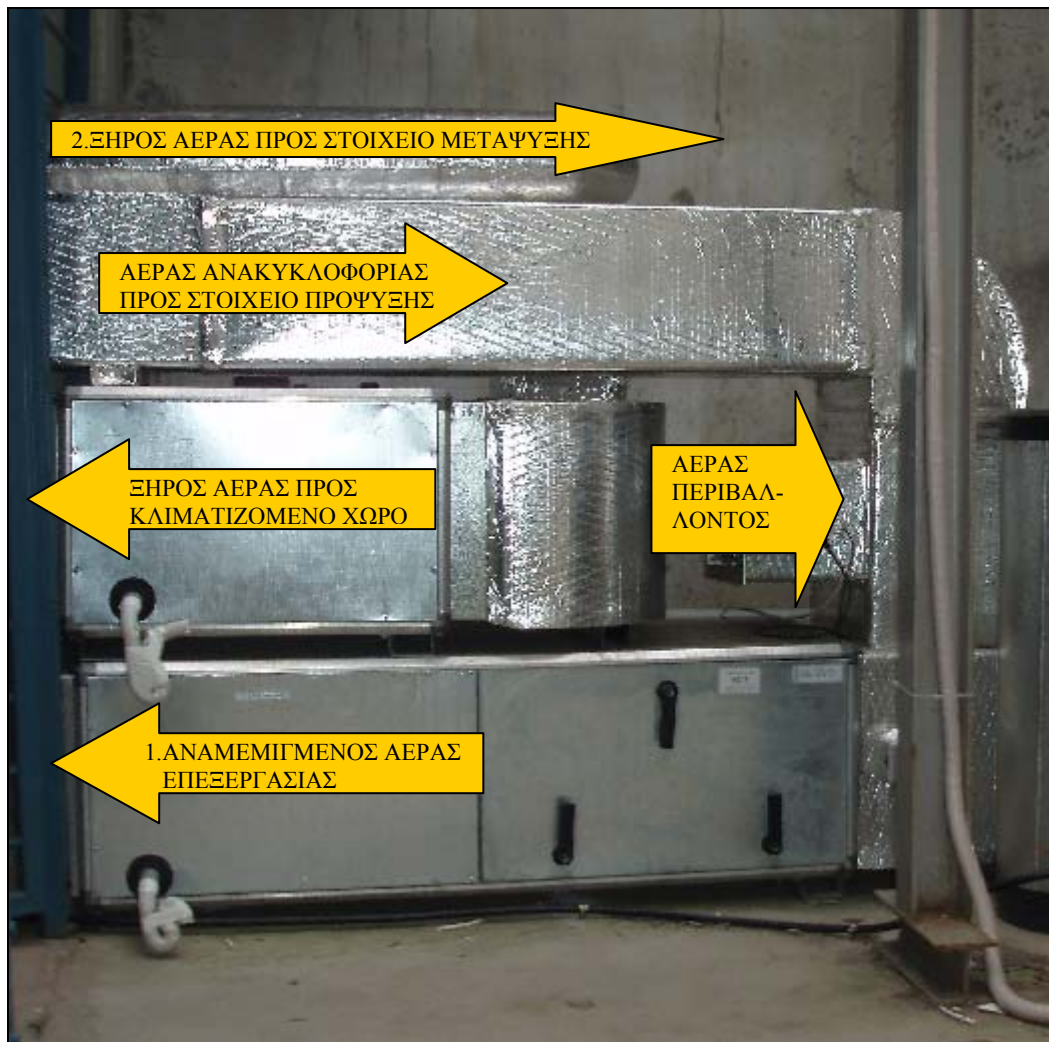
Σχήμα 3.17: *Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα πριν το στοιχείο πρόψυξης τοποθετημένα στην εγκατάσταση, (Ι.1)Πρόφιλτρο Z, (Ι.2)Σακόφιλτρο*



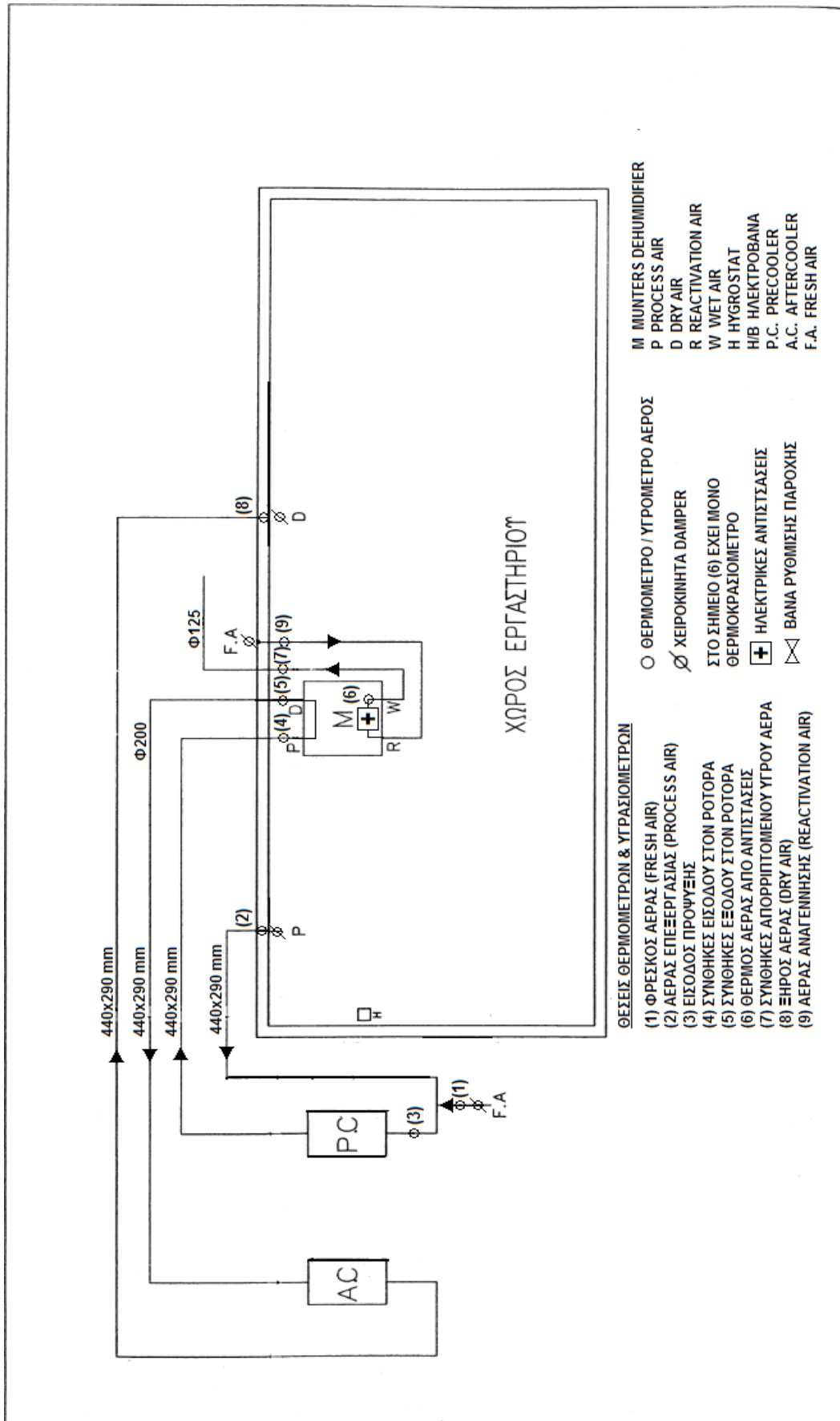
Σχήμα 3.18: Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα πριν το στοιχείο πρόψυξης, (I.1)Πρόφιλτρο Z, (I.2)Σακόφιλτρο



Σχήμα 3.19: Κύκλωμα αέρα, (Z)Στόμιο αναρρόφησης αέρα περιβάλλοντος, (H)Στοιχείο μετάψυξης, (Θ)Στοιχείο πρόψυξης, (I)Φίλτρα του αναμεμιγμένου αέρα περιβάλλοντος και ανακυκλοφορίας



Σχήμα 3.20: *Κύκλωμα αέρα στο εξωτερικό μέρος της εγκατάστασης*

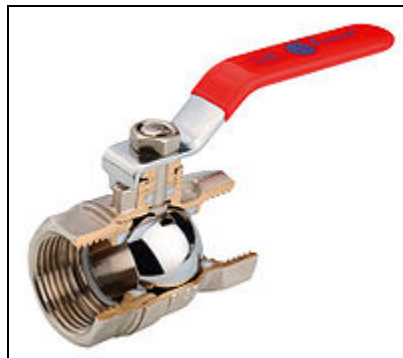


Σχήμα 3.21: Σχέδιο της εγκατάστασης του κυκλώματος αέρα

3.2 Περιγραφή κυκλώματος νερού και εξαρτημάτων

A) Βάνα

Η βάνα έχει ένα σφαιρικό δίσκο με μία οπή, η οποία καθορίζει την παροχή του ρευστού.

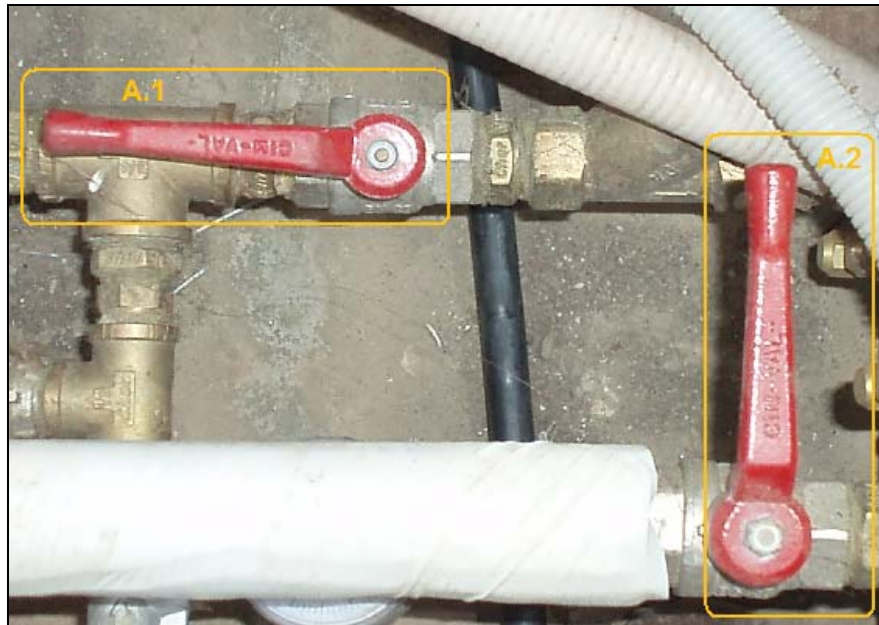


Σχήμα 3.22: Βάνα ρύθμισης της παροχής του ρευστού [16]



Σχήμα 3.23: Σφαιρικός δίσκος [16]

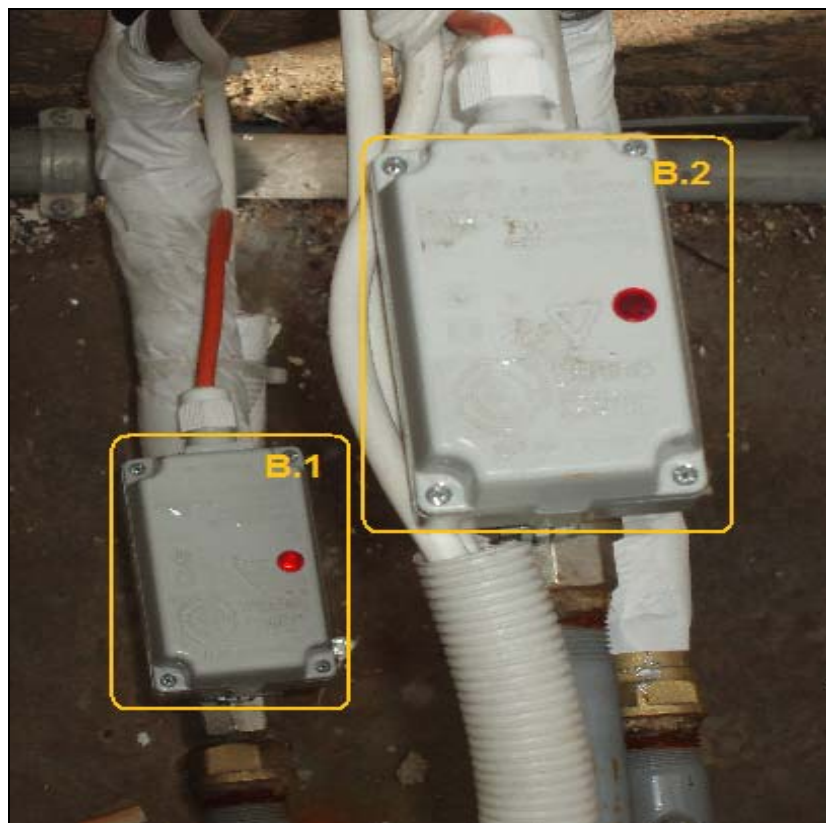
Όταν η βάνα είναι κλειστή, τότε η οπή είναι κάθετη προς τα άκρα της βάνας όπως και η χειρολαβή, επομένως έχουμε μηδενική παροχή ρευστού. Όταν είναι ανοικτή, τότε η οπή είναι παράλληλη προς τα άκρα της βάνας όπως και η χειρολαβή, επομένως έχουμε τη μέγιστη παροχή. Οι βάνες αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία, υποστηρίζουν πιέσεις μέχρι 700 bar και θερμοκρασία μέχρι 200 °C. [16]



Σχήμα 3.24: (A.1)Ανοικτή βάνα, (A.2)Κλειστή βάνα

B) Ηλεκτρική βάνα

Η ηλεκτρική βάνα είναι της εταιρίας “Super Jes”. Όταν η κόκκινη ενδεικτική λυχνία είναι αναμμένη, τότε η ηλεκτρική βάνα είναι ανοικτή και άρα περνάει το νερό από το σωλήνα, ενώ όταν η κόκκινη ενδεικτική λυχνία είναι σβηστή, τότε δεν περνάει νερό από το σωλήνα.



Σχήμα 3.25: (B.1)Ανοικτή ηλεκτρική βάνα, (B.2)Κλειστή ηλεκτρική βάνα

Γ) *Αυτόματο εξαεριστικό*

Το αυτόματο εξαεριστικό χρησιμοποιείται για τον αυτόματο εξαερισμό εγκαταστάσεων θέρμανσης. Η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του είναι 110 °C με πιέσεις έως 10 bar. Τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης θέρμανσης. Πριν την τοποθέτησή του, η εγκατάσταση πρέπει να ξεπλυθεί καλά, για να μην παραμείνουν σωματίδια ακαθαρσιών, που συγκεντρώνονται στο τμήμα στεγανοποίησης του αυτόματου εξαεριστικού και εμποδίζουν την λειτουργία του.



Σχήμα 3.26: Αυτόματο εξαεριστικό [17]

Συνιστάται να παρεμβάλλεται πριν το εξαεριστικό μια ανεπίστροφη βαλβίδα, για να μας διευκολύνει μετέπειτα στον εύκολο καθαρισμό, χωρίς να χρειαστεί να θέσουμε εκτός λειτουργίας το δίκτυο. Ωστόσο, η εγκατάσταση που εξετάζεται έχει βάνια, και έτσι δεν χρειάζεται η ανεπίστροφη. [17]



Σχήμα 3.27: Ανεπίστροφη βαλβίδα [17]

Δ) *Δοχείο αδρανείας*

Το δοχείο αδρανείας σε μία εγκατάσταση κλιματισμού λειτουργεί ως σταθεροποιητής πίεσης και ροής, αλλά πάνω από όλα αδρανοποιεί τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων. Η κερδοφόρα λειτουργία ενός δοχείου αδρανείας είναι συνάρτηση του τρόπου εγκατάστασης, χρήσης και ποιότητας των υλικών που το αποτελούν.

Στην περίπτωση του κλιματισμού, ένα δοχείο αδρανείας λειτουργεί ως ταμιευτήρας, που ενίοτε αποθηκεύει θερμό νερό για την περίπτωση της θέρμανσης ή ψυχρό νερό για την περίπτωση της ψύξης. Σε περιπτώσεις που η ζήτηση των θερμικών ή ψυκτικών φορτίων σε μία εγκατάσταση είναι μικρή, το δοχείο αδρανείας εξαλείφει τα μεταβατικά φαινόμενα, δηλαδή τις μικρές σε

χρονική διάρκεια εκκινήσεις της αντλίας θερμότητας, ενώ, λειτουργώντας ως ταμειευτήρας, παρέχει στην εγκατάσταση τα αναγκαία φορτία.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του δοχείου αδρανείας της παρούσας εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα : ονομαστική χωρητικότητα 100 lit, πίεση σχεδίασης 6 bar, ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας 7 °C, μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 70 °C και θερμοκρασία σχεδίασης 99 °C.

Ε) Αντλία θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα τα οποία «αντλούν» θερμότητα (με τη μορφή ψύξης ή θέρμανσης) από μια δεξαμενή θερμότητας (αέρας περιβάλλοντος, δεξαμενή νερού, υπόγεια νερά, λίμνη κλπ) προς ένα χώρο, μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου μέσου, με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς της αντλίας θερμότητας (Coefficient of Performance) δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$COP = \text{αποδιδόμενη θερμότητα ή ψύξη} / \text{καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια}$

Οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, οι οποίες «αντλούν» θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος, έχουν συντελεστή απόδοσης που κυμαίνεται από 2 έως 4. [18] Πριν το ξεκίνημα της αντλίας θερμότητας, για την ιδανική θέρμανση του λαδιού στο δοχείο του συμπιεστή και τη σωστή απομάκρυνση του ψυκτικού από το λάδι, θα πρέπει ο κεντρικός διακόπτης ισχύος να ανοίγεται αρκετές ώρες πριν την πραγματική έναρξη της εγκατάστασης. Για να ρυθμιστεί η θερμοκρασία της αντλίας θερμότητας, πατάμε και τα δύο κουμπιά ταυτόχρονα του πίνακα λειτουργίας “ > ENTER ” και το “ ^ SCROLL ” για 5 δευτερόλεπτα περίπου και εμφανίζεται στην οθόνη η ένδειξη “ OPER ”

- Όταν η αντλία θερμότητας λειτουργεί στην ψύξη, πατάμε το “ ^ SCROLL ” μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη “ CSP ”, την επιλέγουμε με το “ > ENTER ” και με το “ ^ SCROLL ” διαλέγουμε την θερμοκρασία που θέλουμε να λειτουργεί.
- Όταν η αντλία θερμότητας λειτουργεί στην θέρμανση, πατάμε το “ ^ SCROLL ” μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη “ HSP ”, την επιλέγουμε με το “ > ENTER ” και με το “ ^ SCROLL ” διαλέγουμε την θερμοκρασία που θέλουμε να λειτουργεί.



Σχήμα 3.28: Κεντρικός διακόπτης ισχύος(αριστερά) και πίνακας ελέγχου της αντλίας θερμότητας(δεξιά)



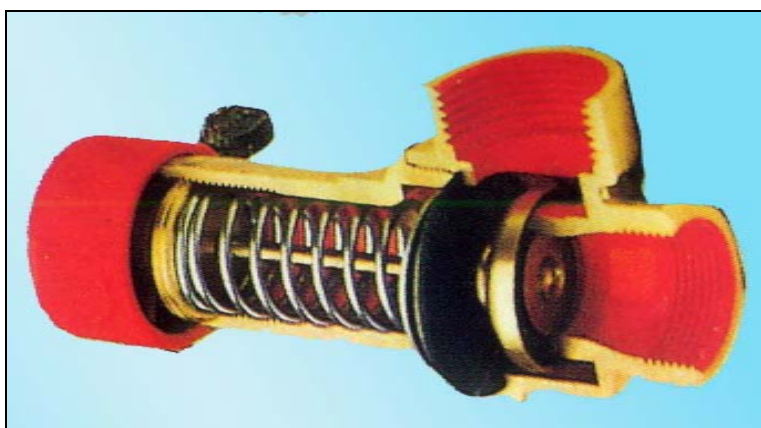
Σχήμα 3.29: (Γ) Αυτόματο εξαεριστικό με βάνα, (Δ) Δοχείο αδρανείας, (Ε) Αντλία θερμότητας

Ζ) Βάνα ρύθμισης παροχής εισαγωγής στην αντλία θερμότητας

Η βάνα (Γ) ρυθμίζει την παροχή που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας. Η βάνα είναι ανοικτή, όταν είναι παράλληλη στη ροή του ρευστού και κλειστή, όταν είναι κάθετη στη ροή του ρευστού.

Η) *Βάνα ρύθμισης παροχής εξαγωγής από την αντλία θερμότητας*
Η βάνα (Δ) ρυθμίζει την παροχή που εξέρχεται από την αντλία θερμότητας και εισέρχεται στο δοχείο αδρανείας. Η βάνα είναι ανοικτή, όταν είναι παράλληλη στη ροή του ρευστού και κλειστή, όταν είναι κάθετη στη ροή του ρευστού.

Θ) *Βαλβίδα ασφαλείας για πίεση 3 bar*
Η βαλβίδα ασφαλείας τοποθετείται στη εξεταζόμενη εγκατάσταση διότι διαθέτει κλειστό κύκλωμα. Στο εσωτερικό της υπάρχει ένα ελατήριο το οποίο κρατά κλειστό ένα διάφραγμα. Η τάση του ελατηρίου αντισταθμίζει την πίεση στο δίκτυο, ενώ σε περίπτωση ανύψωσης της πίεσης του δικτύου, το ελατήριο υποχωρεί και η πίεση εκτονώνεται.



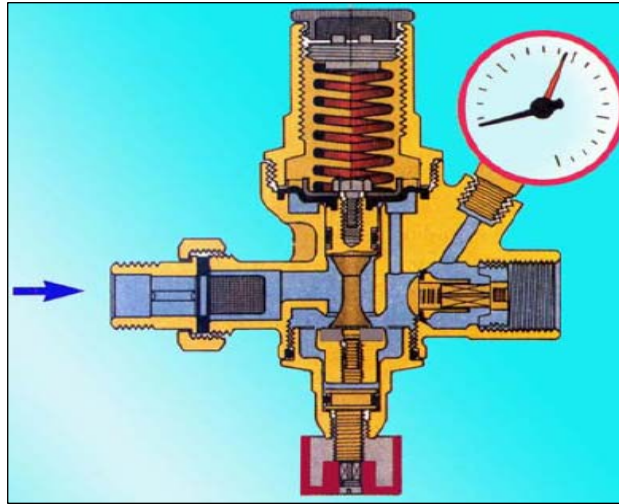
Σχήμα 3.30: Τομή βαλβίδα ασφαλείας

Σκοπός της είναι να διαφυλάξει τον εναλλάκτη της αντλίας θερμότητας από υπερβολική ανύψωση της πίεσης στο εσωτερικό του, ενώ η εκλογή του μεγέθους της είναι καθοριστικής σημασίας για την ασφάλεια της εγκατάστασης.

Σε περίπτωση που η βαλβίδα ασφαλείας ανοίξει, θα πρέπει να έχει την ικανότητα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα να απομακρύνει σημαντική ποσότητα υγρού, με σκοπό να μειωθεί η πίεση στο κύκλωμα. [19]

Ι) *Αυτόματος πλήρωσης με μανόμετρο*

Ο αυτόματος πλήρωσης τροφοδοτεί το κύκλωμα της εγκατάστασης με νερό από το δίκτυο ύδρευσης. Διαθέτει ενσωματωμένη αποφρακτική βάνα και βαλβίδα αντεπιστροφής.



Σχήμα 3.31: Τομή αυτόματου πλήρωσης

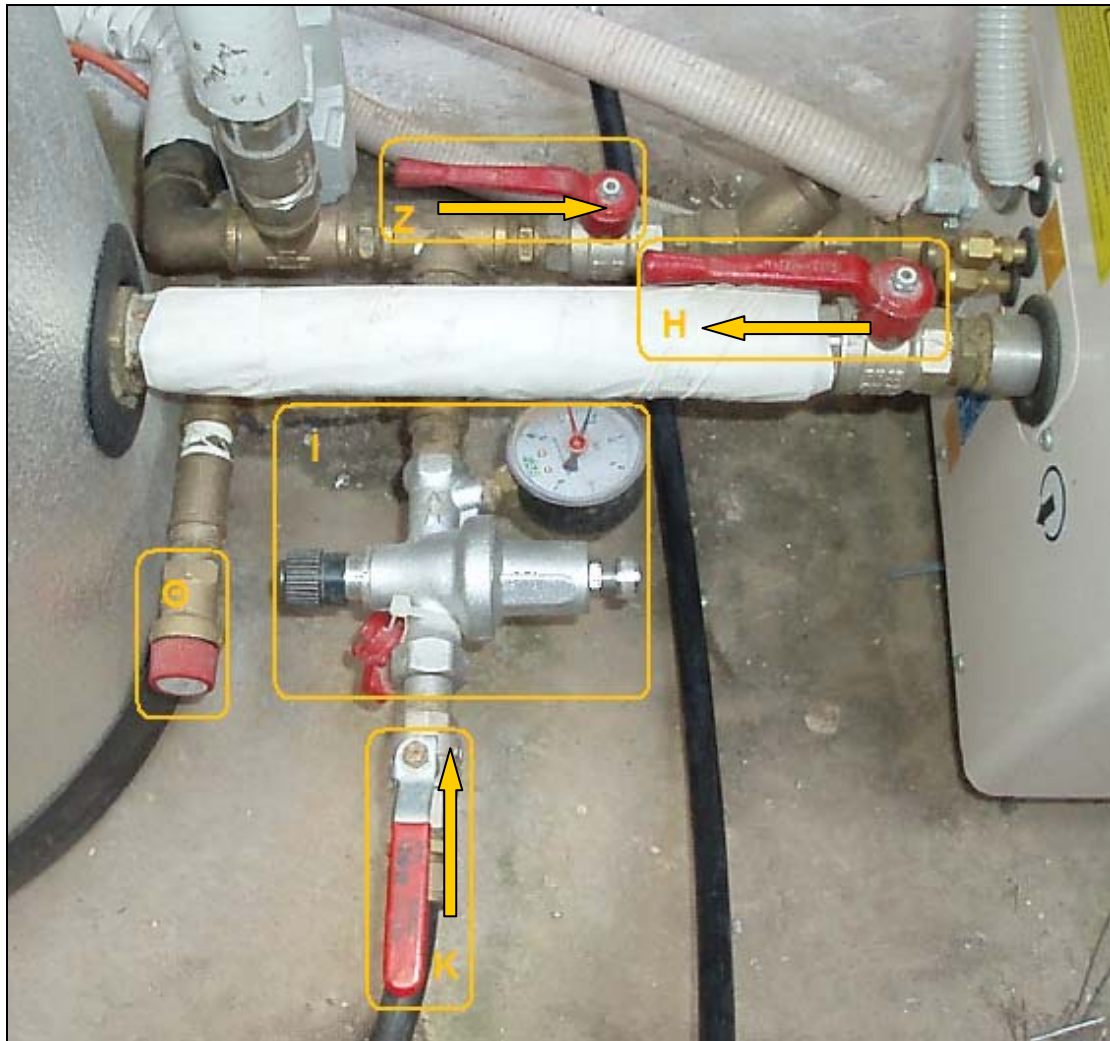
Στην είσοδο του αυτόματου επικρατεί η πίεση του δικτύου ενώ στην έξοδο η επιθυμητή, την οποία ρυθμίζουμε από κατάλληλο ρυθμιστικό κοχλία που υπάρχει στο επάνω μέρος της.

Για τον υπολογισμό της πίεσης ρύθμισης λαμβάνουμε πάντοτε υπ' όψιν το ύψος της εγκατάστασης. Η πίεση πλήρωσης πρέπει να είναι κάπως μεγαλύτερη από το στατικό ύψος της εγκατάστασης (συνήθως ρυθμίζεται τουλάχιστον 0,8bar παραπάνω).

Ο αυτόματος πλήρωσης κατά την λειτουργία της εγκατάστασης δεν πρέπει να είναι ποτέ κλειστός. Ο έλεγχος του αυτόματου πλήρωσης πρέπει να γίνεται συχνά διότι εάν κολλήσει και παραμείνει κλειστός, η εγκατάσταση δεν είναι ασφαλής. [19]

Κ) Βάνα ρύθμισης παροχής δικτύου ύδρευσης

Η βάνα (Κ) ρυθμίζει την παροχή που εισέρχεται από το δίκτυο ύδρευσης.



Σχήμα 3.32: (Z) Βάνα ρύθμισης παροχής εισαγωγής στην αντλία θερμότητας,
(H) Βάνα ρύθμισης παροχής εξαγωγής από την αντλία θερμότητας,
(Θ) Βαλβίδα ασφαλείας για 3 bar, (I) Αυτόματος πλήρωσης με μανόμετρο,
(K) Βάνα ρύθμισης παροχής δικτύου ύδρευσης (Τα βέλη δείχνουν τη ροή του ρευστού)

3.3 Περιγραφή ηλεκτρολογικού κυκλώματος και εξαρτημάτων

A) Μετρητικά όργανα

A.1) Υγρασιόμετρο

Το υγρασιόμετρο τύπου “EWHS 300” της εταιρίας “ELIWELL” μετράει την υγρασία.



Σχήμα 3.33: Υγρασιόμετρο (eliwell-EWHS 300)

A.2) Θερμοκρασιόμετρο

Το θερμοκρασιόμετρο (Temperature probes) μετράει την θερμοκρασία.

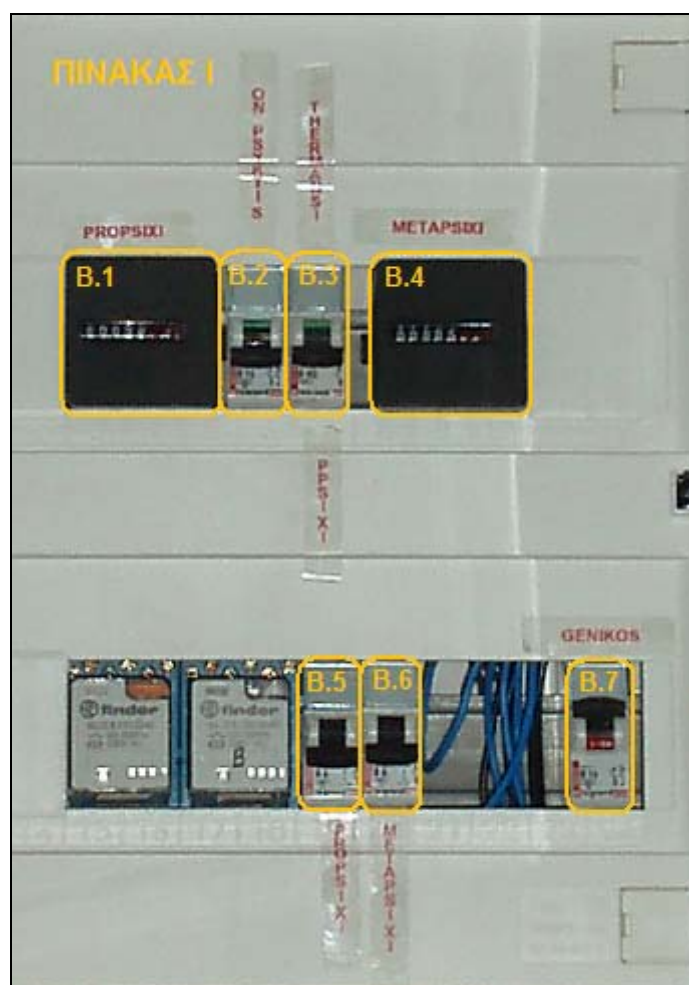


Σχήμα 3.34: Θερμοκρασιόμετρο (Temperature probes)

Β) Ηλεκτρολογικός πίνακας ελέγχου

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

- B.1) Ωρομετρητής στοιχείου πρόψυξης
- B.2) Διακόπτης για την λειτουργία του ψύκτη (on ↑,off ↓)
- B.3) Διακόπτης επιλογής θέρμανσης ή ψύξης του χώρου (θέρμανση ↑,ψύξη ↓)
- B.4) Ωρομετρητής στοιχείου μετάψυξης
- B.5) Διακόπτης για την λειτουργία του στοιχείου πρόψυξης (on ↑,off ↓)
- B.6) Διακόπτης για την λειτουργία του στοιχείου μετάψυξης (on ↑,off ↓)
- B.7) Γενικός διακόπτης παροχής ρεύματος του πίνακα Ι και ΙΙ(on ↑,off ↓)



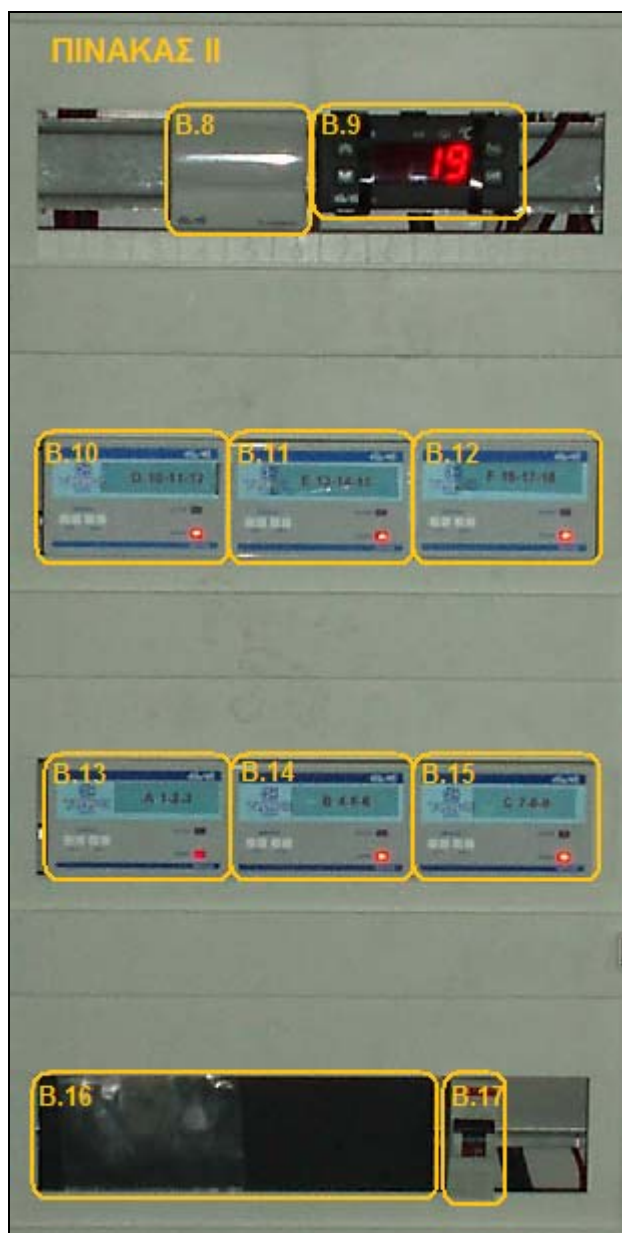
Σχήμα 3.35: Πίνακας ελέγχου (ΠΙΝΑΚΑΣ Ι)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

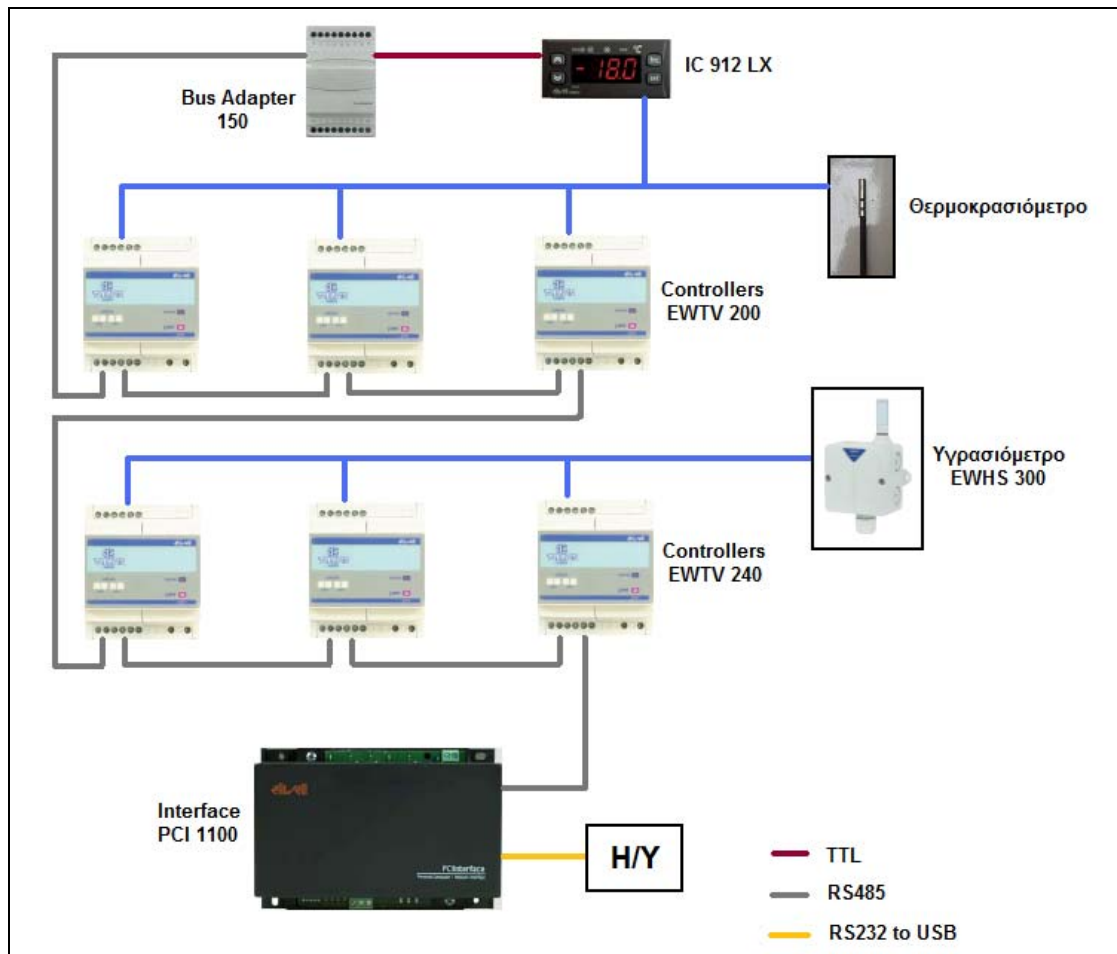
B.8) Bus Adapter 150 - ELIWELL: Είναι ένας μετατροπέας που συνδέει στο δίκτυο RS485 συσκευές που έχουν έξοδο TTL, δηλ. όπως βλέπουμε και στο σχήμα 3.33 η σύνδεση της συσκευής IC 912 LX στο δίκτυο RS485.

B.9) IC 912 LX – ELIWELL: Είναι ένας ηλεκτρονικός ελεγκτής ο οποίος μας δείχνει την θερμοκρασία στο ρότορα του αφυγραντήρα (Munters ML690).

- B.10,B.11) EWTV 200 – ELIWELL: Είναι μία συσκευή που καταγράφει δεδομένα από τρία θερμοκρασιόμετρα.
- B.12) EWTV 200 – ELIWELL: Είναι μία συσκευή που καταγράφει δεδομένα από δύο θερμοκρασιόμετρα.
- B.13,B.14) EWTV 240 – ELIWELL: Είναι μία συσκευή που καταγράφει δεδομένα από τρία υγρασιόμετρα.
- B.15) EWTV 240 – ELIWELL: Είναι μία συσκευή που καταγράφει δεδομένα από δύο υγρασιόμετρα.
- B.16) Interface PCI 1100: Είναι ένας μετατροπέας από RS485 σε RS232, δηλ. μεταφέρει στον υπολογιστή όλα τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί από τους EWTV 200 και EWTV 240
- B.17) Γενικός διακόπτης παροχής ρεύματος του πίνακα II (on ↑,off ↓)



Σχήμα 3.36: Πίνακας ελέγχου (ΠΙΝΑΚΑΣ II)

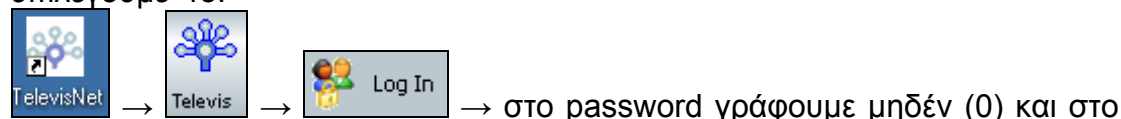


Σχήμα 3.37: Συνδεσμολογία πίνακα II

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ TELEVIS NET

4.1 Έναρξη προγράμματος

Για να ανοίξουμε το πρόγραμμα Televis Net, από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το:



όνομα χρήστη (user name) γράφουμε Administrator →  →

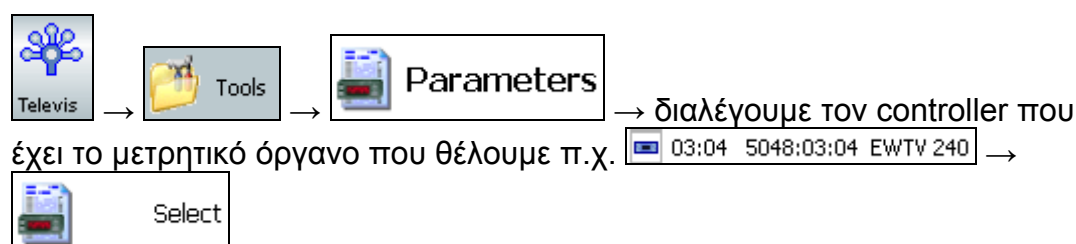



Αφού ολοκληρώσουμε τα παραπάνω βήματα, παρατηρούμε ότι η κόκκινη ένδειξη έχει γίνει πράσινη, οπότε το πρόγραμμα είναι έτοιμο να καταγράψει μετρήσεις και να ελέγχει τα «alarm» που έχουμε ορίσει για το κάθε μετρητικό όργανο.



