

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ LIQUID DESICCANT
MEDIUMS ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Μπεντίνι Μεριγκλέν του Αρσέν

Καθηγήτρια: Δρ. Κορωνάκη Ειρήνη

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

<i>Είδος Εργασίας</i>	Διπλωματική Εργασία		
<i>Κωδικός Εργασίας-1</i>		<i>Κωδικός Εργασίας-2</i>	
<i>Τίτλος Εργασίας</i>	Αποκατάσταση λειτουργίας και πειραματική διερεύνηση LDMS		
<i>Σπουδαστής, -ές</i>	Μπεντίνι Μεριγκλέν		
<i>Επιβλέπων Καθηγ.</i>	Δρ. Κορωνάκη Ειρήνη		
<i>Τμήμα</i>	Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π		
<i>Εργαστήριο</i>	Γ5		
<i>Ημερομηνία</i>	20-02-2020		
<i>Λέξεις κλειδιά</i>	Liquid Desiccant Mediums		

(κενή σελίδα)

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ το Θεό και τους καθηγητές μου.

(κενή σελίδα)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα Διπλωματική μελετήθηκε πειραματικά η συμπεριφορά του συστήματος υγρού ξηραντικού στοιχείου διαλύματος χλωριούχου λιθίου με νερό (LiCl-H₂O), εσωτερικά ψυγμένου, αντίθετης ροής η οποία βρίσκεται στο Γ5 εργαστήριο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ του τομέα θερμότητας .

Αρχικά, προτού προβούμε σε μετρήσεις , έγινε αποκατάσταση σε μερικά συστήματα όπως, αλλαγή στον εναλλάκτη του Αναγεννητή, διότι παρουσίαζε διαρροές θερμού νερού, επίσης επισκευάστηκαν οι σωληνώσεις οι οποίες οδηγούν στους ψεκαστές του ξηραντικού στοιχείου . Επιπλέον για την καλύτερη πλήρωση και τον εξαερισμό του δικτύου με νερό εγκαταστάθηκαν παντού αυτόματα εξαεριστικά και αυτόματοι πλήρωσης . Στο σύστημα πραγματοποιήθηκε έλεγχος και προληπτική λειτουργία όλων των συστημάτων.

Στο ηλεκτρονικό – προγραμματιστικό σκέλος της εργασίας πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση όλων των οργάνων που βρίσκονται εγκατεστημένα στο σύστημα, εγκαταστάθηκε πύργος ηλεκτρονικού υπολογιστή ώστε να μπορούσαμε να λαμβάνουμε τις πρωτογενείς μετρήσεις από όλους τους αισθητήρες , επιπλέον εγκαταστάθηκαν νέα προγράμματα όπως το DCON_UTILITY και το EZ Data Logger Quick το οποίο αποτελεί πρόγραμμα απεικόνισης και λήψεις αποτελεσμάτων .

Τέλος πραγματοποιήθηκε ρύθμιση του διαλύματος ώστε το αραιό της τμήμα να έχει συγκέντρωση 31% , το πυκνό τμήμα της να έχει συγκέντρωση 41% , πραγματοποιήθηκαν τρεις δοκιμές λειτουργίας των 2 ωρών και πάρθηκαν μετρήσεις από το τελευταίο δίωρο τα οποία παρουσιάζονται σε ανάλογο κεφάλαιο .

Ως υγρό ξηραντικό στοιχείο χρησιμοποιείται το χλωριούχο λίθιο (LiCl) και έχουμε μελετήσει τον ρυθμό αφύγρανσης ανάλογα με τις εκάστοτε καιρικές συνθήκες.

Μέσα στον αφυγραντήρα αντίθετης ροής, το ισχυρό ξηραντικό διάλυμα (LiCl-H₂O), προερχόμενο από την υψηλής συγκέντρωσης δεξαμενή αποθήκευσης, πέφτει από το πάνω μέρος της συσκευής και η υγρασία μεταφέρεται από τον αέρα στο ξηραντικό στοιχείο. Κατά την διαδικασία απορρόφησης παράγεται θερμότητα την οποία παραλαμβάνει το νερό, από τον εξατμιστικό ψύκτη, τέλος της διαδικασίας βρίσκει τον αέρα με χαμηλή υγρασία και ψυγμένο, ενώ το ξηραντικό διάλυμα αραιωμένο αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης χαμηλής συγκέντρωσης.

Μετά την αφύγρανση, το αραιωμένο ξηραντικό πρέπει να ανακτήσει την αρχική του συγκέντρωση, για να γίνει αυτό το διάλυμα οδηγείται στον αναγεννητή στον οποίο νερό θέρμανσης κυκλοφορεί διαμέσου των φύλλων πολυπροπυλενίου και παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας. Καθώς το υγρό ξηραντικό στοιχείο ζεσταίνεται, ο υγρός ατμός φεύγει από το χαμηλής συγκέντρωσης διάλυμα και παρασύρεται μακριά από το ρεύμα αέρα περιβάλλοντος. Στην έξοδο του αναγεννητή, το ξηραντικό στοιχείο έχει ανακτήσει την αρχική του συγκέντρωση και αποθηκεύεται στην δεξαμενή υψηλής συγκέντρωσης, έτοιμο να εισέλθει ξανά στον αφυγραντήρα .

Abstract

The present Diploma Thesis, the behaviours of the liquid drying system of lithium chloride solution with water (LiCl-H₂O), internally cooled, counter-flow, which is located in the C5 laboratory of the NTUA School of Mechanical Engineering in the field of heat, was studied experimentally. Initially, before making measurements, some systems were repaired, such as a change in the Regenerator heat exchanger, because it had hot water leaks, and the pipes leading to the drying element sprinklers were repaired. In addition, for better filling and ventilation of the network with water were installed everywhere automatic ventilation, automatic filling. The system performed control and preventive operation of all systems.

In the electronic-programming part of the work, all the instruments installed in the system were calibrated, a computer tower was installed so that we could receive the primary measurements from all the sensors, in addition, new programs were installed such as DCON_Utility and EZ Data Logger Quick which is an imaging and download program.

Finally, the solution was adjusted so that its dilute part had a concentration of 31%, its dense part had a concentration of 41%, three 2-hour operation tests were performed and measurements were taken from the last two hours, which are presented in a similar chapter. Lithium chloride (LiCl) is used as the liquid desiccant and we have studied the rate of dehydration depending on the weather conditions. Inside the counterflow dehumidifier, the strong drying solution (LiCl-H₂O), coming from the high concentration storage tank, falls from the top of the appliance and the moisture is transferred from the air to the drying element. During the absorption process heat is generated which the water receives from the evaporator cooler, at the end of the process it finds the air with low humidity and cooled, while the diluted drying solution is stored in the low concentration storage tank. After dehumidification, the diluted desiccant must regain its original concentration, to make this solution is led to the regenerator in which heating water circulates through the polypropylene sheets and provides the required amount of heat. As the liquid desiccant heats up, the liquid vapor leaves the low concentration solution and is carried away by the ambient air stream. At the regenerator outlet, the desiccant has regained its original concentration and is stored in the high concentration tank, ready to re-enter the dehumidifier.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ	11
1.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	11
1.2	ΑΠΛΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ	13
1.3	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ.....	16
1.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΕ ΑΦΥΓΡΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ(DESICCANT) 17	
1.5	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΦΥΓΡΑΝΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Γ5	18
2	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	28
2.1	DCON UTILITY PRO	28
2.2	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΑ MODULES.....	32
3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ -ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	38
3.1	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	38
4	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (EZ Data Logger).....	40
4.1	EZ Data Logger.....	40
5	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	50
5.1	Αποτελέσματα μετρήσεων	50
5.2	Διαγράμματα για τον Αναγεννητή :	50
5.3	Διαγράμματα για τον Απορροφητή :.....	54
6	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	59
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	59
6.2	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΣ	59
6.3	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	61
6.3.1	ΤΑΣΗ ΑΤΜΩΝ	61
6.3.2	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	62
6.3.3	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ.....	63
6.3.4	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ.....	63
6.3.5	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	63
6.4	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ	64
6.4.1	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	64
6.4.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ	65
6.4.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ ...	66
6.5	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ	69
6.5.1	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	69
6.5.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ ...	70
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73
8	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ LiCl(Χλωριούχου λιθίου)	74
8.1	SOLUBILITY BOUNDARY.....	74
8.2	RELATIVE VAPOR PRESSURE.....	75
8.3	SOLUTION VAPOR PRESSURE.....	76
8.4	DEW POINT TEMPERATURE.....	78
8.5	SOLUTION TEMPERATURE.....	80
8.6	SOLUTION DENSITY	81
8.7	DYNAMIC VISCOSITY OF SOLUTION.....	83
8.8	THERMAL CONDUCTIVITY OF SOLUTION	84

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

8.9	SPECIFIC THERMAL CAPACITY	85
8.10	SPECIFIC ENTHALPY OF SOLUTION	86
8.11	DIFFERENTIAL ENTHALPY OF DILUTION	88
8.12	ADIABATIC DEHUMIDIFICATION RUNGE-KUTTA SOLUTION	90
8.13	ADIABATIC REGENERATOR RUNGE-KUTTA SOLUTION.....	93

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ

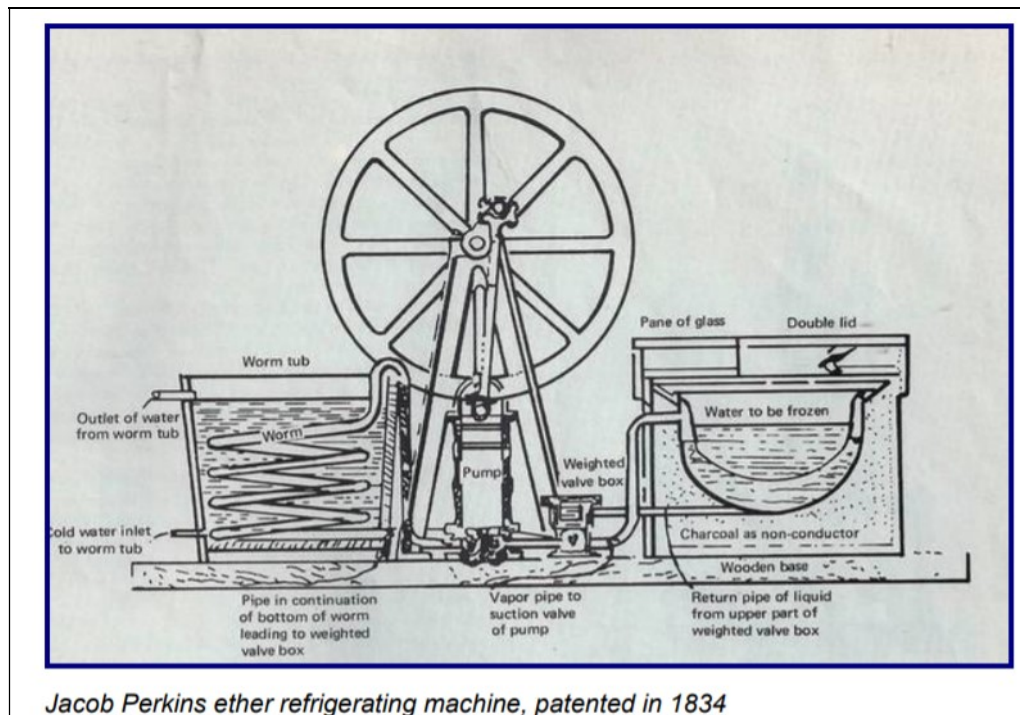
Κλιματισμός είναι η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης, στα επιθυμητά όρια, της:

- ο θερμοκρασίας του αέρα
- ο υγρασίας του αέρα
- ο ποιότητας του αέρα
- ο κυκλοφορίας του αέρα

σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων (κατοικίας, εργασίας κ.λπ.), σε άλλους κλειστούς χώρους (π.χ. αυτοκίνητα), ή σε χώρους παραγωγής, επεξεργασίας και διατήρησης προϊόντων, έτσι ώστε τα άτομα που βρίσκονται σ' αυτούς, να αισθάνονται άνετα, ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Για τον έλεγχο και τη ρύθμιση των πιο πάνω παραμέτρων, χρησιμοποιούνται οι κλιματιστικές μονάδες. Οι πιο απλές απ' αυτές είναι μικρές αυτόνομες μονάδες, γνωστές σαν «κλιματιστικά», και οι οποίες τοποθετούνται εύκολα σε μικρούς χώρους, όπως, για παράδειγμα, σ' ένα δωμάτιο. Για τον κλιματισμό, όμως, ενός ολόκληρου κτιρίου, χρησιμοποιούνται κεντρικές κλιματιστικές μονάδες μεγάλης ισχύος. Ο κλιματισμός δημιουργεί ένα άνετο περιβάλλον, χειμώνα/καλοκαίρι, έτσι ώστε να βρισκόμαστε σε θερμική άνεση.