Σχήμα 4.1: Έναρξη ελέγχου μετρήσεων και καταγραφής δεδομένων

4.2 Ορισμός παραμέτρων στα μετρητικά της εγκατάστασης



-  : Διαβάζει τις παραμέτρους των μετρητικών οργάνων και τις εμφανίζει στον πίνακα.



- **Write** : Γράφει τις παραμέτρους των οργάνων.

Στη περίπτωση που πρόκειται να αλλαχθεί μια παράμετρος ενός μετρητικού οργάνου, πατάμε το 'read' για να μας διαβάσει όλες τις τιμές που έχει η κάθε παράμετρος και να μας τις εμφανίσει. Την παράμετρο που θέλουμε να αλλάξουμε, την επιλέγουμε, γράφουμε την καινούργια τιμή και πατάμε το 'write' για την αποθήκευσή της.

Name:	Label	Value	Description	Min	Max	Unit
5048:01:01 EWTV 200	P1P	1	Probe 1 presence	0	1	num
	dr1	0	Select °C / °F for probe 1	0	4	num
Model: EWTV 200 (10.4-8.0)	CA1	0.0	Probe 1 calibration	-999.0	999.0	num
	At1	1	Alarm type probe 1 (absolute/relative)	0	1	num
	SE1	0.0	Alarm Set point probe 1	-999.0	999.0	num
Network address: 01:01	LA1	-50.0	Lower Alarm probe 1	-999.0	999.0	num
	HA1	50.0	Higher Alarm probe 1	-999.0	999.0	num
	TA1	0	Temperature alarm delay probe 1	0	250	m
Legend ■ Read/write ■ Read only <input type="checkbox"/> Enable network address changes	P2P	1	Probe 2 presence	0	1	num
	dr2	0	Select °C / °F for probe 2	0	4	num
	CA2	0.0	Probe 2 calibration	-999.0	999.0	num
	At2	1	Alarm type probe 2 (absolute/relative)	0	1	num
	SE2	0.0	Alarm Set point probe 2	-999.0	999.0	num
	LA2	-50.0	Lower Alarm probe 2	-999.0	999.0	num
	HA2	50.0	Higher Alarm probe 2	-999.0	999.0	num
	TA2	0	Temperature alarm delay probe 2	0	250	m
	P3P	1	Probe 3 presence	0	1	num
	dr3	0	Select °C / °F for probe 3	0	4	num
	CA3	0.0	Probe 3 calibration	-999.0	999.0	num
	At3	1	Alarm type probe 3 (absolute/relative)	0	1	num
	SE3	0.0	Alarm Set point probe 3	-999.0	999.0	num
	LA3	-50.0	Lower Alarm probe 3	-999.0	999.0	num
	HA3	50.0	Higher Alarm probe 3	-999.0	999.0	num
	TA3	0	Temperature alarm delay probe 3	0	250	m
	AFd	2	Alarm (Fan) differential	1	15	num
	PAO	120	Power-on Alarm Override	0	999	m
	DPP	0	Decimal point presence	0	1	num
	SLP	0	Signal led presence	0	1	num
	dEA	1	dEvice Address	0	14	num
	FAA	1	FAMily Address	0	14	num

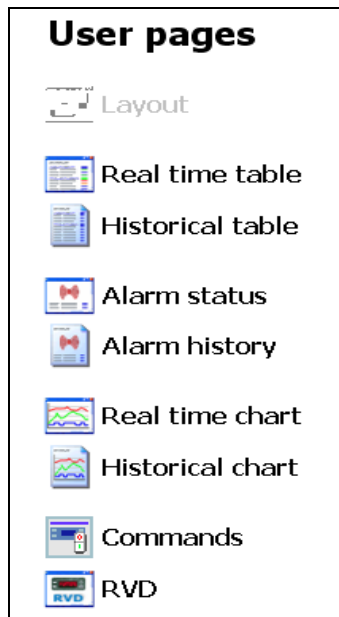
Σχήμα 4.2: Πίνακας παραμέτρων των μετρητικών οργάνων ενός ελεγκτή

4.3 Καταγραφή και διαχείριση μετρήσεων



Για να επεξεργαστούμε τις μετρήσεις μας επιλέγουμε το





Σχήμα 4.3: Κύρια λίστα επεξεργασίας μετρήσεων

Μετά το πέρας των παραπάνω βημάτων, το πρόγραμμα θα εμφανίσει μια βασική λίστα η οποία περιέχει τις κύριες επιλογές για την παρακολούθηση και επεξεργασία των μετρήσεων μας, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3 .

4.3.1 Πίνακας πραγματικού χρόνου μετρήσεων (Real time table)

Για να δούμε τις μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, σε μορφή πίνακα

επιλέγουμε το  **Real time table** → Show Resources → σχήμα 4.4

Το σχήμα 4.4 παρουσιάζει στην δεξιά στήλη τις μετρήσεις των μετρητικών οργάνων σε πραγματικό χρόνο και στην αριστερή στήλη υπάρχουν οι ονομασίες των μετρητικών οργάνων, με αποτέλεσμα η οθόνη να ενημερώνεται συνεχώς με νέα δεδομένα.

ROTOR		
	Analog input 6	92.0 °C
	Digital input 6	Active
	On	On
	Alarm	Off
	Out 6	Off
5048:01:01 EWTV 200		
	Analog input 1	30.5 °C
	Analog input 2	26.8 °C
	Analog input 3	32.3 °C
	On	On
5048:02:02 EWTV 200		
	Analog input 4	29.8 °C
	Analog input 5	47.6 °C
	Analog input 9	30.1 °C
	On	On
5048:03:03 EWTV 200		
	Analog input 7	46.4 °C
	Analog input 8	26.1 °C
	Analog input 0	0.0 °C
	On	On
5048:03:04 EWTV 240		
	Analog input 0	0.0 °C
	Analog input 2	31.4 °C
	Analog input 3	31.6 °C
	On	On
5048:06:05 EWTV 240		
	Analog input 4	32.0 °C
	Analog input 5	3.9 °C
	Analog input 9	34.1 °C
	On	On
5048:09:06 EWTV 240		
	Analog input 7	33.8 °C
	Analog input 8	16.1 °C
	Analog input 1	30.0 °C
	On	On

Σχήμα 4.4: Πίνακας πραγματικού χρόνου μετρήσεων

4.3.2 Πίνακας ιστορικών μετρήσεων (Historical table)

Για να δούμε ιστορικά δεδομένα μετρήσεων επιλέγουμε το



4.3.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Στην επιφάνεια εργασίας της συγκεκριμένης εφαρμογής παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας πινάκων με ιστορικά δεδομένα, όπου ο κάθε πίνακας θα παρουσιάζεται μέσω ενός προφίλ.

Για να δημιουργηθεί ένα προφίλ κάνουμε τα εξής:

- Πληκτρολογούμε στο “New” ένα όνομα της αρεσκείας μας

Profile

και για να το καταχωρήσουμε κάνουμε “κλικ”



- Έχουμε την επιλογή να ορίσουμε τη χρονική περίοδο ημέρας και ώρας

From
to

και δίπλα ακριβώς μετά από οποιαδήποτε αλλαγή στο προφίλ κάνουμε “κλικ” στο κουμπί ανανέωσης δεδομένων



, ώστε να ενημερωθεί ο πίνακας με τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα.


- Μπορούμε να ορίσουμε στον πίνακα τα δεδομένα από τους ελεγκτές (controllers) που θέλουμε να φαίνονται. Δηλαδή, για να προσθέσουμε μία ομάδα μετρητικών στον πίνακα σε μορφή στηλών, επιλέγουμε τον ελεγκτή που θέλουμε, ο οποίος εμπεριέχει τρία μετρητικά όργανα


ROTOR	
5048:01:01 EWTY 200	
5048:02:02 EWTY 200	

και κάνουμε “κλικ” στο



κουμπί. Ο ελεγκτής φαίνεται ότι έχει επιλεγθεί διότι στη δεξιά του πλευρά εμφανίζεται ένα .

Παρομοίως για να καταργήσουμε ένα ελεγκτή από τον πίνακα, τον επιλέγουμε και κάνουμε κλικ στο  κουμπί.


Επίσης εάν θέλουμε να καταργήσουμε όλους τους ελεγκτές κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.

Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα να δούμε σε κάθε ελεγκτή ποια μετρητικά όργανα εμπεριέχονται, με το να κάνουμε διπλό “κλικ” πάνω στον

5048:01:01 EWTY 200	<input checked="" type="checkbox"/>
Analog input 1 (°C)	<input type="checkbox"/>
Analog input 2 (°C)	<input type="checkbox"/>
Analog input 3 (°C)	<input type="checkbox"/>
Serial communication failed	<input type="checkbox"/>
On	<input type="checkbox"/>

ελεγκτή που θέλουμε




- Για να εκτυπώσουμε τα δεδομένα κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.
- Για να αποθηκεύσουμε τις αλλαγές που έχουν γίνει στο προφίλ





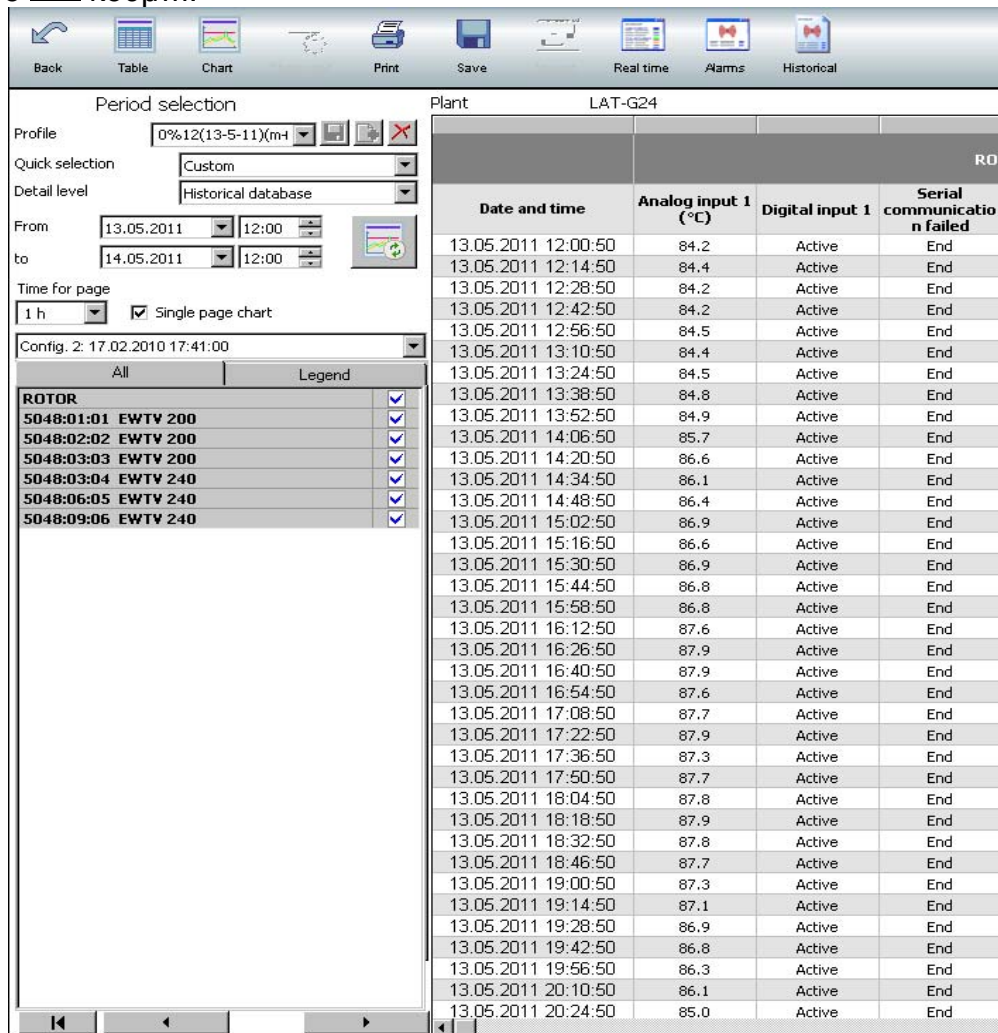
κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.

- Για να μετατραπούν τα δεδομένα του πίνακα σε γράφημα κάνουμε



“κλικ” στο  κουμπί.



- Για να διαγραφεί ένα προφίλ, το επιλέγουμε από το συγκεκριμένο πλαίσιο  και στη συνέχεια κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.



Date and time	Analog input 1 (°C)	Digital input 1	Serial communication failed
13.05.2011 12:00:50	84.2	Active	End
13.05.2011 12:14:50	84.4	Active	End
13.05.2011 12:28:50	84.2	Active	End
13.05.2011 12:42:50	84.2	Active	End
13.05.2011 12:56:50	84.5	Active	End
13.05.2011 13:10:50	84.4	Active	End
13.05.2011 13:24:50	84.5	Active	End
13.05.2011 13:38:50	84.8	Active	End
13.05.2011 13:52:50	84.9	Active	End
13.05.2011 14:06:50	85.7	Active	End
13.05.2011 14:20:50	86.6	Active	End
13.05.2011 14:34:50	86.1	Active	End
13.05.2011 14:48:50	86.4	Active	End
13.05.2011 15:02:50	86.9	Active	End
13.05.2011 15:16:50	86.6	Active	End
13.05.2011 15:30:50	86.9	Active	End
13.05.2011 15:44:50	86.8	Active	End
13.05.2011 15:58:50	86.8	Active	End
13.05.2011 16:12:50	87.6	Active	End
13.05.2011 16:26:50	87.9	Active	End
13.05.2011 16:40:50	87.9	Active	End
13.05.2011 16:54:50	87.6	Active	End
13.05.2011 17:08:50	87.7	Active	End
13.05.2011 17:22:50	87.9	Active	End
13.05.2011 17:36:50	87.3	Active	End
13.05.2011 17:50:50	87.7	Active	End
13.05.2011 18:04:50	87.8	Active	End
13.05.2011 18:18:50	87.9	Active	End
13.05.2011 18:32:50	87.8	Active	End
13.05.2011 18:46:50	87.7	Active	End
13.05.2011 19:00:50	87.3	Active	End
13.05.2011 19:14:50	87.1	Active	End
13.05.2011 19:28:50	86.9	Active	End
13.05.2011 19:42:50	86.8	Active	End
13.05.2011 19:56:50	86.3	Active	End
13.05.2011 20:10:50	86.1	Active	End
13.05.2011 20:24:50	85.0	Active	End

Σχήμα 4.5: Επιφάνεια εργασίας του πίνακα ιστορικών μετρήσεων (Historical table)

4.3.2.2 Εξαγωγή δεδομένων σε EXCEL

- Επιλέγουμε ένα προφίλ από το οποίο θα εξαχθούν τα δεδομένα σε ένα φύλλο EXCEL , επιλέγουμε το κουμπί , και εμφανίζονται όλα τα προφίλ που έχουν καταγραφεί στο πρόγραμμα. Αφού επιλεγθεί ένα προφίλ και έχουν γίνει και οι κατάλληλες ρυθμίσεις, όπως φαίνονται στο σχήμα 4.6, τότε θα εμφανιστεί ένας πίνακας με τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί.

Period selection

Profile: 0%12(13-5-11)(m) [Save] [Print] [Close]

Quick selection: Custom

Detail level: Historical database

From: 13.05.2011 12:00 [Chart]

to: 14.05.2011 12:00

Time for page: 1 h Single page chart

Config. 2: 17.02.2010 17:41:00


All	Legend
ROTOR	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:01:01 EWTY 200	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:02:02 EWTY 200	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:03:03 EWTY 200	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:03:04 EWTY 240	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:06:05 EWTY 240	<input checked="" type="checkbox"/>
5048:09:06 EWTY 240	<input checked="" type="checkbox"/>

Σχήμα 4.6: Ρυθμίσεις εμφάνισης δεδομένων στην επιφάνεια εργασίας του πίνακα ιστορικών μετρήσεων

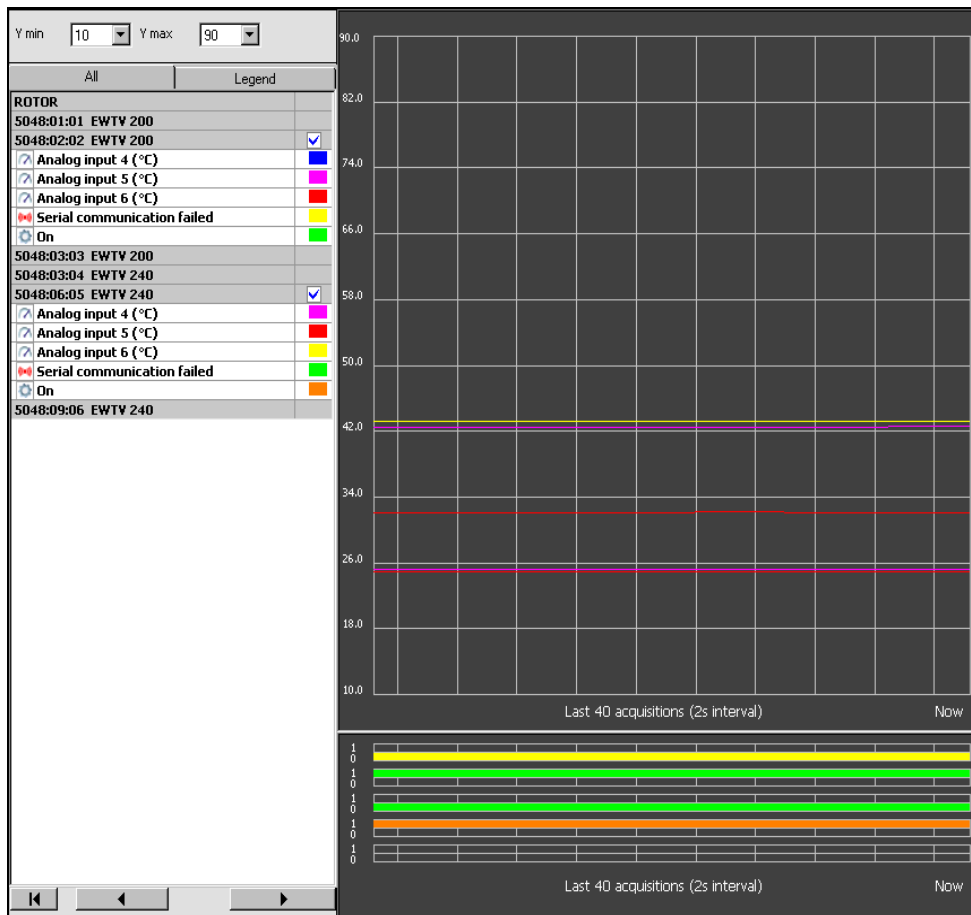
- Στον πίνακα με τα δεδομένα που έχει εμφανιστεί, κάνουμε διπλό δεξί “κλικ” και εμφανίζονται τα δεδομένα σε ένα φύλλο εργασίας τύπου EXCEL το οποίο ονομάζεται ‘VCI Formula One Workbook Designer’. Στη συνέχεια, κάνοντας δεξί “κλικ” στο κενό διάστημα πάνω από τις μετρήσεις, επιλέγονται όλα τα δεδομένα → επεξεργασία (Edit) → αντιγραφή (Copy) → επικόλληση (Paste) σε ένα φύλλο EXCEL .

Μ’ αυτόν τον τρόπο εξαγονται τα δεδομένα από το TELEVIS NET, ώστε να γίνει η επεξεργασία τους.

4.3.3 Γράφημα πραγματικού χρόνου μετρήσεων (Real time chart)

Για έλεγχο των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο με τη μορφή ενός ψηφιακού γραφήματος, κάνουμε “κλικ” στο  Real time chart κουμπί.

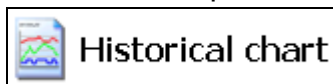
Επιλέγουμε από τον κατάλογο τους ελεγκτές με τα μετρητικά όργανα που επιθυμούμε να δούμε τα γραφήματά τους, προσθέτοντας / αφαιρώντας αντίστοιχα με το δεξί / αριστερό βέλος. Τα μετρητικά όργανα του κάθε ελεγκτή που έχει επιλεγεί, φαίνονται στο διάγραμμα με διάφορα χρώματα για να ξεχωρίζουν και για να μπορεί να κάνει ο μελετητής ένα γρήγορο έλεγχο. Τέλος, πάνω δεξιά μπορεί να οριστεί το εύρος του άξονα Υ, με το να επιλεγεί μια ελάχιστη τιμή Y_{min} και μια μέγιστη τιμή.



Σχήμα 4.7: Επιφάνεια εργασίας του γραφήματος πραγματικού χρόνου μετρήσεων (Real time chart)

4.3.4 Γράφημα ιστορικού χρόνου μετρήσεων (Historical chart)

Για να δούμε ιστορικά δεδομένα μετρήσεων κάνουμε “κλικ” στο



. Στην επιφάνεια εργασίας της συγκεκριμένης εφαρμογής, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας γραφημάτων με ιστορικά δεδομένα, όπου το κάθε γράφημα θα παρουσιάζεται μέσω ενός προφίλ.

Για να δημιουργηθεί ένα προφίλ κάνουμε τα εξής:

- Πληκτρολογούμε στο “New” ένα όνομα της αρεσκείας μας

Profile



και για να καταχωρηθεί κάνουμε “κλικ” στο

- Έχουμε την επιλογή να ορίσουμε τη χρονική περίοδο ημέρας και ώρας

From
to


και δίπλα ακριβώς, μετά από οποιαδήποτε αλλαγή στο προφίλ, κάνουμε “κλικ” στο κουμπί ανανέωσης δεδομένων





, ώστε να ενημερωθεί το γράφημα με τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα.

- Μπορούμε να ορίσουμε στον πίνακα τα δεδομένα από τους ελεγκτές (controllers) που θέλουμε να φαίνονται. Δηλαδή, για να προσθέσουμε στο γράφημα μία ομάδα μετρητικών σε μορφή χρωματιστών γραμμών, επιλέγουμε τον ελεγκτή που θέλουμε, ο οποίος εμπεριέχει τρία μετρητικά

ROTOR	
5048:01:01 EWTY 200	
5048:02:02 EWTY 200	

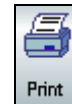
όργανα και κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί. Ο ελεγκτής φαίνεται ότι έχει επιλεγεί, διότι στη δεξιά του πλευρά εμφανίζεται ένα .


Παρομοίως, για να καταργήσουμε ένα ελεγκτή από το γράφημα, τον επιλέγουμε και κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.

Επίσης εάν θέλουμε να καταργήσουμε όλους τους ελεγκτές, κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.

Επιπλέον μπορούμε να δούμε ποια μετρητικά όργανα εμπεριέχονται σε κάθε ελεγκτή, κάνοντας διπλό “κλικ” πάνω στον ελεγκτή που θέλουμε.

5048:01:01 EWTY 200	<input checked="" type="checkbox"/>
Analog input 1 (°C)	
Analog input 2 (°C)	
Analog input 3 (°C)	
Serial communication failed	
On	



- Για να εκτυπωθούν τα δεδομένα, κάνουμε “κλικ” στο  κουμπί.
- Για να αποθηκευτούν οι αλλαγές που έχουν γίνει στο προφίλ, κάνουμε




“κλικ” στο  κουμπί.

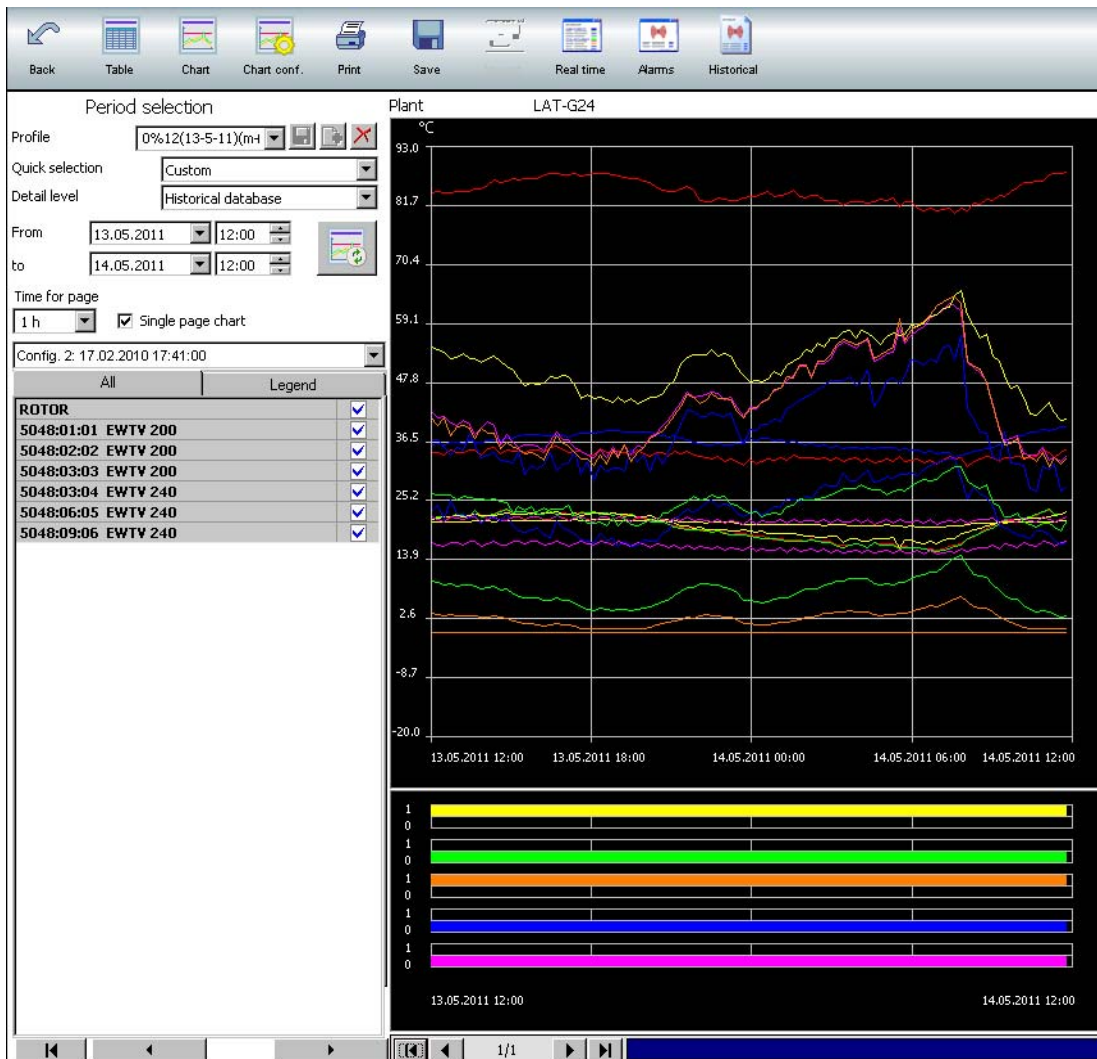
- Για να μετατραπούν τα δεδομένα του γραφήματος σε πίνακα, κάνουμε



“κλικ” στο  κουμπί.

- Για να διαγραφεί ένα προφίλ, το επιλέγουμε από το συγκεκριμένο πλαίσιο  και στη συνέχεια κάνουμε “κλικ”

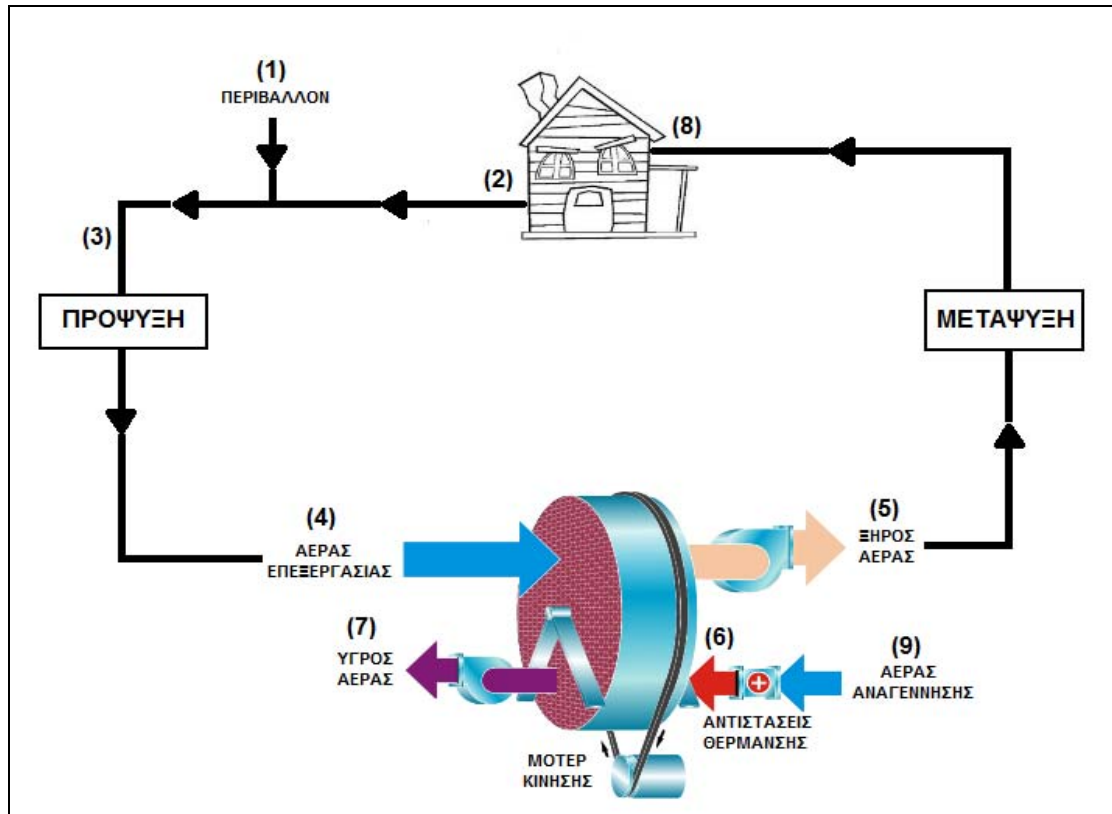
στο  κουμπί.



Σχήμα 4.8: Επιφάνεια εργασίας του γραφήματος ιστορικού χρόνου μετρήσεων (Historical chart)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Είναι απαραίτητο να αναφερθεί η θεωρία που εφαρμόστηκε, ώστε να αναλυθούν τα πειραματικά αποτελέσματα. Οι θεωρίες που εφαρμόζονται στη συγκεκριμένη διπλωματική, προσαρμόζονται στη σχηματική διάταξη της παρακάτω εγκατάστασης.



Σχήμα 5.1: Διάταξη της εγκατάστασης

5.1 Ψυχομετρία

Ο ψυχομετρικός χάρτης είναι μια επινόηση τοποθέτησης όλων των θερμοδυναμικών στοιχείων του αέρα σ' ένα διάγραμμα. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητες του αέρα χρησιμοποιούνται για να αναλυθούν οι συνθήκες και διαδικασίες με τις οποίες επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ατμοσφαιρικής υγρασίας και θερμοκρασίας. Για την γνώση της ψυχομετρίας, είναι απαραίτητο να καθοριστούν τα βασικά θερμοδυναμικά μεγέθη.

5.1.1 Πίεση ατμών

Όλα τα συστατικά ενός αερίου ασκούν μία πίεση. Αν διάφορα αέρια βρίσκονται μέσα σ' ένα δοχείο, το μείγμα ασκεί μια ειδική πίεση στα τοιχώματα των δοχείων. Η πίεση που ασκεί κάθε συστατικό του μείγματος είναι μικρότερη από την ολική. Η πίεση του καθενός από τα αέρια που αποτελείται το μείγμα ονομάζεται μερική πίεση. Οι μερικές πιέσεις των συστατικών του μείγματος είναι ανάλογες με τον αριθμό των μορίων τους. Η μερική πίεση των υδρατμών λέγεται πίεση ατμών.

5.1.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία ξηρού βολβού (t_{db} ($^{\circ}\text{C}$)) είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετρείται με ένα κοινό θερμόμετρο.

Η θερμοκρασία υγρού βολβού (t_{wb} ($^{\circ}\text{C}$)) είναι η θερμοκρασία που μας δίνει ένα κοινό θερμόμετρο, του οποίου ο βολβός είναι τυλιγμένος σε βρεγμένο ύφασμα και έχει εκτεθεί σε ρεύμα αέρα.

Το ρεύμα αέρα που περνά από το βρεγμένο πανί του υγρού βολβού αναγκάζει μία ποσότητα υγρασίας του πανιού να εξατμιστεί, προκαλώντας ψύξη του βολβού και ανάγνωση χαμηλότερης θερμοκρασίας από την αντίστοιχη του ξηρού βολβού.

Η σχέση μεταξύ των δύο θερμοκρασιών δίνει το μέτρο των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα.

5.1.3 Υγρασία

Ο λόγος υγρασίας (w ($\text{kg}/\text{kg}_{\xi,\alpha}$)) εκφράζει η μάζα των υδρατμών που περιέχονται στη μονάδα μάζας του ξηρού αέρα.

Ο αέρας έχει σημαντική ικανότητα να κρατάει υγρασία, και αυτή η ικανότητα μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του αέρα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνει η ικανότητα διατήρησης της υγρασίας. Αν ο αέρας σε κάποια θερμοκρασία απορροφήσει όλη την υγρασία την οποία και διατηρεί, τότε έχουμε κορεσμό.

Η σχετική υγρασία (ϕ (%)) του αέρα ονομάζεται ο λόγος της πραγματικής μάζας των υδρατμών που περιέχονται στη μονάδα μάζας του αέρα προς τη μάζα των υδρατμών που χρειάζεται ο αέρας της ίδιας θερμοκρασίας για να κορεστεί.

5.1.4 Σημείο δρόσου

Είναι η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχονται στον αέρα, όταν αυτός ψύχεται βαθμιαία. Στη θερμοκρασία αυτή εξυπακούεται πως ο αέρας είναι κορεσμένος και δεν μπορεί να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς με αποτέλεσμα η σχετική υγρασία να είναι 100%.

5.1.5 Ενθαλπία

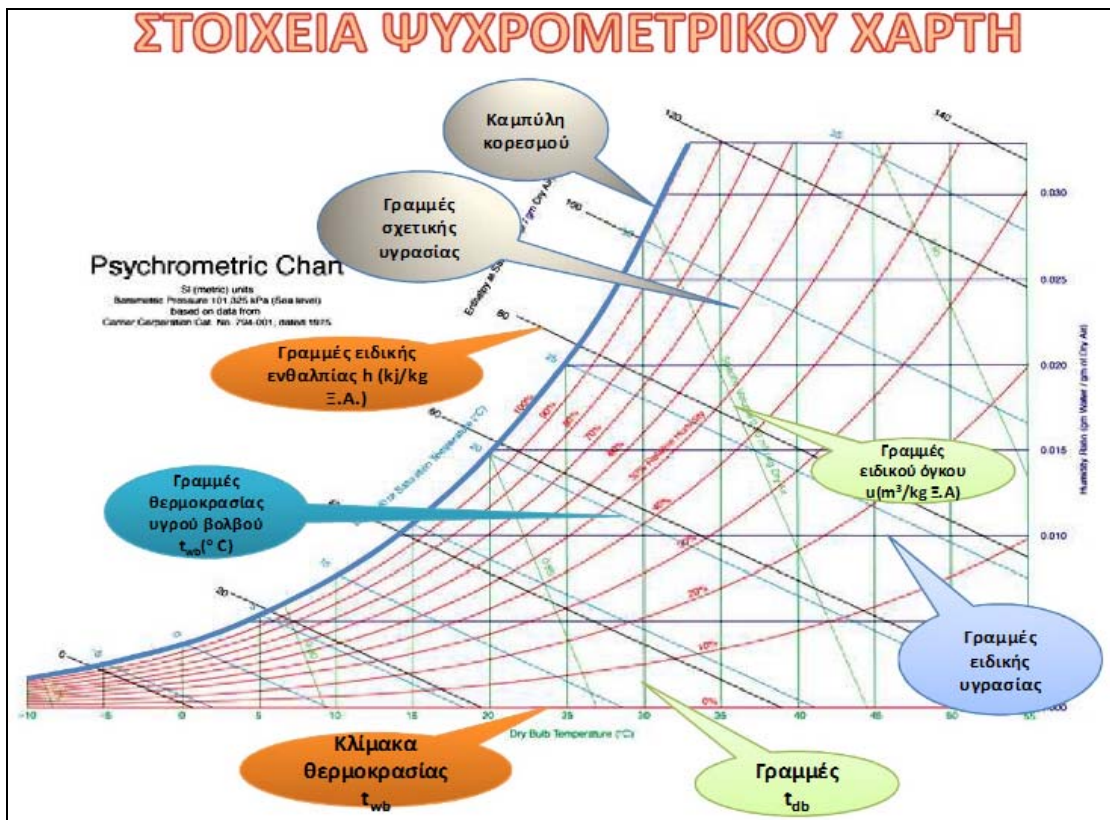
Η ενθαλπία (h ($\text{kJ}/\text{kg}_{\xi,\alpha}$)) είναι το σύνολο της αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας που περιέχεται στη μονάδα μάζας του αέρα, είναι δηλαδή η ολική ενέργεια που έχουν ο ξηρός αέρας και οι περιεχόμενοι υδρατμοί. Δίνοντας μια ποσότητα αέρα (μείγμα ξηρού αέρα και υδρατμών) σε κάποια θερμοκρασία, η ενθαλπία του είναι η ενέργεια που απαιτείται για να φτάσει την καθορισμένη θερμοκρασία και για την εξάτμιση του νερού που βρίσκεται μέσα στον αέρα σε μορφή υδρατμών. [6]

5.1.6 Ψυχομετρικό διάγραμμα

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ψυχομετρικού χάρτη παρουσιάζονται στο σχήμα 5.2 . Οι θερμοκρασίες ξηρού βολβού παρίστανται στον οριζόντιο άξονα και η ειδική υγρασία στον κατακόρυφο. Στο αριστερό άκρο του διαγράμματος υπάρχει μια καμπύλη γραμμή, η οποία αναφέρεται και ως καμπύλη κορεσμού. Στην καμπύλη αυτή είναι τοποθετημένες όλες οι καταστάσεις κορεσμένου αέρα, επομένως, είναι επίσης η καμπύλη με 100% σχετική υγρασία. Την ίδια γενική μορφή έχουν και οι υπόλοιπες καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας.

Οι γραμμές, που αντιστοιχούν σε καταστάσεις σταθερής θερμοκρασίας υγρού βολβού, εμφανίζονται με κλίση προς τα δεξιά. Παρόμοιες εμφανίζονται και οι γραμμές σταθερού ειδικού όγκου (v ($m^3/kg_{ξ.α}$)) με μοναδική διαφορά ότι έχουν μεγαλύτερη κλίση. Οι γραμμές σταθερής ενθαλπίας είναι αρκετά κοντά και σχεδόν παράλληλες με τις γραμμές σταθερής θερμοκρασίας υγρού βολβού.

Το ψυχομετρικό διάγραμμα εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό στην απεικόνιση των διεργασιών κλιματισμού. Για παράδειγμα, μια συνηθισμένη διεργασία θέρμανσης ή ψύξης παρουσιάζεται στο διάγραμμα με τη μορφή οριζόντιας γραμμής, εάν δεν υπάρχει ύγρανση ή αφύγρανση (δηλαδή όταν $w =$ σταθερό). Κάθε απόκλιση από την οριζόντια γραμμή υποδηλώνει ότι κατά τη διάρκεια της διεργασίας στον αέρα λαμβάνει χώρα πρόσθεση ή αφαίρεση υγρασίας.



Σχήμα 5.2: Σχηματική μορφή ψυχομετρικού διαγράμματος [20]

5.2 Συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης COP

Όταν μιλάμε για απόδοση του ψυκτικού συστήματος εννοούμε την ένδειξη της ενεργειακής απόδοσης ολόκληρου του ψυκτικού κύκλου, όπου συνήθως εκφράζεται με τον συντελεστή συμπεριφοράς (COP), ο οποίος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες: [21]

- Το ψυκτικό μέσο
- Τη διάταξη του κύκλου
- Τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης
- Την απόδοση του ψύκτη
- Την ικανότητα αφύγρανσης

Ο θερμικός συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) ορίζεται ως το άθροισμα της θερμότητας που παραλαμβάνει το ρεύμα επεξεργασίας του αέρα από το κύκλωμα του νερού ως προς τη θερμότητα που προσδίδεται στο ρεύμα αναγέννησης μέσω των ηλεκτρικών αντιστάσεων.

$$\text{COP} = \frac{\Delta H_{3-8}}{\Delta H_{7-9}} = \frac{\dot{m}_{\text{pro}} \cdot (h_3 - h_8)}{\dot{m}_{\text{rea}} \cdot (h_7 - h_9)} \quad (5.1)$$

όπου \dot{m}_{pro} είναι η παροχή μάζας επεξεργασίας του αέρα (process air), \dot{m}_{rea} είναι η παροχή μάζας αναγέννησης του αέρα (reactivation air) και h (kJ/kg) ενθαλπία, ο λόγος $\dot{m}_{\text{pro}} / \dot{m}_{\text{rea}} = 3.5$

5.3 Ικανότητα αφύγρανσης DW

Η ικανότητα αφύγρανσης (DW) ορίζεται ως η ποσότητα υγρασίας που κατακρατάται από τον αφυγραντήρα στο ρεύμα του αέρα επεξεργασίας.

$$\text{DW} = W_4 - W_5 \quad (5.2)$$

όπου w ($\text{kg}_{\text{υγρασίας}} / \text{kg}_{\text{ξηρού αέρα}}$) ο λόγος υγρασίας.

Η ικανότητα αφύγρανσης (DW) εξαρτάται από το υλικό και τις διαστάσεις του αφυγραντή και από την υγρασία του περιβάλλοντος.

5.4 Μοντελοποίηση του ξηραντικού τροχού

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, έχουν αναλυθεί και συγκριθεί δύο διαφορετικά απλοποιημένα μοντέλα, για την πρόβλεψη της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα επεξεργασίας (processed air) και του αέρα αναγέννησης (regeneration air), στην έξοδο του ξηραντικού τροχού.

Πιο συγκεκριμένα, πρώτα εξετάστηκε η μη-γραμμική αναλογική μέθοδος των Jurinak and Banks. Το μοντέλο αυτό είναι εύκολα εφαρμόσιμο και αξιόπιστο, καθώς υποθέτουμε ότι ο αφυγραντής έχει άπειρη χωρητικότητα, γεγονός που

οδηγεί σε ίσες παροχές μαζών στα δύο ρεύματα (επεξεργασίας και αναγέννησης). Το δεύτερο απλοποιημένο μοντέλο που εξετάστηκε είναι των Beccali et al, το οποίο βασίζεται στην παρεμβολή πειραματικών δεδομένων που έχουν ληφθεί από την βιομηχανία.

5.4.1 Μοντέλο Jurinak – Banks

Το μοντέλο, σύμφωνα με το σύστημα του σχήματος 5.1, αποτελείται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$e_{f1} = \frac{F15-F14}{F16-F14} \quad (5.3)$$

$$e_{f2} = \frac{F25-F24}{F26-F24} \quad (5.4)$$

όπου F14,F24, F15,F25,F16,F26 δίνονται τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$F14 = \left(\frac{-2865}{T_4^{1.49}} \right) + 4.244 \cdot w_4^{0.8624} \quad (5.5)$$

$$F15 = \left(\frac{-2865}{T_5^{1.49}} \right) + 4.244 \cdot w_5^{0.8624} \quad (5.6)$$

$$F16 = \left(\frac{-2865}{T_6^{1.49}} \right) + 4.244 \cdot w_6^{0.8624} \quad (5.7)$$

$$F24 = \left(\frac{T_4^{1.49}}{6360} \right) - 1.127 \cdot w_4^{0.07969} \quad (5.8)$$

$$F25 = \left(\frac{T_5^{1.49}}{6360} \right) - 1.127 \cdot w_5^{0.07969} \quad (5.9)$$

$$F26 = \left(\frac{T_6^{1.49}}{6360} \right) - 1.127 \cdot w_6^{0.07969} \quad (5.10)$$

Οι απαιτούμενες τιμές $[e_{f1}, e_{f2}] = [0.05, 0.95]$ έχουν οριστεί, ώστε να αντιστοιχούν στην απόδοση ενός τυπικού τροχού, ενώ ο ιδανικός τροχός αναφέρεται στο $e_{f1}=0, e_{f2}=1$.

Το ξηραντικό σύστημα χρειάζεται μια πηγή θερμότητας για την παροχή της θερμότητας αναγέννησης, μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας αέρα – αέρα ή νερού – αέρα. Αυτή η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι συμβατική (ατμολέβητας / λέβητας πετρελαίου (gas / oil boiler), ηλεκτρικές αντιστάσεις) ή εναλλακτική (ηλιακή ενέργεια, απορριπτόμενη θερμότητα (waste heat)), καθώς οι συνθήκες λειτουργίας ευνοούν μια τέτοια χρήση. Στην εγκατάσταση που εξετάζεται έχουμε ηλεκτρικές αντιστάσεις των 6.9 kW. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη ανάλυση, δεν υπεισέρχεται σε λεπτομέρειες όσον αφορά το σύστημα πηγή ενέργειας – εναλλάκτης θερμότητας. Υποθέτουμε όμως ότι η διαθέσιμη θερμοκρασία αναγέννησης έχει σταθερή τιμή [29].

5.4.2 Μοντέλο Beccali et al

Το ψυχομετρικό μοντέλο που δημιουργήθηκε βασίζεται στις συσχετίσεις ανάμεσα στη σχετική υγρασία και στην ενθαλπία των ρευμάτων αέρα επεξεργασίας και αναγέννησης. Το μοντέλο χρησιμοποιείται για να προβλέψει την απόδοση τριών τύπων ξηραντικών τροχών, που κατασκευάστηκαν από διαφορετικού είδους στερεά ξηραντικά (τύπος I, II και III). Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη έχει τροποποιηθεί, ώστε να προβλέπει την θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα επεξεργασίας στην έξοδο του ξηραντικού τροχού, λαμβάνοντας υπόψη ο λόγος των παροχών αέρα ανάμεσα στην πλευρά επεξεργασίας και στην πλευρά αναγέννησης να είναι διαφορετικός του 1.

Λόγος υγρασίας στην έξοδο του ξηραντικού τροχού στο ρεύμα επεξεργασίας :

$$w_5 = \frac{\left[e^{0.053 \cdot T_5} \cdot (0.9428 \cdot RH_6 + 0.0572 \cdot RH_4) - 1.7976 \right]}{18.671} \quad (5.11)$$

$$\frac{RH_5 \cdot e^{0.053 \cdot T_5} - 1.7976}{18671.0} = \frac{h_5 - 1.006 \cdot T_5}{(2501 - 1.805 \cdot T_5)} \quad (5.12)$$

Σχετική υγρασία στη έξοδο του ξηραντικού τροχού στο ρεύμα επεξεργασίας :

$$RH_5 = (0.9428 \cdot RH_6 + 0.0572 \cdot RH_4) \quad (5.13)$$

Για ξηραντικό τροχό με silical gel τύπου I, η ενθαλπία του αέρα επεξεργασίας στην έξοδο του ξηραντικού τροχού, από τη σχέση [28]:

$$h_5 = (0.1312 \cdot h_6 + 0.8688 \cdot h_4) \quad (5.14)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1 Σύντομη περιγραφή της λήψης πειραματικών μετρήσεων

Για να γίνει πιο κατανοητή η πειραματική διαδικασία είναι σκόπιμη η παρουσίαση μιας λήψης μετρήσεων. Στο παράδειγμα που αναφέρεται παρακάτω, αναλύεται η περίπτωση, όπου η θερμοκρασία είναι 21°C και επιτυγχάνεται μέσω πρόψυξης και μετάψυξης (η θερμοκρασία αυτή θέλουμε να είναι στο θερμοκρασιόμετρο στη θέση 8, βλέπε σχήμα 5.1) για 0% ανακυκλοφορία. Στη διαδικασία του πειράματος πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι μετρήσεις που λαμβάνονται για την κάθε περίπτωση είναι για 24 ώρες και λαμβάνονται από τις 12 το μεσημέρι.

ΒΗΜΑ 1

Πρέπει να ρυθμιστούν τα στόμια παροχής αέρα, για τη περίπτωση που εξετάζεται, η οποία είναι 0% ανακυκλοφορία,. Επομένως στο στόμιο αναρρόφησης του αέρα περιβάλλοντος (στόμιο Z από κεφ. 3.1) πρέπει να είναι ανοικτές οι περσίδες, ενώ στο στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα (στόμιο Δ από κεφ. 3.1) πρέπει να είναι κλειστές, ενώ για 100% ανακυκλοφορία ισχύουν τα αντίστροφα. Στη περίπτωση που είναι απαραίτητο να γίνει ανάμιξη του αέρα περιβάλλοντος με του αέρα ανακυκλοφορίας, τότε πρέπει μ' ένα ταχύμετρο να υπολογίσουμε την ταχύτητα του αέρα και άρα την παροχή, οπότε μ' αυτόν τον τρόπο θα ρυθμίσουμε τις περσίδες ώστε να έχουμε την επιθυμητή ανάμιξη. Για 50% ανακυκλοφορία, υπολογίσαμε μετά από μέτρηση με το ταχύμετρο ότι πρέπει και στα δύο στόμια οι περσίδες να είναι ανοικτές.

ΒΗΜΑ 2

Ο κεντρικός διακόπτης ισχύος του αφυγραντήρα πρέπει να είναι στο "1", ο διακόπτης λειτουργίας του αφυγραντήρα στη θέση "MAN" (B από κεφ. 3.1) και η αντλία θερμότητας να τίθεται σε λειτουργία τουλάχιστον δύο ώρες πριν την έναρξη των μετρήσεων, από τον κεντρικό διακόπτη ισχύος της (E από κεφ. 3.2).

ΒΗΜΑ 3

Στο πίνακα ελέγχου, ο γενικός διακόπτης παροχής ρεύματος του πίνακα I και II (B.7 από κεφ. 3.3) και ο γενικός διακόπτης παροχής ρεύματος του πίνακα II (B.17 από κεφ. 3.3) πρέπει να είναι ανοικτοί (on ↑). Επίσης ο διακόπτης για την λειτουργία του ψύκτη (B.2 από κεφ. 3.3) πρέπει να είναι ανοικτός (on ↑), ο διακόπτης (B.3 από κεφ. 3.3) πρέπει να είναι στην ψύξη (ψύξη ↓), ώστε να ρυθμιστεί η θερμοκρασία από τον ψύκτη σε παρακάτω βήμα (ΒΗΜΑ 5) για να πετύχουμε τους 21 °C στο θερμοκρασιόμετρο στη θέση 8 και τέλος ο διακόπτης της πρόψυξης (B.5 από κεφ. 3.3) και μετάψυξης (B.6 από κεφ. 3.3) πρέπει να είναι ανοικτοί (on ↑).

ΒΗΜΑ 4

Ανοίγουμε τον υπολογιστή και θέτουμε σε λειτουργία το πρόγραμμα TELEVIS NET το οποίο θα κάνει την καταγραφή των μετρήσεων (βλέπε κεφ. 4).

ΒΗΜΑ 5

Ρυθμίζουμε την θερμοκρασία της αντλίας θερμότητας (βλέπε κεφ. 3.2) ώστε στο θερμοκρασιόμετρο 8 να έχουμε 21 °C, το οποίο ελέγχεται από το πρόγραμμα TELEVIS NET στον πίνακα πραγματικού χρόνου μετρήσεων (real time table) (βλέπε κεφ. 4.3.1).

ΒΗΜΑ6

Αφού ρυθμιστούν οι συνθήκες, η εγκατάσταση είναι έτοιμη να πάρει τις μετρήσεις μίας ημέρας (για 24 ώρες από τις 12 το μεσημέρι). Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, πρέπει ο υπολογιστής και το πρόγραμμα να είναι σε λειτουργία, ώστε να αποθηκεύονται οι μετρήσεις.

ΒΗΜΑ 7

Οι μετρήσεις μιας ημέρας έχουν καταχωρηθεί στο πρόγραμμα του υπολογιστή TELEVIS NET και στη συνέχεια θα τις εξάγουμε σ' ένα φύλλο EXCEL για να τις επεξεργαστούμε (βλέπε κεφ. 4.3.2.2).

6.2 Αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων

Η παραπάνω διαδικασία για τη λήψη των πειραματικών μετρήσεων θα γίνει συνολικά τέσσερις (4) φορές. Οι κατηγορίες που μας ενδιαφέρουν είναι δύο:

- Συνθήκες χειμώνα 21 °C
- Συνθήκες θέρους 26 °C

Η κάθε κατηγορία έχει δύο περιπτώσεις:

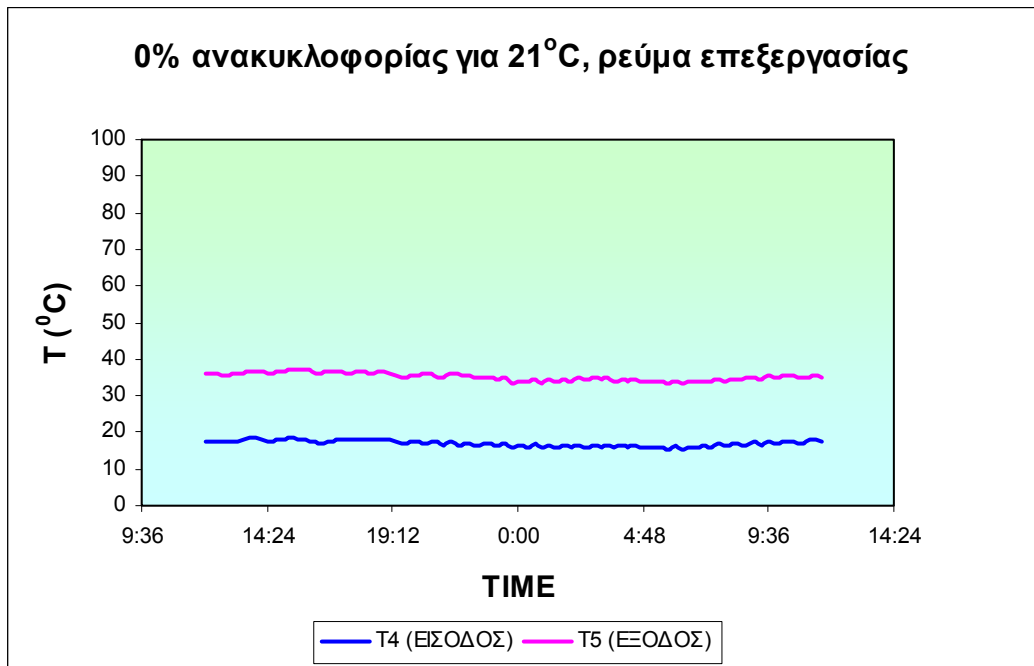
- 0% ανακυκλοφορία
- 50% ανακυκλοφορία

Μ' αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η πειραματική διαδικασία και παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα σε γραφήματα.

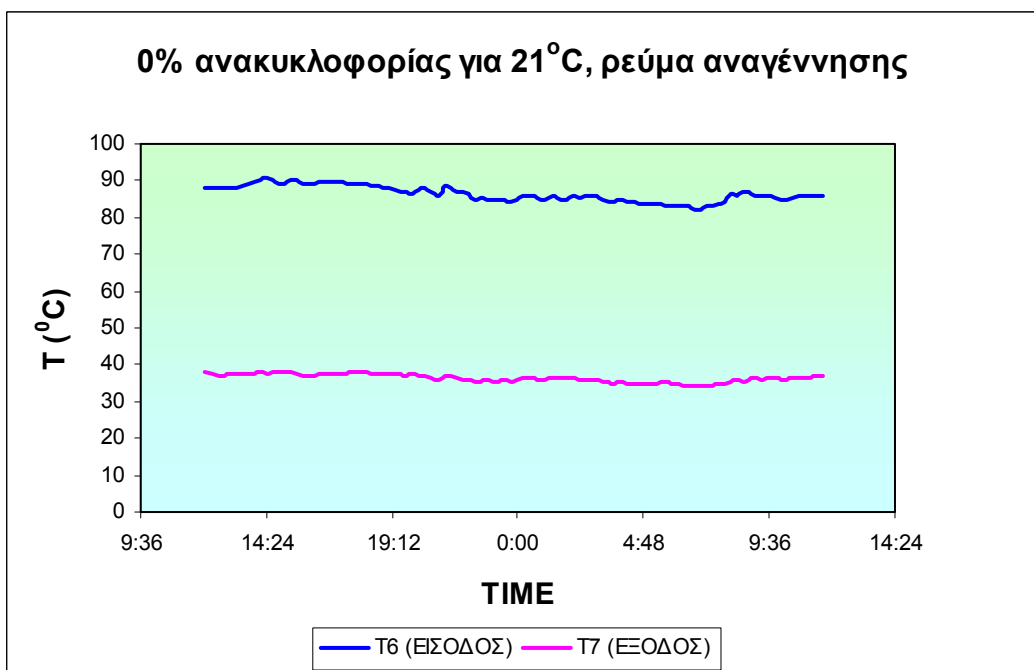
6.2.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C

Στη συγκεκριμένη κατηγορία, ο χώρος που αφυγραίνεται θέλουμε να έχει 21 °C, δηλαδή το θερμοκρασιόμετρο 8 να δείχνει 21 °C. Από το πρόγραμμα TELEVIS NET εξάγουμε σε πίνακες τα αποτελέσματα θερμοκρασίας (°C) και υγρασίας (%) που έχουν καταγραφεί από τα θερμοκρασιόμετρα και τα υγρασιόμετρα αντίστοιχα, τα οποία παρουσιάζονται σε παρακάτω γραφήματα.

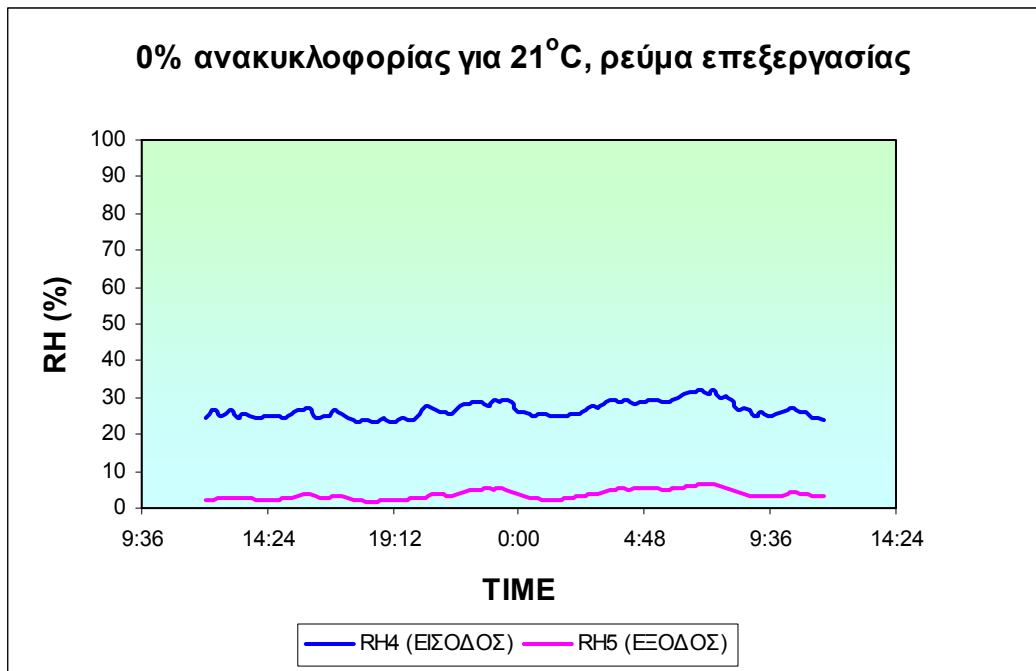
6.2.1.1 0% ανακυκλοφορία



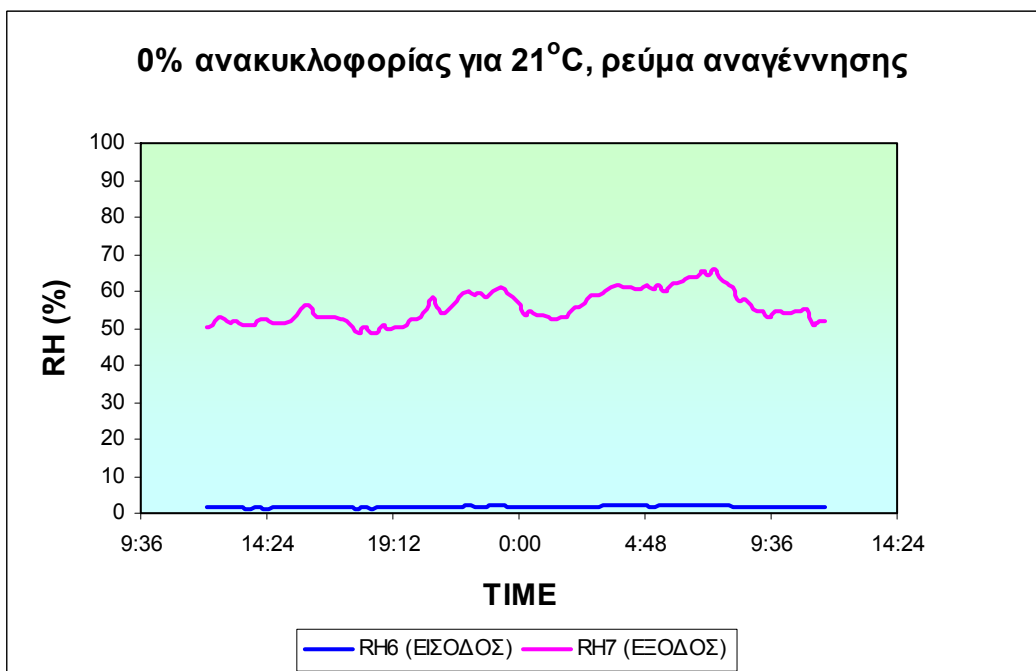
Γράφημα 6.1: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C



Γράφημα 6.2: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C

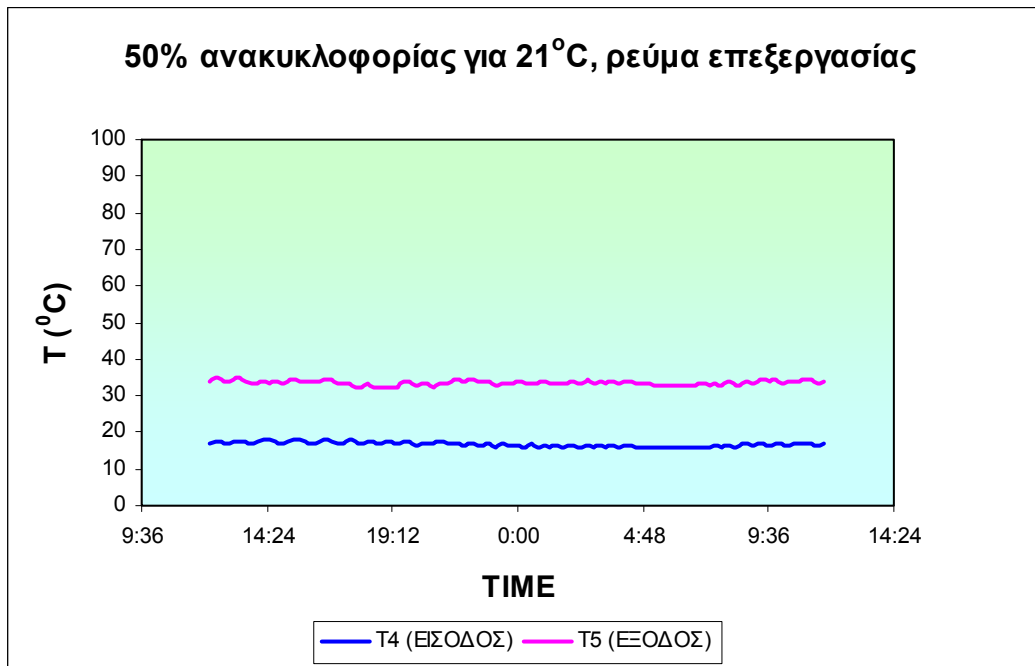


Γράφημα 6.3: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C

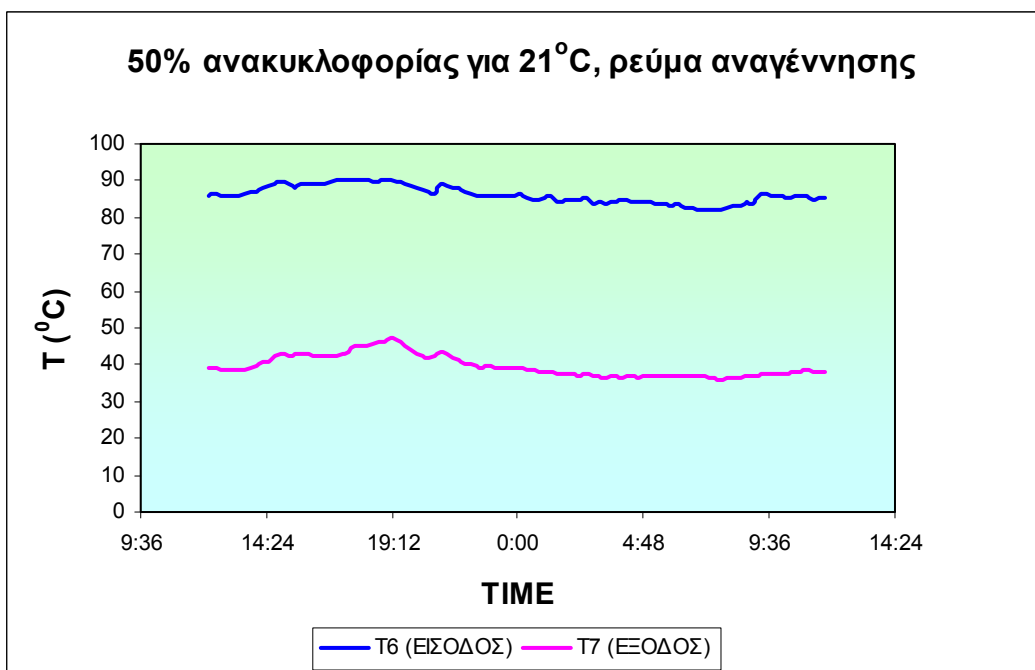


Γράφημα 6.4: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C

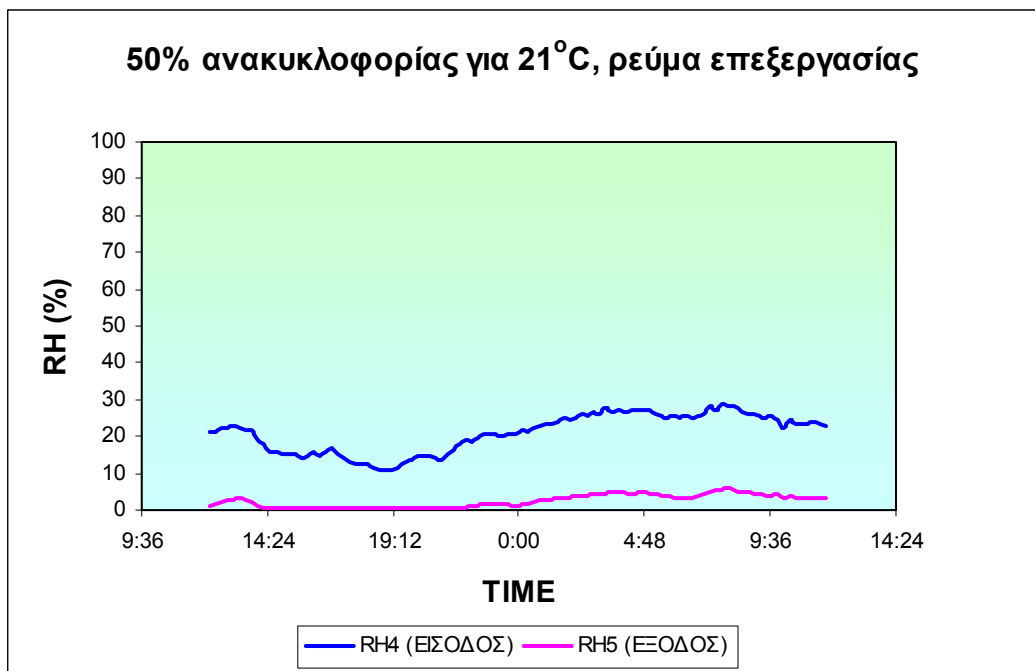
6.2.1.2 50% ανακυκλοφορία



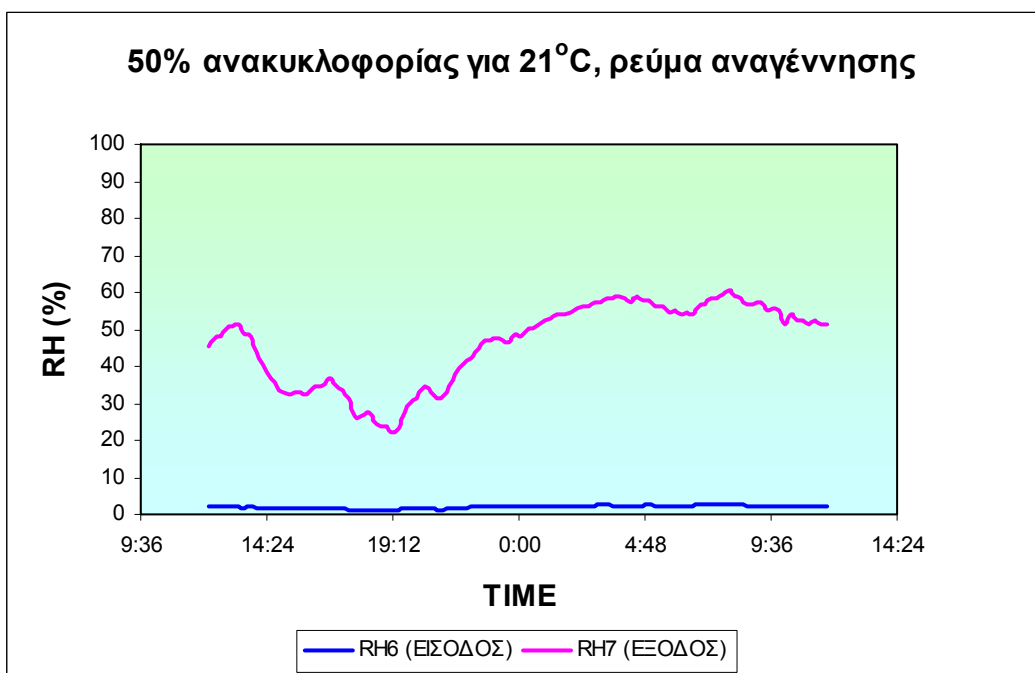
Γράφημα 6.5: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



Γράφημα 6.6: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



Γράφημα 6.7: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C

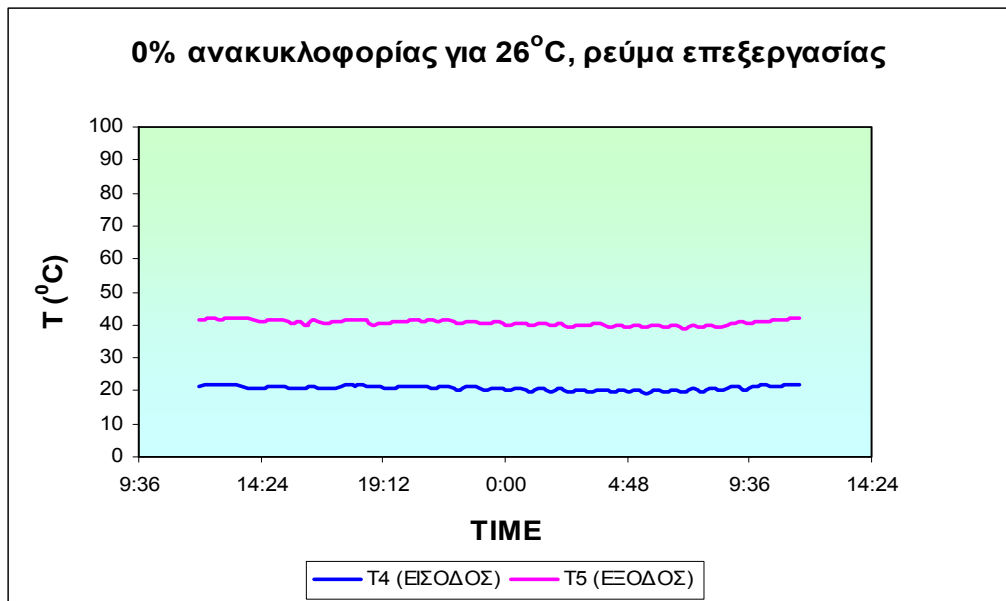


Γράφημα 6.8: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C

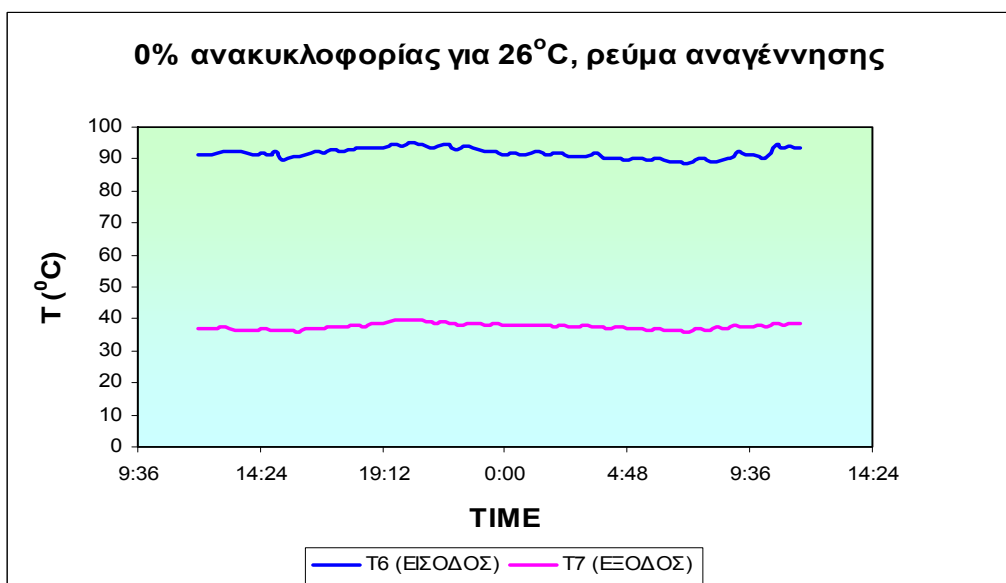
6.2.2 Συνθήκες θέρους 26 °C

Στη συγκεκριμένη κατηγορία, ο χώρος αφυγραίνεται θέλουμε να έχει 26 °C, δηλαδή το θερμοκρασιόμετρο 8 να δείχνει 26 °C. Από το πρόγραμμα TELEVIS NET εξάγουμε σε πίνακες τα αποτελέσματα θερμοκρασίας (°C) και υγρασίας (%) που έχουν καταγραφεί από τα θερμοκρασιόμετρα και τα υγρασιόμετρα αντίστοιχα, τα οποία παρουσιάζονται σε παρακάτω γραφήματα.

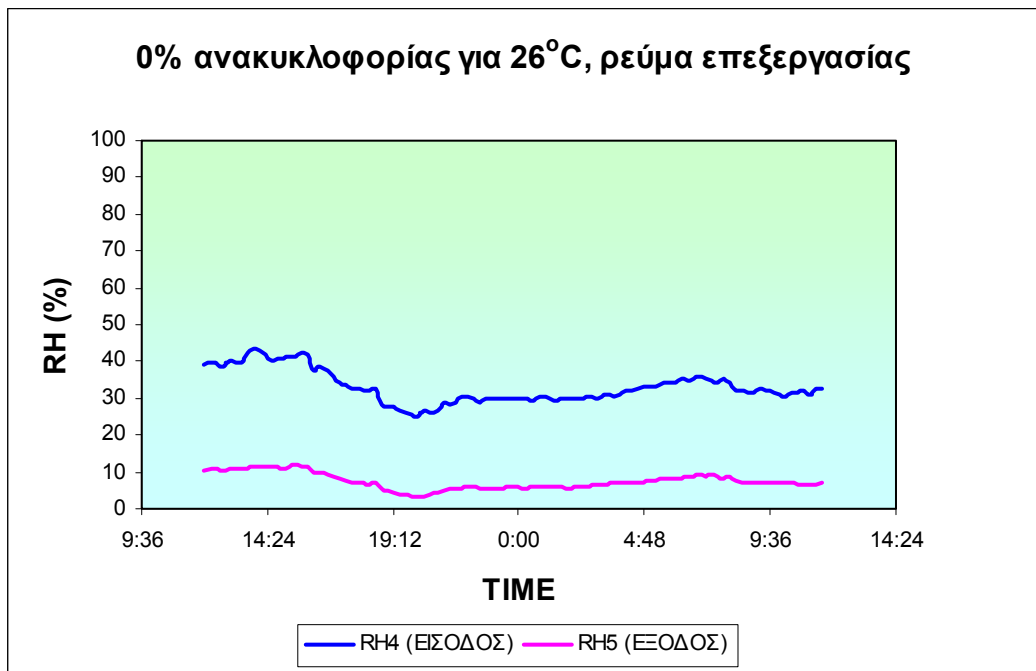
6.2.2.1 0% ανακυκλοφορία



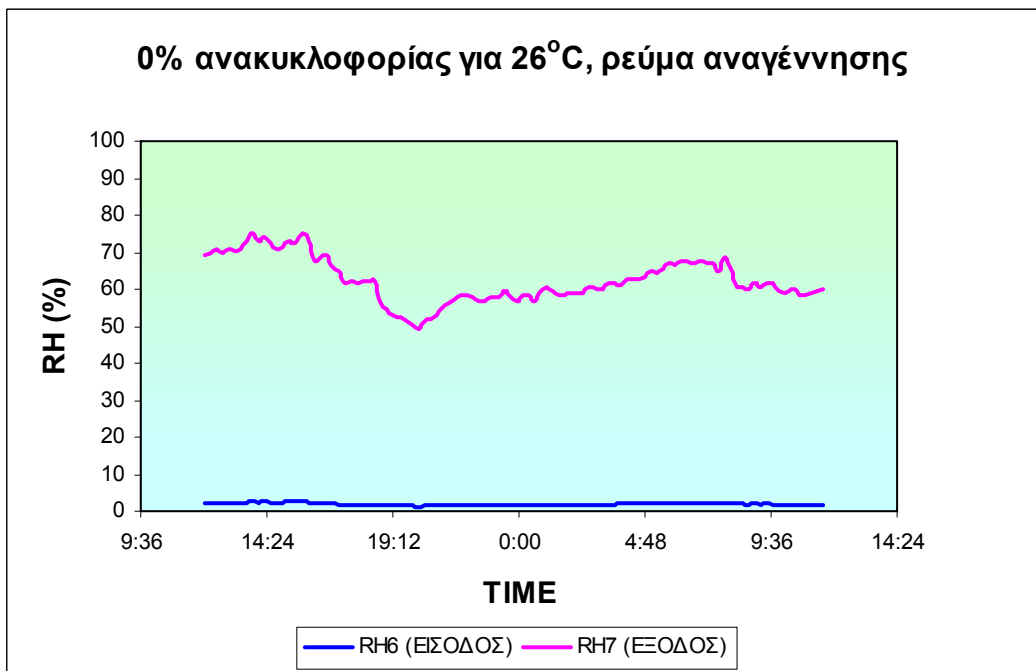
Γράφημα 6.9: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 6.10: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C