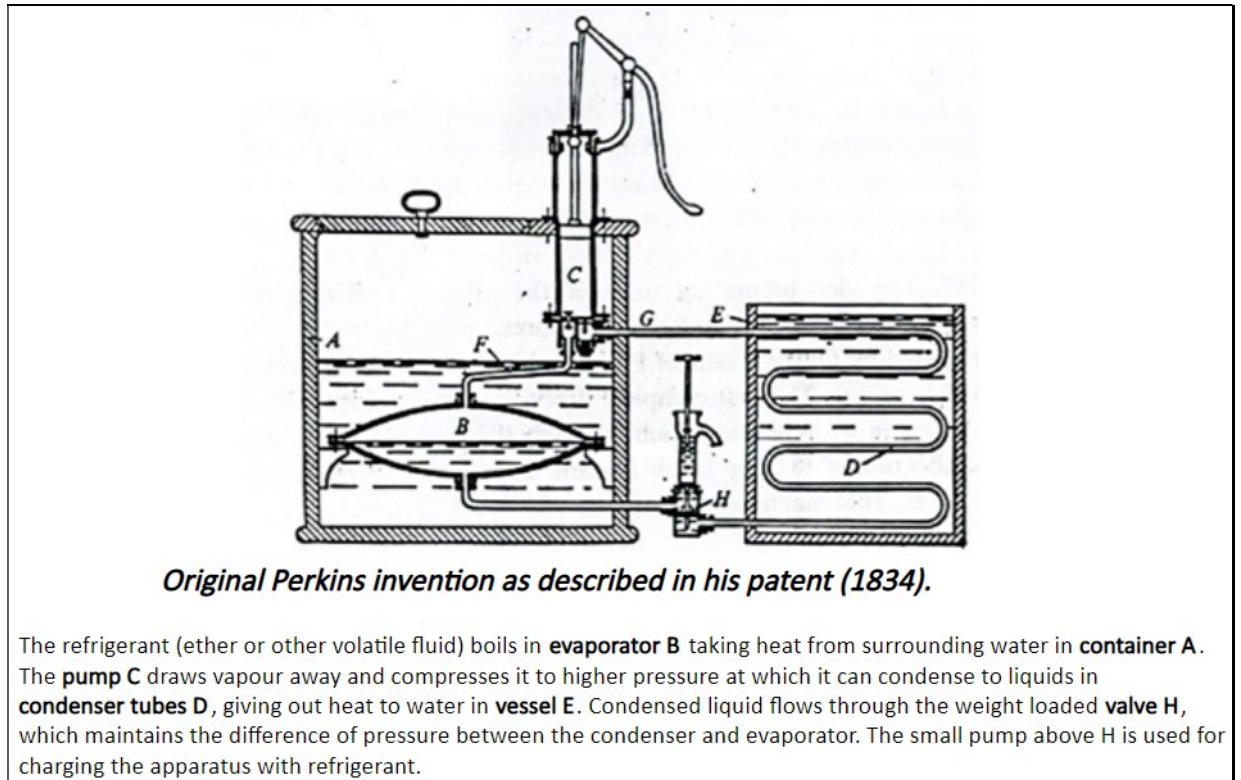
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η δημιουργία των κλιματιστικών είναι σχετικά πρόσφατη, αφού η πρώτη εφαρμογή έγινε το 1834 από τον Perkins (Πέρκινς), ο οποίος κατασκεύασε ένα χειροκίνητο συμπιεστή, που λειτουργούσε με αιθάνιο σαν ψυκτικό ρευστό.



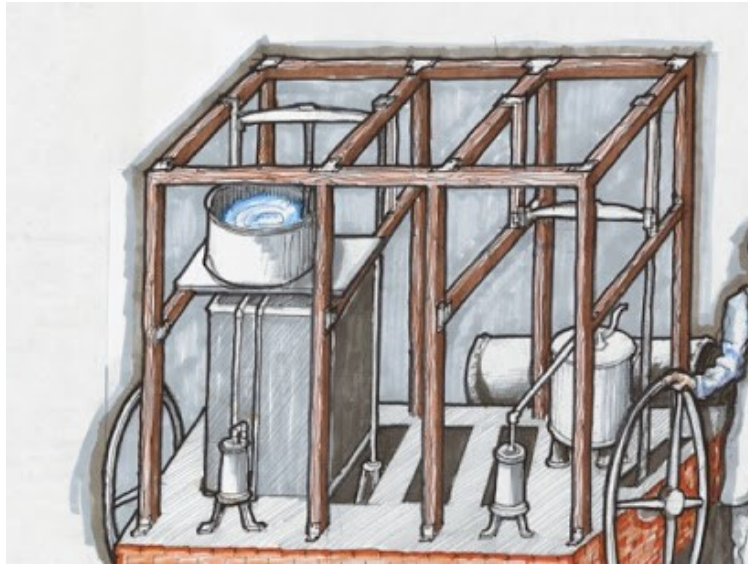
Jacob Perkins ether refrigerating machine, patented in 1834

Εικόνα 1 (<http://www.sakshieducation.com/Story.aspx?nid=93037>)(25/09/2020)



Εικόνα 2 (<https://www.materials.sandvik/en/campaigns/fridge-of-the-future/the-history-of-the-refrigerator/>)(25/09/2020)

Το 1851, ο Gorrie (Γκοριέ), Αμερικανός γιατρός, φυσικός και εφευρέτης, που εξασκούσε την Ιατρική στη Φλώριδα των ΗΠΑ, πρότεινε, κατασκεύασε και λειτούργησε μια μηχανή ψύξης με βασικό στόχο τη θερμική άνεση σε χώρους νοσηλείας. Οι λόγοι που τον οδήγησαν να σχεδιάσει τη μηχανή αυτή ήταν η θέλησή του να σώσει τις ζωές ναυτικών, που υπέφεραν από ελονοσία και κίτρινο πυρετό, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή. Τη μηχανή του Gorrie (Γκοριέ) βελτίωσε ο Linde (Λίντε) το 1856, λειτουργώντας την με αμμωνία. Όμως ο ρυθμός ανάπτυξης τέτοιων συστημάτων τα επόμενα χρόνια ήταν αρκετά αργός, αφού χρησιμοποιούσαν ακόμη ατμομηχανές για τη λειτουργία των συμπιεστών.



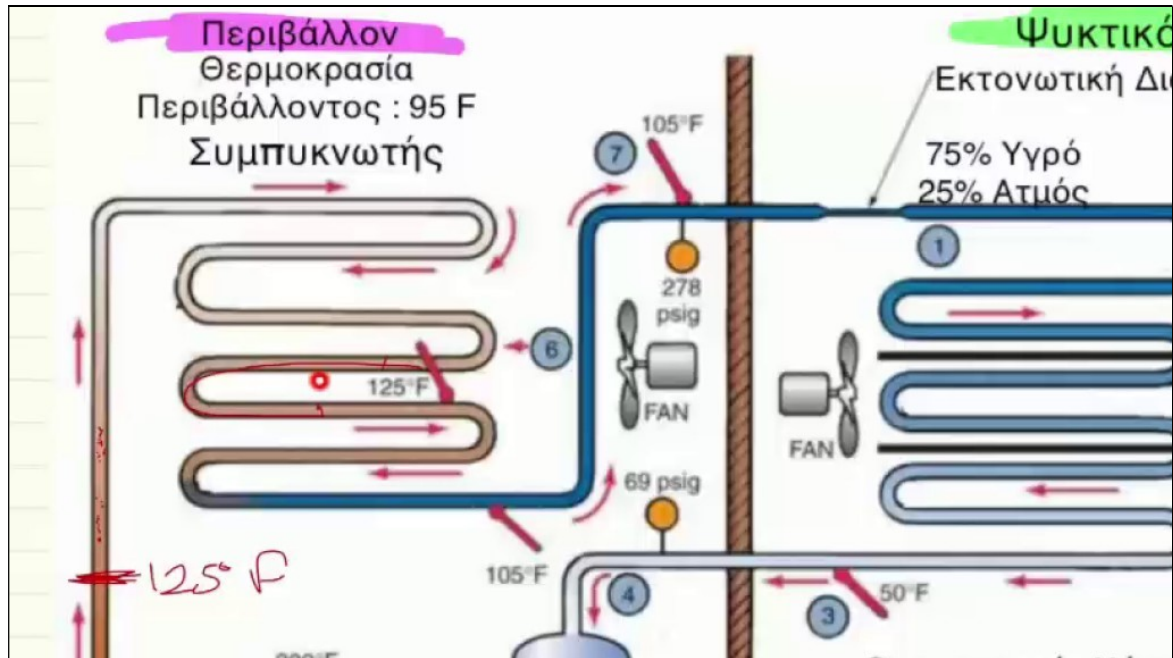
Εικόνα 3 (<http://sparlingstudio.com/2016/04/06/drawings-for-my-park-proposal-in-florida/>)(25/09/2020)

Ο όρος «Κλιματισμός» ανήκει στον Cramer (Κράμερ), που τον χρησιμοποίησε για πρώτη φορά, το 1907 σε διάλεξη του για τον έλεγχο της υγρασίας στο χώρο της υφαντουργίας. Το 1911, ο Carrier (Κάριερ) δημοσίευσε αποτελέσματα πολυετών ερευνών, βάζοντας τις επιστημονικές βάσεις του κλιματισμού. Η χρήση του κλιματισμού για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης του ανθρώπου, εμφανίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1920, για την ψύξη του αέρα σε μεγάλους χώρους συγκέντρωσης ατόμων, όπως είναι τα θέατρα, τα καταστήματα και τα κτίρια των γραφείων. Παράλληλα, το 1927 εμφανίστηκε η πρώτη μονάδα θέρμανσης/κλιματισμού για αυτοκίνητο. Με το τέλος του Α' παγκοσμίου πολέμου παρατηρείται σημαντική τεχνολογική ανάπτυξη με την εισαγωγή ηλεκτρικών κινητήρων στους συμπιεστές, αλλά και στο σχεδιασμό και τη λειτουργία βελτιωμένων τύπων συμπιεστών. Αποκορύφωμα της τεχνολογικής αυτής προόδου ήταν η δεκαετία του 1940, όταν ο Pond (Ποντ) παρουσίασε στην αγορά ένα νέο ψυκτικό ρευστό για τα ομώνυμα μηχανήματα, με το όνομα «Φρέον» (Freon), με άριστα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά. Σήμερα, ο κλιματισμός δεν είναι πλέον πολυτέλεια, και χρησιμοποιείται σε χώρους κατοικίας, εργασίας και συνάθροισης ατόμων, με σκοπό τη δημιουργία θερμικής άνεσης όλο το χρόνο. Η χρήση, όμως, κλιματιστικών μονάδων, που λειτουργούν με Φρέον, δημιούργησε σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, γνωστά ως το φαινόμενο του «θερμοκηπίου», που επιφέρουν σοβαρές κλιματικές αλλαγές, λόγω της μείωσης της στοιβάδας του όζοντος. Ήδη, όμως, εδώ και μια δεκαετία γίνεται μια συστηματική προσπάθεια σε όλο τον κόσμο για την αντικατάσταση των παλιών ψυκτικών ρευστών με νέα, που είναι φιλικά στο περιβάλλον. Η έρευνα στον τομέα αυτό δεν έχει ακόμη καταλήξει σε οριστικές λύσεις, αλλά σήμερα κυκλοφορούν κάποια «μεταβατικά» οικολογικά ψυκτικά ρευστά, με την ελπίδα πως σύντομα θα παραχθεί ο ιδανικός τύπος υγρού που θα εκμεταλλεύεται πλήρως τις δυνατότητες των κλιματιστικών μονάδων, αλλά και δε θα προξενεί καμία βλάβη στο περιβάλλον.

1.2 ΑΠΛΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ

Η απλούστερη και πιο διαδεδομένη μέθοδος ψύξης είναι με 'μηχανική συμπίεση ατμών. Σε μια ψυκτική διάταξη με συμπίεση ατμών, η απαραίτητη ενέργεια για να λειτουργήσει δίνεται

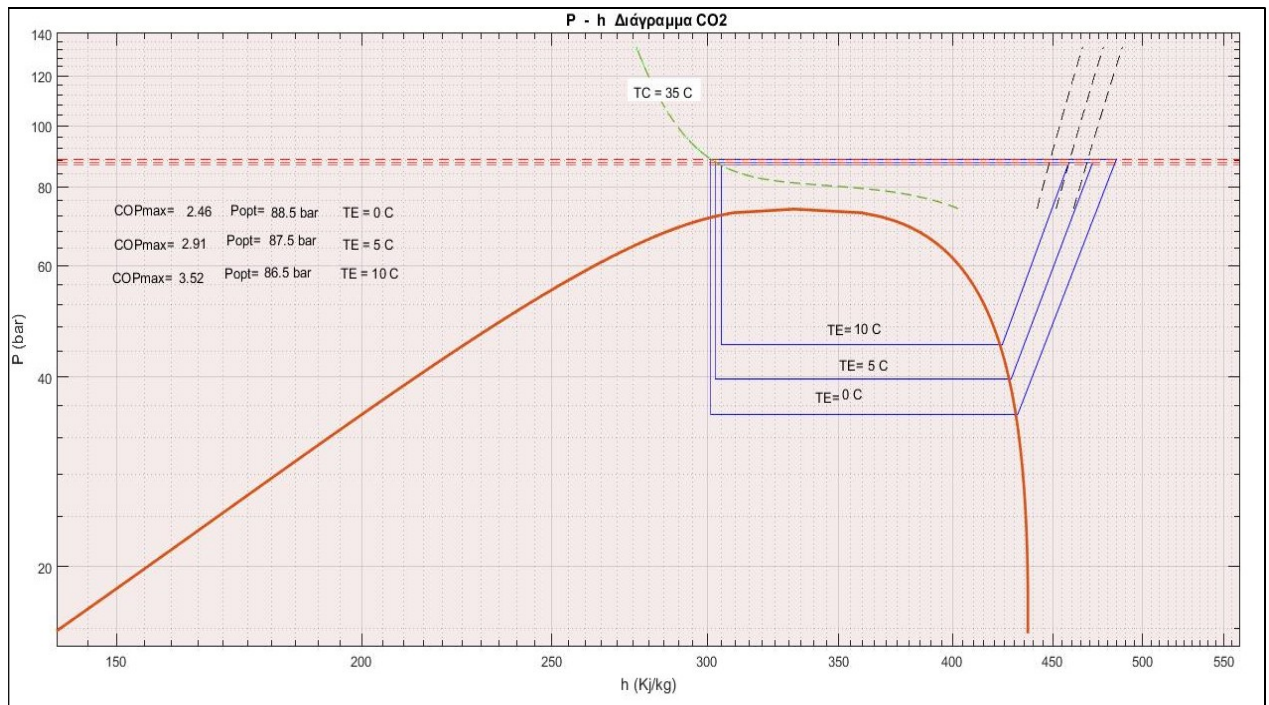
με μορφή μηχανικού έργου. Τα κύρια τμήματα μια τέτοιας ψυκτικής διάταξης απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα :



Εικόνα 4(<https://www.youtube.com/watch?v=b1nulBAWKPg>) (26/09/2020)

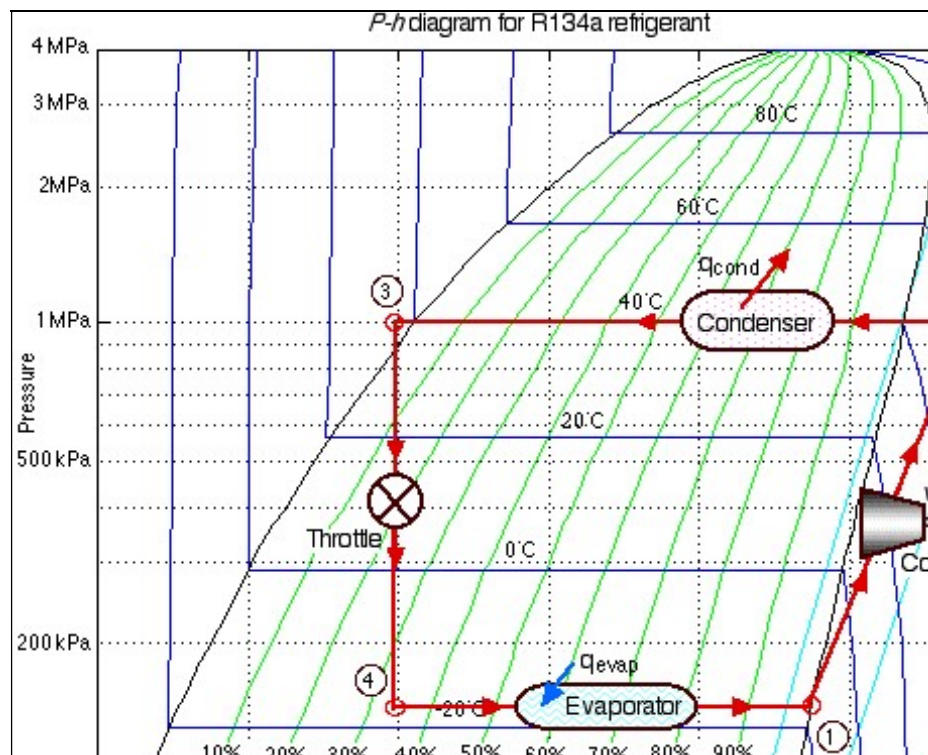
- **Ο εξατμιστής** βρίσκεται στο χώρο που θέλουμε να ψύξουμε σε μια επιθυμητή χαμηλή θερμοκρασία. Είναι κατασκευασμένος από αντιστοιχία σωλήνων, μέσα στις οποίες κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο. Μέσα στον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμότητα από τον χώρο που θέλουμε να ψύξουμε και εξατμίζεται .
- **Ο συμπιεστής** είναι το μηχάνημα το οποίο λειτουργεί σαν μια αντλία ατμού . Καταναλώνει μηχανικό έργο που προέρχεται από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού μέσου από την έξοδο του εξατμιστή και αυξάνει την πίεση τους . Από την αύξηση της πίεσης έχουμε ταυτόχρονη αύξηση και της θερμοκρασίας των ατμών, προσθέτοντας θερμική ενέργεια στο ψυκτικό μέσο.
- **Ο συμπυκνωτής** βρίσκεται σε περιβάλλον που έχει σχετικά υψηλή θερμοκρασία , είναι παρόμοιας κατασκευής με τον εξατμιστή . Μέσα στις σωληνώσεις του συμπυκνωτή θερμοί ατμοί του ψυκτικού μέσου ψύχονται μέχρι κάποιας θερμοκρασίας και κατόπιν συμπυκνώνονται αποβάλλοντας θερμότητα στο περιβάλλον.
- **Η εκτονωτική** συσκευή μειώνει την υψηλή πίεση όπου βρίσκεται το ψυκτικό μέσο μετά τον συμπυκνωτή σε χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή . Το ψυκτικό μέσο με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία μπορεί και πάλι να εξατμιστεί παραλαμβάνοντας θερμικά φορτία από τον ψυχόμενο χώρο .
- **Απλός Ψυκτικός κύκλος σε διάγραμμα P-h** (πίεσης – ενθαλπίας)
Οι θερμοδυναμικές ιδιότητες κάθε ψυκτικού μέσου , μπορούν να αναγνωστούν από πίνακες ή διαγράμματα . Τα διαγράμματα που έχουν στους δυο άξονες την πίεση(στον κατακόρυφο) , την ενθαλπία(στον οριζόντιο άξονα) είναι γνωστά ως διαγράμματα P-h(Διάγραμμα 1) . Η βασική χρησιμότητα των διαγραμμάτων αυτών είναι ότι πάνω σε αυτό μπορούμε να χαράξουμε έναν ψυκτικό κύκλο και να κάνουμε όλους τους χρήσιμους υπολογισμούς , που αφορούν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας μιας ψυκτικής διάταξης .

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>



Διάγραμμα 1 (Παρουσιάζει τρεις θερμοκρασίες εξάτμισης 0,5,10 °C, με θερμοκρασία συμπύκνωσης 35 °C, ψυκτικό ρευστό Διοξείδιο του Άνθρακα) (Παραγωγή σε λογισμικό Matlab)

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται και η μεταβολή του συντελεστή συμπεριφοράς σε διάφορες θερμοκρασίες εξάτμισης. Όπως ευκολά γίνεται κατανοητό με αύξηση της θερμοκρασίας εξάτμισης έχουμε και αύξηση της απόδοσης του συστήματος λόγω του ότι χρειαζόμαστε λιγότερο έργο να δαπανήσουμε .