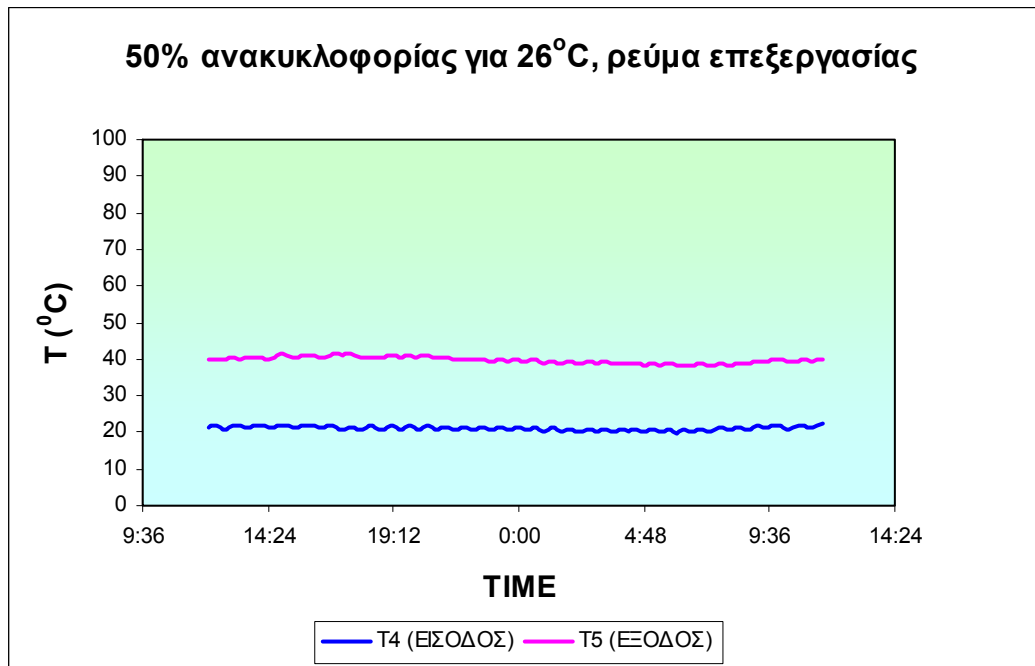


Γράφημα 6.11: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C

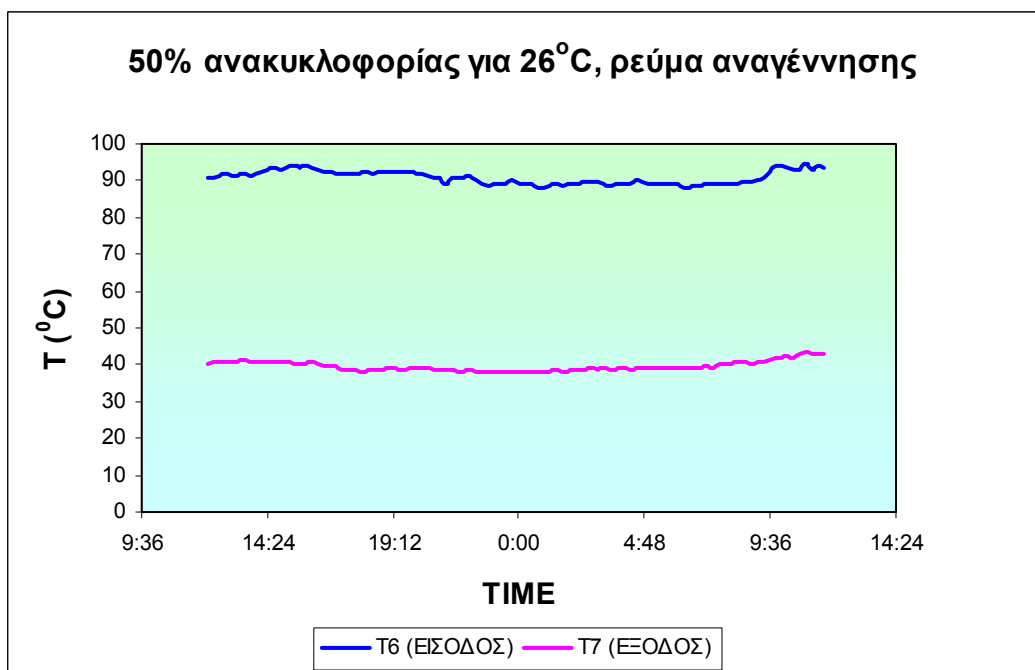


Γράφημα 6.12: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C

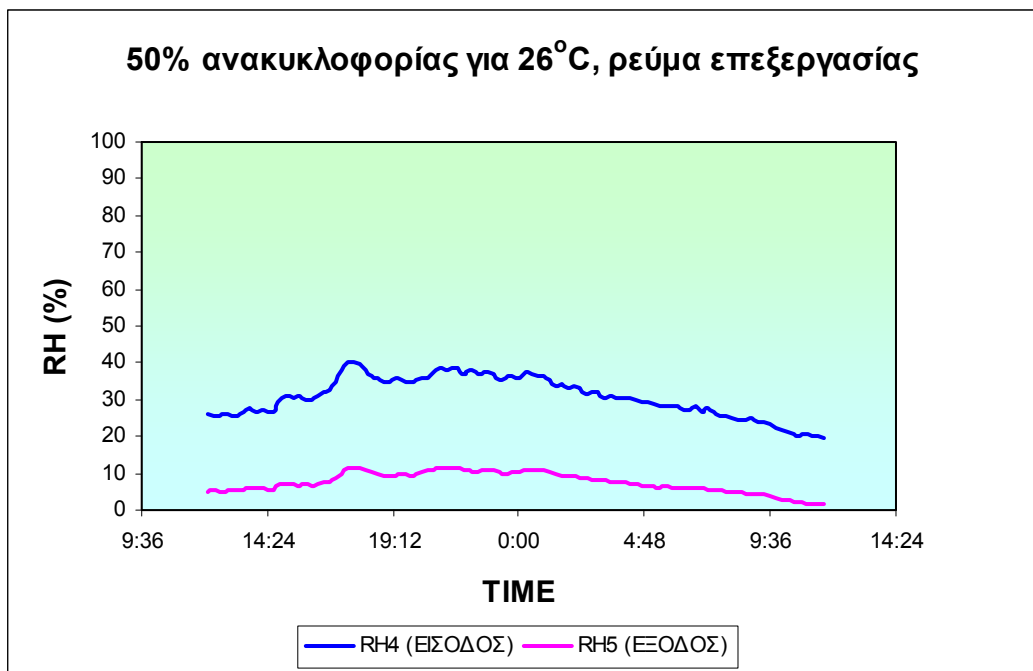
6.2.2.2 50% ανακυκλοφορία



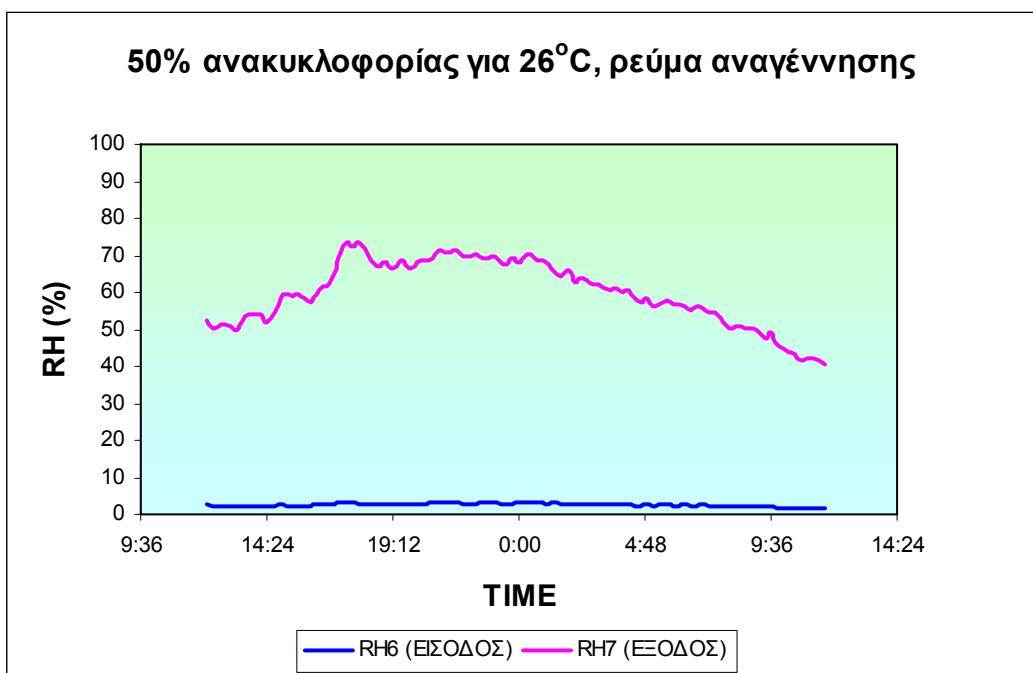
Γράφημα 6.13: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_4 και T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 6.14: Πειραματικά αποτελέσματα θερμοκρασίας T_6 και T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 6.15: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_4 και RH_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 6.16: Πειραματικά αποτελέσματα σχετικής υγρασίας RH_6 και RH_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

6.3 Ψυχομετρικές μεταβολές

Για καλύτερη εποπτεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, στους παρακάτω ψυχομετρικούς χάρτες φαίνονται οι ψυχομετρικές μεταβολές των δύο ρευμάτων σε κάθε περίπτωση. Με μπλε χρώμα παριστάνονται οι ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστη σχετική υγρασία και ελάχιστο συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP), ενώ με κόκκινο χρώμα παριστάνονται οι ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστη σχετική υγρασία και μέγιστο συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP).

Πίνακας 6.1: Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

Date and time 15/5/2011 14:10	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	26.7	22.3	26.7	18	36.6	90.2	37.8	22.3	24.6
W (gr/kg)	7.03	3.49	7.14	3.11	0.83	6.08	21.93	1.34	6.08
RH (%)	32.3	21	32.8	24.4	2.2	1.4	52.6	8.1	31.7

Πίνακας 6.2: Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

Date and time 16/5/2011 05:06	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	18.4	21.2	18.1	15.8	33.7	83.6	35	21.3	19
W (gr/kg)	7.13	4.63	6.94	3.25	1.68	6.39	21.60	1.92	6.39
RH (%)	54.2	29.7	53.8	29.3	5.2	1.9	60.4	12.3	46.9

Πίνακας 6.3: Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

Date and time 17/5/2011 16:08	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	23.9	22.2	24.9	16.9	33.7	89.2	42.6	21.1	23.9
W (gr/kg)	7.21	0.72	5.76	1.89	0.23	6.41	18.26	0.25	6.41
RH (%)	39.1	4.4	29.5	15.9	0.7	1.5	34.1	1.6	33.2

Πίνακας 6.4: Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

Date and time 18/5/2011 06:36	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	18.6	22	17.1	15.9	32.8	82.6	37	21.1	18
W (gr/kg)	9.41	2.1	5.61	2.77	1.07	7.84	21.67	1.46	7.84
RH (%)	70.4	12.9	46.4	24.9	3.5	2.4	54.3	9.5	61.6

Πίνακας 6.5: Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

Date and time 08/6/2011 13:24	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	31.7	26.7	32.1	22	41.9	92.6	36.5	26.5	29.4
W (gr/kg)	11.89	7.45	12.8	6.53	5.41	9.82	27.67	5.45	9.82
RH (%)	40.6	34.2	42.7	39.8	10.7	2	70.6	25.4	38.4

Πίνακας 6.6: Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

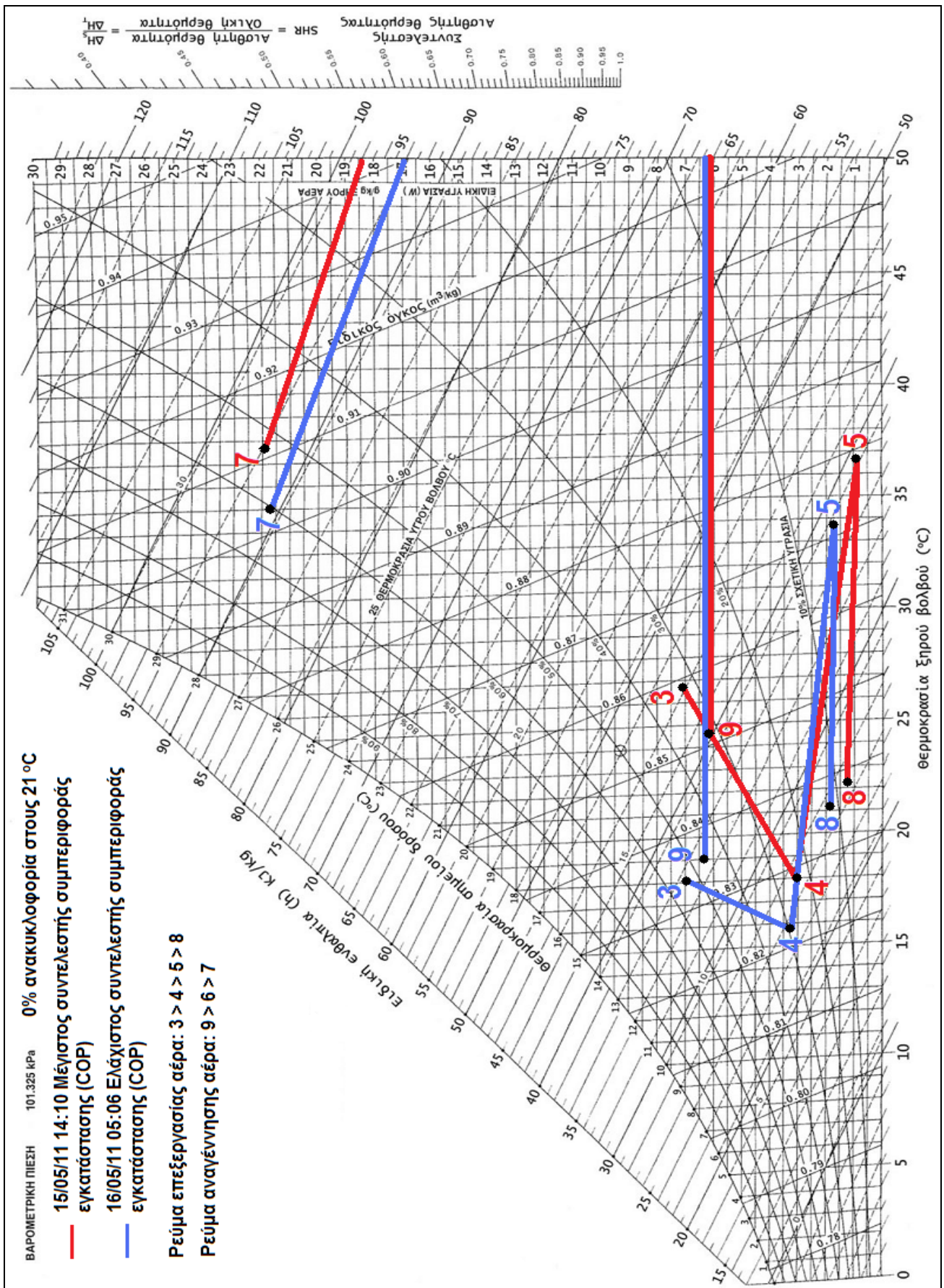
Date and time 09/6/2011 06:40	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	22.8	25.3	22.4	20.2	39.7	89.1	36.4	25.9	23.4
W (gr/kg)	10.28	6.89	9.89	5.15	3.95	9.09	26.01	4.22	9.09
RH (%)	59.3	34.4	58.5	35.1	8.8	2.2	66.9	20.4	50.7

Πίνακας 6.7: Ψυχομετρικές μεταβολές για μέγιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

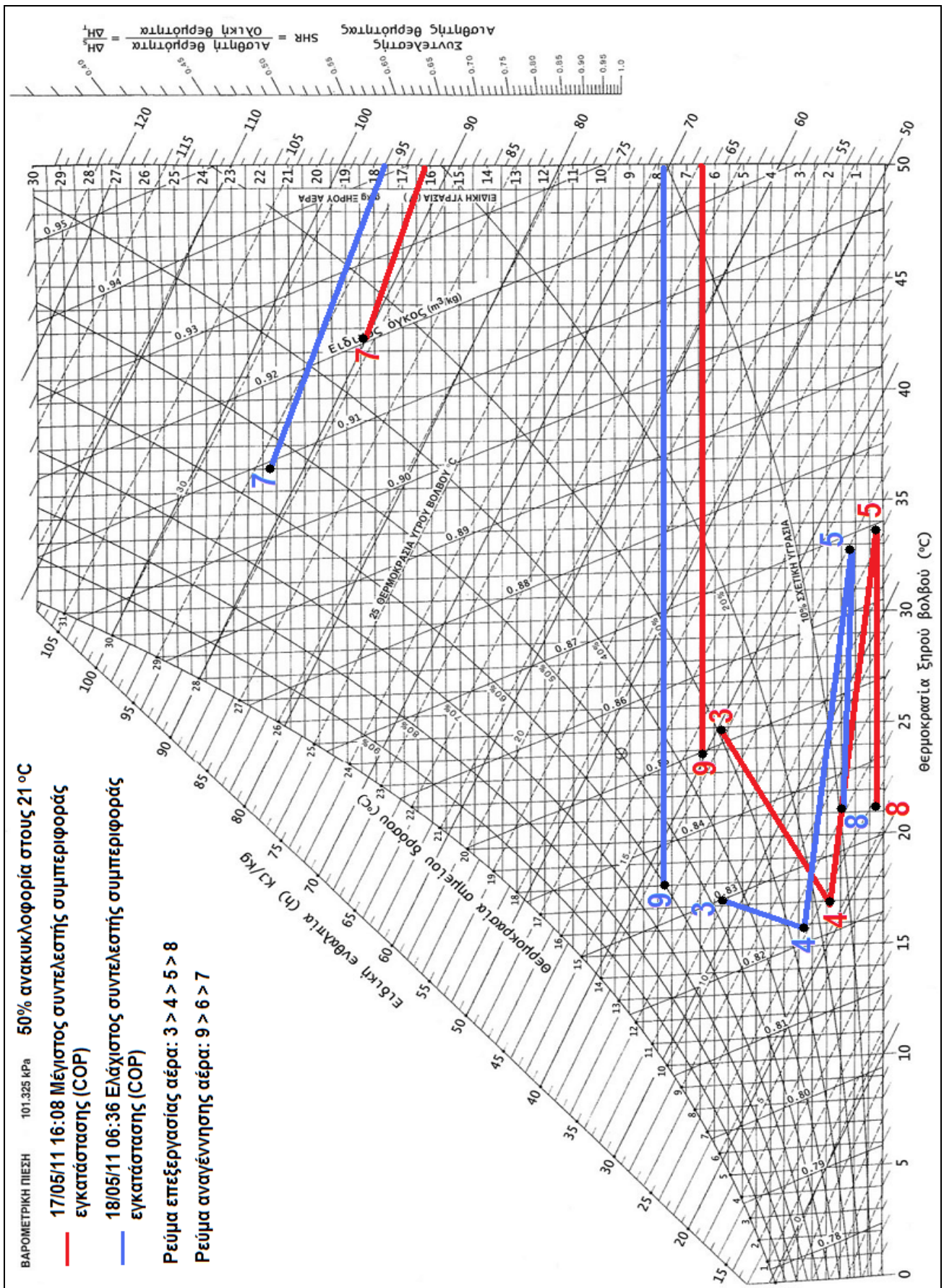
Date and time 04/6/2011 14:26	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	27.7	26	28.5	21.3	39.7	92.8	40.8	26.3	27.4
W (gr/kg)	11.65	3.34	9.54	4.13	2.46	10.03	25.51	2.85	10.03
RH (%)	50.1	16.1	39.3	26.4	5.5	2.1	51.8	13.15	44

Πίνακας 6.8: Ψυχομετρικές μεταβολές για ελάχιστο COP και 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

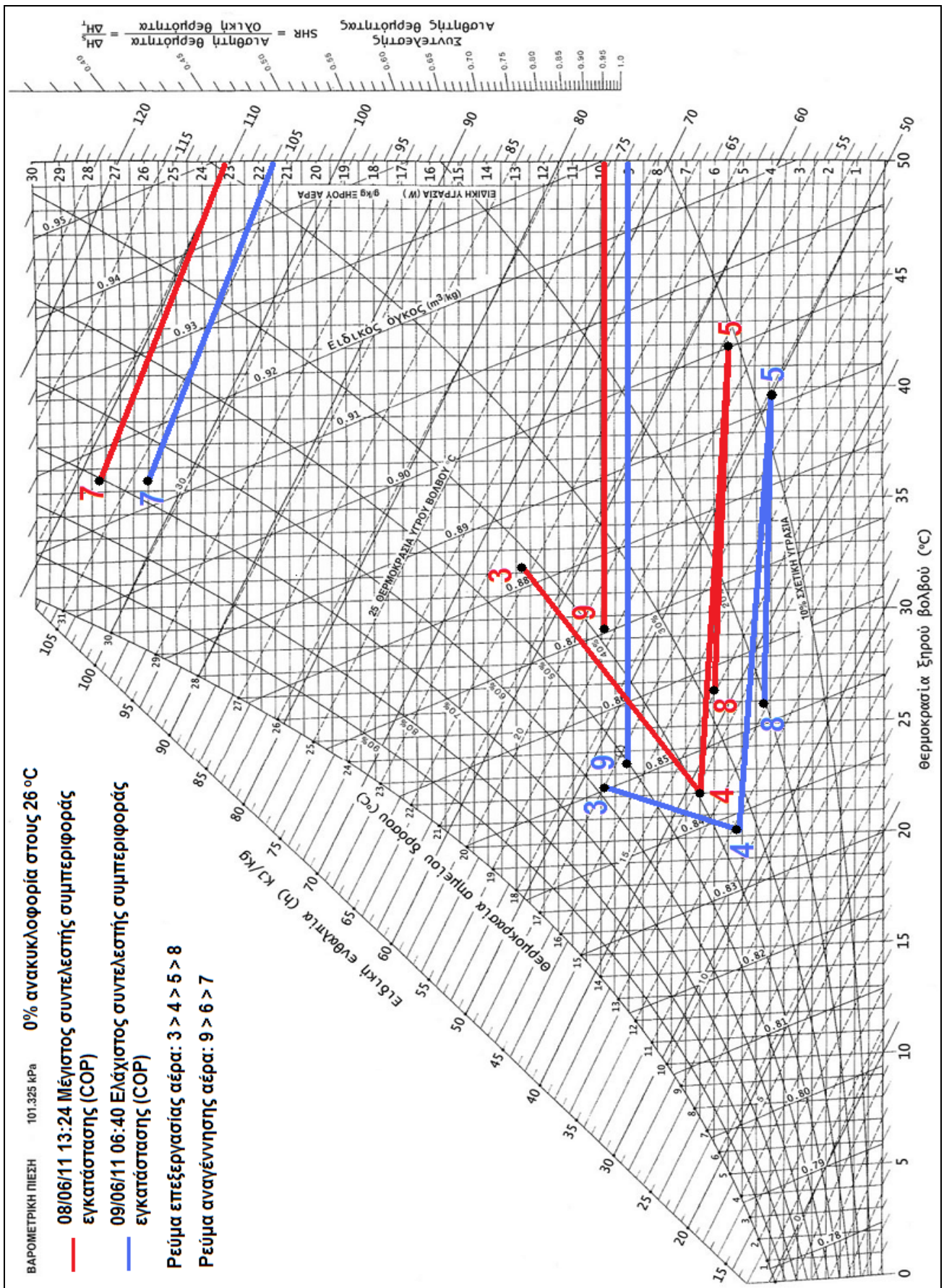
Date and time 05/6/2011 06:18	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T (°C)	22.5	25.7	20.9	20.6	38.5	88.1	39.2	26.2	22.2
W (gr/kg)	12.2	3.55	7.51	4.11	2.56	10.17	25.5	2.96	10.17
RH (%)	71.5	17.4	48.9	27.4	6.1	2.5	56.4	14.1	60.9



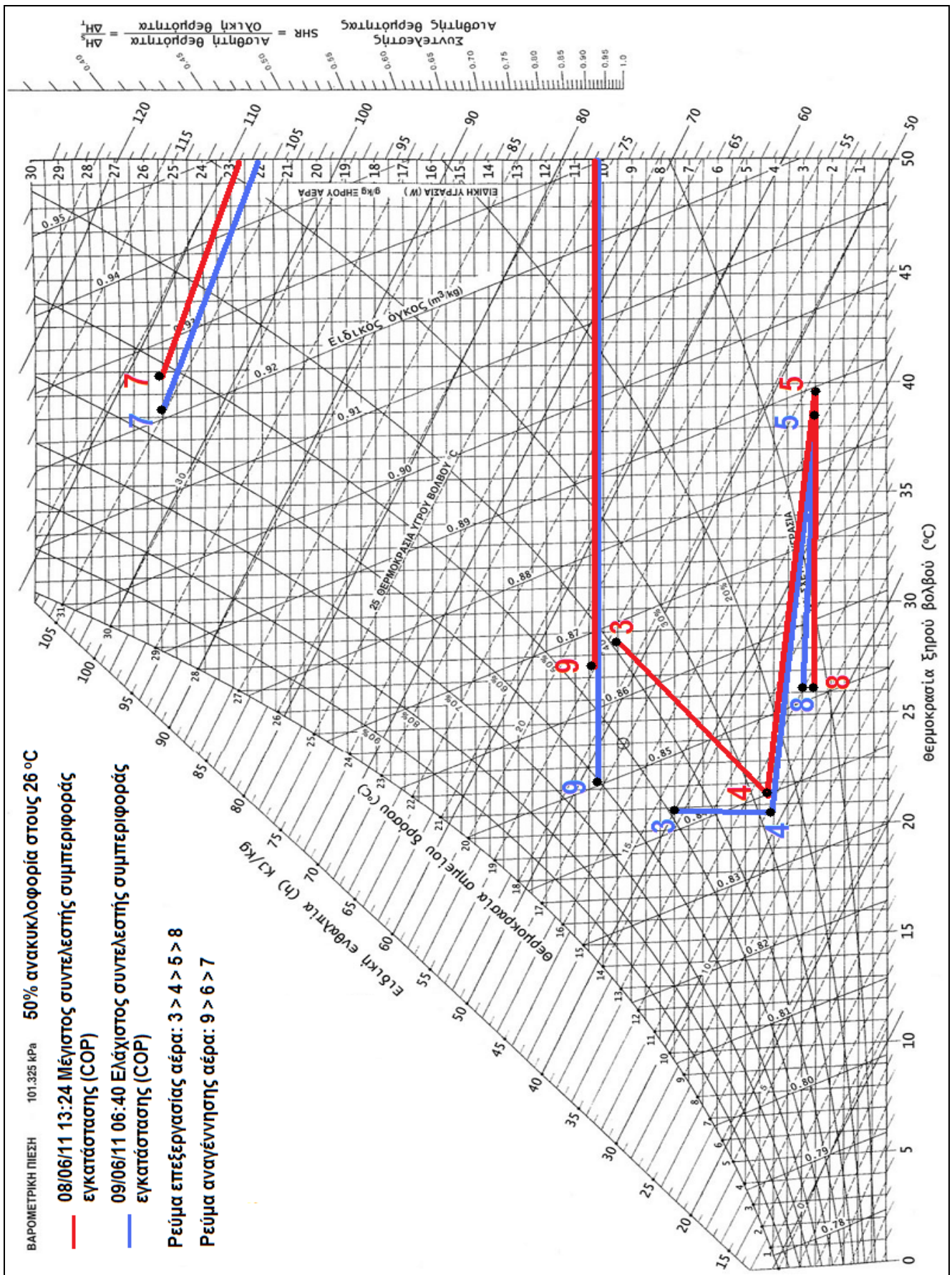
Σχήμα 6.1: Ψυχομετρικές μεταβολές για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C



Σχήμα 6.2 : Ψυχομετρικές μεταβολές για 50% ανακυκλοφορία στους 21 °C



Σχήμα 6.3: Ψυχομετρικές μεταβολές για 0% ανακυκλοφορία στους 26 °C



Σχήμα 6.4: Ψυχρομετρικές μεταβολές για 50% ανακυκλοφορία στους 26 °C

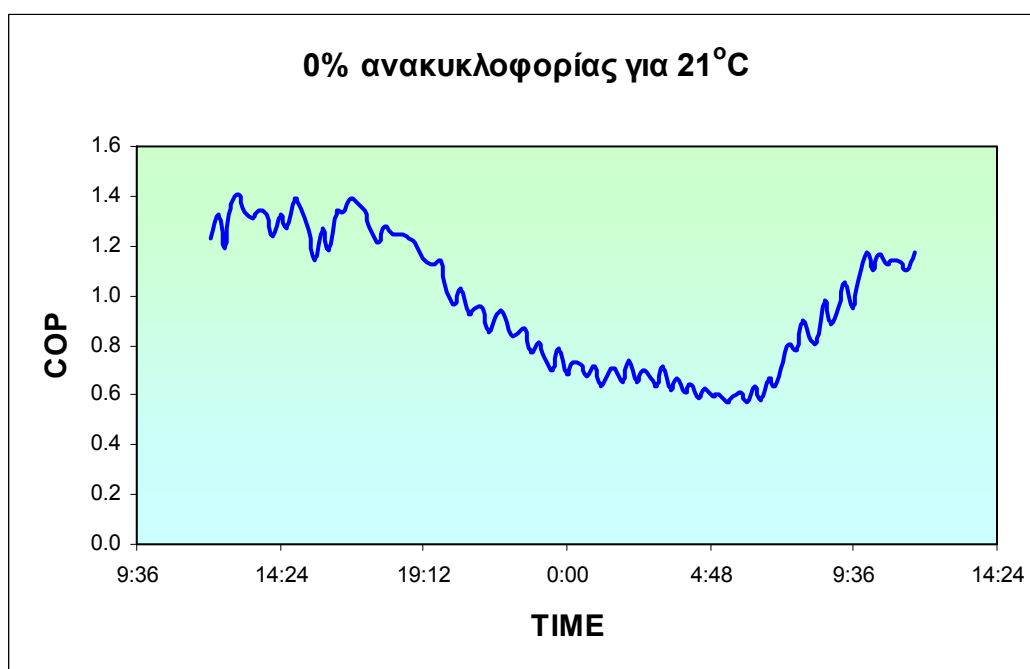
6.4 Επεξεργασία μετρήσεων

6.4.1 Υπολογισμός COP

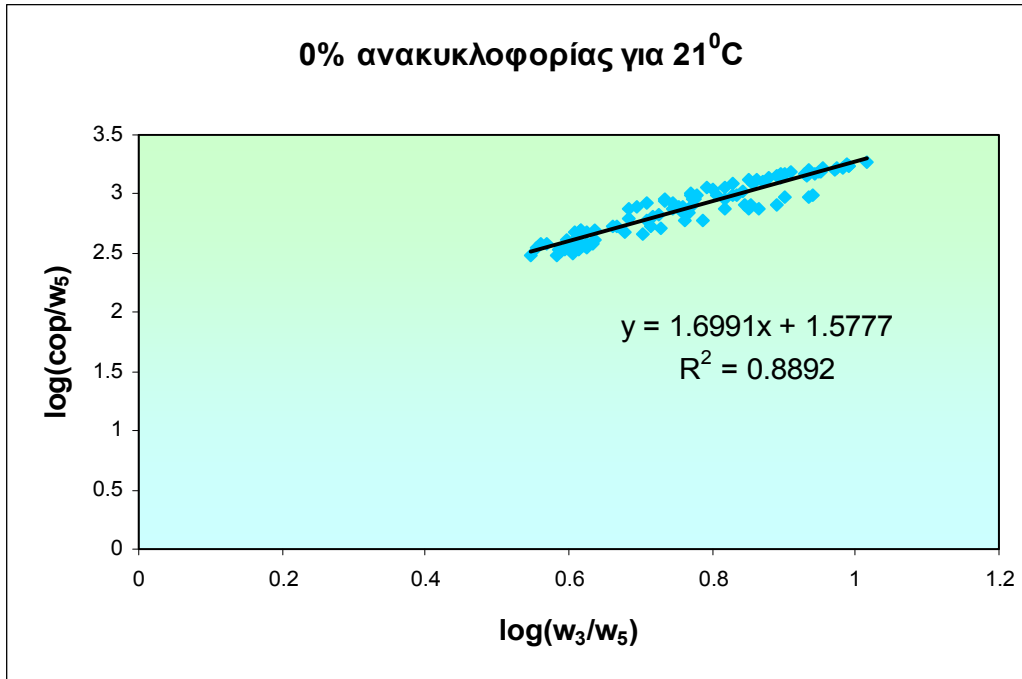
Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η συσχέτιση του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) στη διάρκεια μιας ημέρας, ξεκινώντας από τις 12:00 το μεσημέρι (άξονας x: ώρα, άξονας y: συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP)), η λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP / w_5) με το (w_3/w_5) , με απώτερο σκοπό να μελετηθεί ο συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) σε σχέση με τον λόγο υγρασίας (w_3) στο σημείο της ανάμιξης του αέρα και η συσχέτιση του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) με τη σχετική υγρασία (RH_3) στο σημείο ανάμιξης του αέρα, για κάθε περίπτωση.

6.4.1.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C

6.4.1.1.1 0% ανακυκλοφορία



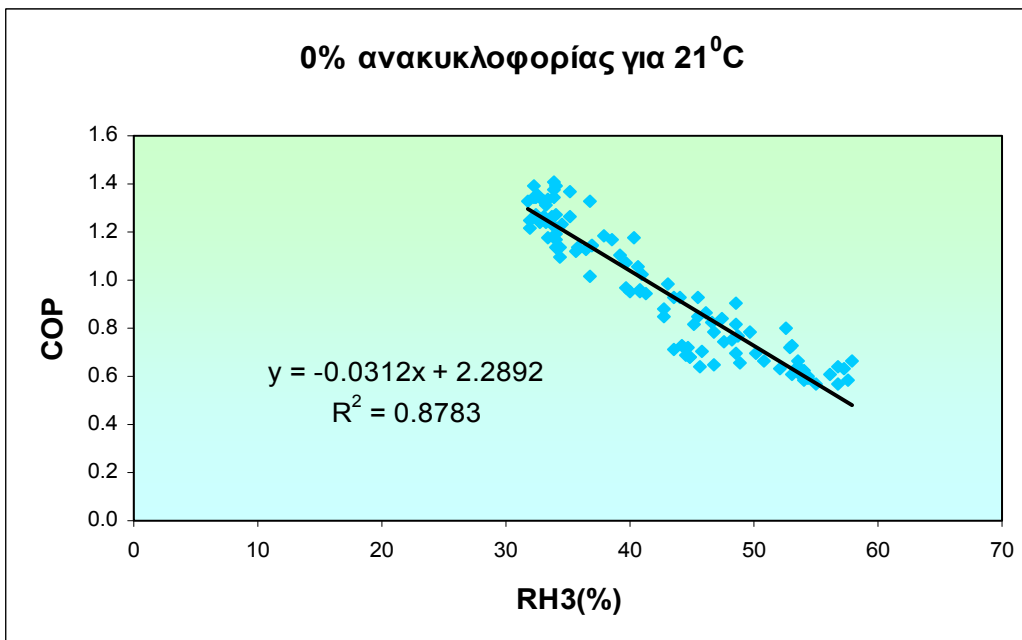
Γράφημα 6.17: Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C



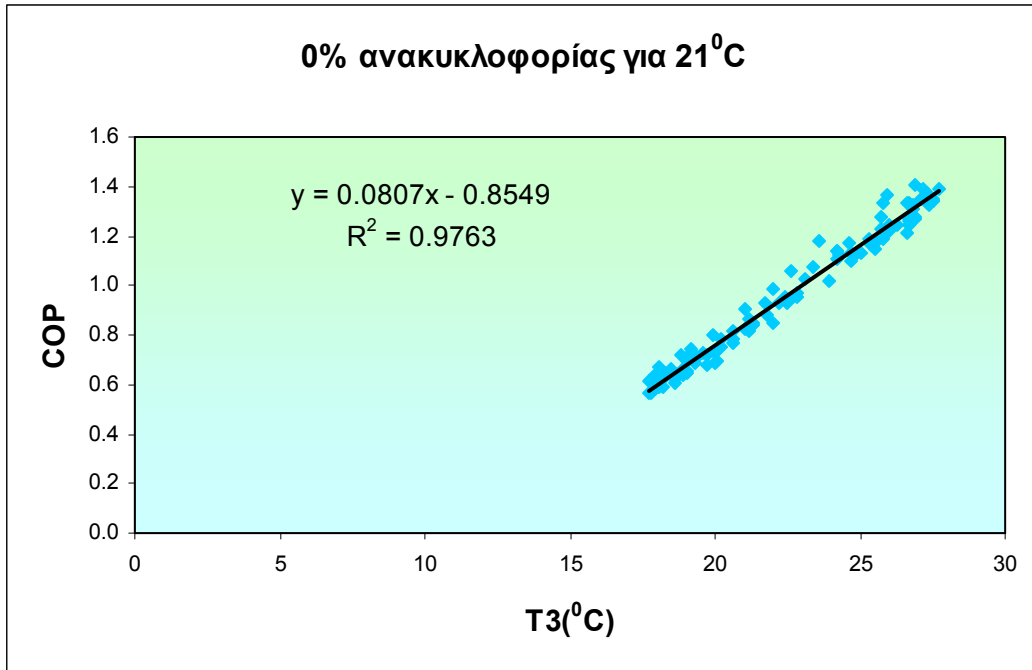
Γράφημα 6.18: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

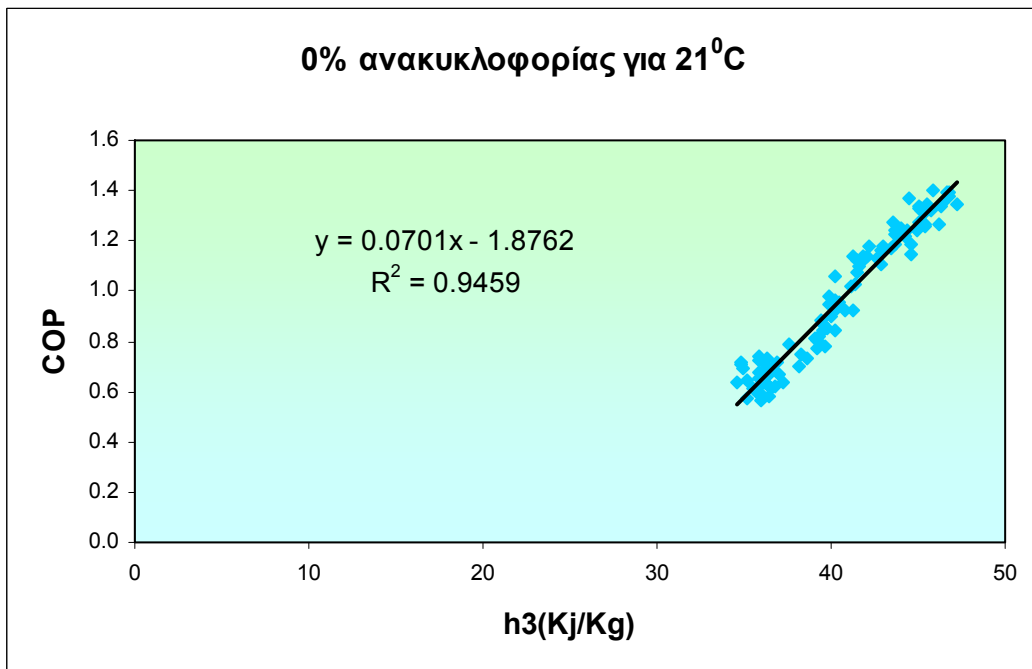
$$\log\left(\frac{COP}{w_5}\right) = 1.6991 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) + 1.5777 \Rightarrow COP = \frac{37.82}{w_5^{0.6991}} \cdot w_3^{1.6991}$$



Γράφημα 6.19: Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C

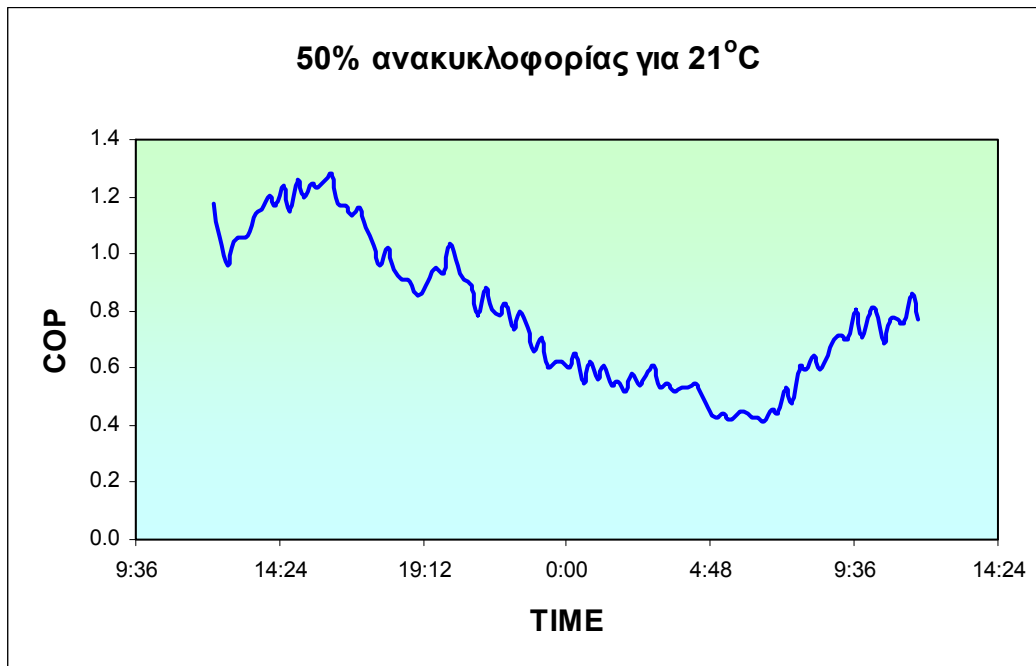


Γράφημα 6.20: Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21^oC

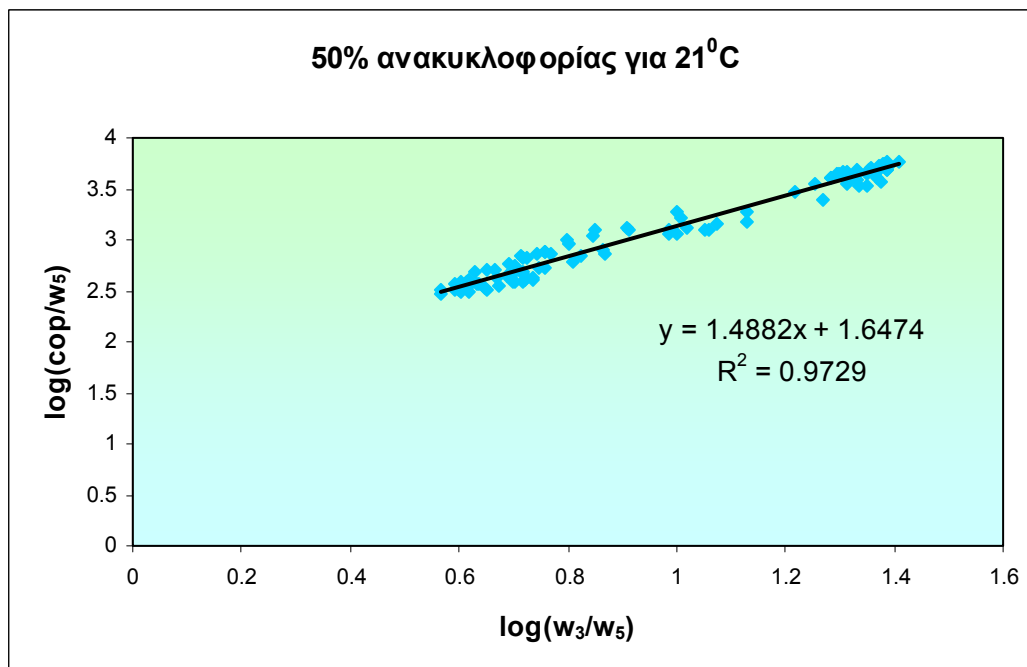


Γράφημα 6.21: Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21^oC

6.4.1.1.2 50% ανακυκλοφορία



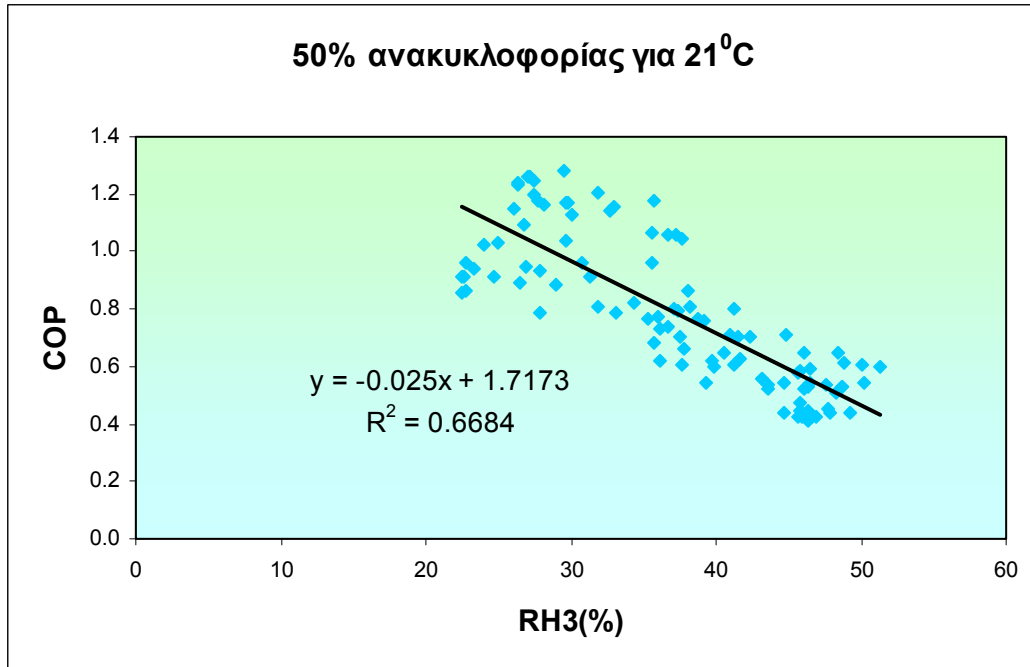
Γράφημα 6.22: Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