Διάγραμμα 2 (<http://www.ethanperr.in/co2-refrigeration>)(26/9/2020)

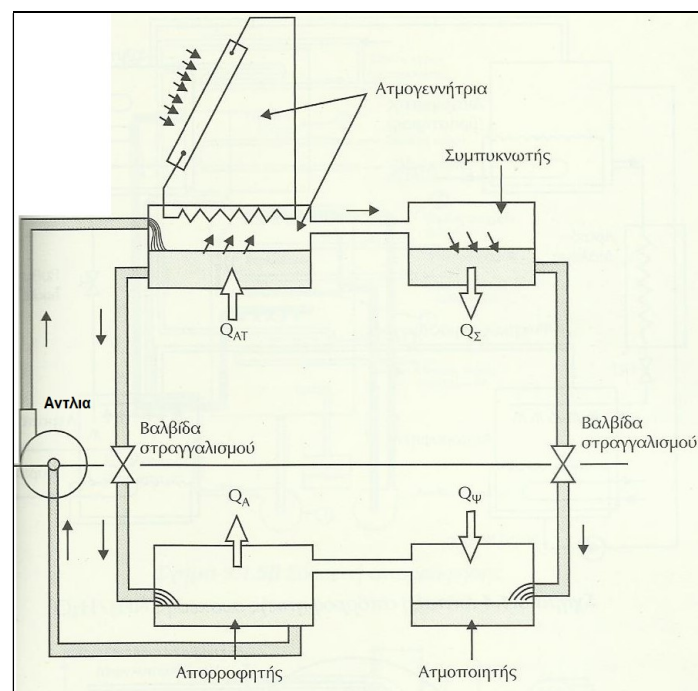
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων απορρόφησης βασίζεται στην εκμετάλλευση της θερμότητας, η οποία μπορεί να προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια, την απορριπτόμενη θερμότητα, από δίκτυα τηλεθέρμανσης, τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, ή από συμβατικούς λέβητες φυσικού αερίου /ή πετρελαίου κ.λπ.

Μια κατηγορία συστημάτων είναι αυτά που χρησιμοποιούν σαν ψυκτικό μέσο το νερό και απορροφητή βρωμιούχο-λίθιο, στοιχεία τα οποία μετατρέπουν την υγρή σε αέρια φάση (absorption). Το σύστημα αυτό μπορεί να λειτουργήσει σαν αντλία θερμότητας, δηλαδή για την παραγωγή ψύξης και θέρμανσης, οι αρχές λειτουργίας του βασίζονται στα εξής δεδομένα:

- Το βρωμιούχο λίθιο απορροφά νερό.
- Το νερό εξατμίζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, όταν βρίσκεται σε συνθήκες χαμηλής πίεσης.
- Με την εξάτμιση του νερού προκαλείται πτώση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να παράγεται ψυχρό νερό.
- Οι υδρατμοί απορροφώνται από το βρωμιούχο λίθιο, προκαλώντας πτώση της πίεσης, και έτσι επαναλαμβάνεται και πάλι ο ίδιος κύκλος λειτουργίας.
- Άλλος γνωστός συνδυασμός είναι η Αμμωνία-Νερό ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$), το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό.

Το κρύο νερό μπορεί να αποδοθεί, για παράδειγμα, σε ένα ενδοδαπέδιο σύστημα, το οποίο, επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση. Μια τυπική διάταξη ενός συστήματος που εκμεταλλεύεται ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση και ενός συστήματος απορρόφησης για την παραγωγή ψύχους, συνδεδεμένων και των δύο με ένα ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης/ψύξης. Σύμφωνα με αυτό λοιπόν, οι ηλιακοί συλλέκτες αποθηκεύουν θερμότητα σε μια δεξαμενή ζεστού νερού, ενώ η βοηθητική πηγή θέρμανσης καλύπτει τις απαιτήσεις, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη η απαιτούμενη θερμότητα από τους συλλέκτες αυτούς.



Εικόνα 5 (Εικόνα από το βιβλίο του Ψυκτικές διατάξεις του Δρ. Μιχαήλ Βραχόπουλου)

1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΕ ΑΦΥΓΡΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ(DESICCANT)

Τα είδη ηλιακού κλιματισμού μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες:

- ο Συστήματα ψύξης με μηχανική συμπίεση
- ο Ψύξη με υλικά απορρόφησης

Η δεύτερη κατηγορία χωρίζεται στα συστήματα κλειστού και ανοιχτού κύκλου.

- ο Στα συστήματα κλειστού κύκλου περιλαμβάνονται οι απορροφητές (absorption) όπου η απορρόφηση γίνεται στην εξωτερική επιφάνεια από το σύνολο του υγρού απορροφητικού μέσου, και οι προσροφητές (adsorption) όπου η απορρόφηση γίνεται μόνο από την εξωτερική επιφάνεια στερεού απορροφητικού μέσου.

Στα συστήματα ανοιχτού κύκλου η απορρόφηση πραγματοποιείται με αφυγραντικά υλικά (desiccant). Τα συστήματα ανοιχτού κύκλου λειτουργούν με εργαζόμενο μέσο τον αέρα περιβάλλοντος ενώ το ψυκτικό μέσο, που εν προκειμένου είναι το νερό, απορρίπτεται από το σύστημα αφού δημιουργήσει την ψύξη και στη συνέχεια ανατροφοδοτείται. Τα απορροφητικά μέσα που ονομάζονται desiccant, βρίσκονται είτε σε στέρεη, είτε σε υγρή μορφή. Όπως είναι φυσικό ανάλογα με τη μορφή τους υπάρχει και η αντίστοιχη απορροφητική διάταξη. Τα desiccant απορροφούν και συγκρατούν το νερό και πιο συγκεκριμένα την υγρασία του αέρα. Η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων είναι απλή. Το ρεύμα αέρα που πρόκειται να εισέλθει στο χώρο περνάει από τον τροχό και αφυγραίνεται. Ξηρός πλέον ο αέρας έχει τη δυνατότητα να ψυχθεί και να ρυθμιστεί περαιτέρω η υγρασία και η θερμοκρασία του με μια σειρά διατάξεων οι οποίες θα παρουσιαστούν στην πορεία εκτενέστερα. Ο τροχός συγκρατεί την υγρασία μέχρι να περάσει από αυτόν το ρεύμα αναγέννησης (θερμός αέρας) και να απελευθερώσει την υγρασία που έχει συγκρατήσει σε αυτό το ρεύμα. Έτσι είναι πάλι έτοιμος για περαιτέρω απορρόφηση.

Χαρακτηριστικά Desiccant:

- ο Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό ενός συστήματος κλιματισμού desiccant είναι ότι είναι κατάλληλο για την ανεξάρτητη ρύθμιση της θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο.
- ο Ένα σύστημα κλιματισμού desiccant επιτρέπει τη διακίνηση μεγάλων παροχών αέρα και έτσι διευκολύνει την επίτευξη κατάλληλων συνθηκών από άποψη της θερμικής άνεσης και υγιεινής.
- ο Τα συστήματα κλιματισμού desiccant δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί χαμηλού κόστους θερμική ενέργεια για τη λειτουργία τους, όπως ηλιακή ενέργεια
- ο Το COP του συστήματος (1-2) είναι χαμηλότερο από τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα(3).
- ο Να μη χρησιμοποιούν χλωροφθοράνθρακες (CFC), που έχει αποδειχθεί ότι συμβάλουν στην καταστροφή του στρώματος του όζοντος.
- ο Να αποφεύγουν την υψηλή υγρασία που δημιουργεί προβλήματα ποιότητας στο εσωτερικό του αέρα.
- ο Να αποφεύγουν τη σπατάλη ενέργειας που χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση των υλικών που έχουν καταστραφεί από το νερό, την υγρασία, τη διάβρωση και τη μούχλα.

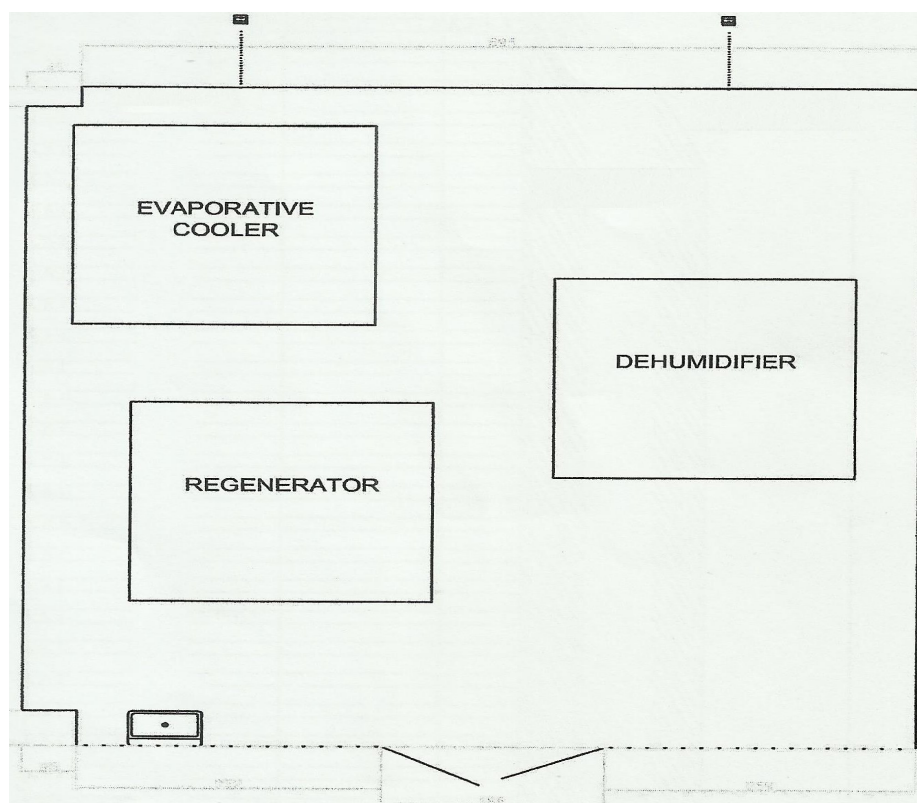
Τα Συστήματα Αφύγρανσης είναι πιο συμφέροντα όταν:

- Η θερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη και ανέξοδη, ή όταν η ηλεκτρική ενέργεια είναι περιορισμένη και πολύ δαπανηρή. Για παράδειγμα, προτείνεται η χρήση τους όπου η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια είναι υψηλή και η διαθέσιμη δυναμικότητα είναι χαμηλή, ή όπου ο απορριπτόμενη θερμότητα είναι διαθέσιμη.
- Η συνιστώσα της υγρασίας του φορτίου κλιματισμού είναι υψηλή σε σχέση με τη φορτίο αισθητής θερμότητας. Για παράδειγμα, τα συστήματα κλιματισμού για τα σούπερ μάρκετ έχουν πολύ χαμηλό φορτίο θερμότητας δεδομένου ότι τα ψυγεία δροσίζουν επίσης το κατάστημα. Το υπόλοιπο φορτίο είναι κυρίως υγρασία.

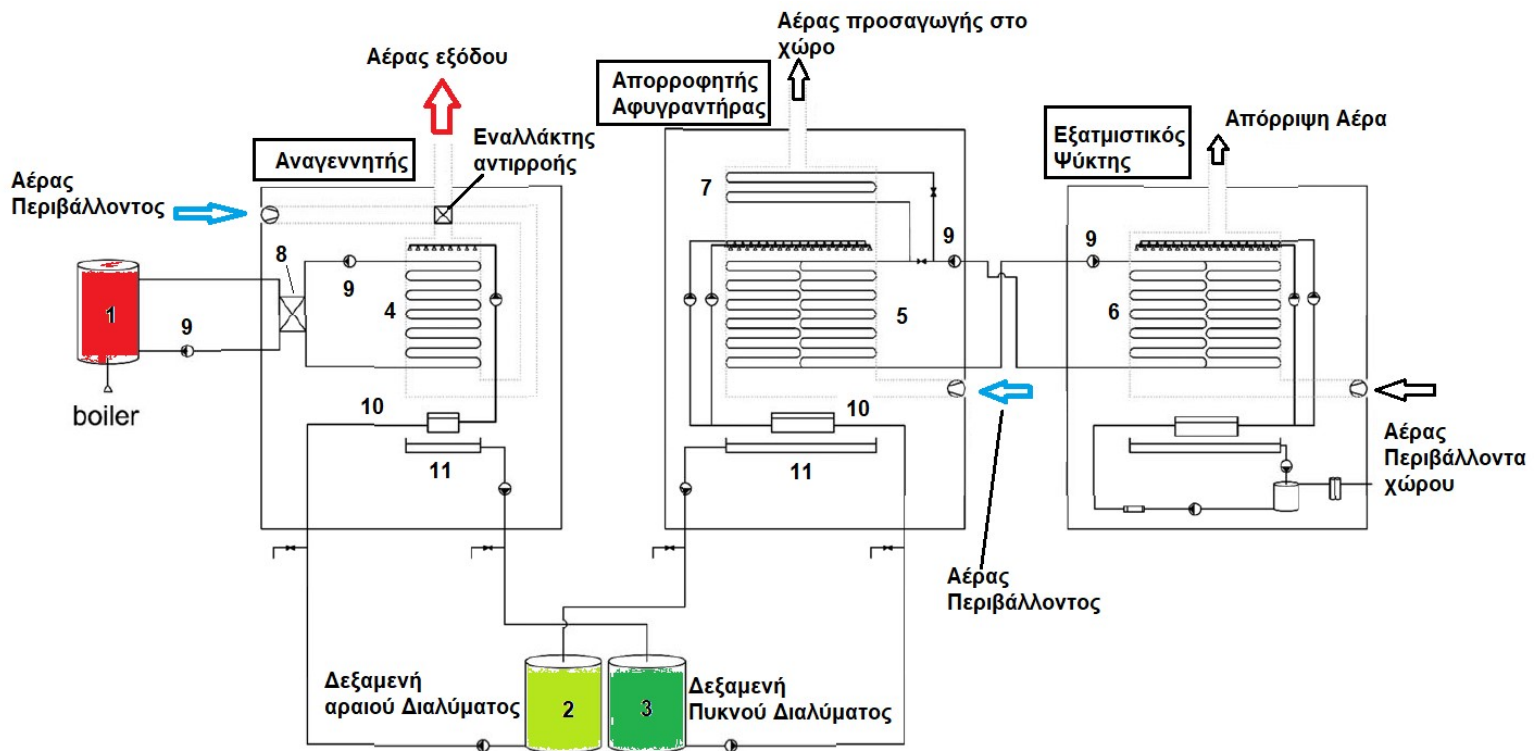
Βέλτιστη χρήση συστημάτων Αφύγρανσης :

- Τα **χαμηλά επίπεδα υγρασίας είναι συμφέροντα**. Για παράδειγμα, οι αποθήκες από σίδηρο και χάλυβα μπορούν να αφυγραίνονται αντί να θερμαίνονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εξοικονομώντας ενέργεια και αποφεύγοντας τη σκουριά, αλλά τα συστήματα αφύγρανσης πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλή θερμοκρασία και ποσοστό υγρασίας.
- Ένα σύστημα κλιματισμού πρέπει να λειτουργεί χωρίς υψηλή σχετική υγρασία στους αγωγούς και χωρίς συμπυκνωμένο νερό στα στόμια διαρροής. Για παράδειγμα, τα συστήματα διανομής του αέρα στα κτίρια μπορεί να έχουν μύκητες που δημιουργούν προβλήματα **ποιότητας του εσωτερικού αέρα**. Τα συστήματα αφύγρανσης πρέπει να διατηρούν τον αέρα ξηρό στο αγωγό, για την πρόληψη της ανάπτυξης μικροβίων.

1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΦΥΓΡΑΝΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Γ5



Εικόνα 6: Κάτοψη εργαστηρίου Γ5 -Διάταξη συστημάτων



Εικόνα 7: Σχηματική παράσταση

Στην εικόνα 7 φαίνονται όλα τα εξαρτήματα της εγκατάστασης αριθμημένα ώστε να ακολουθήσει ανάλυση για το καθένα ξεχωριστά :

Πηγή θερμότητας:

1. **Boiler:** Αποτελεί το δοχείο στο οποίο ρυθμίζουμε την θερμοκρασία του νερού που θα παρέχουμε στον εναλλάκτη του Αναγεννητή, στην ουσία αποτελεί παροχή θερμότητας στο σύστημα, το δοχείο αυτό μπορεί να τροφοδοτηθεί και με άλλες μορφές ενέργεια όπως ζεστό νερό από ηλιακά πάνελ. Αυτή την στιγμή έχουν εγκατασταθεί δύο αντιστάσεις των 12 KW , επίσης υπάρχει εγκατεστημένος υδροστάτης ο οποίος σταματάει την ηλεκτρική παροχή όταν η θερμοκρασία του νερού φτάσει την επιθυμητή . Για την παροχή του θερμού νερού υπάρχει κυκλοφορητής (αριθμός 9) της εταιρείας WILO Hellas , ακολουθεί πλακοειδής εναλλάκτης (αριθμός 8) ώστε το υδραυλικό τμήμα του Αναγεννητή να μην έρχεται σε άμεση επαφή με το υδραυλικό τμήμα της πηγής θερμότητας .



Εικόνα 8: Φωτογραφία Δοχείου αποθήκης νερού

Αναγεννητής : Ο σκοπός του αναγεννητή είναι να μετατρέψει το διάλυμα από χαμηλής συγκέντρωσης σε διάλυμα υψηλότερης συγκέντρωσης , αυτό πραγματοποιείται στον εναλλάκτη του αναγεννητή , όπου θερμαίνουμε ρεύμα αέρα εξωτερικού περιβάλλοντος , ψεκάζουμε το διάλυμα από πάνω προς τα κάτω σε αντιστροφή με τον εισερχόμενο αέρα από κάτω προς τα πάνω. Ο αέρας θερμαίνεται από την επαφή με τα ζεστά τοιχώματα όπου κυλάει το θερμό νερό , αποκτά μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης υγρασίας . Καθώς έρχεται σε επαφή με το αραιό διάλυμα απορροφά μέρος της υγρασίας κάνοντας το διάλυμα υψηλότερης συγκέντρωσης . Το διάλυμα συγκεντρώνεται στο (δοχείο 11) εσωτερικά του αναγεννητή και ύστερα όταν η στάθμη φτάσει σε κατάλληλη τιμή οδηγείται στο δοχείο υψηλής συγκέντρωσης(εικόνα 9) . Ο υγρός αέρας οδηγείται στο περιβάλλον με κατάλληλους αεραγωγούς .

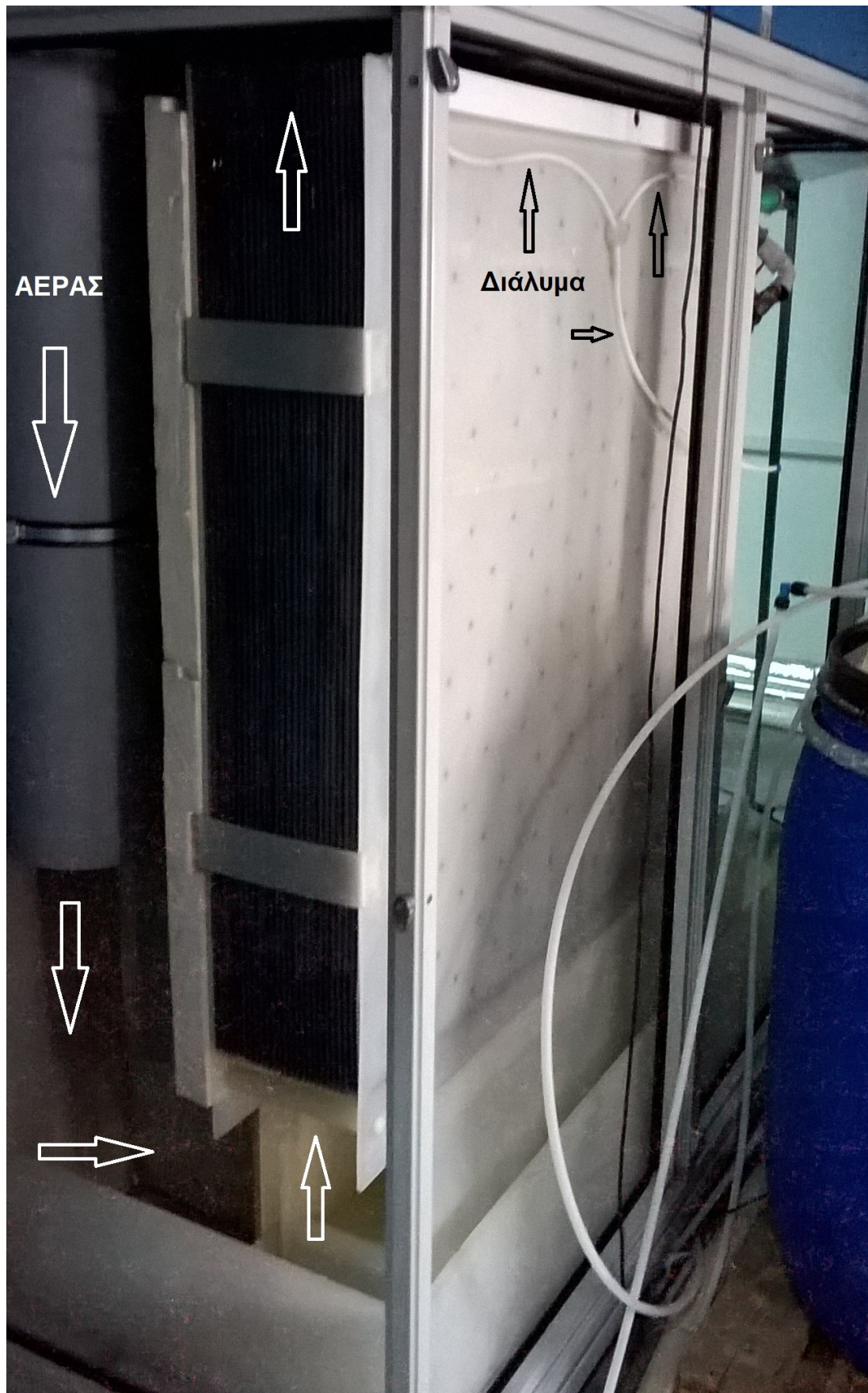
Επιπλέον στον αναγεννητή υπάρχει εναλλάκτης αέρα-αέρα αντιστροφής ο οποίος έχει ως σκοπό την προθέρμανση του αέρα περιβάλλοντος πριν αυτός εισέλθει στον κυρίως εναλλάκτη νερού - αέρα .