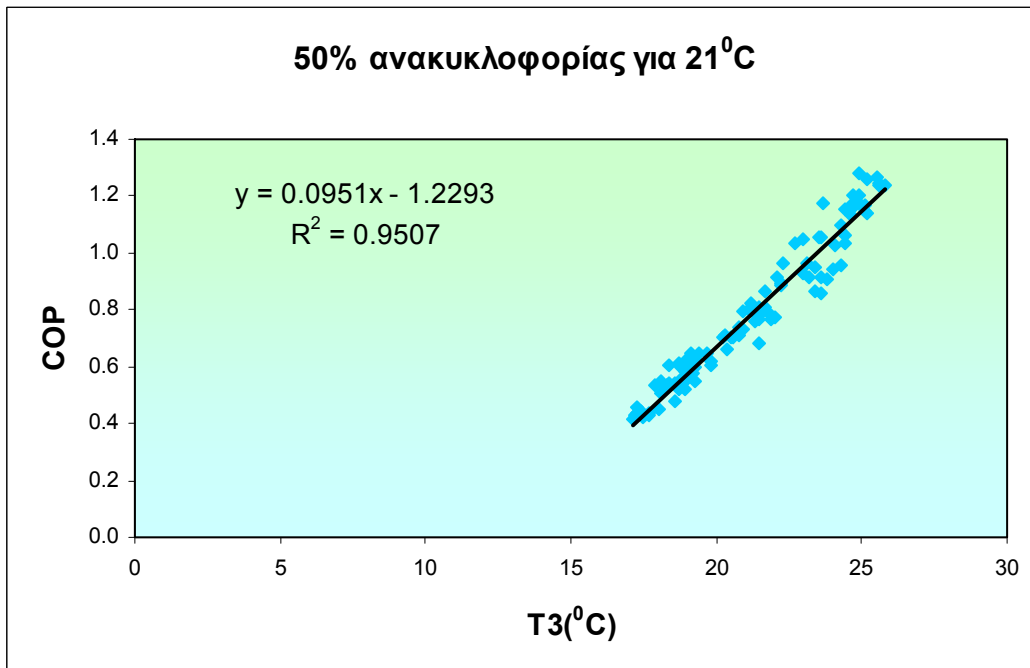
Γράφημα 6.23: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

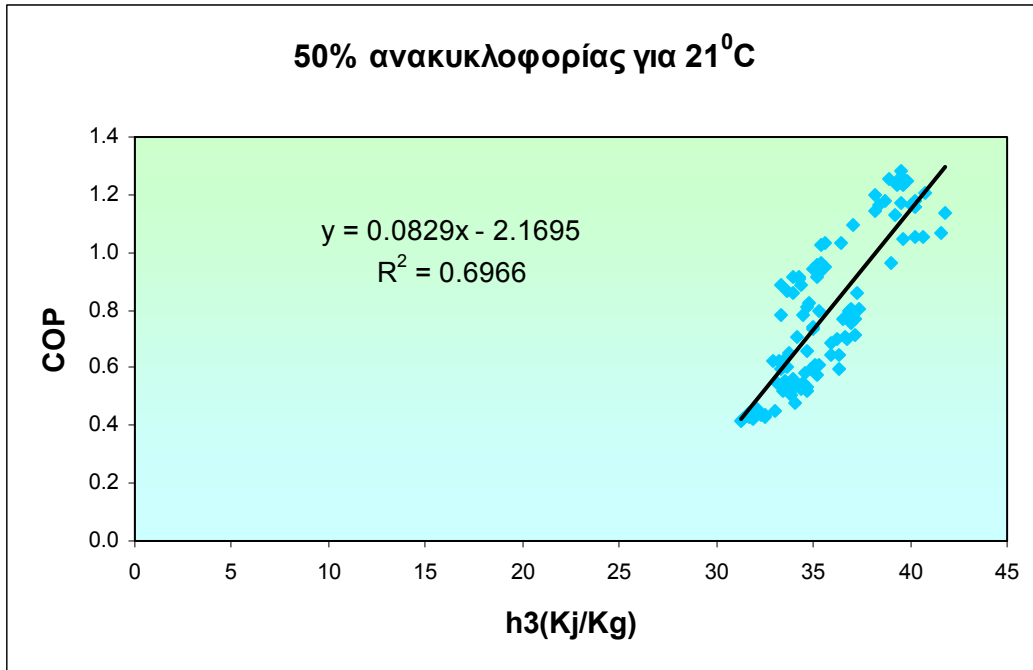
$$\log\left(\frac{COP}{w_5}\right) = 1.4882 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) + 1.6474 \Rightarrow COP = \frac{44.4}{w_5^{0.4882}} \cdot w_3^{1.4882}$$



Γράφημα 6.24: Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



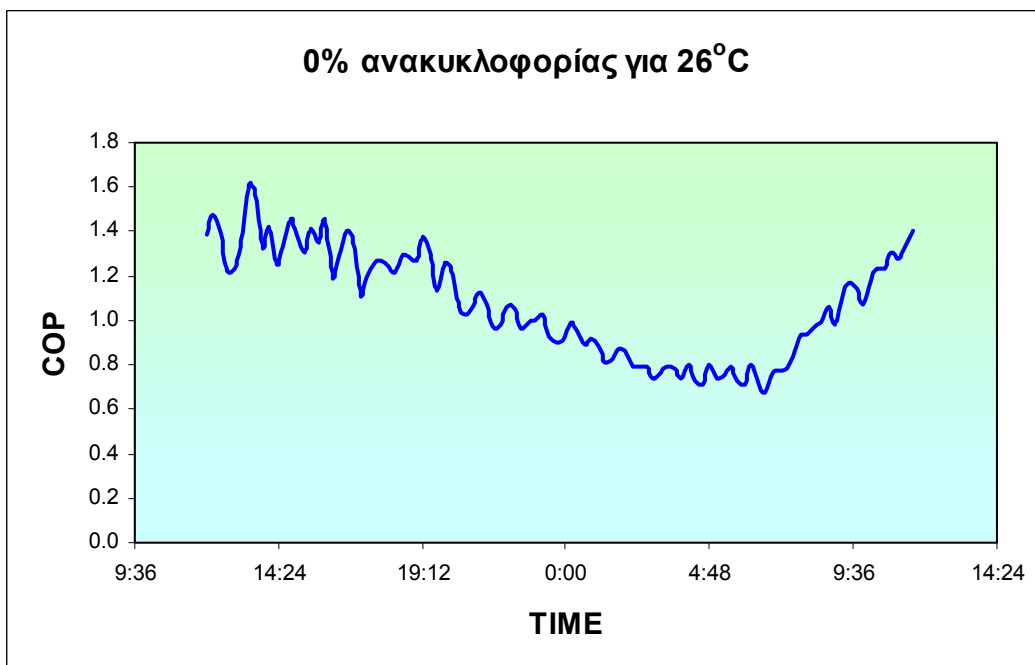
Γράφημα 6.25: Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



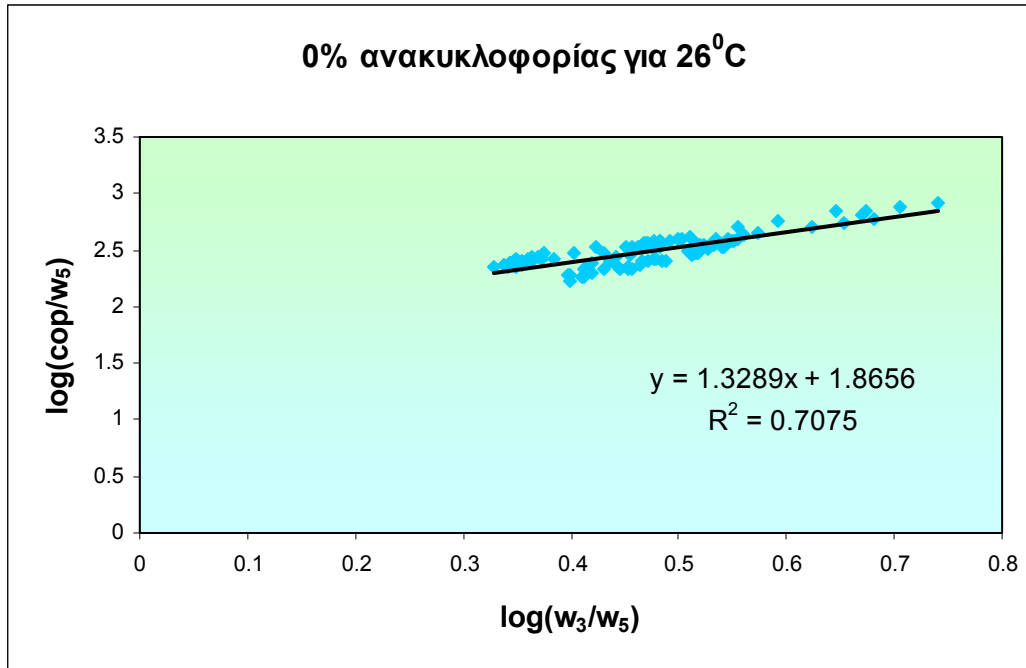
Γράφημα 6.26: Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

6.4.1.2 Συνθήκες θέρους 26⁰C

6.4.1.2.1 0% ανακυκλοφορία



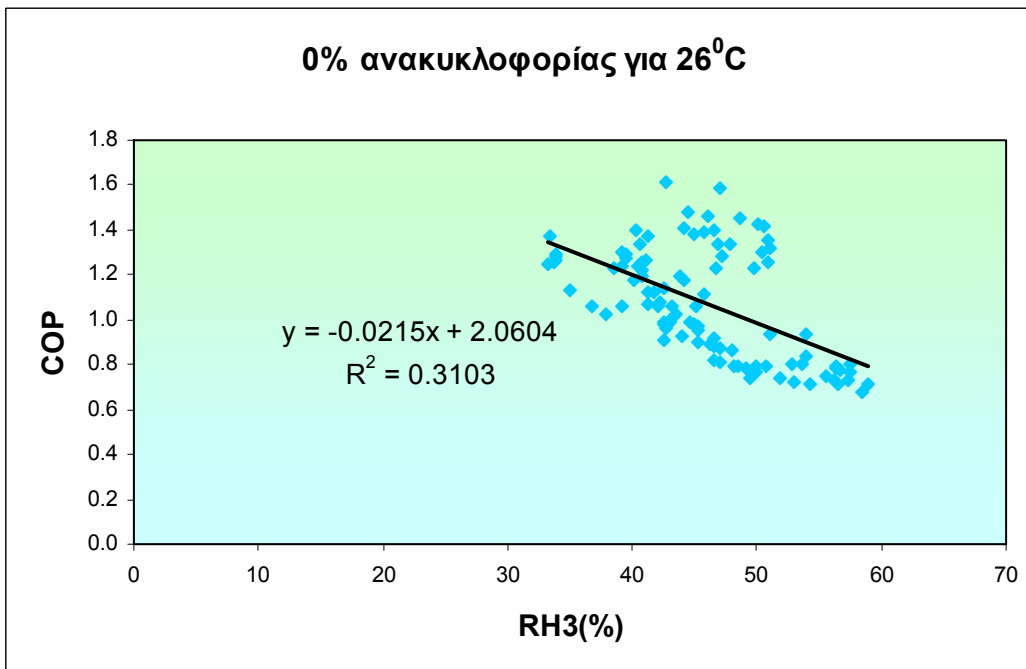
Γράφημα 6.27: Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



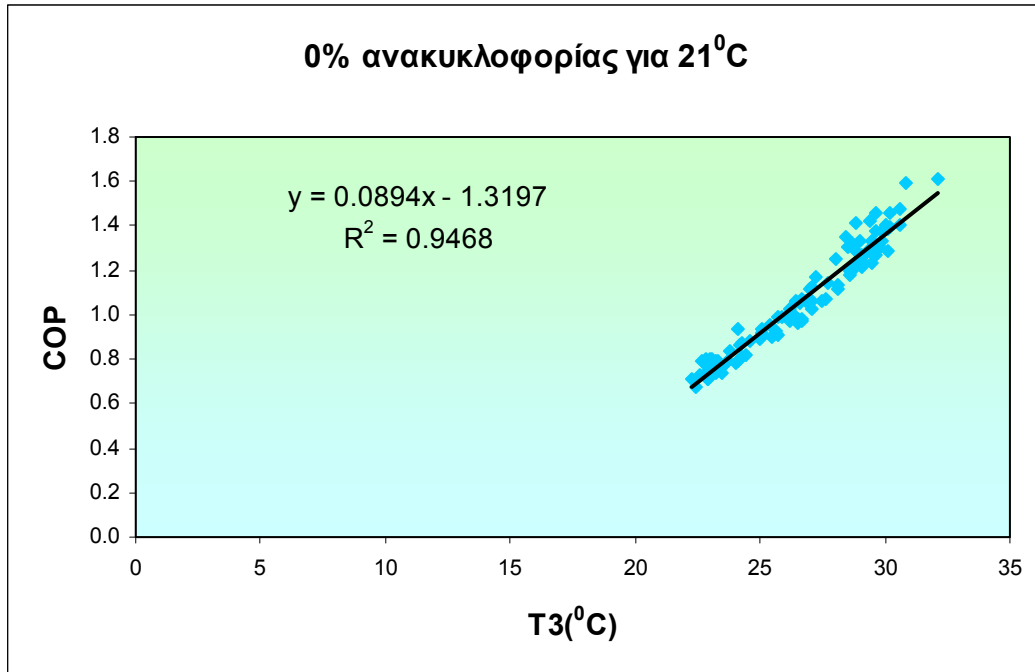
Γράφημα 6.28: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

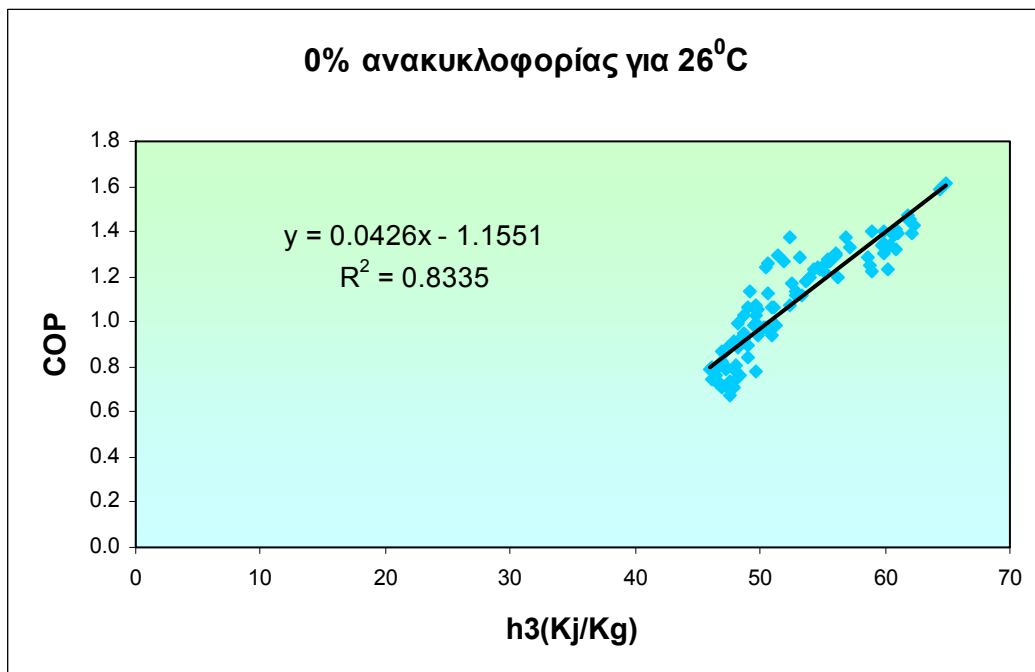
$$\log\left(\frac{COP}{w_5}\right) = 1.3289 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) + 1.8656 \Rightarrow COP = \frac{73.38}{w_5^{0.3289}} \cdot w_3^{1.3289}$$



Γράφημα 6.29: Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C

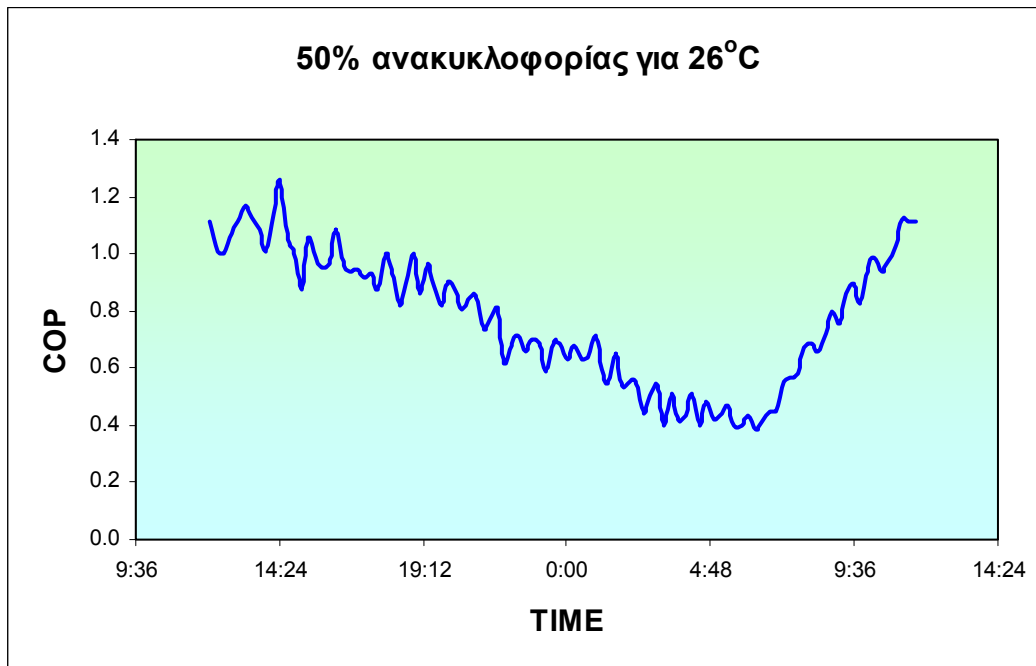


Γράφημα 6.30: Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

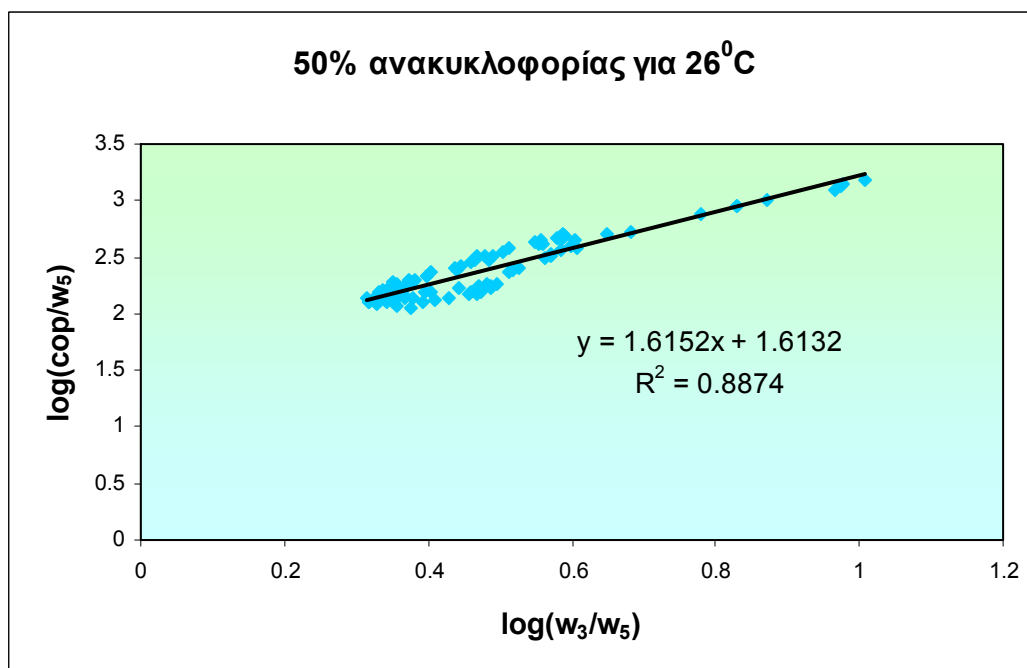


Γράφημα 6.31: Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

6.4.1.2.2 50% ανακυκλοφορία



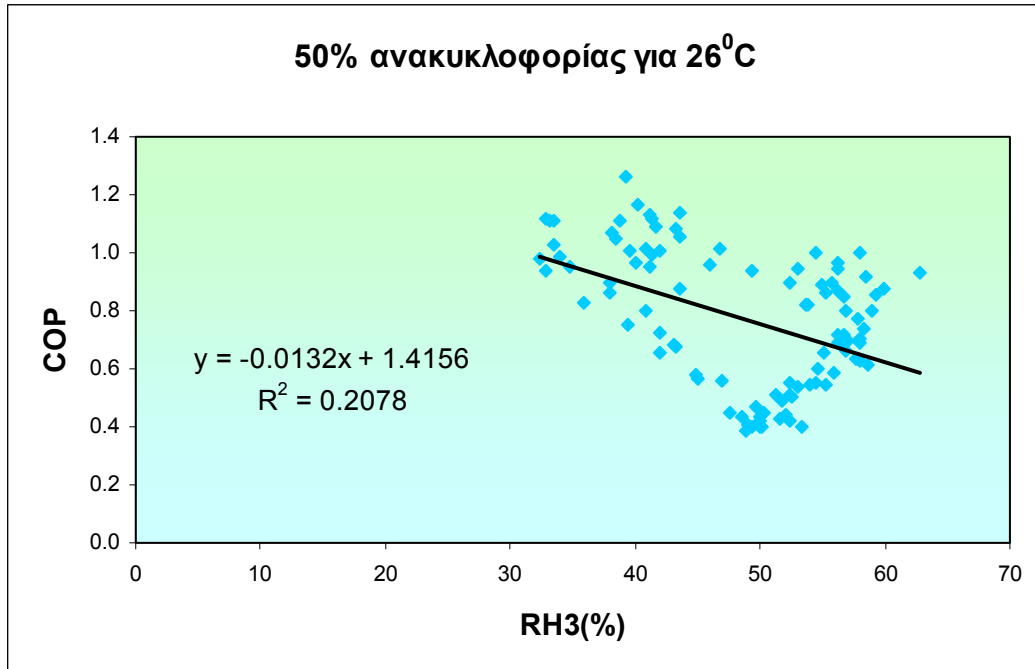
Γράφημα 6.32: Συμπεριφορά του COP στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C



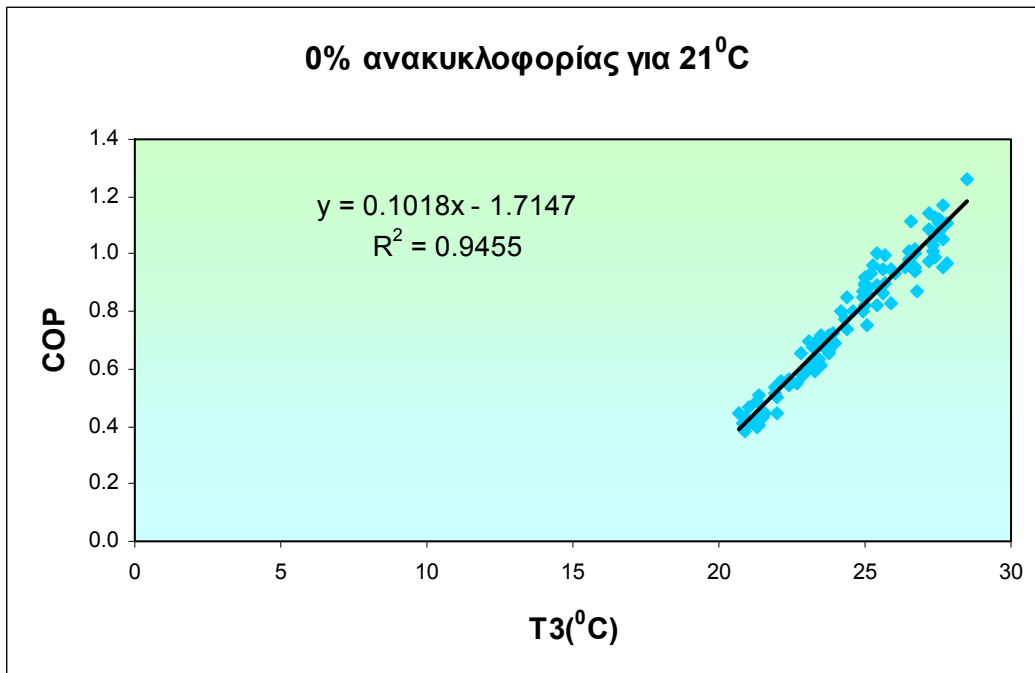
Γράφημα 6.33: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

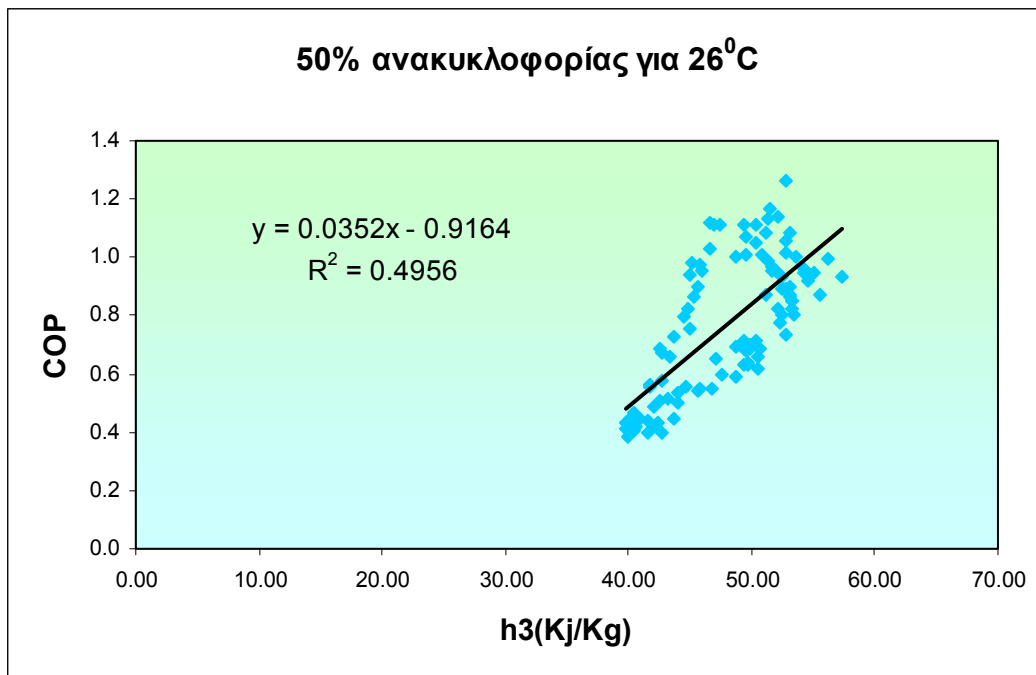
$$\log\left(\frac{COP}{w_5}\right) = 1.6152 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) + 1.6132 \Rightarrow COP = \frac{41.04}{w_5^{0.6152}} \cdot w_3^{1.6152}$$



Γράφημα 6.34: Συσχέτιση του COP με τη σχετική υγρασία RH₃ για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



Γράφημα 6.35: Συσχέτιση του COP με τη θερμοκρασία T₃ για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

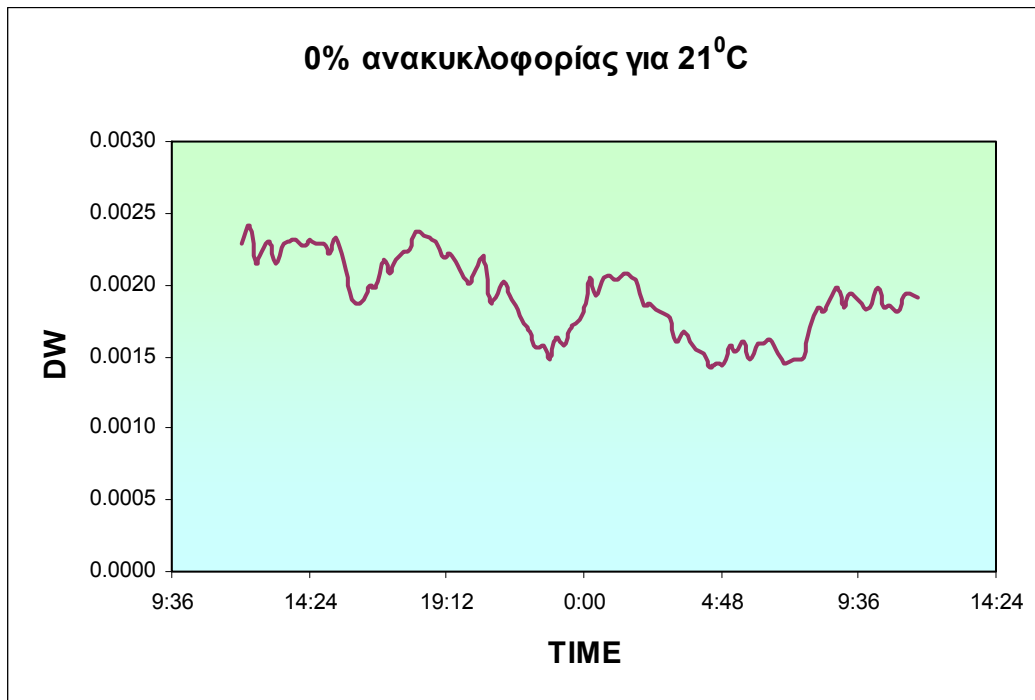


Γράφημα 6.36: Συσχέτιση του COP με την ενθαλπία h_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

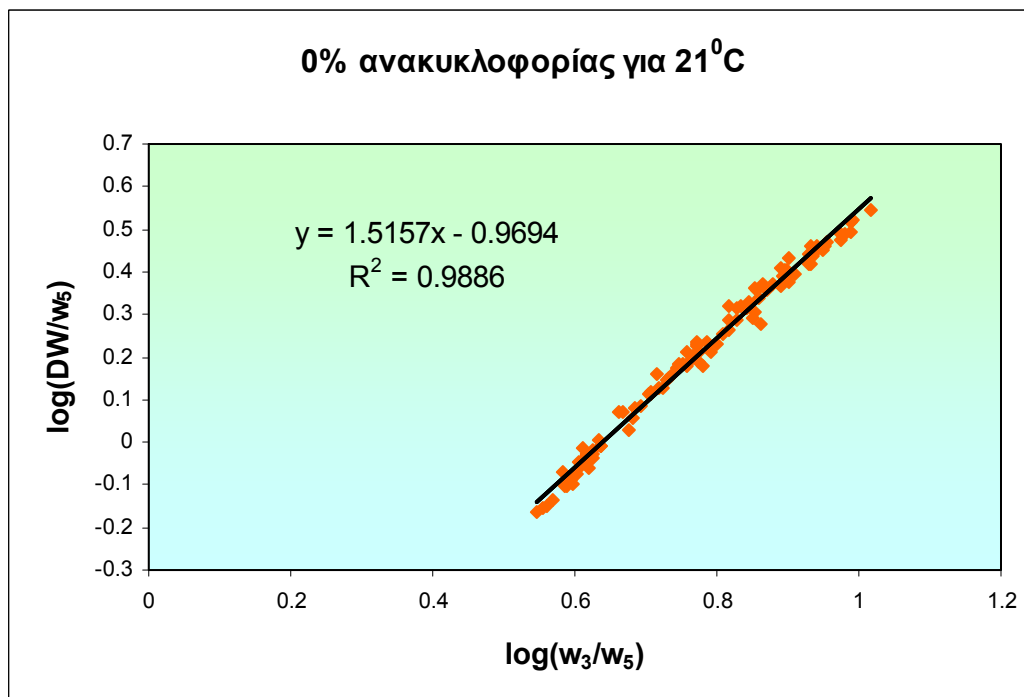
6.4.2 Ικανότητα αφύγρανσης

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η συμπεριφορά της ικανότητας αφύγρανσης (DW) στη διάρκεια μιας ημέρας, ξεκινώντας από τις 12:00 το μεσημέρι (άξονας x: ώρα, άξονας y: ικανότητα αφύγρανσης (DW)), η λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (DW/w₅) με το (w₃/w₅), με απώτερο σκοπό να μελετηθεί η συμπεριφορά της ικανότητας αφύγρανσης (DW) σε σχέση με τον λόγο υγρασίας (w₃) στο σημείο της ανάμιξης του αέρα και η συσχέτιση της ικανότητας αφύγρανσης (DW) με τη σχετική υγρασία (RH₃) στο σημείο ανάμιξης του αέρα, για κάθε περίπτωση.