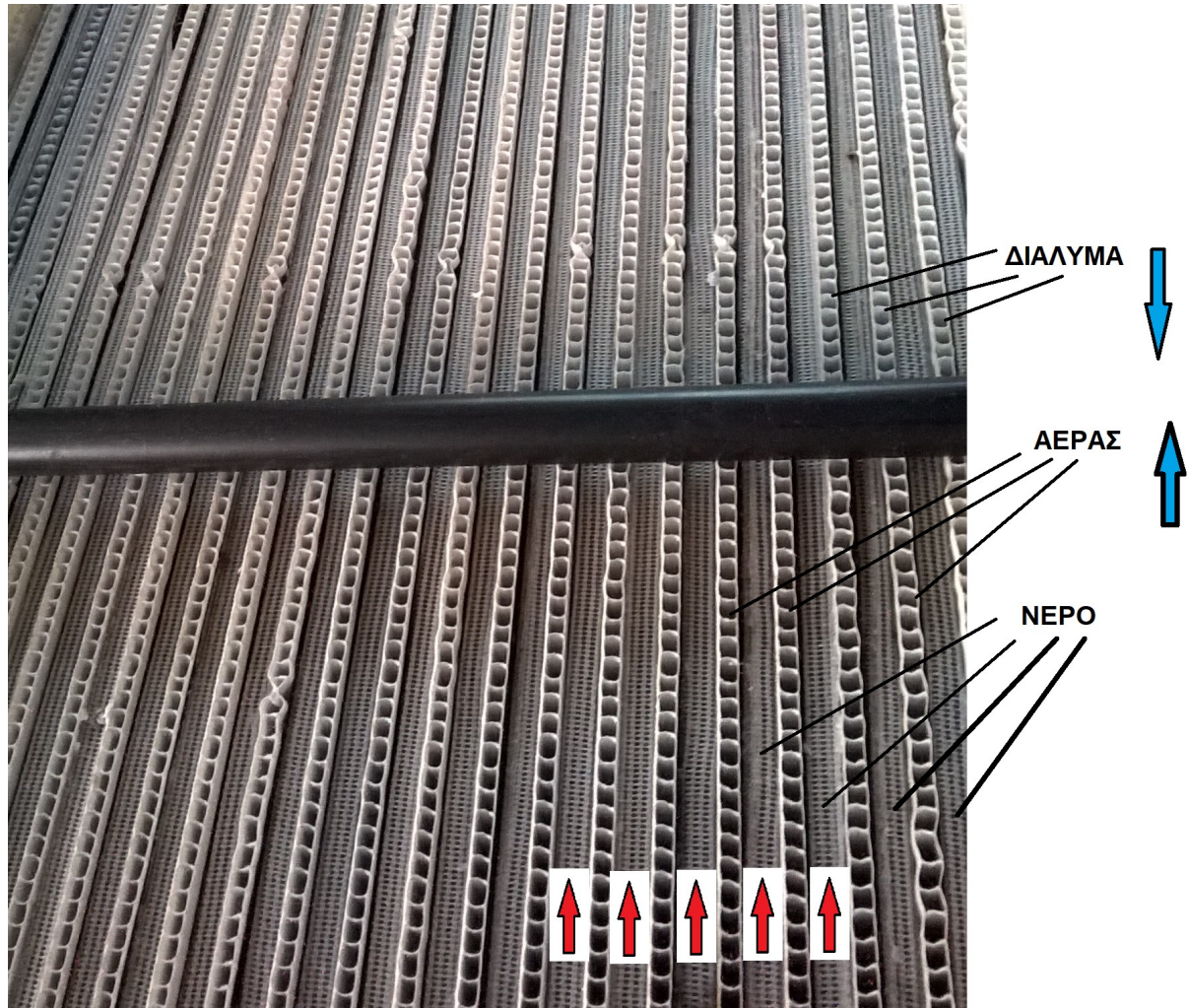
Εικόνα 9: Φωτογραφία Αναγεννητή



Εικόνα 10: Εναλλάκτης Αναγεννητή κατά την ώρα της αντικατάστασης



Εικόνα 11: Ρεύμα αέρα ,ροή διαλύματος στον εναλλάκτη του Αναγεννητή



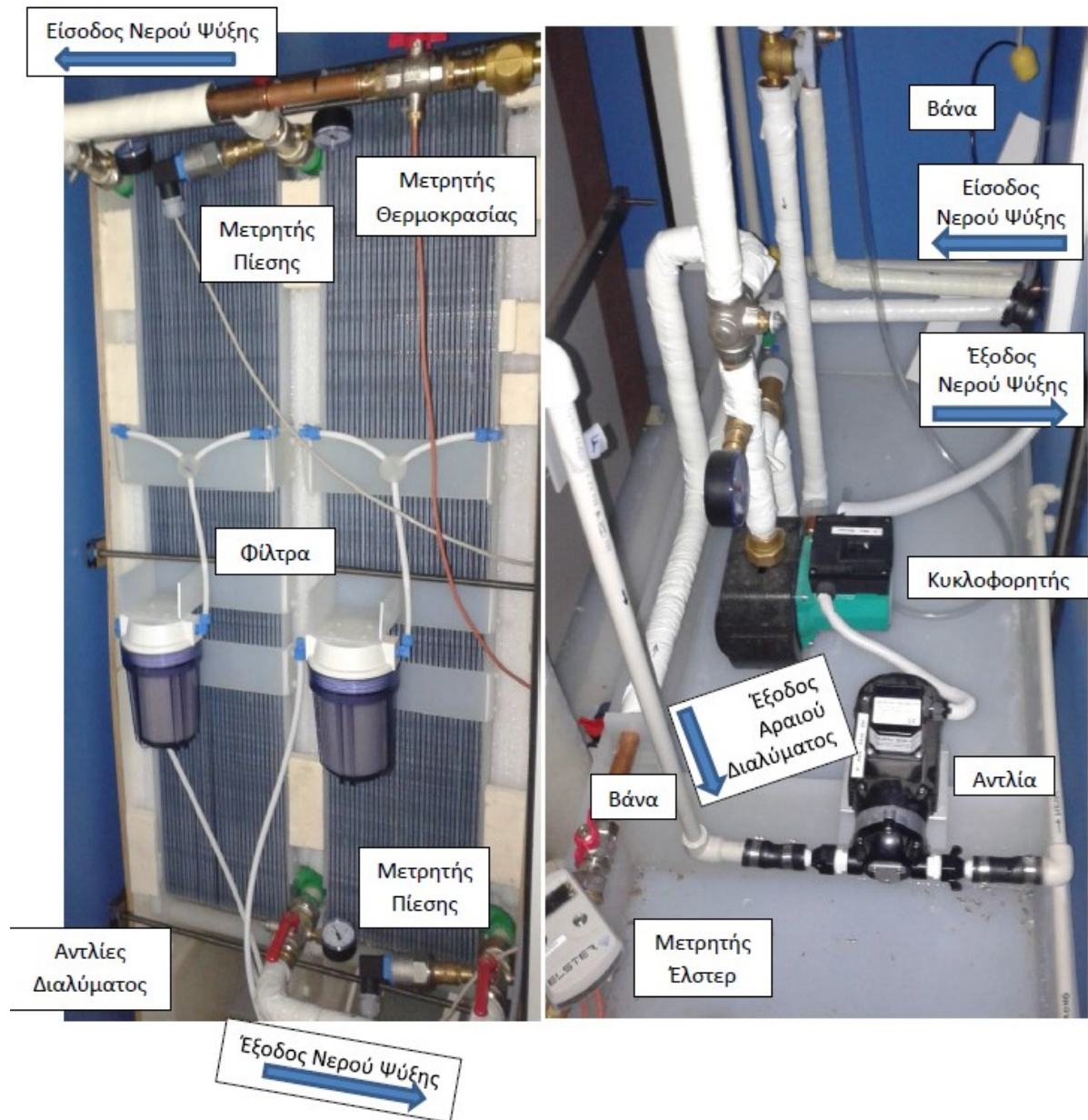
Εικόνα 12: Πάνω μέρος εναλλάκτη Αναγεννητή

Στην εικόνα 12 με κόκκινα βελόνια κατά την οριζόντια διεύθυνση φαίνονται οι αγωγοί ζεστού ύδατος, κατά την αντίθετη ροή κυκλοφορεί ο αέρας με κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω , ενώ ταυτόχρονα ψεκάζεται και το υγρό ξηραντικό στοιχείο με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω. Τα δυο ρεύματα (αέρας-ξηραντικό στοιχείο) έρχονται σε άμεση επαφή με αποτέλεσμα ο ξηρός αέρας να απορροφά μέρος της υγρασία του ξηραντικού στοιχείου.

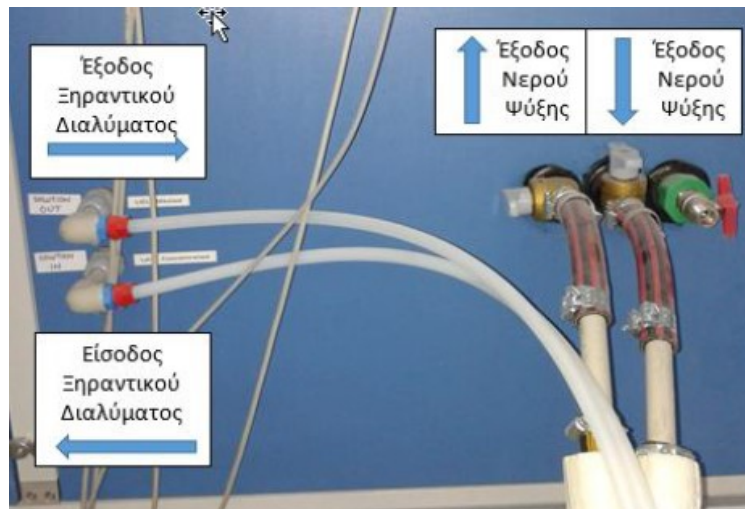
Απορροφητής : Ο Απορροφητής έχει ως σκοπό να παραλάβει το λανθάνον φορτίο από τον αέρα που θα εισαχθεί στον χώρο όπου χρειάζεται να ρυθμίσουμε την υγρασία. Συγκεκριμένα στον Απορροφητή θα εισέλθει αέρας περιβάλλοντος . Ο αέρας αυτός θα περάσει από δυο όμοιους εναλλάκτες οι οποίοι κατασκευαστικά είναι ίδιοι με αυτόν του Αναγεννητή . Κατά την διαδικασία της απορρόφησης ο εισερχόμενος αέρας θα περάσει από κάτω με κατεύθυνση προς τα πάνω , ενώ το πυκνό ξηραντικό στοιχείο θα ψεκάσει από πάνω με κατεύθυνσης προς τα κάτω, τα δυο ρεύματα θα έλθουν σε άμεση επαφή και η υγρασία του αέρα θα απορροφηθεί από το πυκνό ξηραντικό στοιχείο. Το αραιό πλέον ξηραντικό στοιχείο θα το συλλέξουμε στην λεκάνη με (αριθμό 10) όπως απεικονίζεται στην εικόνα 7. Από του εναλλάκτες αέρα ξηραντικού στοιχείου -νερού κυκλοφορεί κατά την οριζόντια διεύθυνση νερό με θερμοκρασία δικτύου, αυτό συμβαίνει διότι κατά την επαφή του αέρα με το ξηραντικό στοιχείο παράγεται θερμότητα, η θερμότητα αυτή θα δημιουργούσε αύξηση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα στο χώρο. Για καλύτερα αποτελέσματα στην περίπτωση που χρειαστεί μείωση της

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα έχει τοποθετηθεί επιπρόσθετα ένας εναλλάκτης νερού - αέρα στην έξοδο του αέρα (αριθμό 7) εικόνα 7 κατά την είσοδο στο χώρο ενδιαφέροντος μας .



Εικόνα 13: Εσωτερική απεικόνιση Απορροφητή



Εικόνα 14: Συνδέσεις Απορροφητή

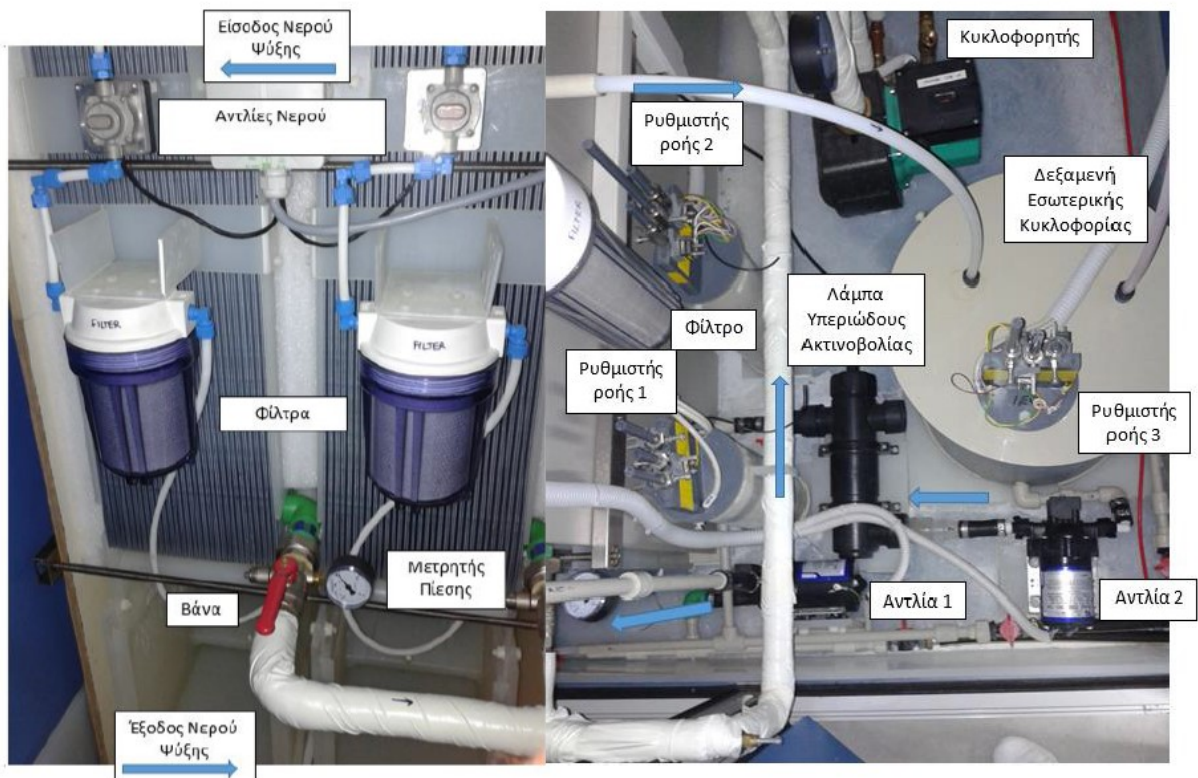


Εικόνα 15: Συγκρότημα πύργου Απορροφητή

Εξατμιστικός πύργος ψύξης : Ο ρόλος του Εξατμιστικού ψύκτη είναι να παρέχει την απαραίτητη ποσότητα νερού στον εναλλάκτη του Απορροφητή ώστε να απάγει την θερμότητα που παράγεται κατά την διαδικασία της απορρόφησης.

Η διαδικασία έχει ως εξής : Ο Εξατμιστικός Ψύκτης απορροφά αέρα από τον περιβάλλοντα χώρο, ο αέρας αυτός έχει θερμοκρασία δωματίου , διοχετεύεται στους εναλλάκτες αέρα-νερού με κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω, αντίστοιχα το νερό περνάει κατά την οριζόντια διεύθυνση σε ξεχωριστούς αγωγούς . Με αυτό το τρόπο δεν χρησιμοποιούμε επιπλέον ενέργεια για να ψύξουμε την διαδικασία απορρόφησης στον πύργο Απορρόφησης.

Ο Εξατμιστικός Ψύκτης συμβάλει πρώτον στην μείωση της τελικής θερμοκρασίας του αέρα που θα εισέλθει στο χώρο, δεύτερον η μείωση της θερμοκρασίας του ξηραντικού στοιχείου αυξάνει την ικανότητα του για απορρόφηση. Τη θέση του Εξατμιστικού ψύκτη θα μπορούσε να πάρει ένα συγκρότημα ψυκτικής διάταξης με συμπίεση ατμών , αυτό όμως θα οδηγούσε σε αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, για αυτό είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί νερό υψηλότερης θερμοκρασίας με αντίστοιχη μείωση της ικανότητας του ξηραντικού στοιχείου, παρά μια διάταξη που θα απορροφούσε σημαντικά ποσά ενέργειας .



Εικόνα 16: Εσωτερική δομή Εξατμιστικού ψύκτη



Εικόνα 17: Ψύκτης νερού

2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

2.1 DCON UTILITY PRO

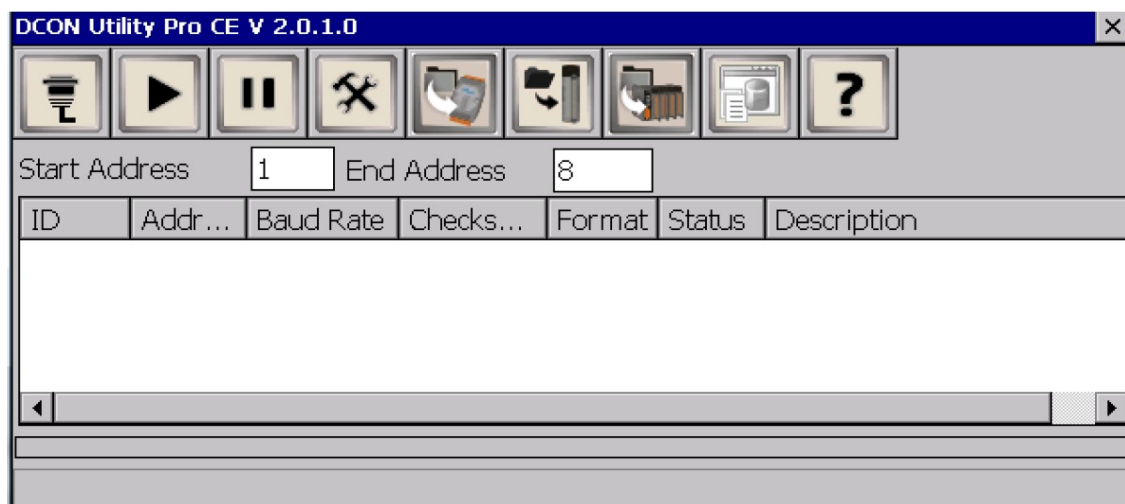
Το DCON Utility Pro είναι μια εργαλειοθήκη που μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη στην αναζήτηση τη διαμόρφωση και τη δοκιμή των Modules λήψης σημάτων.

For Windows 98,NT,2000,XP,Vista,Win 7,Win 8 and Win 10 PC or Laptop

http://ftp.icpdas.com/pub/cd/8000cd/napdos/driver/dcon_utility/

Εικόνα 18: Χρήσιμα στοιχεία προγράμματος

Το DCON Utility Pro παρέχει πολλές χρήσιμες λειτουργίες για αναζήτηση και διαμόρφωση των Modules λήψης σημάτων.



Εικόνα 19: Περιβάλλον προγράμματος

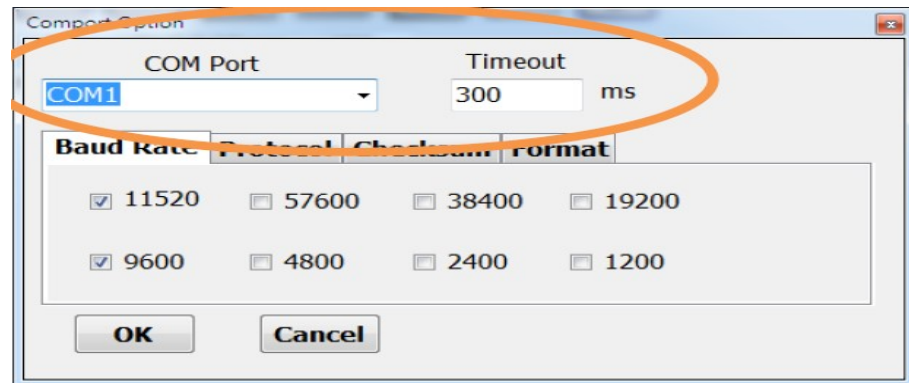
Πατώντας το εικονίδιο του προγράμματος εμφανίζεται η ακόλουθη πλατφόρμα (εικόνα19)
Εξήγηση των τμημάτων :

1. Διαμόρφωση



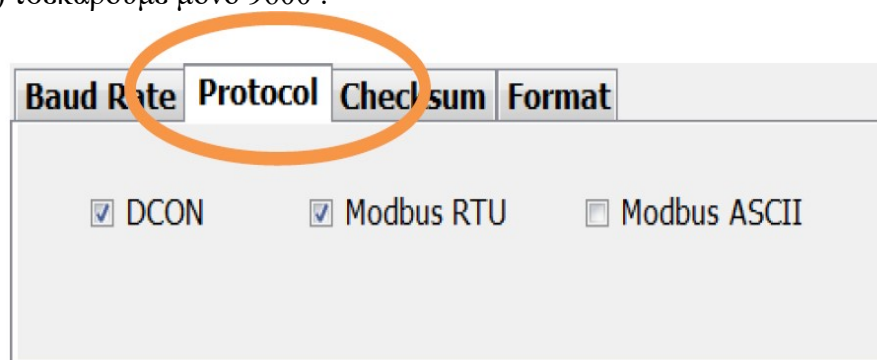
Διαμόρφωση θύρας COM

Πατάμε την διαμόρφωση θύρας εισόδου και εμφανίζεται το παρακάτω εικονίδιο:



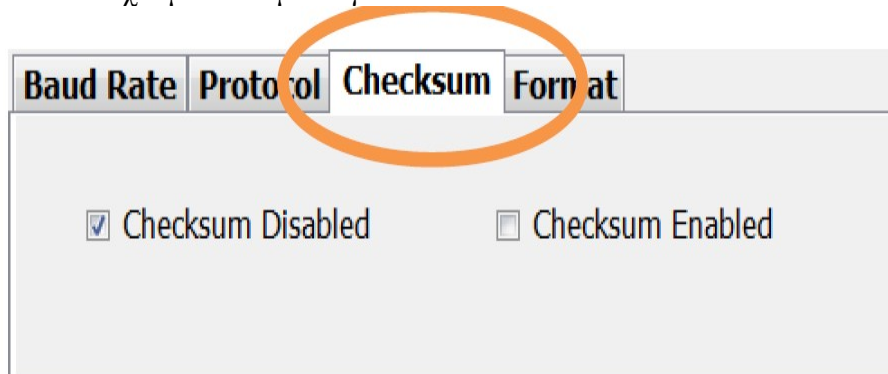
Εικόνα 20: Παράθυρο θύρας COM

- Για την εγκατάσταση του εργαστηρίου επιλέγουμε θύρα εισόδου 1 (COM 1) , το ρυθμό δειγματοληψίας τον αφήνουμε στα 300ms, αντίστοιχα στο ρυθμό μετάδοσης (Baud Rate) τσεκάρουμε μόνο 9600 .