6.4.2.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C



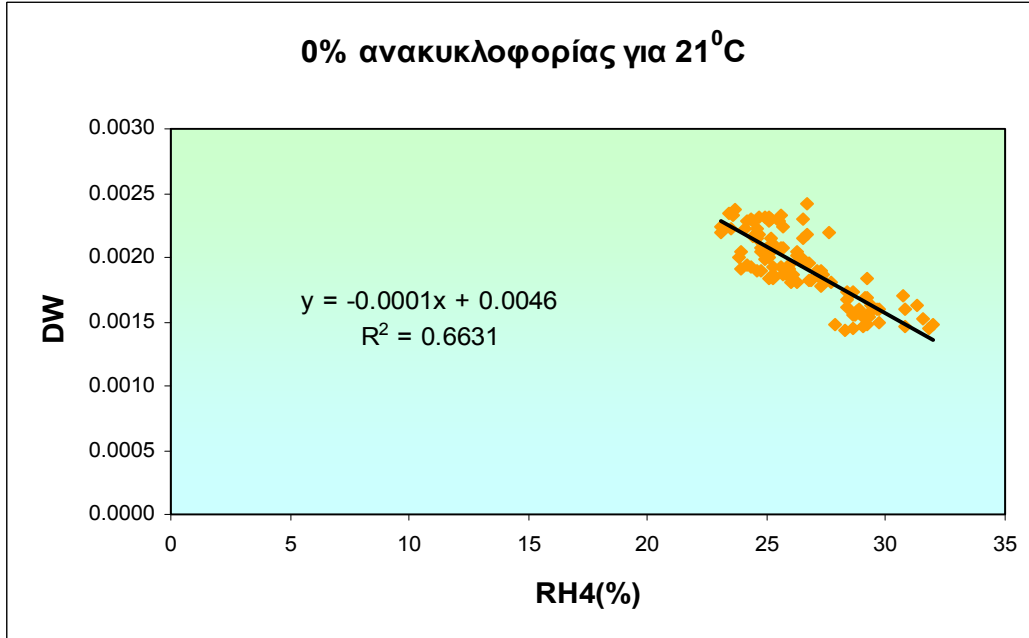
Γράφημα 6.37: Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C



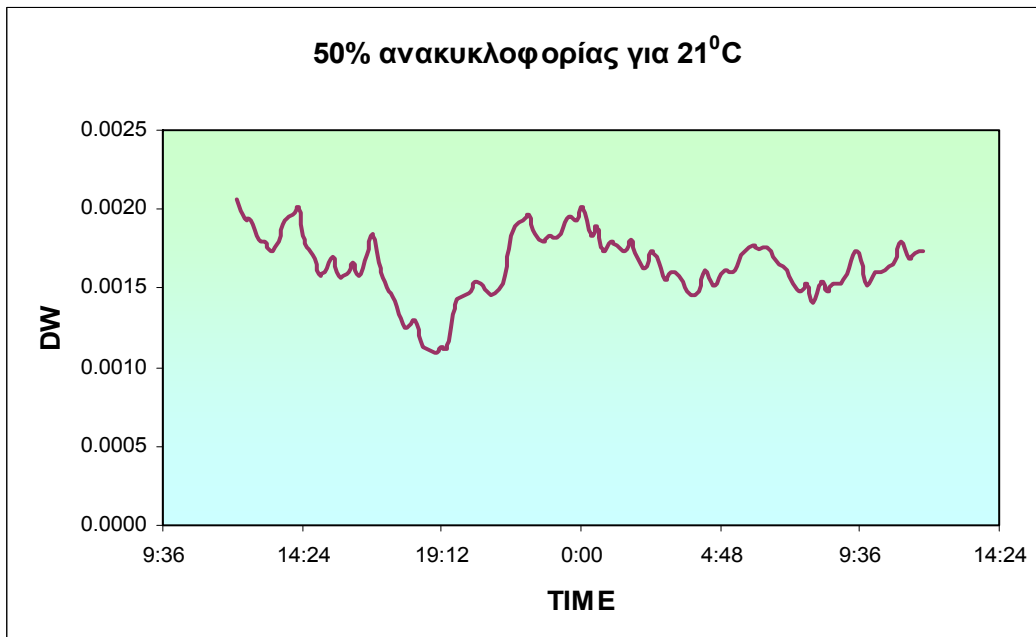
Γράφημα 6.38: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 21 °C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

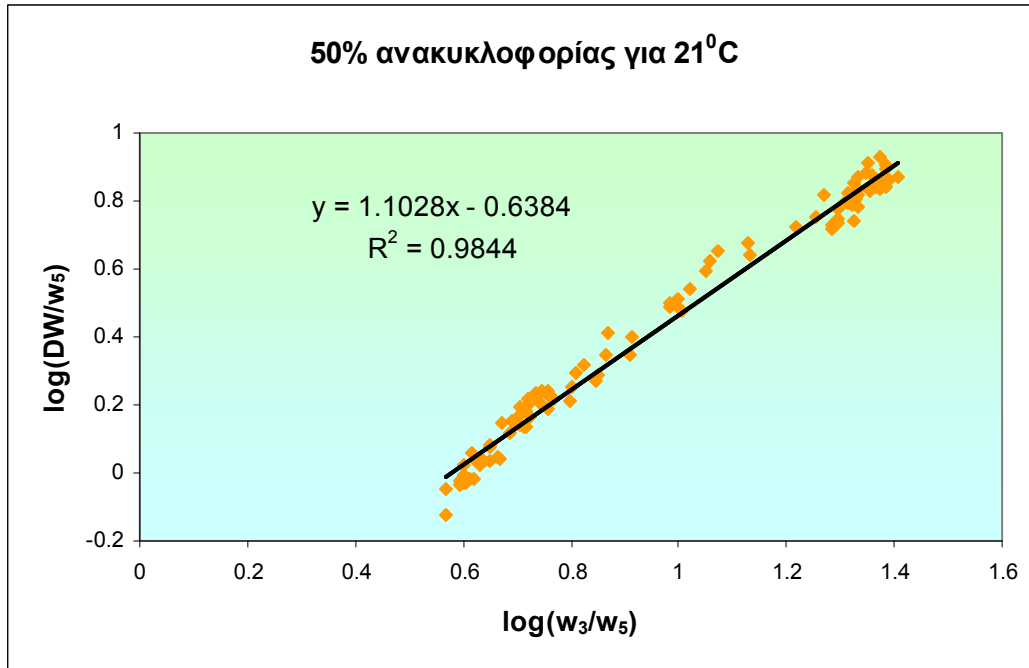
$$\log\left(\frac{DW}{w_5}\right) = 1.5157 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) + 0.9694 \Rightarrow DW = \frac{9.32}{w_5^{0.5157}} \cdot w_3^{1.5157}$$



Γράφημα 6.39: Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_4 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C



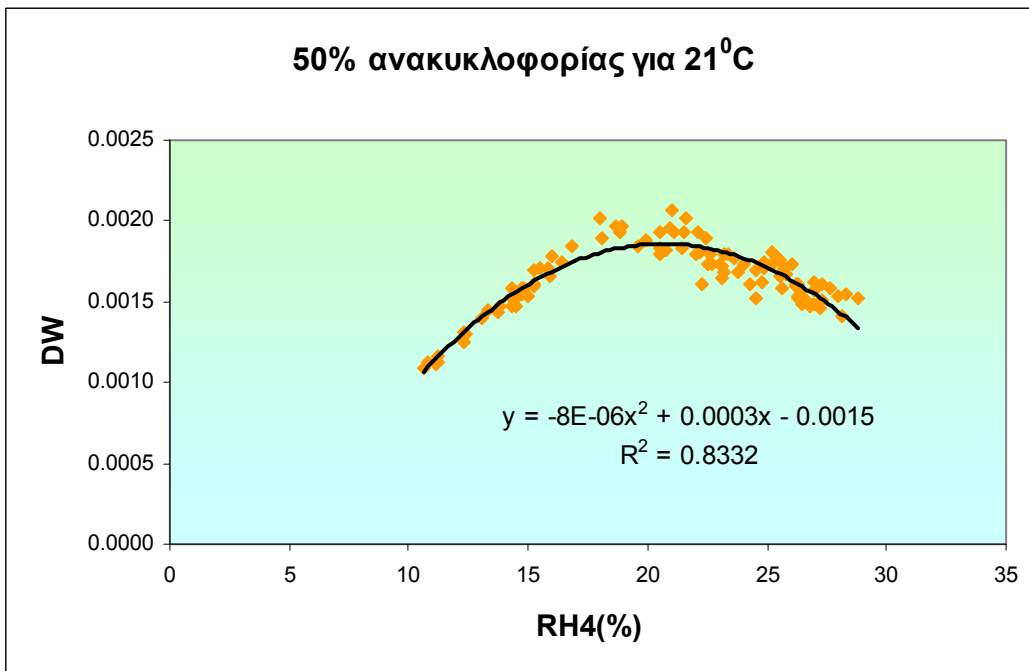
Γράφημα 6.40: Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



Γράφημα 6.41: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

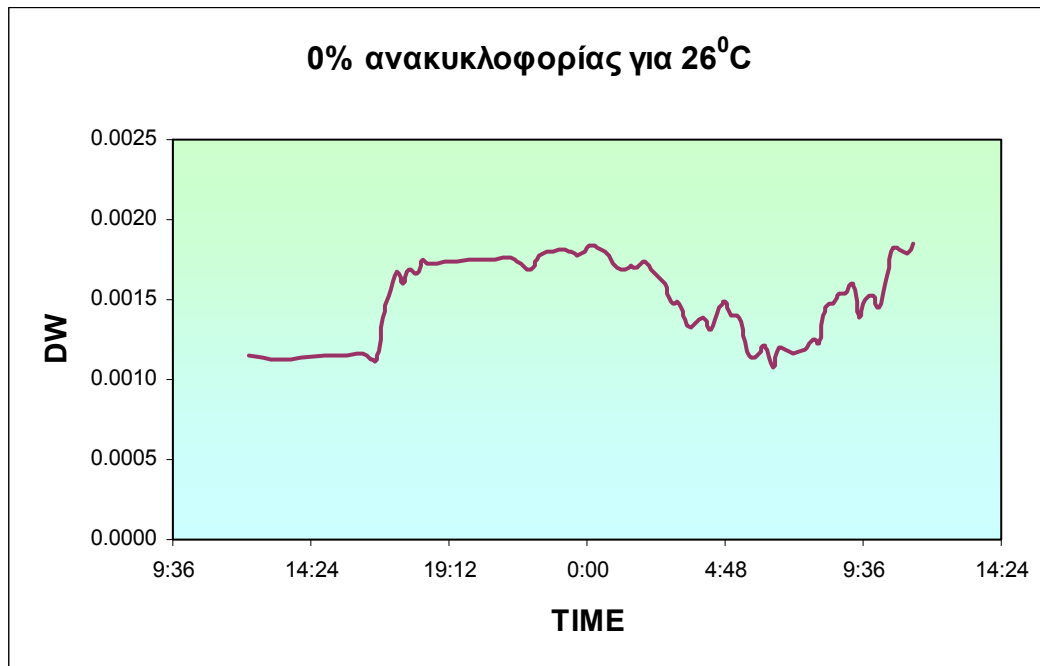
Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

$$\log\left(\frac{DW}{w_5}\right) = 1.1028 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) - 0.6384 \Rightarrow DW = \frac{1}{4.35 \cdot w_5^{0.1028}} \cdot w_3^{1.1028}$$

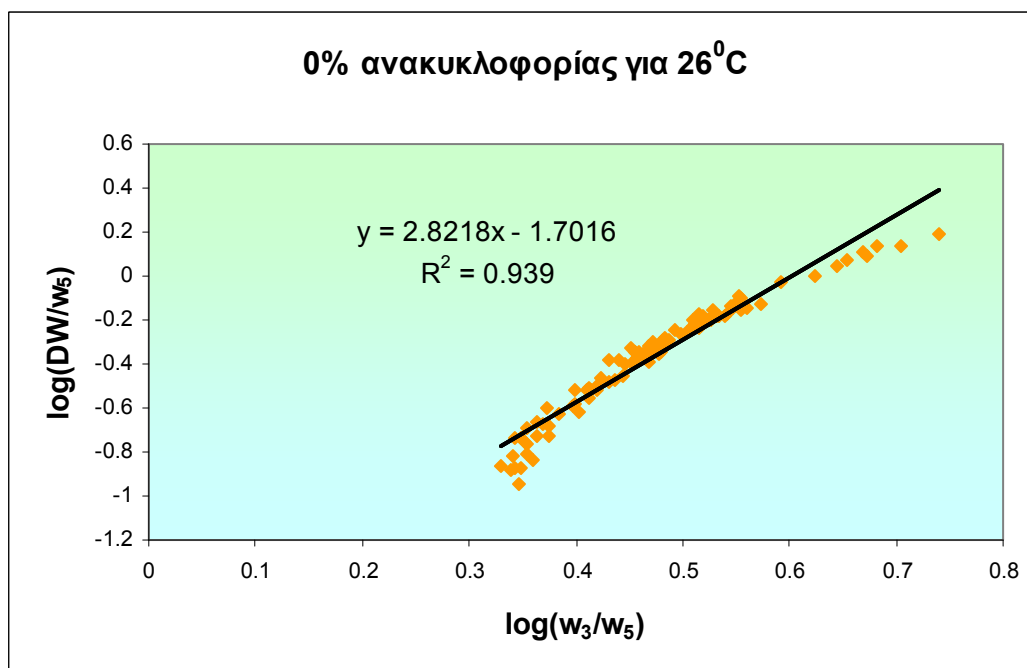


Γράφημα 6.42: Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_3 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

6.4.2.2 Συνθήκες θέρους 26 °C



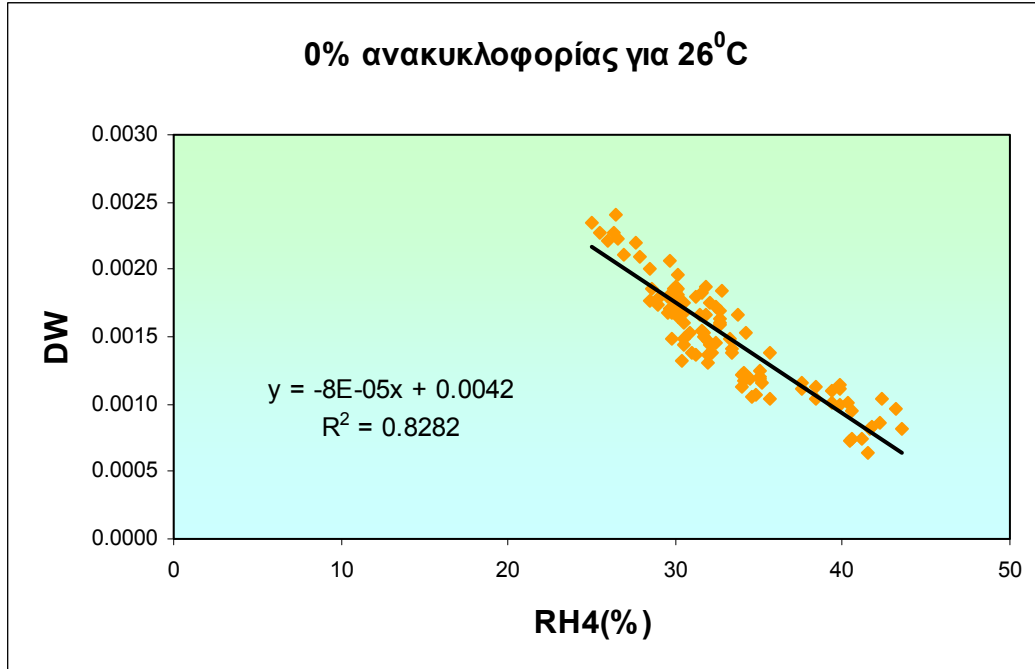
Γράφημα 6.43: Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 0% ανακυκλοφορία στους 26 °C



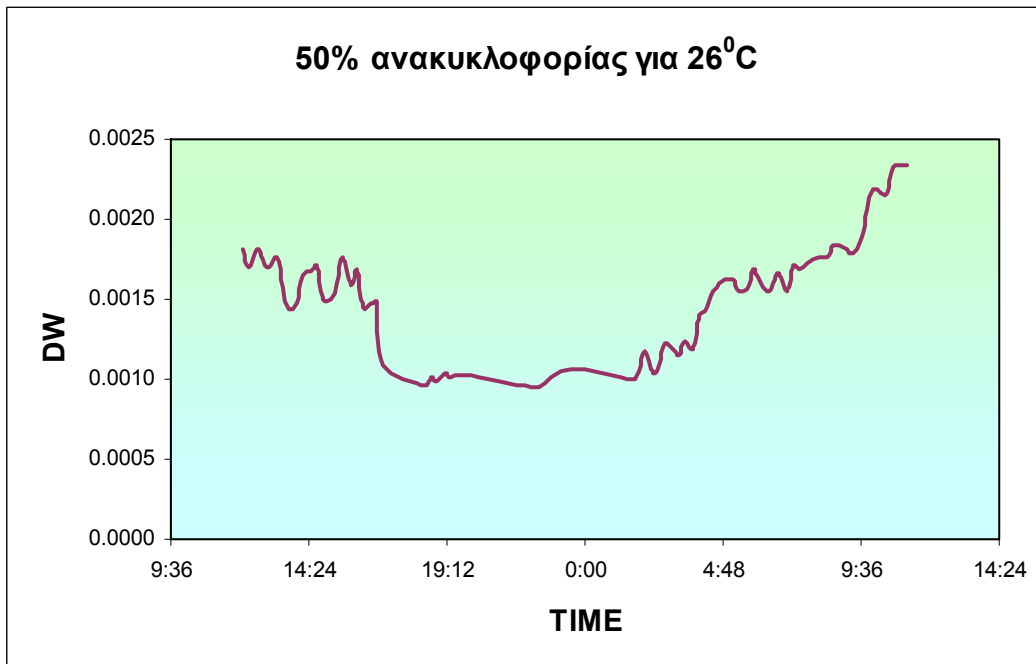
Γράφημα 6.44: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 0% ανακυκλοφορία στους 26 °C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

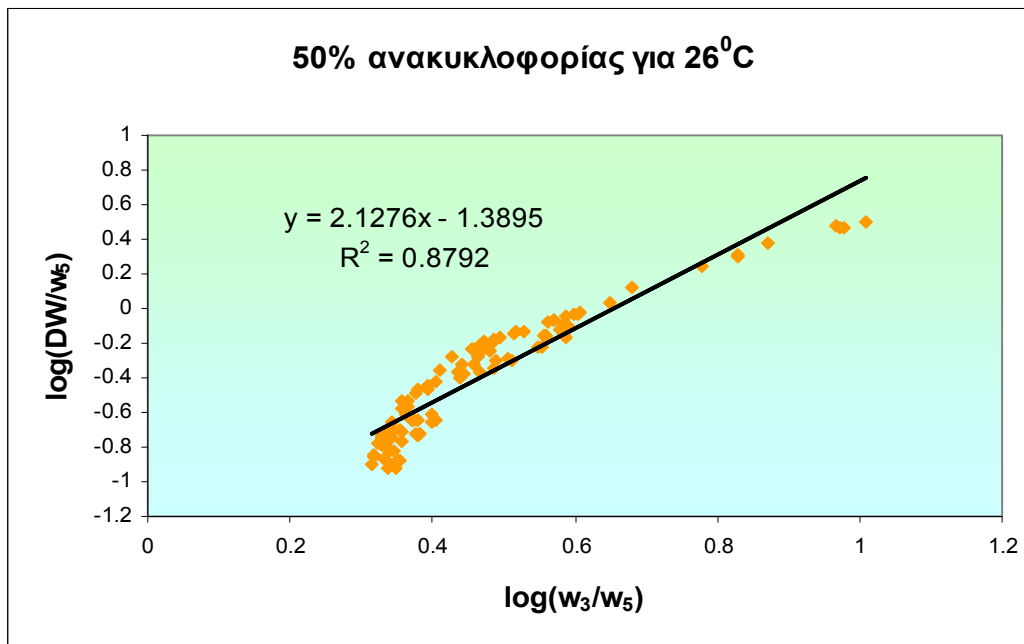
$$\log\left(\frac{DW}{w_5}\right) = 2.8218 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) - 1.7016 \Rightarrow DW = \frac{1}{50.3 \cdot w_5^{1.8218}} \cdot w_3^{2.8218}$$



Γράφημα 6.45: Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH₃ για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C



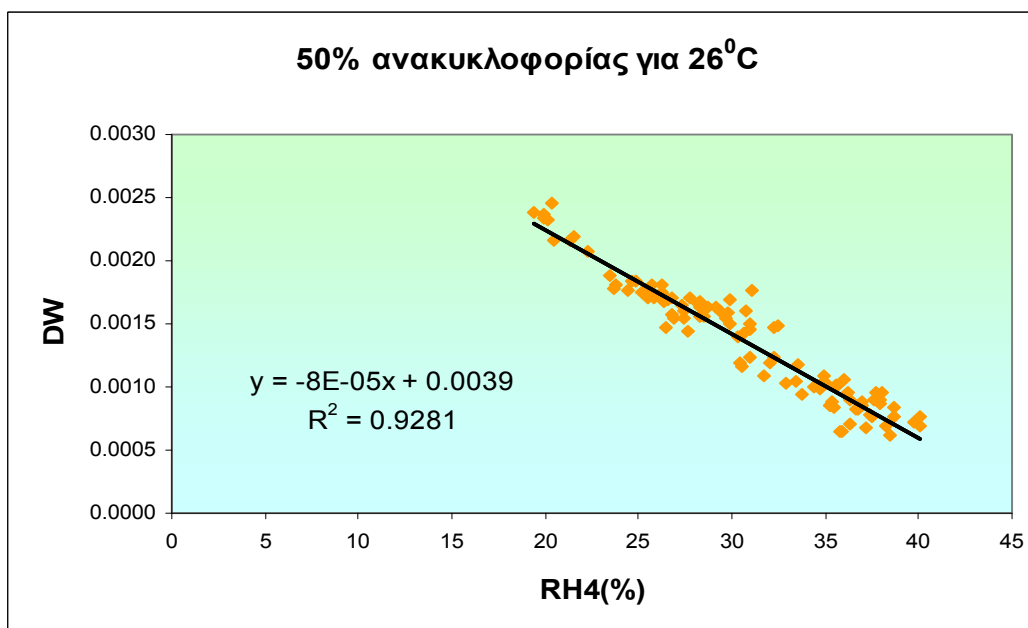
Γράφημα 6.46: Συμπεριφορά του DW στη διάρκεια μιας μέρας για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 6.47: Λογαριθμική συσχέτιση του λόγου (COP/w_5) με το (w_3/w_5) για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

Ανάλυση πεπλεγμένης σχέσης:

$$\log\left(\frac{DW}{w_5}\right) = 2.1276 \cdot \log\left(\frac{w_3}{w_5}\right) - 1.3895 \Rightarrow DW = \frac{1}{24.52 \cdot w_5^{1.1276}} \cdot w_3^{2.1276}$$



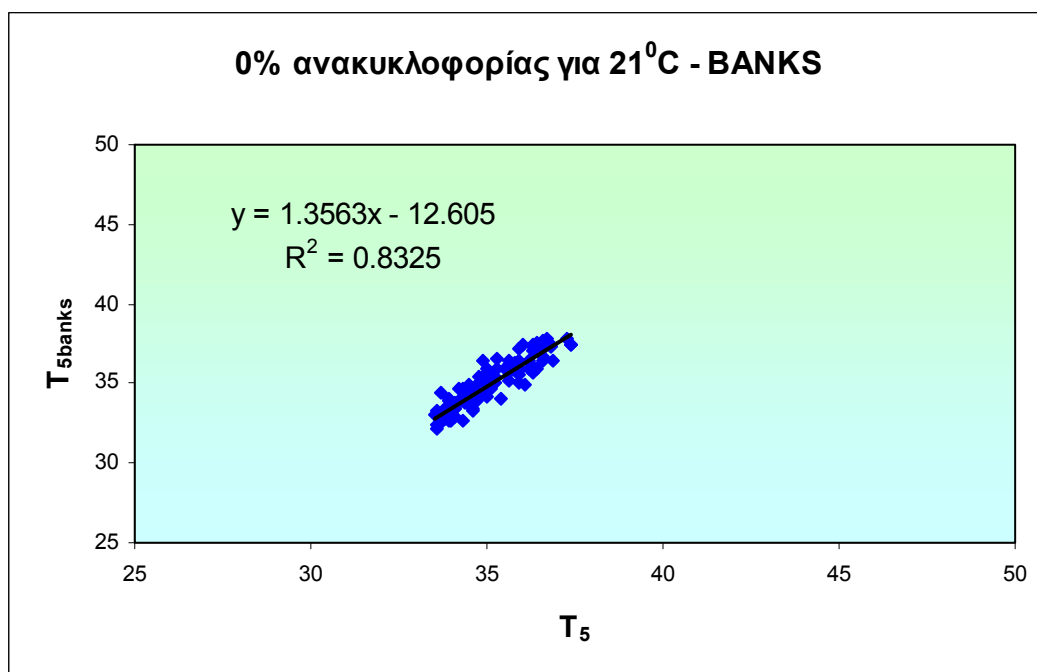
Γράφημα 6.48: Συσχέτιση του DW με τη σχετική υγρασία RH_4 για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

6.4.3 Μέθοδος BANKS και BECCALI

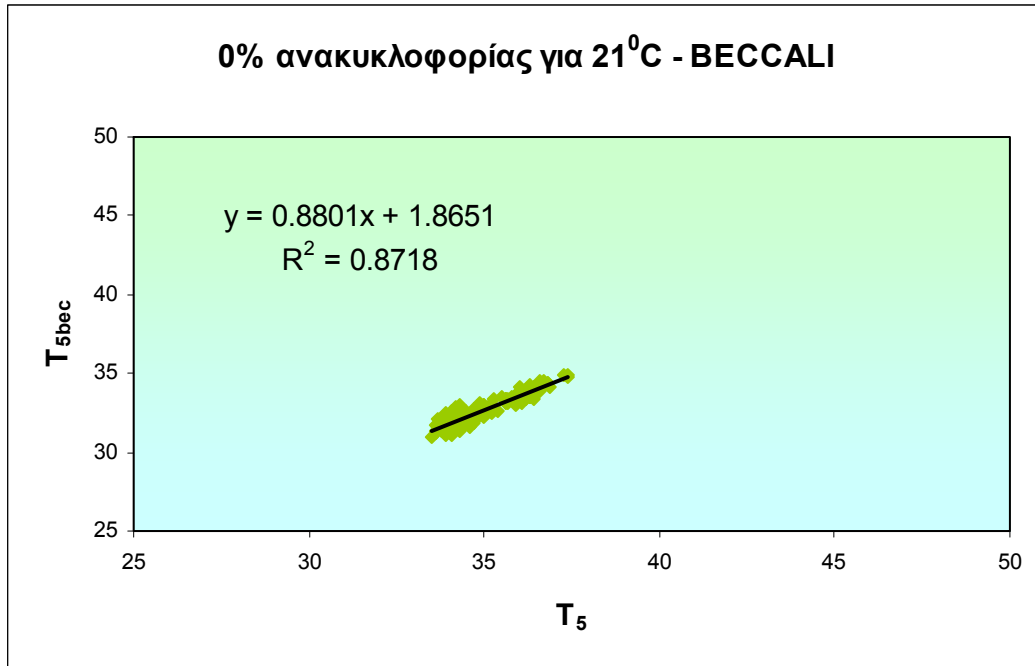
Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται στον άξονα x τα πειραματικά αποτελέσματα της θερμοκρασίας (T) και του λόγου υγρασίας (W), ενώ αντίστοιχα στον άξονα y τα υπολογιστικά αποτελέσματα της κάθε μεθόδου για την θερμοκρασία (T_{banks} , T_{bec}) και τον λόγο υγρασίας (W_{banks} , W_{bec}), για κάθε περίπτωση.

6.4.3.1 Συνθήκες χειμώνα 21 °C

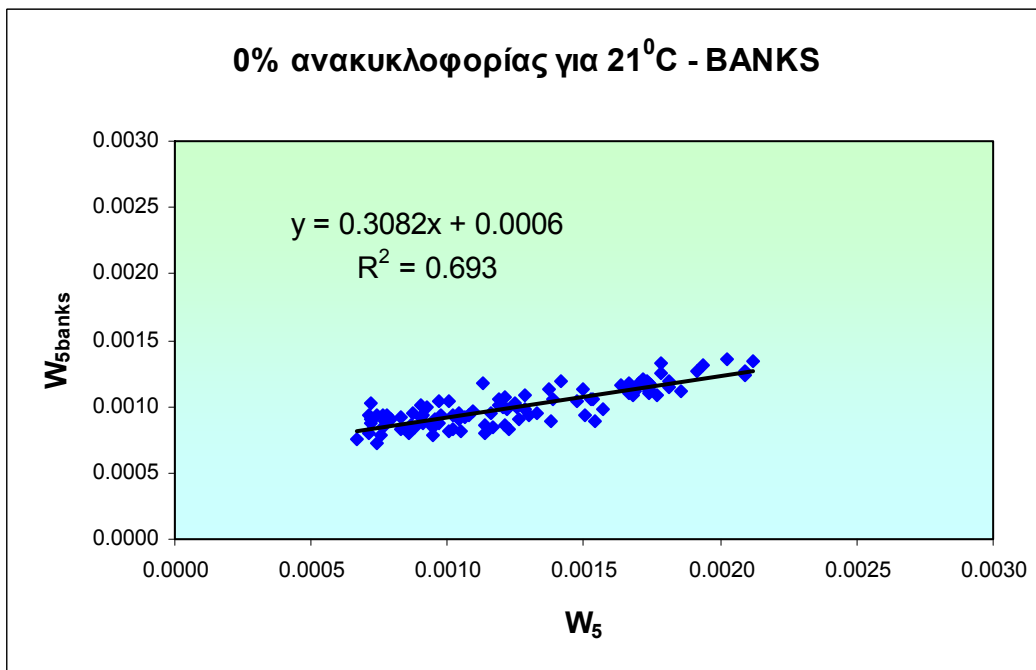
6.4.3.1.1 0% ανακυκλοφορία



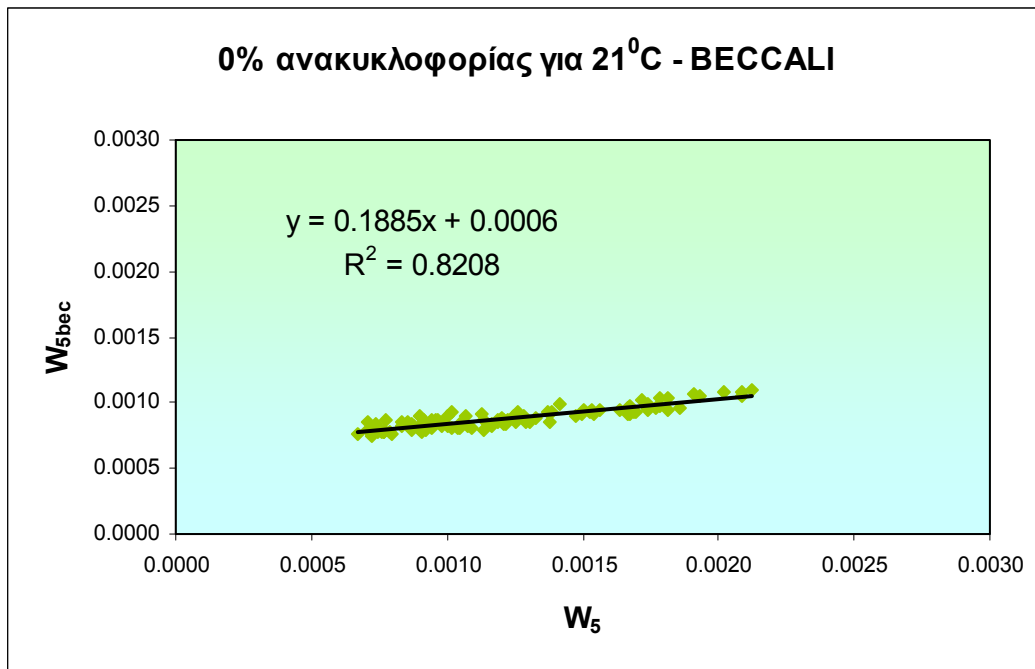
Γράφημα 6.49: Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C



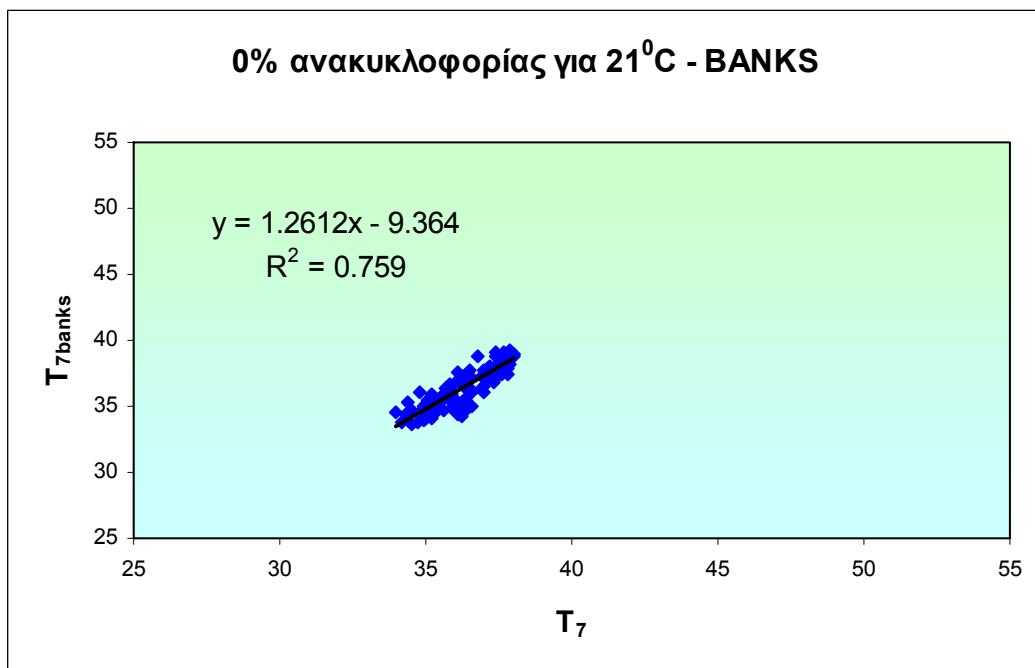
Γράφημα 6.50: Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



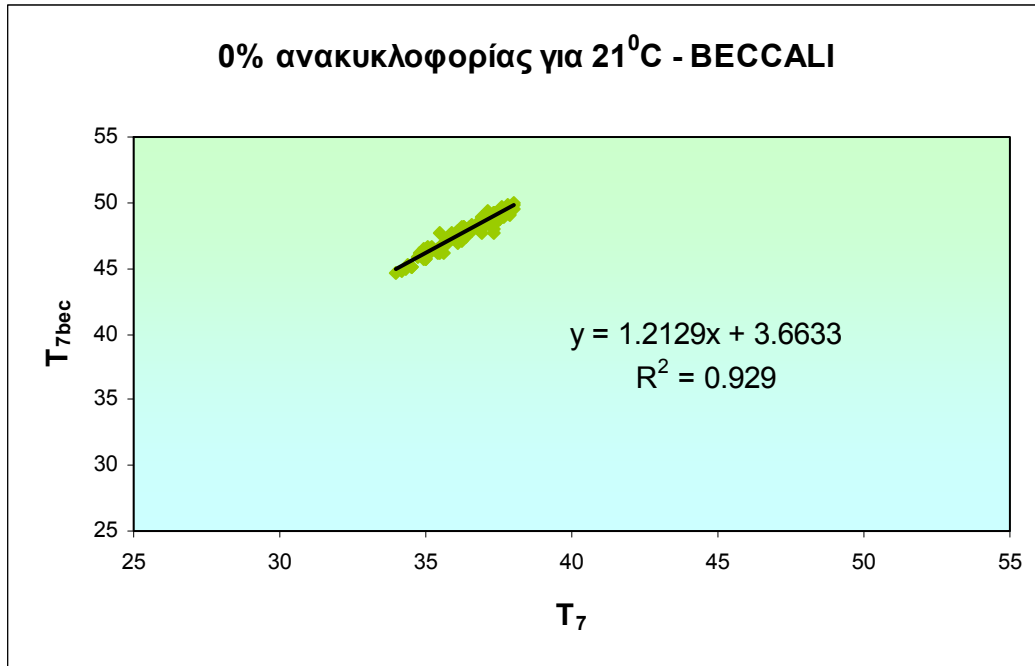
Γράφημα 6.51: Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



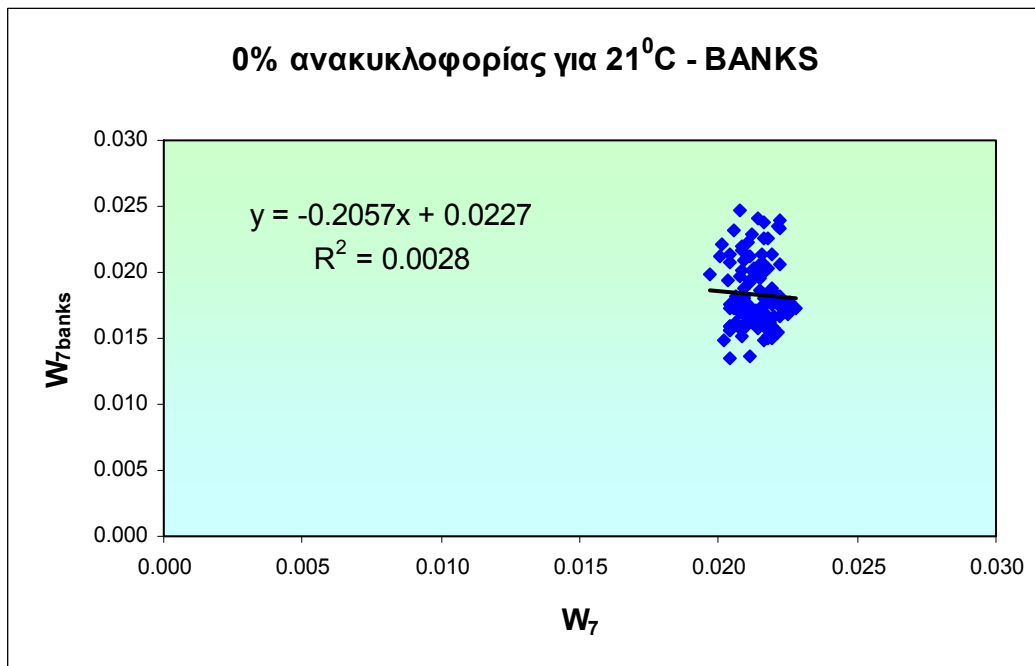
Γράφημα 6.52: Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



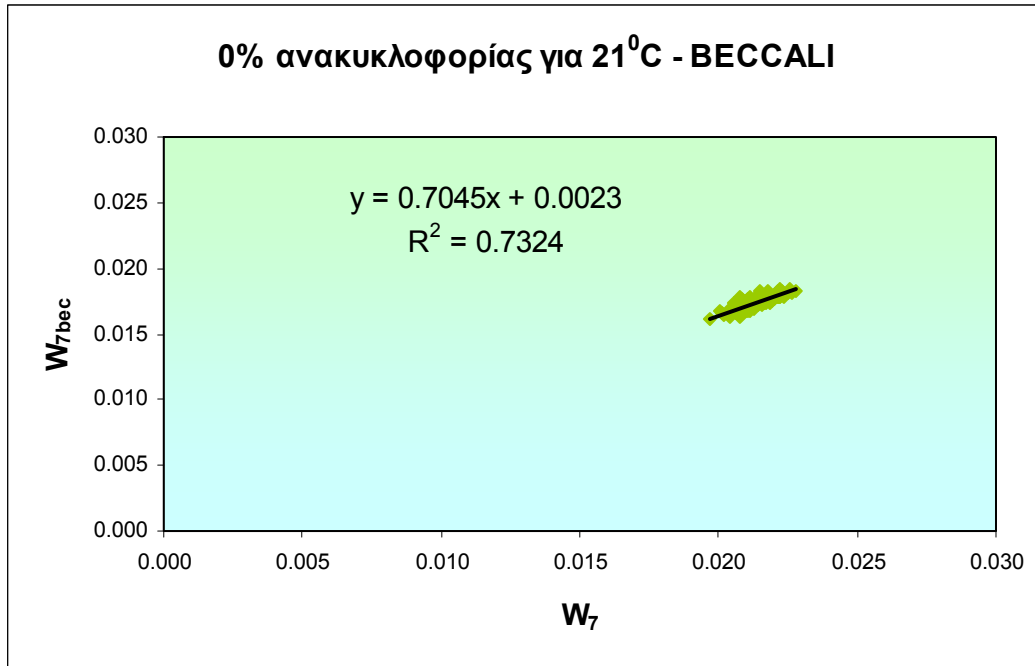
Γράφημα 6.53: Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



Γράφημα 6.54: Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

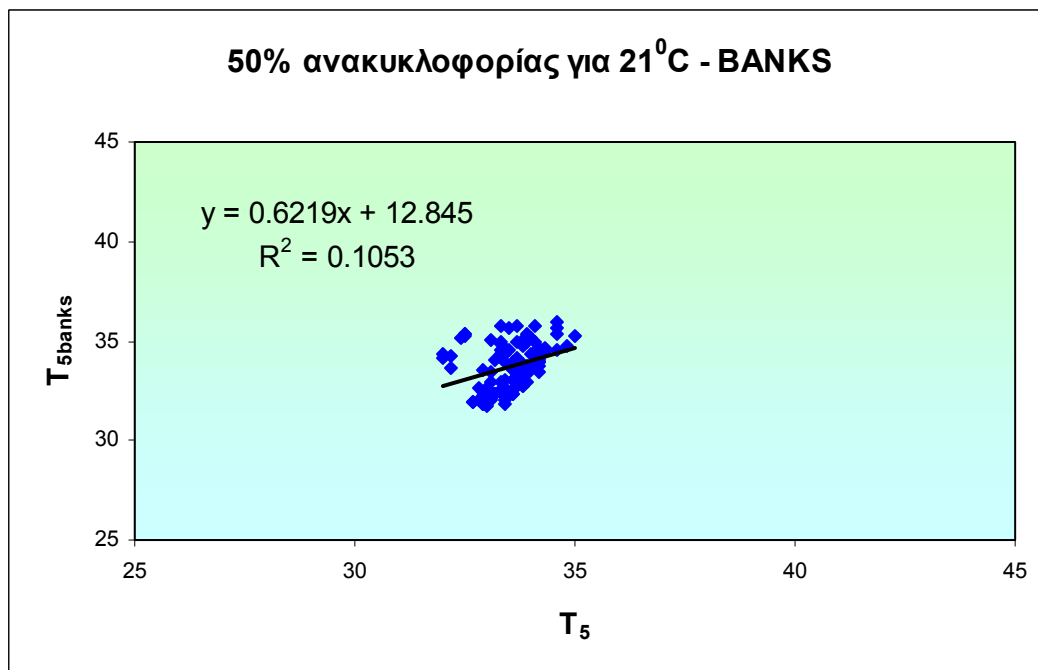


Γράφημα 6.55: Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

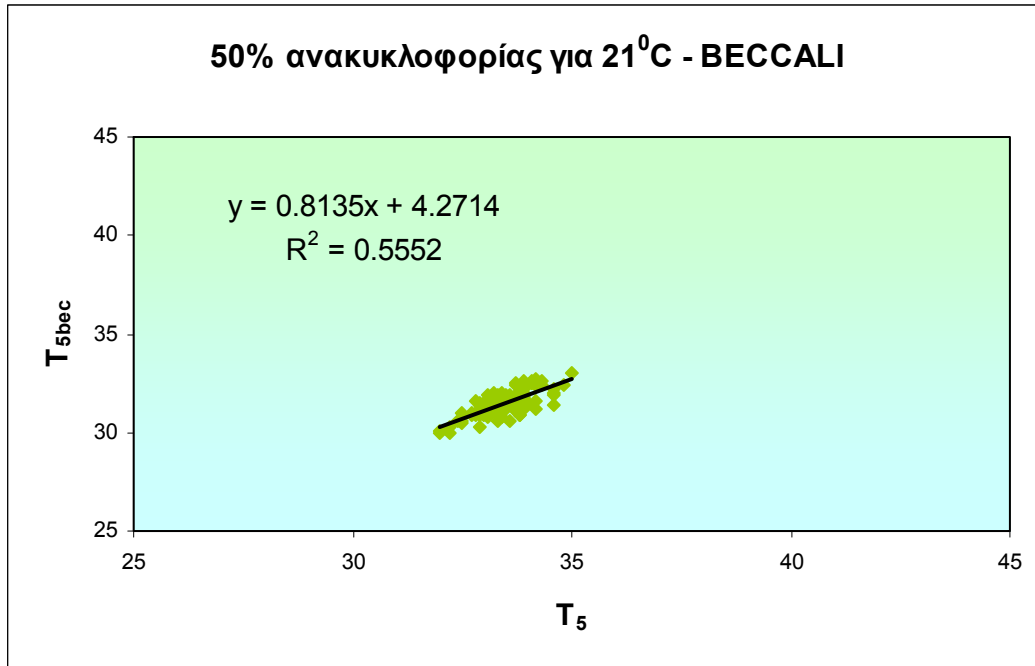


Γράφημα 6.56: Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

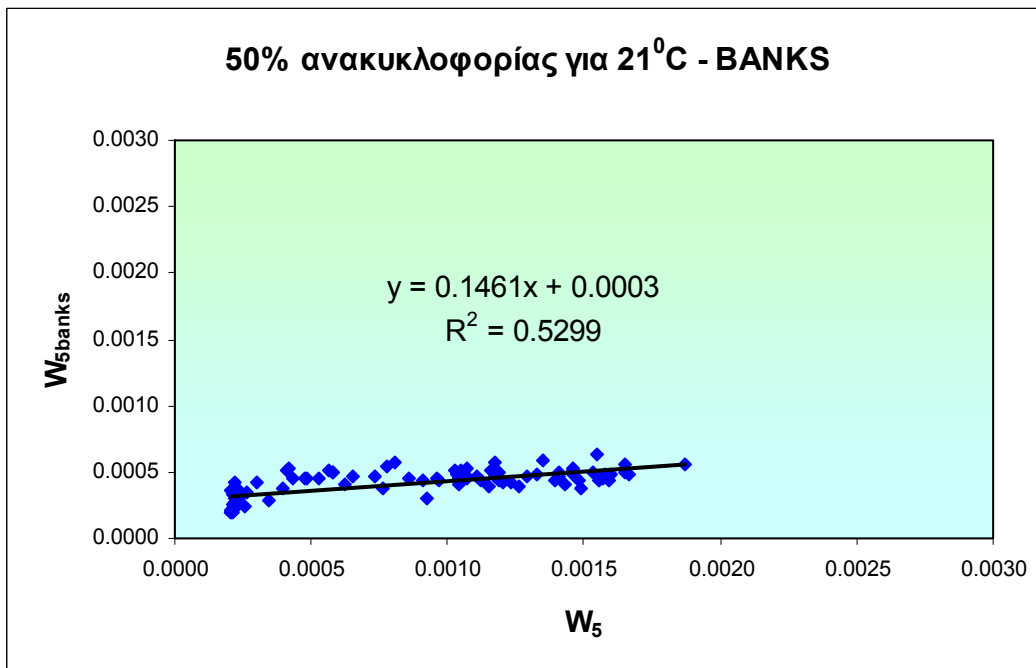
6.4.3.1.2 50% ανακυκλοφορία



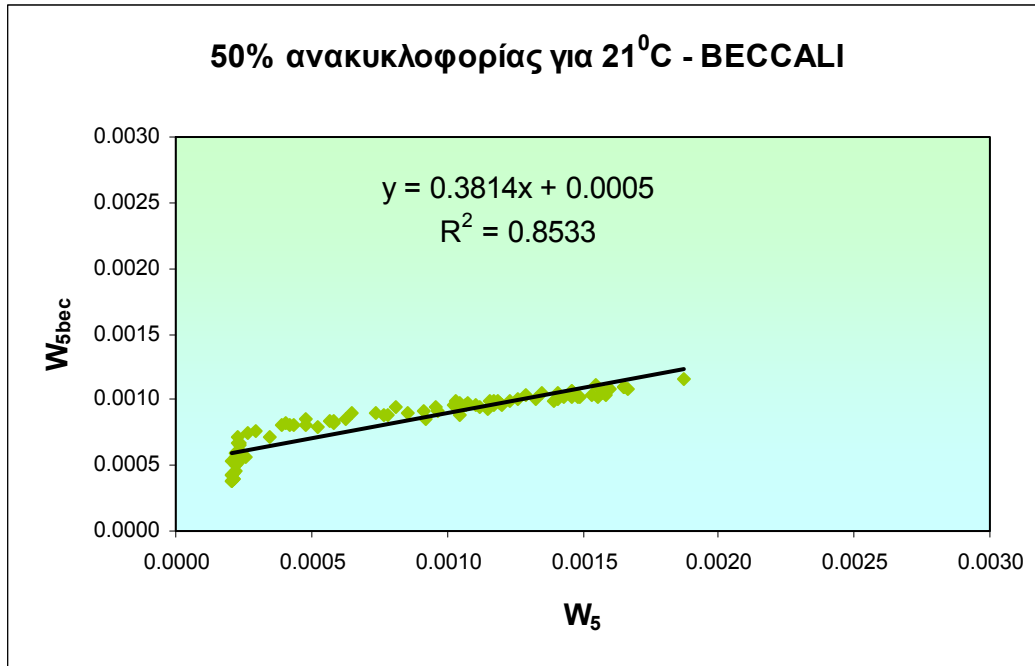
Γράφημα 6.57: Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



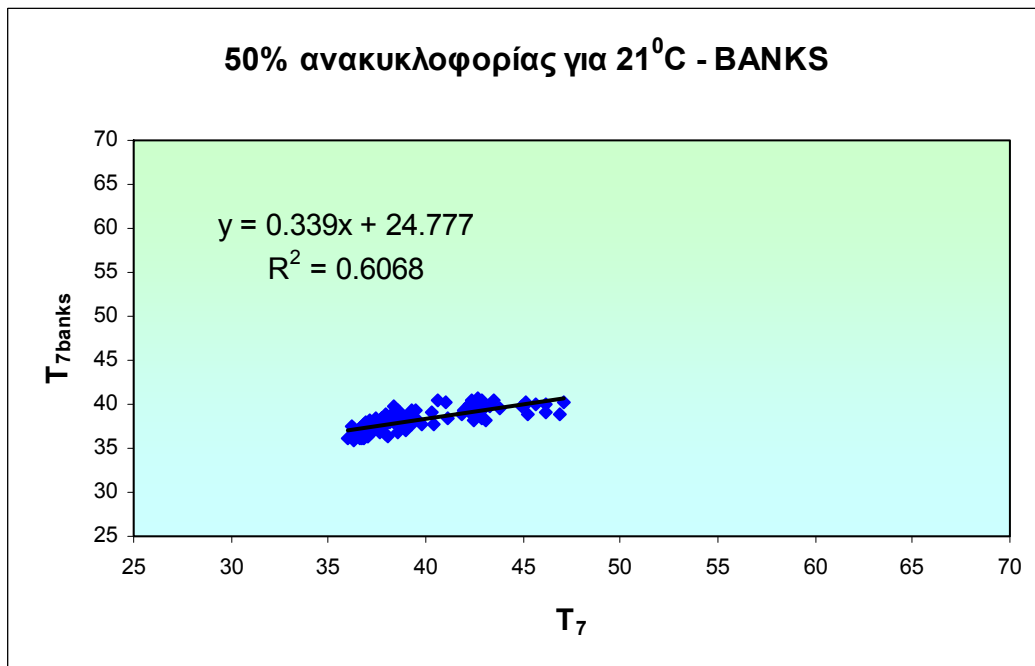
Γράφημα 6.58: Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



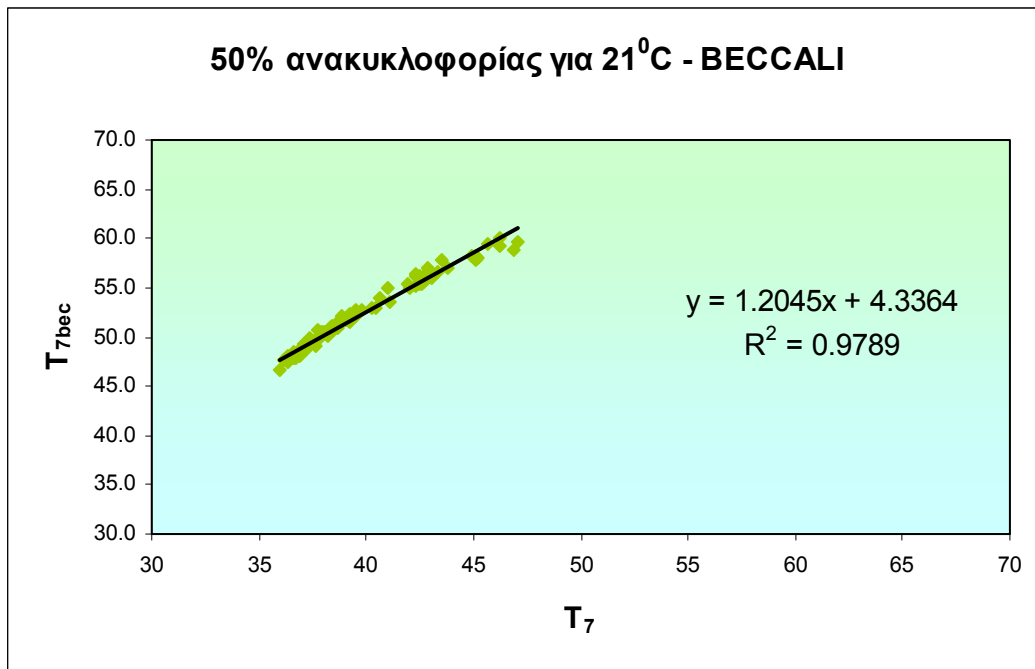
Γράφημα 6.59: Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



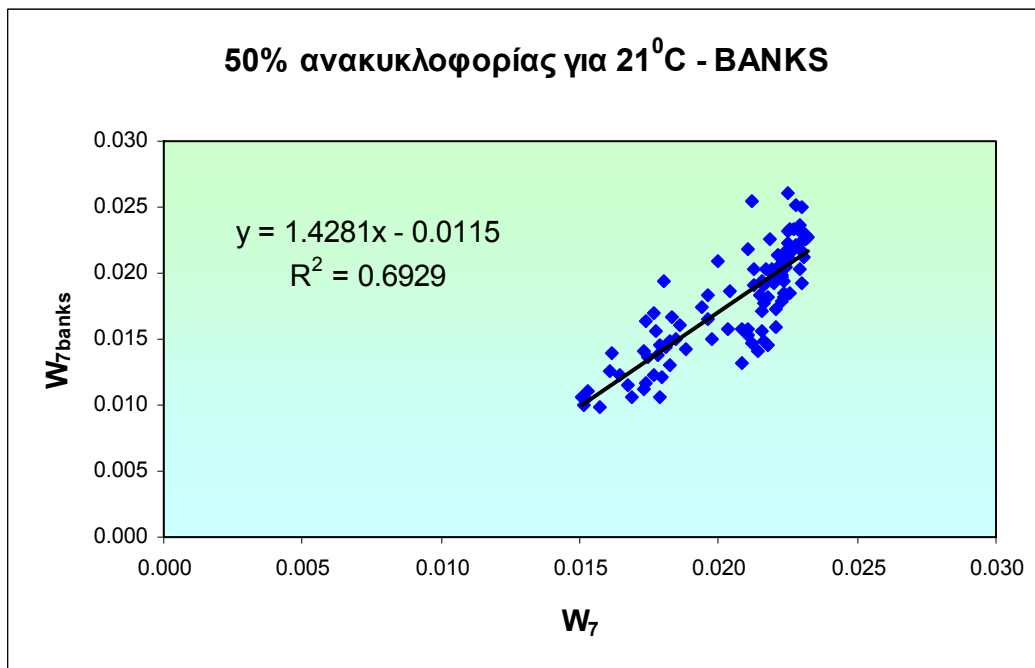
Γράφημα 6.60: Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



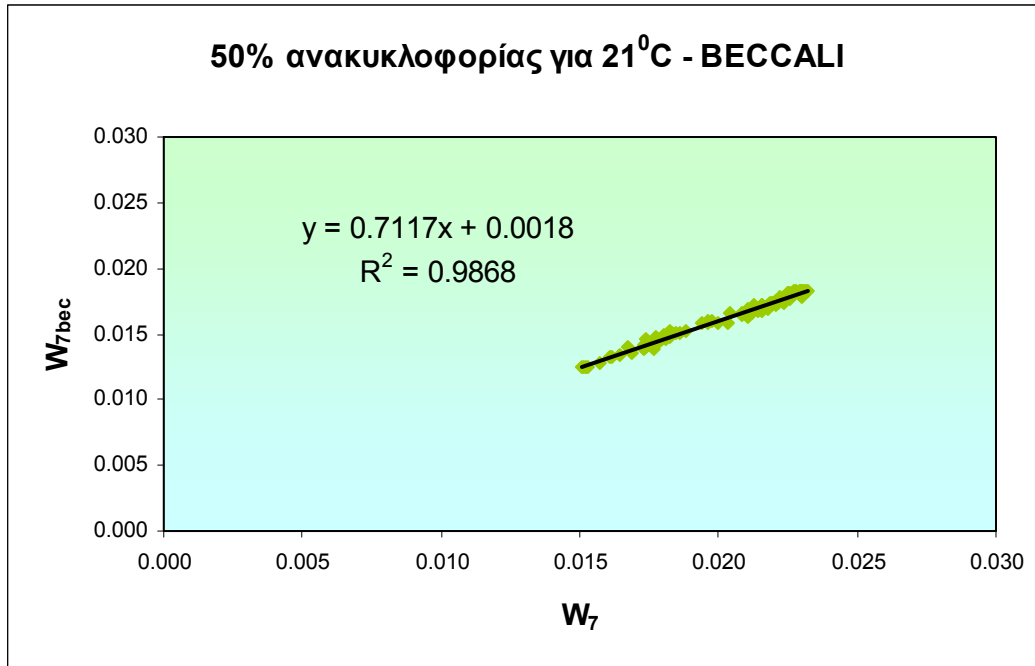
Γράφημα 6.61: Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



Γράφημα 6.62: Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



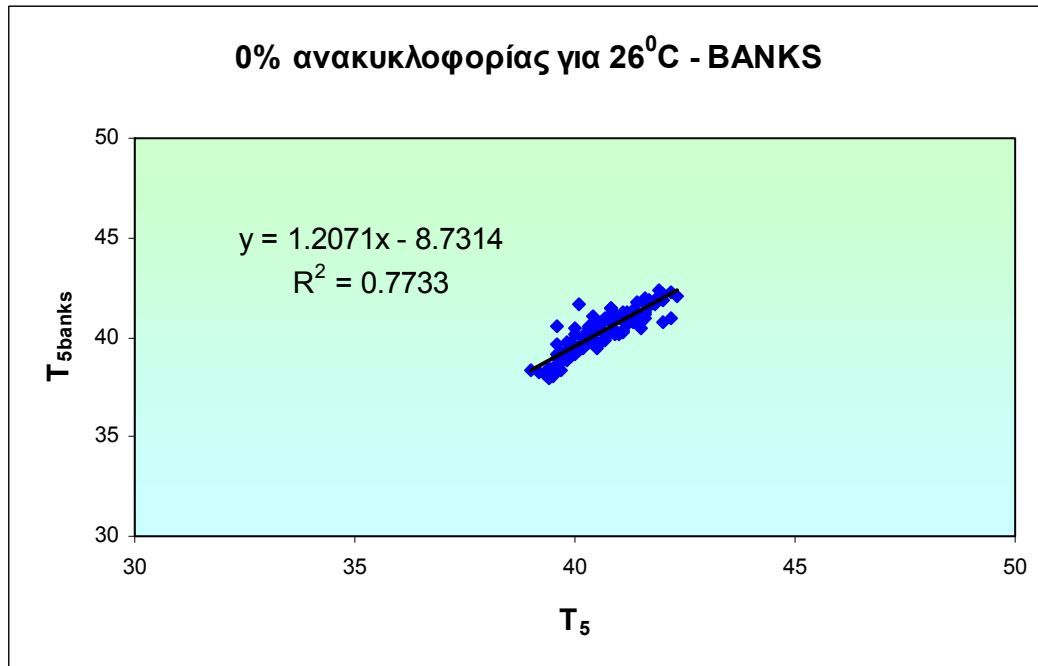
Γράφημα 6.63: Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C



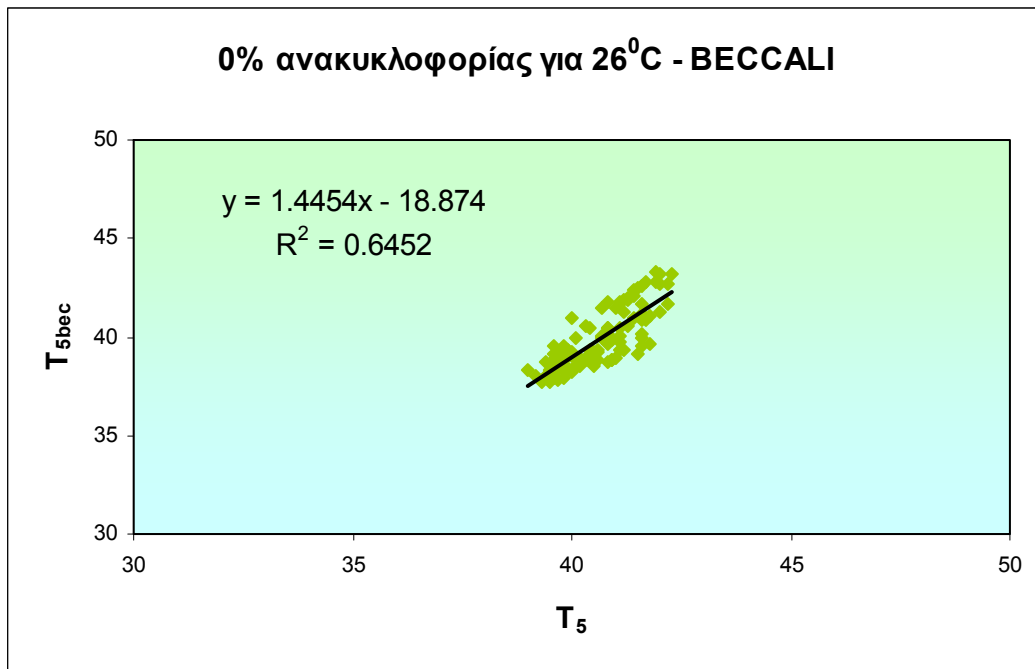
Γράφημα 6.64: Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 21⁰C

6.4.3.2 Συνθήκες θέρους 26 °C

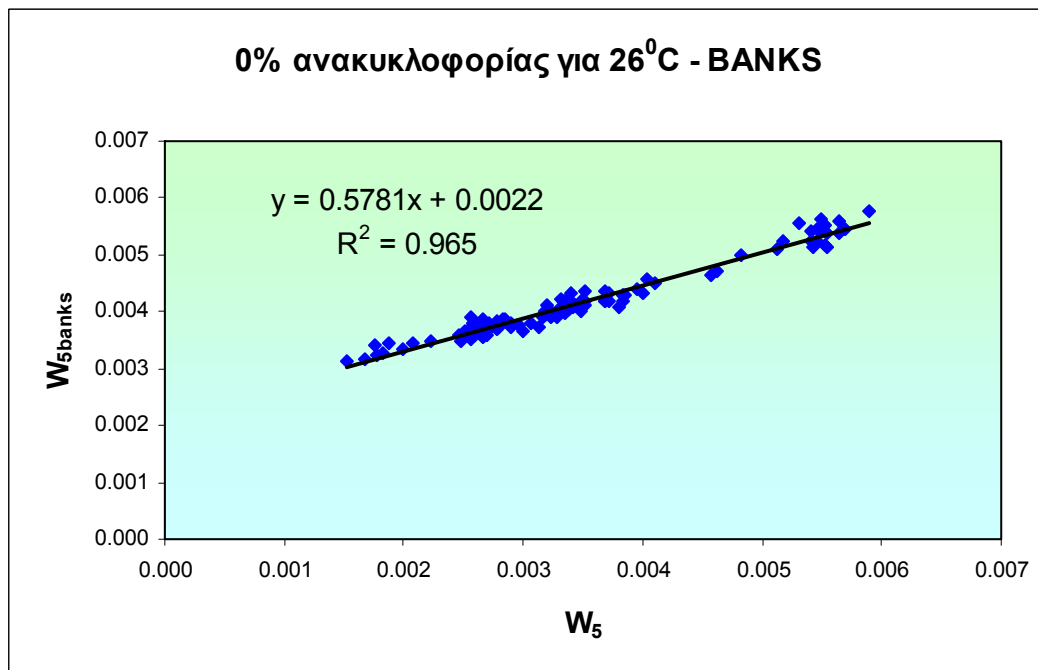
6.4.3.2.1 0% ανακυκλοφορία



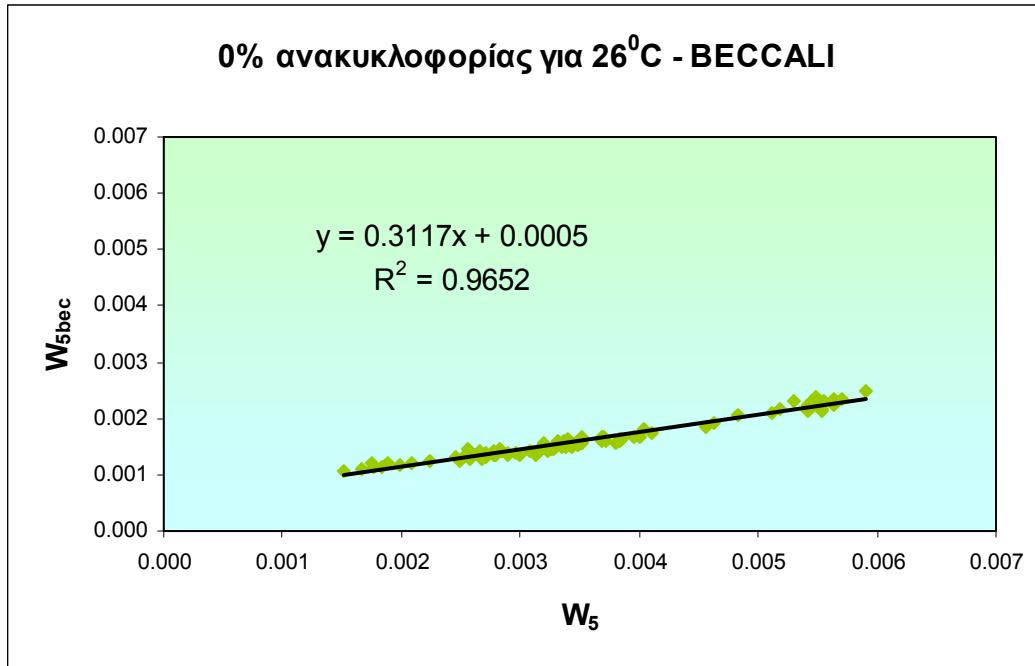
Γράφημα 6.65: Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



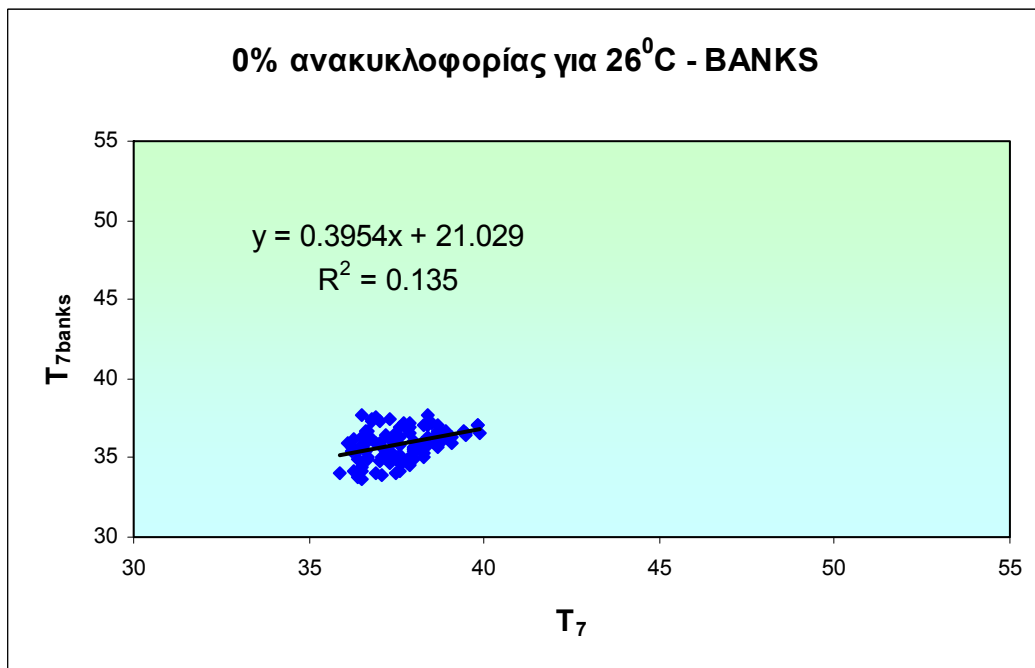
Γράφημα 6.66: Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



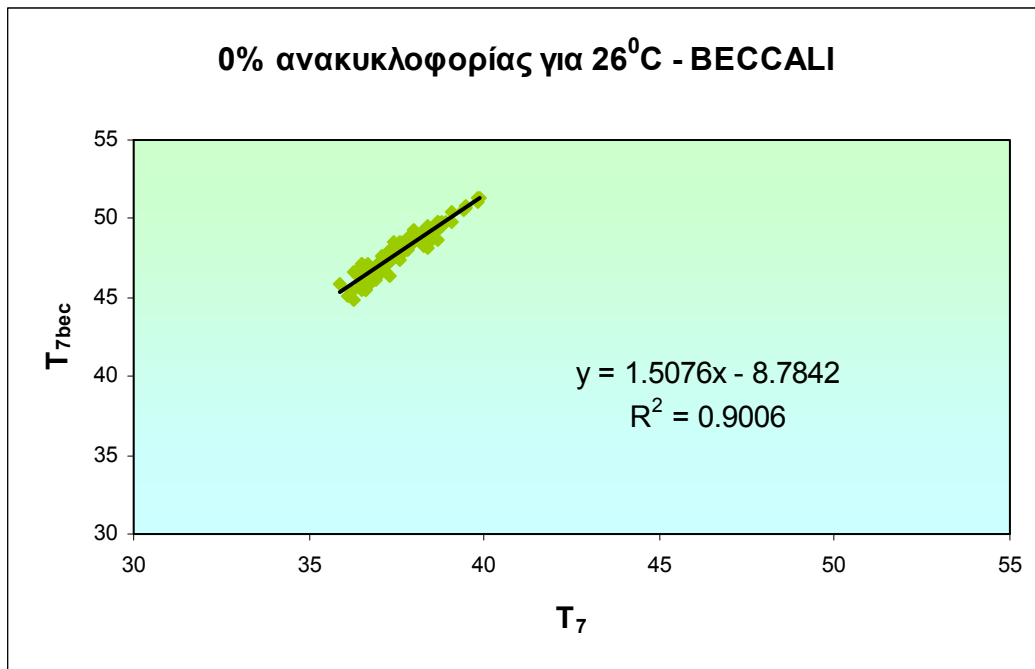
Γράφημα 6.67: Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



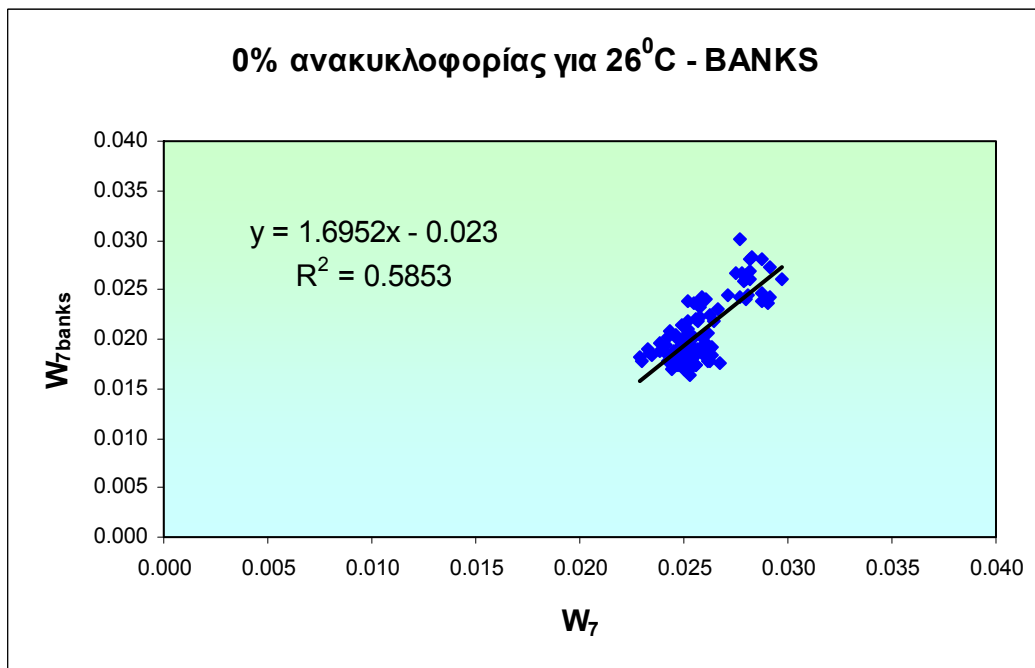
Γράφημα 6.68: Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



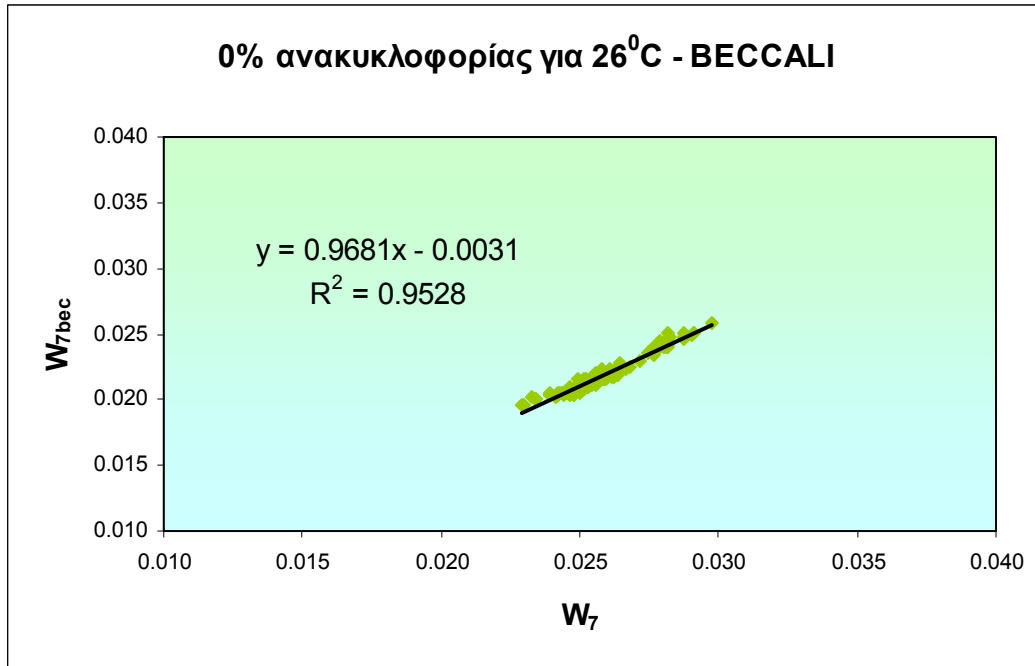
Γράφημα 6.69: Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



Γράφημα 6.70: Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

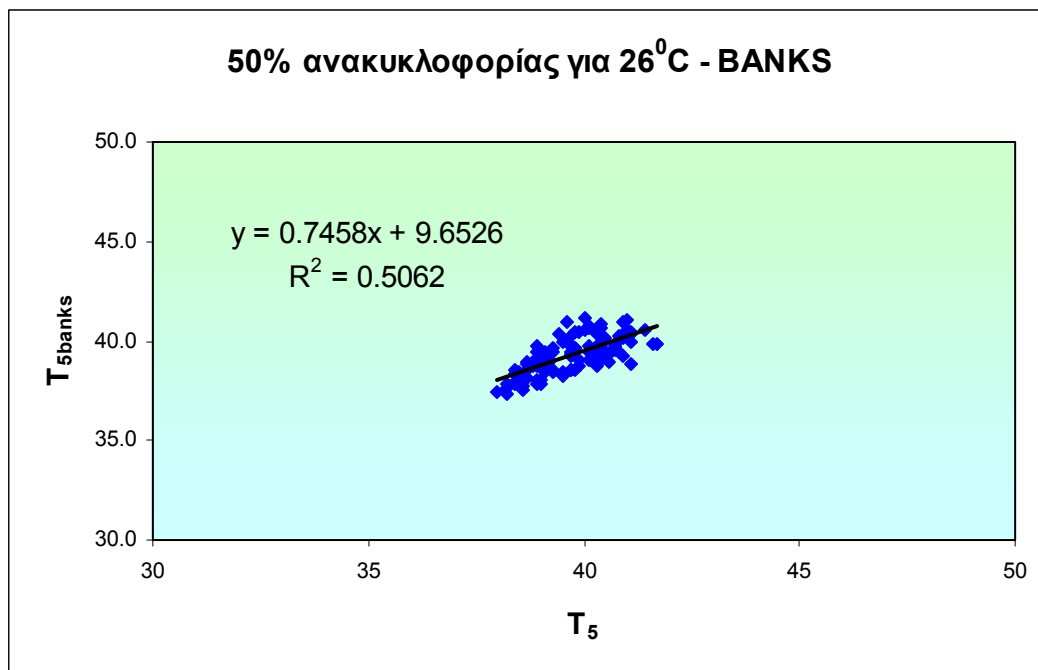


Γράφημα 6.71: Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

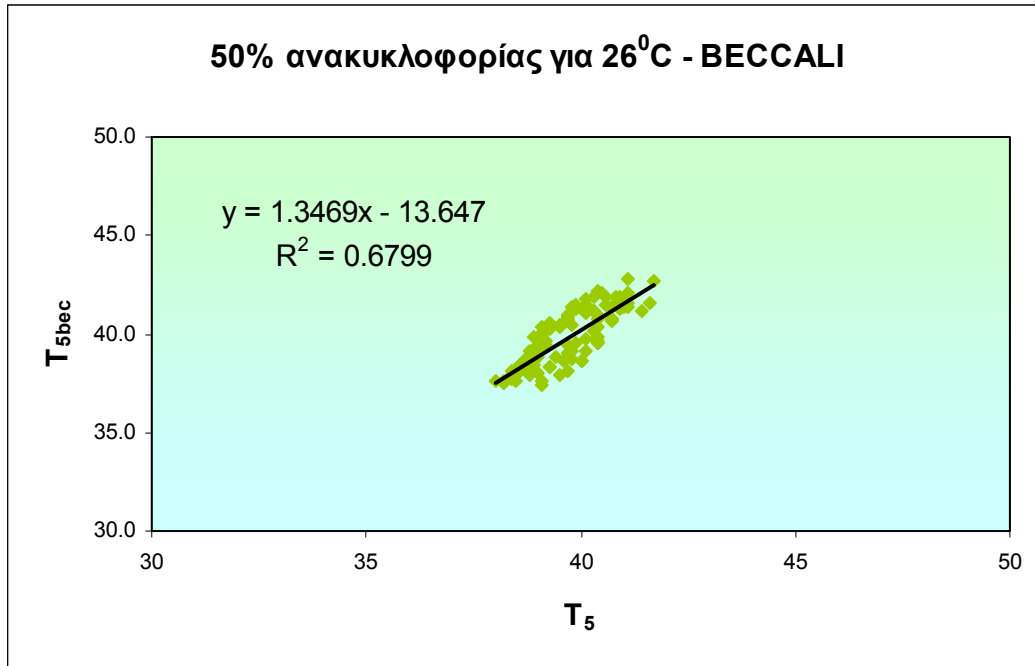


Γράφημα 6.72: Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 0% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

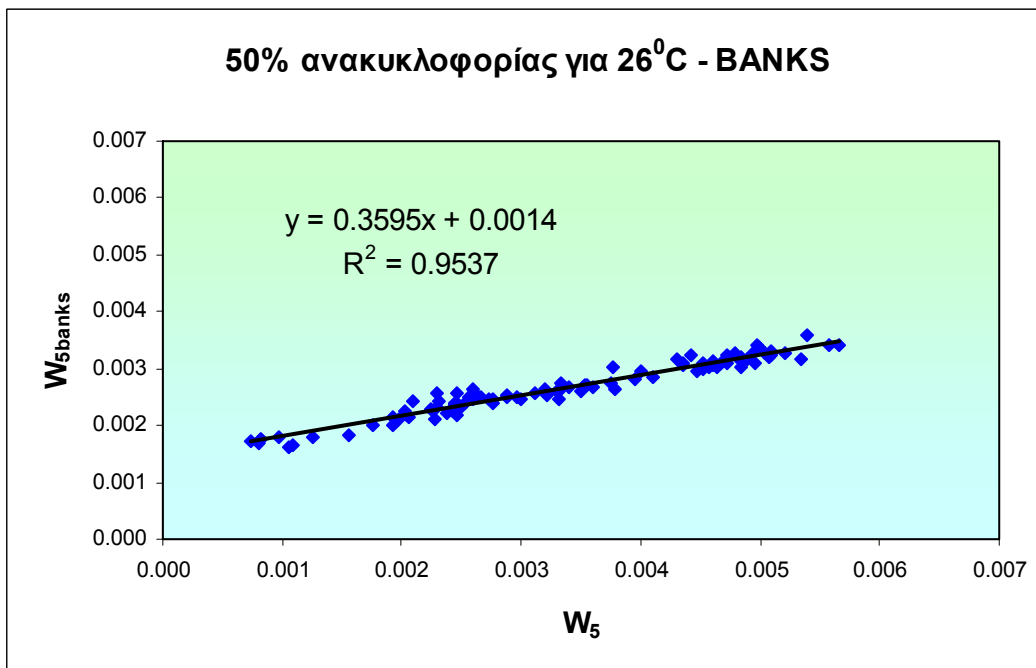
6.4.3.2.2 50% ανακυκλοφορία



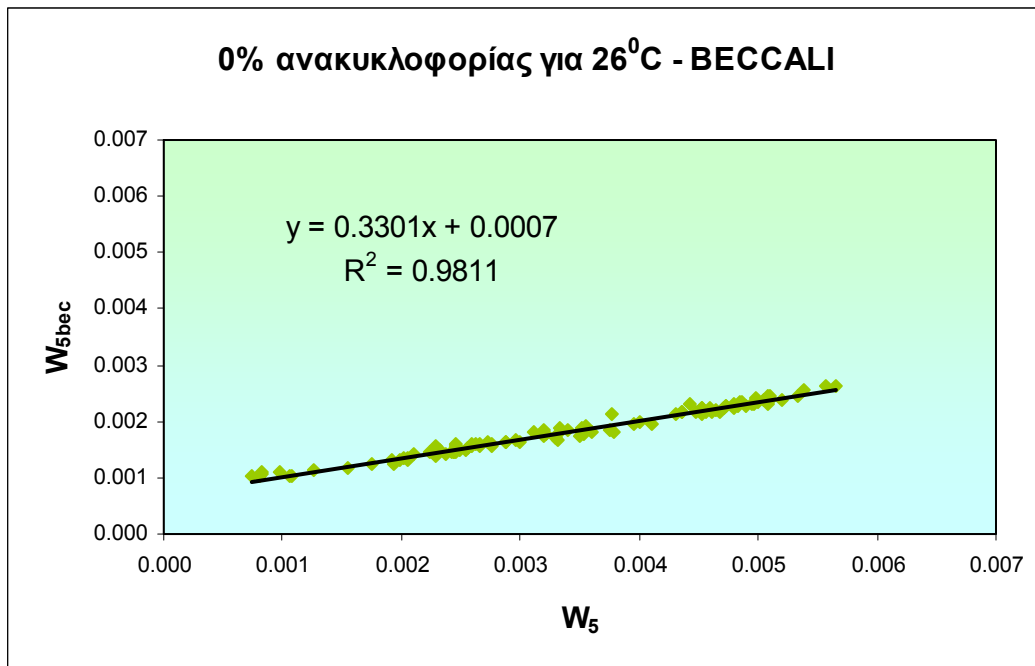
Γράφημα 6.73: Συσχέτιση της T_{5banks} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



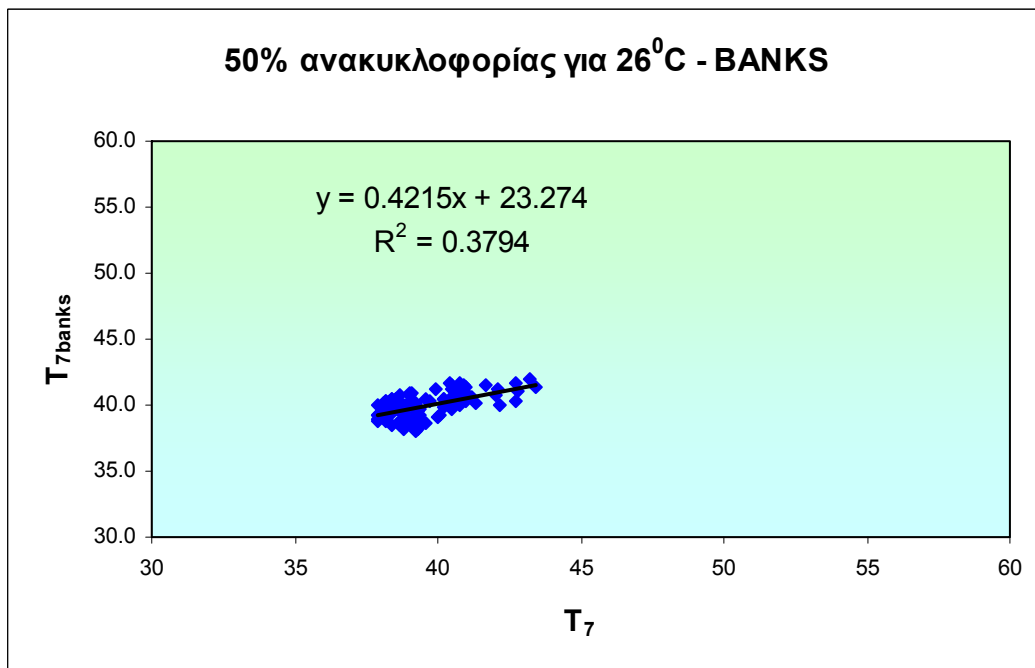
Γράφημα 6.74: Συσχέτιση της T_{5bec} με την T_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



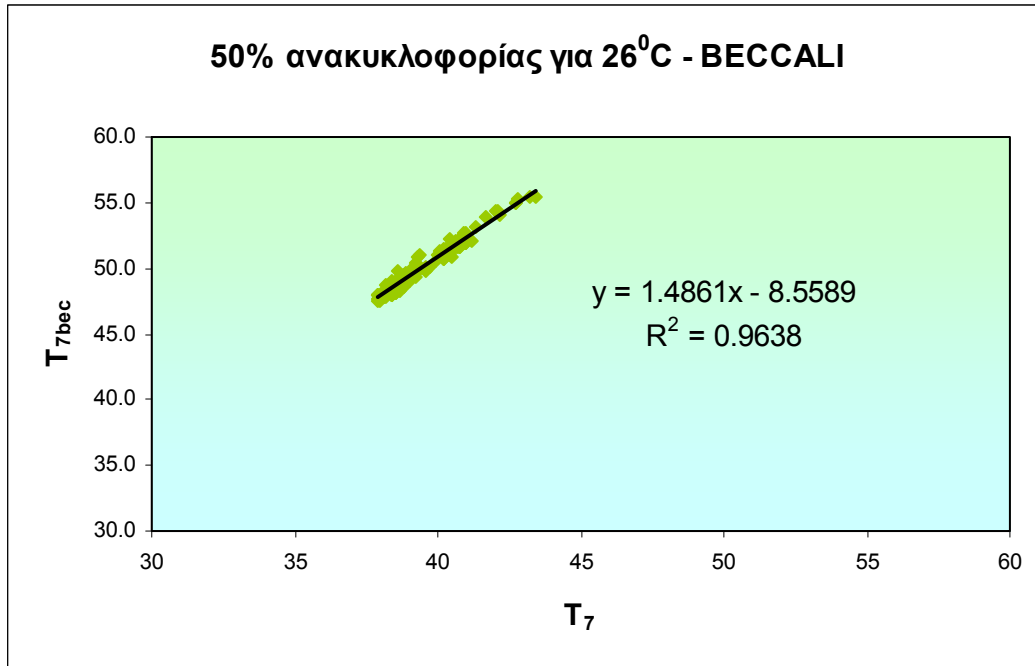
Γράφημα 6.75: Συσχέτιση της W_{5banks} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



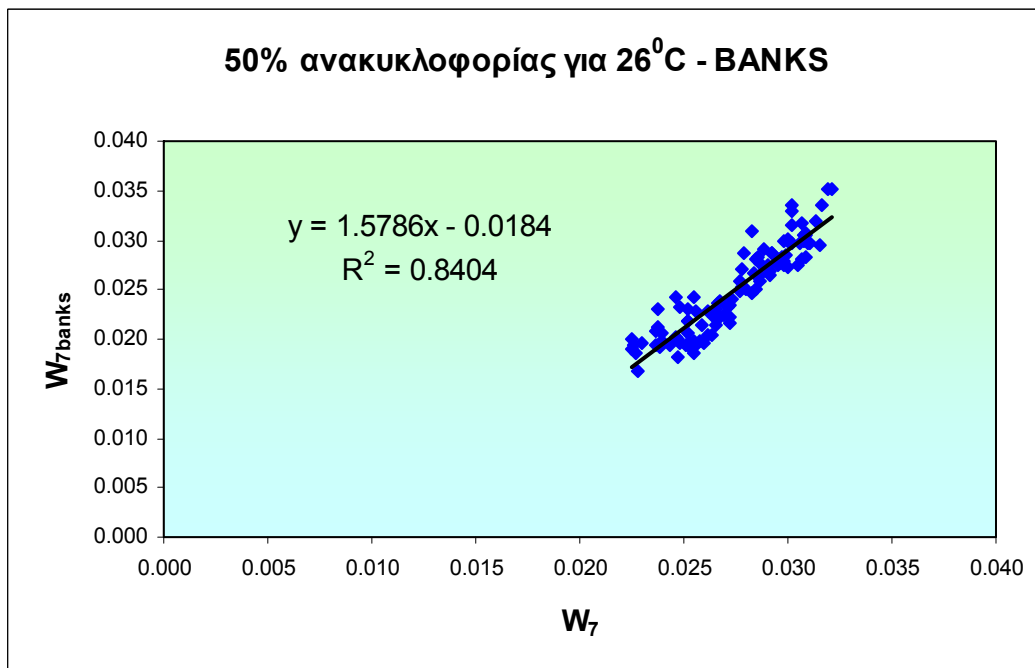
Γράφημα 6.76: Συσχέτιση της W_{5bec} με την W_5 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



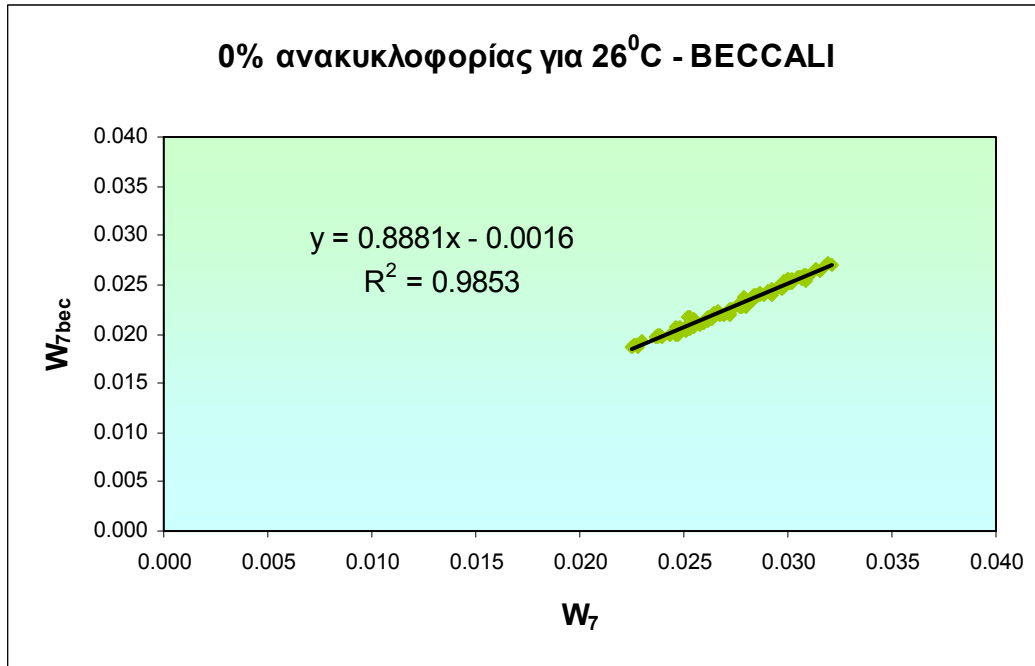
Γράφημα 6.77: Συσχέτιση της T_{7banks} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



Γράφημα 6.78: Συσχέτιση της T_{7bec} με την T_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



Γράφημα 6.79: Συσχέτιση της W_{7banks} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C



Γράφημα 6.80: Συσχέτιση της W_{7bec} με την W_7 για 50% ανακυκλοφορία στους 26⁰C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα κατά την εκτέλεση ενός πειράματος είναι τα σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις. Η γνώση τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία κάποιου πειράματος. Αν δεν ξέρουμε τα σφάλματα, δεν μπορούμε να βγάλουμε ορισμένα συμπεράσματα για το φυσικό περιεχόμενο του πειράματος.

7.1 Η έννοια του Σφάλματος

Σφάλμα (error) είναι η διαφορά μεταξύ της μετρούμενης τιμής ενός μεγέθους από την “αληθινή” του τιμή. Η αληθινή αυτή τιμή δεν είναι σχεδόν ποτέ γνωστή. Για το λόγο αυτό συνήθως συνοδεύουμε τα αποτελέσματά μας με μία εκτίμηση του σφάλματος που ονομάζεται και αβεβαιότητα (uncertainty). [22]

Δύο ειδών σφάλματα υπεισέρχονται σε μια μέτρηση:

Συστηματικά σφάλματα: πρόκειται για σφάλματα που σχετίζονται με την αξιοπιστία μιας μέτρησης και μπορεί να οφείλονται στην κακή βαθμονόμηση των οργάνων, στη λανθασμένη χρήση των οργάνων ή στην παράβλεψη ορισμένων φαινομένων ή σε εξωτερικά αίτια που μπορεί να αλλάξουν τα αποτελέσματα του πειράματος (υγρασία, πίεση, θερμοκρασία κ.λ.π). Τα συστηματικά σφάλματα τείνουν να μετατοπίσουν όλες τις μετρήσεις με συστηματικό τρόπο, έτσι ώστε η μέση τιμή να είναι μετατοπισμένη προς μία διεύθυνση π.χ εάν ένας χάρακας είναι φθαρμένος, η μέτρηση κάθε μήκους θα έχει σταθερό συστηματικό σφάλμα που είναι ανεπηρέαστο από την επαναληψιμότητα της μέτρησης. Ο μόνος τρόπος να ποσοτικοποιηθεί το σφάλμα, δηλαδή να εκτιμηθεί σωστά η τάξη μεγέθους του, είναι να συγκριθεί το χρησιμοποιούμενο όργανο με άλλο, που θεωρείται πρότυπο. Σε ένα σωστό πείραμα τα μεγάλα συστηματικά σφάλματα περιορίζονται με σύγκριση των τιμών με διαφορετικές μεθόδους.

Τυχαία σφάλματα: πρόκειται για σφάλματα που σχετίζονται με την ακρίβεια μιας μέτρησης και δείχνουν τις διακυμάνσεις που έχουν οι μετρήσεις ενός επαναλαμβανόμενου πειράματος, που γίνεται κάτω από τις ίδιες φαινομενικά συνθήκες και τα οποία οδηγούν στην κατανομή των αποτελεσμάτων γύρω από μία μέση τιμή. Μπορεί να οφείλονται στην έλλειψη ευαισθητής απόκρισης του οργάνου ή στον παρατηρητή (σφάλματα ανάγνωσης), στον εξωτερικό «θόρυβο», ή σε στατιστικές διαδικασίες (όπως είναι η ρίψη ενός ζαριού). [23]

7.2 Διαδικασία υπολογισμού σφαλμάτων πειράματος

Ο υπολογισμός του σφάλματος του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (ϵ_{COP}) και της ικανότητας αφύγρανσης (ϵ_{DW}), γίνεται ως εξής:

$$(5.1) \Rightarrow COP = 3.5 \cdot \frac{h_3 - h_8}{h_7 - h_9} \quad (7.1)$$

$$\varepsilon_{\text{cop}}^2 = \left(\frac{\partial \text{cop}}{\partial h_8} \right)^2 \cdot \varepsilon_{h_8}^2 + \left(\frac{\partial \text{cop}}{\partial h_3} \right)^2 \cdot \varepsilon_{h_3}^2 + \left(\frac{\partial \text{cop}}{\partial h_9} \right)^2 \cdot \varepsilon_{h_9}^2 + \left(\frac{\partial \text{cop}}{\partial h_7} \right)^2 \cdot \varepsilon_{h_7}^2 \quad (7.2)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \text{cop}}{\partial h_8} &= \frac{3.5}{h_7 - h_9}, \quad \frac{\partial \text{cop}}{\partial h_3} = -\frac{3.5}{h_7 - h_9} \\ \frac{\partial \text{cop}}{\partial h_9} &= -\frac{3.5 \cdot (h_3 - h_8)}{(h_7 - h_9)^2}, \quad \frac{\partial \text{cop}}{\partial h_7} = \frac{3.5 \cdot (h_3 - h_8)}{(h_7 - h_9)^2} \end{aligned} \right\} (7.3)$$

όπου h_8, h_7, h_6, h_3 είναι οι μέσες τιμές ενθαλπίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων και ε το συνολικό σφάλμα.

$$(5.2) \Rightarrow DW = W_4 - W_5 \quad (7.4)$$

$$\varepsilon_{DW}^2 = \left(\frac{\partial DW}{\partial w_4} \right)^2 \cdot \varepsilon_{w_4}^2 + \left(\frac{\partial DW}{\partial w_5} \right)^2 \cdot \varepsilon_{w_5}^2 \quad (7.5)$$

$$\frac{\partial DW}{\partial w_4} = 1, \quad \frac{\partial DW}{\partial w_5} = -1 \quad (7.6)$$

όπου w_4, w_5 είναι οι μέσες τιμές απόλυτης υγρασίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων.

$$\varepsilon = \sqrt{s_{\mu.\text{τυχ.}}^2 + s_{\text{συσ.}}^2} \quad (7.7)$$

$$s_{\mu.\text{τυχ.}} = 3 \cdot s_{\text{τυχ.}} \quad (7.8)$$

όπου $s_{\text{τυχ.}}$ είναι η τυπική απόκλιση των τυχαίων σφαλμάτων από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων, $s_{\mu.\text{τυχ.}}$ είναι το μέγιστο πιθανό σφάλμα των τυχαίων σφαλμάτων και $s_{\text{συσ.}}$ είναι η τυπική απόκλιση των συστηματικών σφαλμάτων.

Θερμοκρασία

$$s_{\text{συσ.}} = \pm 2.2^0 \text{C} \quad (7.9)$$

από θερμοστοιχείο τύπου K [24]

Υγρασία

$$s_{\text{συσ.}} = c \cdot \bar{x} \quad (7.10)$$

όπου c (συντελεστής μεταβλητής) είναι $\pm 2\%$ RH(10...95% RH) ή $\pm 3\%$ RH (<10%, >95% RH) [25] και \bar{x} είναι οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων.

$$h = t + w \cdot (2501 + 1.805) \quad (7.11)$$

$$\varepsilon_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right)^2 \cdot \varepsilon_t^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial w} \right)^2 \cdot \varepsilon_w^2 \quad (7.12)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = 1 + 1.805 \cdot w, \quad \frac{\partial h}{\partial w} = 2501 + 1.805 \cdot t \quad (7.13)$$

όπου w , t είναι οι μέσες τιμές της απόλυτης υγρασίας και θερμοκρασίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων.

$$w = 0.62198 \cdot \frac{p_v}{p_a} \quad (7.14)$$

$$\varepsilon_w^2 = \left(\frac{\partial w}{\partial p_v} \right)^2 \cdot \varepsilon_{p_v}^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial p_a} \right)^2 \cdot \varepsilon_{p_a}^2 \quad (7.15)$$

$$\frac{\partial w}{\partial p_v} = \frac{0.62198}{p_a}, \quad \frac{\partial w}{\partial p_a} = 0.62198 \cdot \frac{p_v}{p_a^2} \quad (7.16)$$

όπου p_a , p_v είναι οι μερικές πιέσεις ξηρού αέρα και υδρατμού στο μίγμα αέρα αντίστοιχα.

$$p_a = p - p_v \xrightarrow{p=1.013 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}} p_a = 1.013 \cdot 10^5 - p_v \quad (7.17)$$

$$\varepsilon_{p_a}^2 = \left(\frac{\partial p_a}{\partial p_v} \right)^2 \cdot \varepsilon_{p_v}^2 \xrightarrow{\frac{\partial p_a}{\partial p_v} = -1} \varepsilon_{p_a} = \varepsilon_{p_v} \quad (7.18)$$

όπου p η ατμοσφαιρική πίεση.

$$p_v = RH \cdot p_s (7.19)$$

$$\varepsilon_{p_v}^2 = \left(\frac{\partial p_v}{\partial RH} \right)^2 \cdot \varepsilon_{RH}^2 + \left(\frac{\partial p_v}{\partial p_s} \right)^2 \cdot \varepsilon_{p_s}^2 (7.20)$$

$$\frac{\partial p_v}{\partial RH} = p_s, \frac{\partial p_v}{\partial p_s} = RH (7.21)$$

όπου p_s είναι η πίεση κορεσμού του υδρατμού που αντιστοιχεί σε μία θερμοκρασία t και RH είναι οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων.

$$p_s(T) = \exp\left(\frac{a}{T} + b + c \cdot T + d \cdot T^2 + e \cdot T^3 + f \cdot \ln(T)\right) (7.22)$$

$$\varepsilon_{p_s}^2 = \left(\frac{\partial p_s}{\partial T} \right)^2 \cdot \varepsilon_T^2 (7.23)$$

$$\frac{\partial p_s}{\partial T} = \exp\left(\frac{a}{T} + b + c \cdot T + d \cdot T^2 + e \cdot T^3 + f \cdot \ln(T)\right) \cdot \left(-\frac{a}{T^2} + c + 2 \cdot d \cdot T + 3 \cdot e \cdot T^2 + \frac{f}{T}\right) (7.24)$$

$$T = t + 273.15, \varepsilon_t = \varepsilon_T (7.25)$$

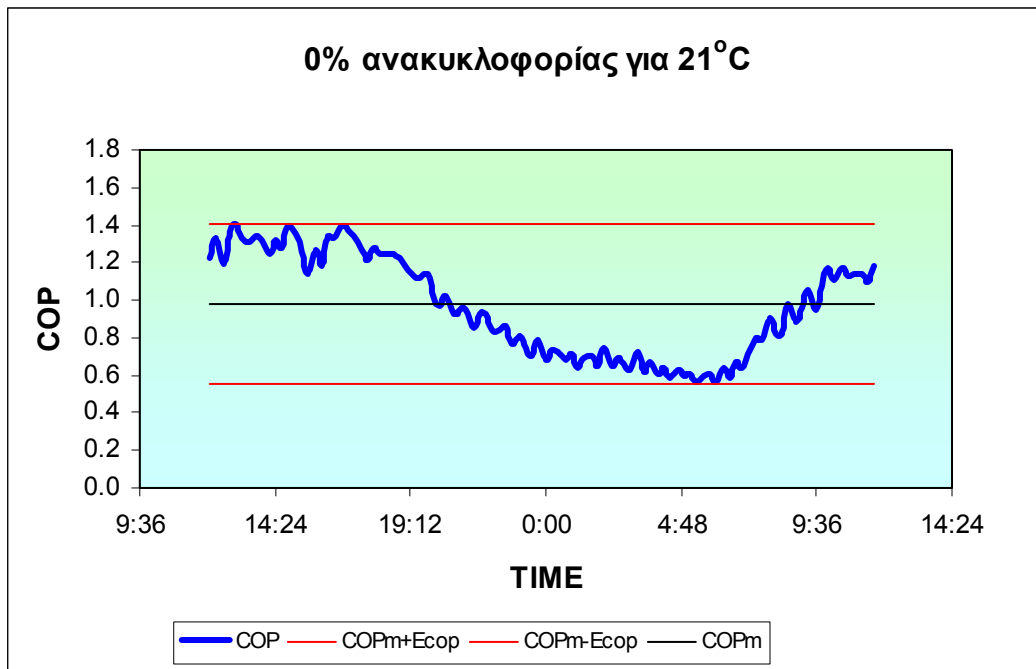
όπου t είναι οι μέσες τιμές θερμοκρασίας από τα δείγματα των πειραματικών μετρήσεων και a, b, c, d, e, f είναι συντελεστές [22],[26].

$$a = -5.8002206 \cdot 10^3, b = 1.3914993, c = -4.8640239 \cdot 10^{-2}$$

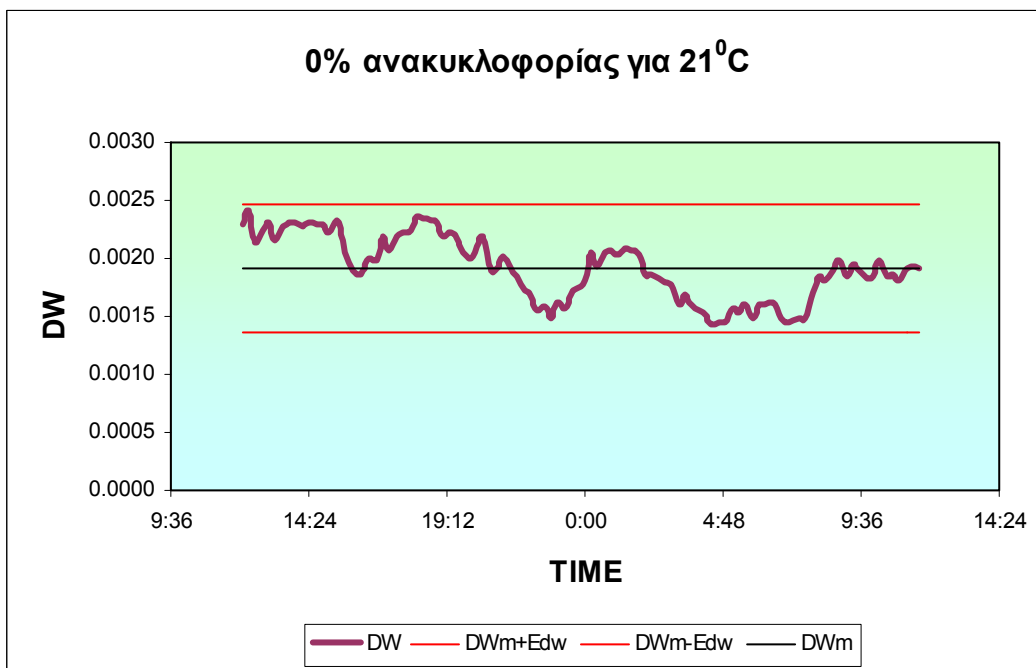
$$d = 4.1764768 \cdot 10^{-5}, e = -1.4452093 \cdot 10^{-8}, f = 6.5459673$$

7.3 Αποτελέσματα σφαλμάτων

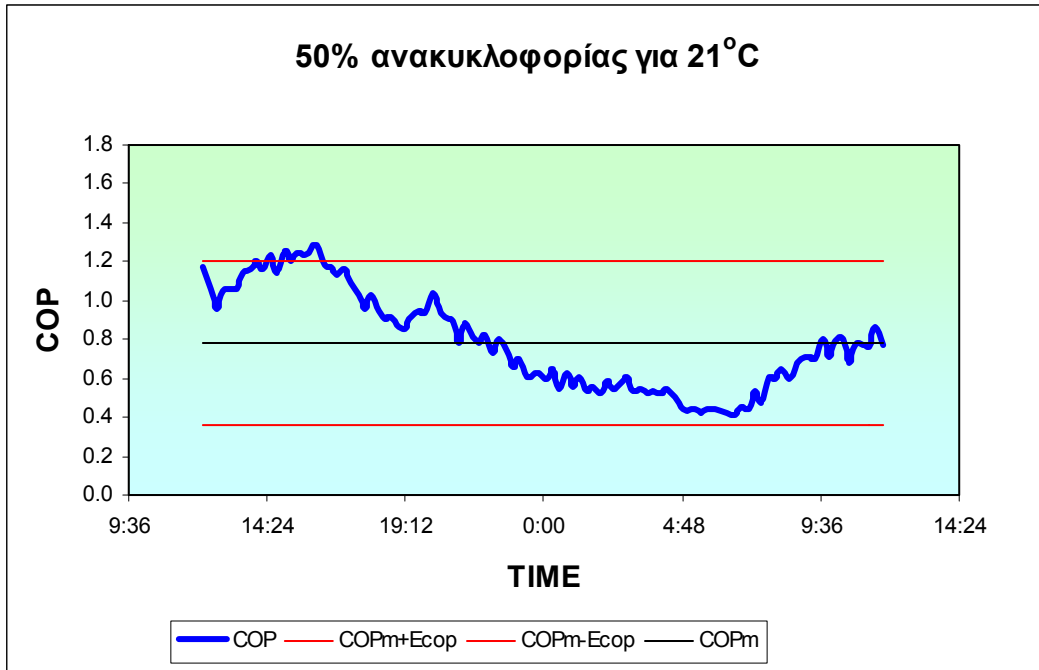
Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών θα παρουσιαστούν σε γραφήματα παρακάτω για κάθε περίπτωση. Οι κόκκινες γραμμές μας δείχνουν το συνολικό σφάλμα (\pm) και οι μαύρες το μέσο όρο του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) και της ικανότητας αφύγρασης (DW).



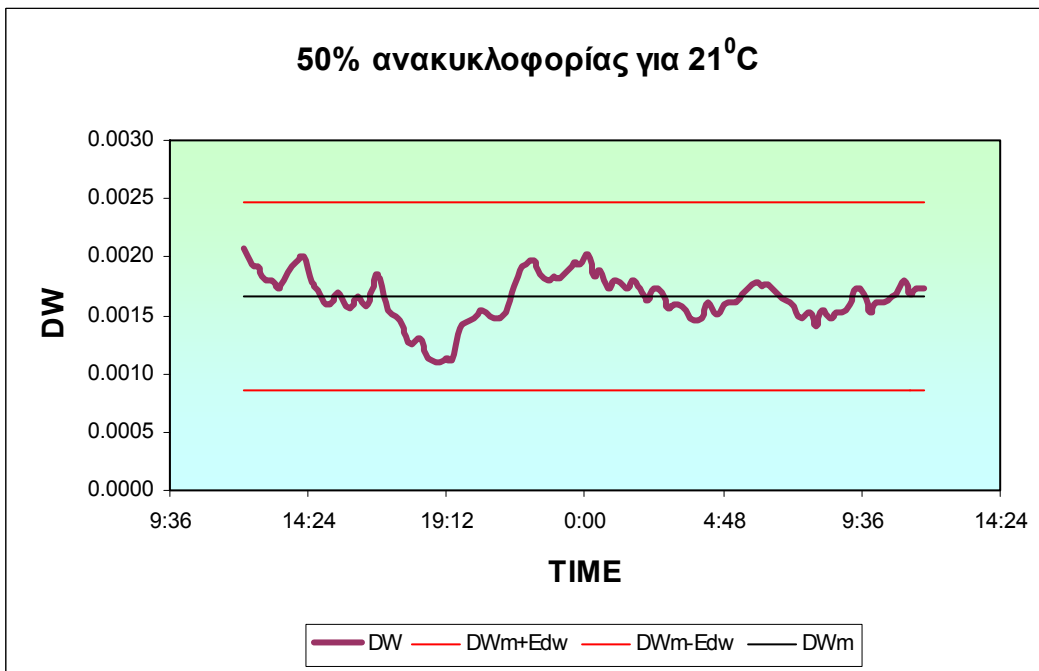
Γράφημα 7.1: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C



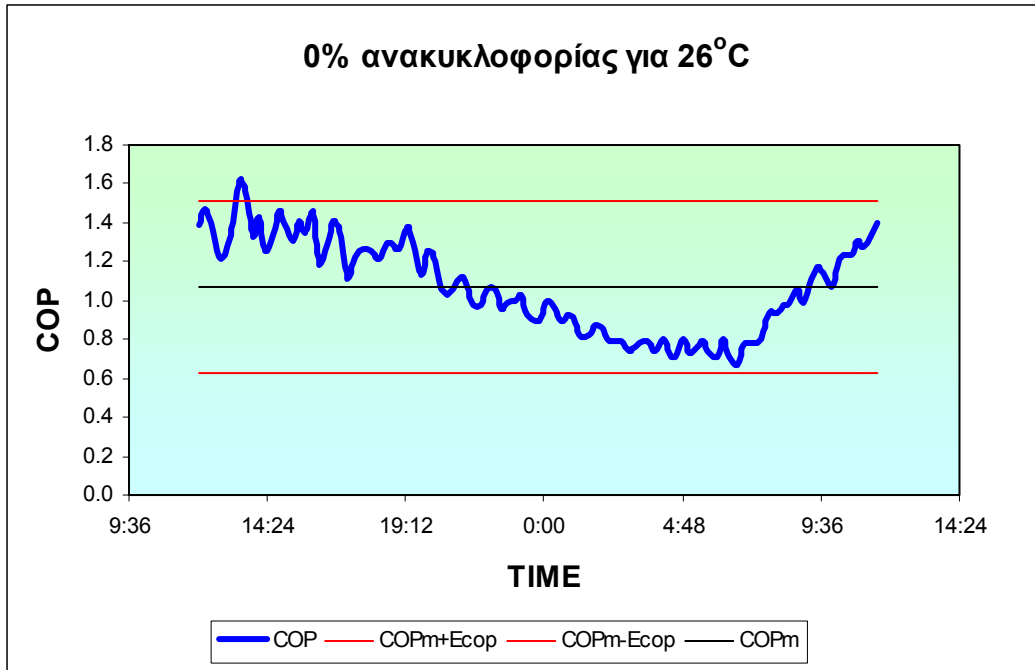
Γράφημα 7.2: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 0% ανακυκλοφορία στους 21°C



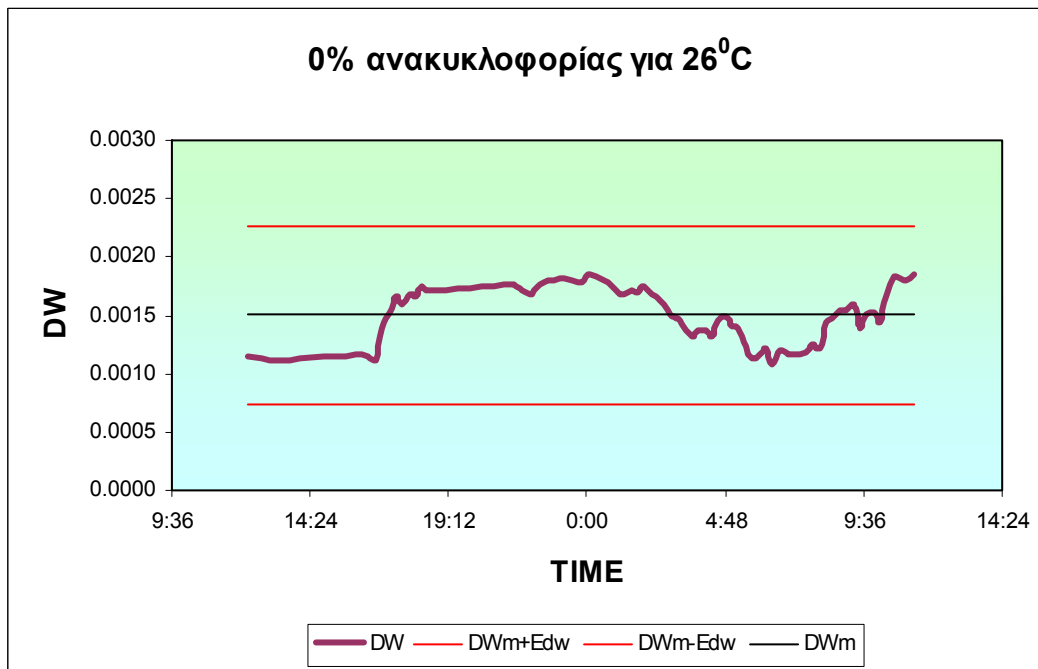
Γράφημα 7.3: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



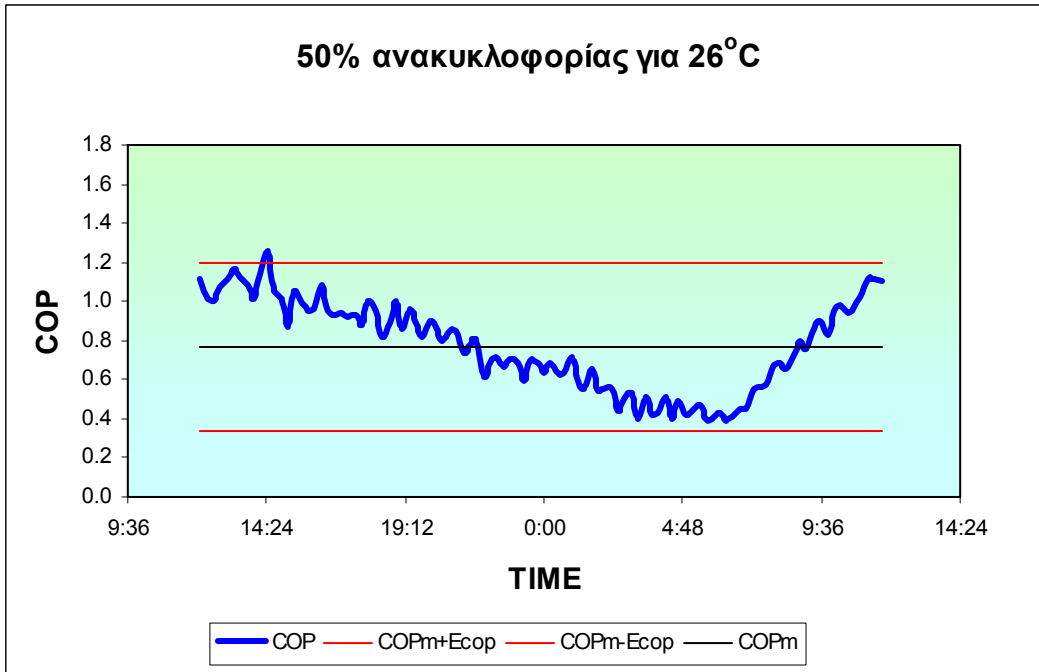
Γράφημα 7.4: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 50% ανακυκλοφορία στους 21°C



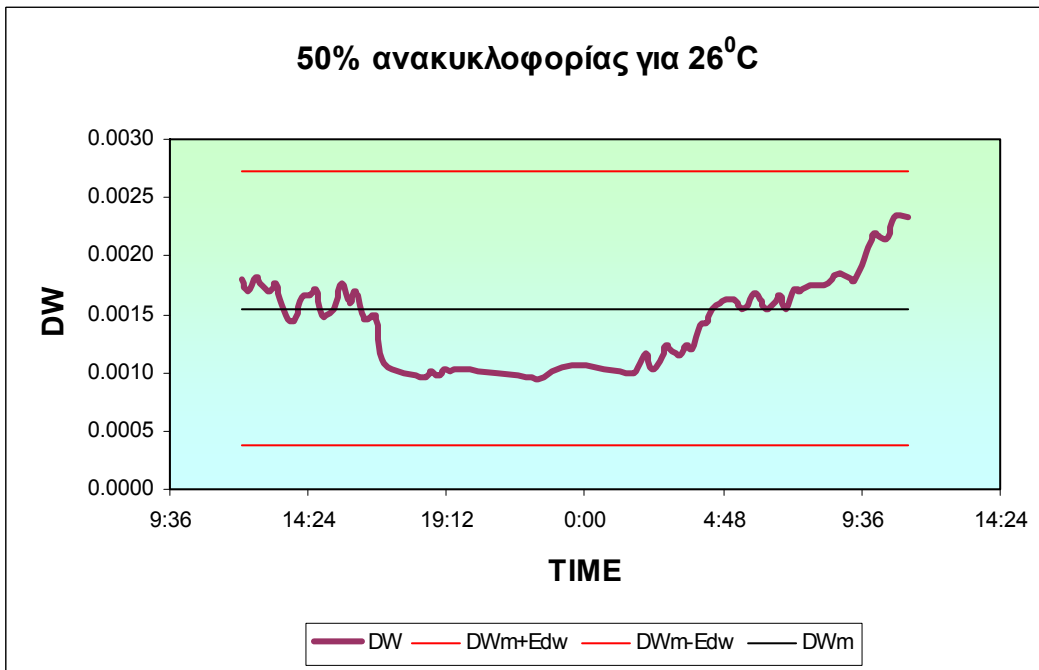
Γράφημα 7.5: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 7.6: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 7.7: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος του COP για 0% ανακυκλοφορία στους 26°C



Γράφημα 7.8: Τιμές, σφάλμα και μέσος όρος της DW για 50% ανακυκλοφορία στους 26°C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κύριος σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση και η πειραματική αξιολόγηση του ανοικτού συστήματος αφύγρανσης με αφυγραντικό τροχό Silica Gel, που βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου του τομέα Θερμότητας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν και όλα τα παραπάνω διαγράμματα ώστε να είναι δυνατή η οπτική παρατήρηση της εξέλιξης των σημαντικότερων μεταβλητών, που χαρακτηρίζουν τον τρόπο λειτουργίας της συσκευής και να διεξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα.

Στην εγκατάσταση παρατηρήθηκε στο σημείο ανάμιξης αέρα (ανακυκλοφορίας και περιβάλλοντος) (σημείο 3) ότι, όταν η σχετική υγρασία (RH(%)) αυξάνεται, ο συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) μειώνεται, ενώ όταν η θερμοκρασία ($T(^{\circ}\text{C})$) και η ενθαλπία ($h(\text{Kj/Kg})$) αυξάνονται ο συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης (COP) αυξάνεται. Οπότε τη νύχτα που η σχετική υγρασία είναι σε μεγαλύτερα επίπεδα και η θερμοκρασία σε μικρότερα, ο συντελεστής συμπεριφοράς της εγκατάστασης είναι μικρότερος απ' ό,τι την ημέρα.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι η ικανότητα αφύγρανσης στο σημείο 4 (πριν μπει ο αέρας στον τροχό στο ρεύμα επεξεργασίας) εξαρτάται από την σχετική υγρασία (RH) στο υπό μελέτη σημείο. Πιο συγκεκριμένα η ικανότητα αφύγρανσης (DW) αυξάνεται με την αύξηση της σχετικής υγρασίας (RH) για τιμές μέχρι 20%, ενώ για μεγαλύτερες τιμές μειώνεται, πράγμα το οποίο φαίνεται από το γράφημα 6.42.

Επίσης η εγκατάσταση μοντελοποιήθηκε στο λογισμικό MATHCAD, ώστε να συγκριθούν τα πειραματικά με τα θεωρητικά αποτελέσματα. Οι θεωρητικοί υπολογισμοί έγιναν βάσει των μεθόδων BANKS [29] και BECCALI [28], σε συνθήκες θερμοκρασίας χώρου $T=21^{\circ}\text{C}$ και $T=26^{\circ}\text{C}$ για χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα. Για να επιτευχθούν οι παραπάνω θερμοκρασίες, τόσο η πρόψυξη όσο και η μετάψυξη ήταν σε λειτουργία ψύξης. Προέκυψε ότι τα πειραματικά με τα θεωρητικά αποτελέσματα συγκλίνουν για παροχές ανακυκλοφορίας 0% και 50%, οι αποκλίσεις σε κάποια διαγράμματα οφείλονται στις παραδοχές των μεθόδων, δηλαδή στη μέθοδο BANKS ο αφυγραντής έχει άπειρη χωρητικότητα, γεγονός που οδηγεί σε ίσες παροχές μαζών στα δύο ρεύματα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για 100% ανακυκλοφορία τα πειραματικά με τα θεωρητικά αποτελέσματα δεν συγκλίνουν, διότι οι μέθοδοι δεν ισχύουν για συνθήκες ξηρού αέρα στο ρεύμα επεξεργασίας, δηλαδή πριν μπει στον ξηραντικό τροχό.

Ως συνέχεια της παρούσας εργασίας, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση ανάμιξης του αέρα περιβάλλοντος με τον αέρα του χώρου στο ρεύμα αναγέννησης, για τους χειμερινούς μήνες. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να προστεθεί ένα στόμιο στο ρεύμα αναγέννησης, πριν τον αφυγραντικό τροχό, ώστε να γίνεται η ανάμιξη του αέρα. Η μελέτη αυτής της περίπτωσης θα ήταν χρήσιμη, διότι θέλουμε υψηλή θερμοκρασία στην είσοδο του ρεύματος αναγέννησης. Θα ήταν επίσης ενδιαφέρον, να εξεταστεί πώς λειτουργεί η εγκατάσταση, όταν το ρεύμα επεξεργασίας προθερμαίνεται και

τέλος για να έχουμε μια πιο ασφαλή εκτίμηση ενός μέσου συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης και μίας μέσης ικανότητας αφύγρανσης για συγκεκριμένη περίπτωση σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, θα μπορούσαμε να εκτελέσουμε περισσότερα πειράματα για περισσότερες μέρες (π.χ. εβδομαδιαία, μηνιαία).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Τσάτηρης, Μ. Ν., “Ενέργεια και περιβάλλον”, Εκδόσεις ΔΑΡΜΑΝΟΣ, Αθήνα, 2002
- [2] Makofske, W. J. Karlin, E. F. , “Τεχνολογία και παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα”, Εκδόσεις «ΙΩΝ», Αθήνα, 1995
- [3] I. Koronaki, E. Rogdakis, T. Kakatsiou., “Optimization of Evaporative and Desiccant Systems for Air-Conditioning in Mediterranean Areas”, 8th IIF/IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids
- [4] <http://el.wikipedia.org/wiki/Κλιματισμός>
- [5] DryHellas. , <http://www.dryhellas.gr/>
- [6] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ Α.Β.Ε.Τ.&Ε.Ε. , “Η Αφύγρανση”
- [7] Harvey, L.D. Danny. A handbook on Low-Energy Buildings and District Energy Systems. London : s.n., 2006
- [8] ASHRAE. , Handbook of Fundamentals, 1997
- [9] Henning, Hans-Martin. Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings A Handbook for planners. s.l. : Hans-Martin Henning, 2007
- [10] Munters Europe AB, User’s Manual “Desiccant Dehumidifier ML420-MLT1400”, 2002
- [11] <http://mikroklima.com.hr/pdf/ML/ML690.pdf>
- [12] Munters Europe AB. , <http://www.munters.com/>
- [13] Mini Motor s.r.l. , <http://www.minimotor.com/>
- [14] Filtrosystem. , <http://www.filtrosystem.gr/>
- [15] Airtechnic. , <http://www.airtechnic.gr/>
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_valve#Types_of_ball_valve
- [17] Interplast. , <http://www.interplast.gr/>
- [18] ΚΑΠΕ. , Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια, http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/
- [19] Agelopoulos. , <http://www.agelopoulos.gr/>
- [20] <http://www.scribd.com/doc/42237379/ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ-ΧΑΡΤΗΣ>

- [21] ΚΑΠΕ. , “Οδηγός Ψύξης”. , 1996
- [22] Σιμόπουλος Σ.Ε. , “Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών”, Αθήνα, 1989
- [23] http://www.physics.upatras.gr/UploadedFiles/course_173_6304.pdf
- [24] Omega Engineering Inc. , <http://www.omega.com/>
- [25] Instrument Control Co. , <http://www.insctrl.com/>
- [26] Αντωνόπουλος Α.Κ. , “Κλιματισμός”, Αθήνα, 2007
- [27] Στεργίου Κ.Ι. , Στεργίου Ι.Κ. , “Στοιχεία Μηχανών ΙΙ”, Εκδόσεις «Συγχρονή Εκδοτική», Αθήνα, 2002
- [28] M. Beccali, R. S. Adhikari, F. Butera, V.Franzitta, “Update on Desiccant Wheel Model”, International Journal of Energy Research, Volume 28, Issue12, pages 1043-1049, 10 October 2004
- [29] Banks PJ, 1985, Prediction of heat and mass regenerator performance using nonlinear analogy method:Part2-Comparision of Methods. J Heat Transfer;107(1):230–7