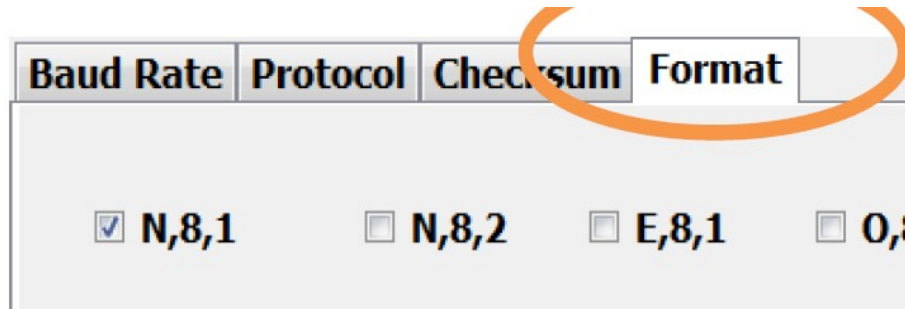
Εικόνα 21: Παράθυρο επιλογής πρωτοκόλλου επικοινωνίας

- Στην επιλογή πρωτοκόλλου επικοινωνίας επιλέγουμε μόνο το κουτάκι DCON, διότι τα modules που έχουμε είναι μόνο για DCON.



Εικόνα 22: Παράθυρο επιλογής αυτόματης ρύθμισης παραμέτρων

- Αντίστοιχα στην επιλογή Checksum επιλέγουμε Disabled διότι τα modules έχουν προγραμματιστεί για χειροκίνητες ρυθμίσεις .



Εικόνα 23: Παράθυρο μορφής επικοινωνίας

- Στο παράθυρο μορφής επικοινωνίας επιλέγουμε πρωτίστως το N,8,1, μπορούμε να τα επιλέξουμε και όλα, δεν επηρεάζουν κάπου.

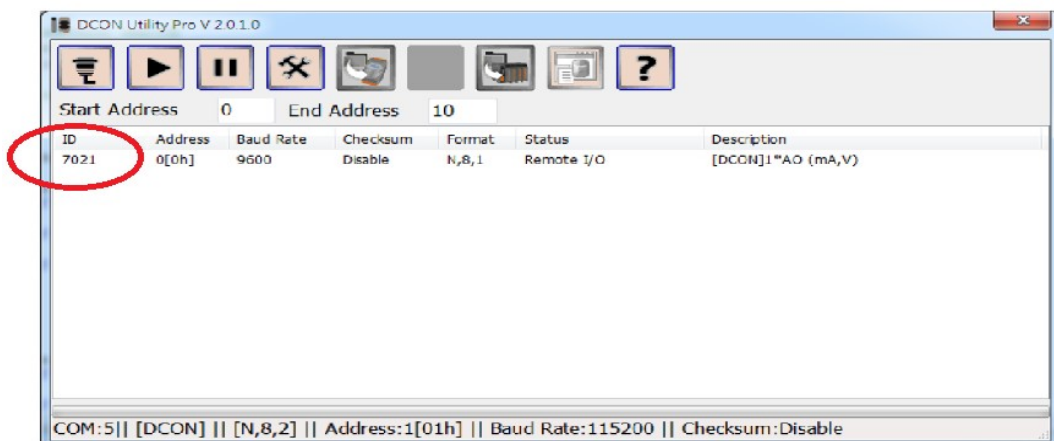
2. Αναζήτηση modules



Αναζήτηση



Σταμάτημα αναζήτησης

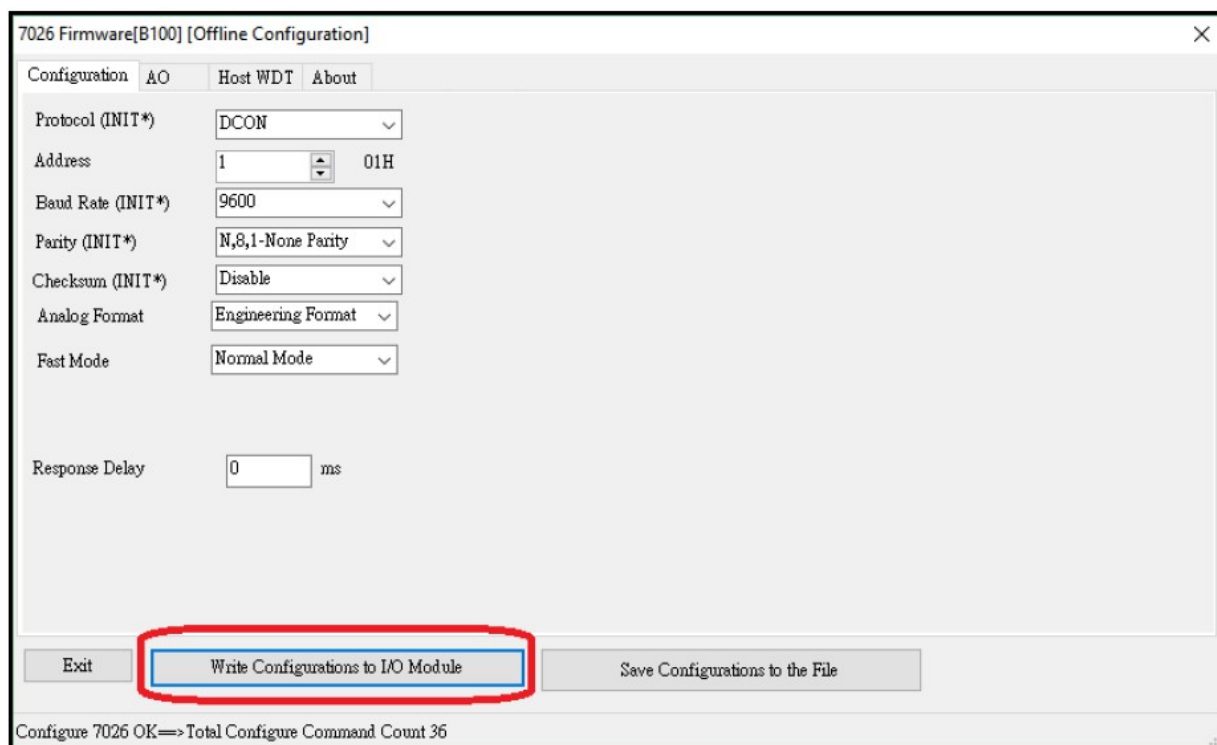


Εικόνα 24: Εύρεση των modules

3. Επεξεργασία και διαμόρφωση των Modules

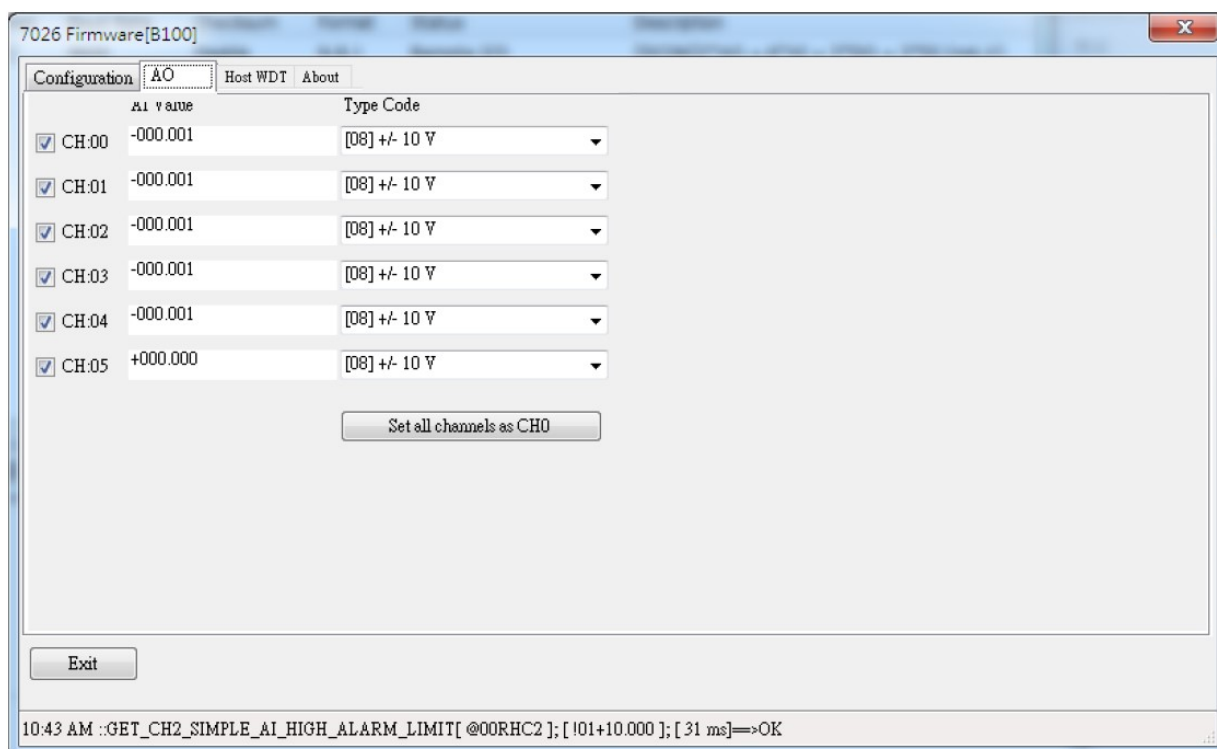


Τσεκάροντας ένα από τα ευρεθέντα Module και πατώντας το κουμπί επεξεργασίας ανοίγει το παρακάτω παράθυρο. Στο αναδυόμενο παράθυρο πραγματοποιούνται όλες οι ρυθμίσεις που αφορούν το σήμα σύμφωνα με τα σήματα εισόδου. Ακολουθεί σχήμα και επεξεργασία των όρων.



Εικόνα 25: Παράθυρο διαμόρφωσης των Modules

Στο υπό-μενού Configuration βλέπουμε τις ρυθμίσεις που έχουμε εισάγει στην αρχή από το μενού διαμόρφωση, αυτό που πρέπει να αλλάξουμε εδώ ,αν δεν είναι αλλαγμένο, είναι στην επιλογή **Analog Format** , επιλέγουμε **Engineering Format** .



Εικόνα 26: Παράθυρο διαμόρφωσης των σημάτων εισόδου .

Στο παραπάνω υπό-μενού βλέπουμε την είσοδο από κάθε αισθητήρα ως Channel (CH), η αρίθμηση ξεκινάει από τον πρώτο αισθητήρα CH00 και καταλήγει μέχρι τον τελευταίο CH05.

Δίπλα από το CH00 εμφανίζεται η τιμή από το σήμα εισόδου ,ανάλογα με τον τρόπο συνδεσμολογίας του και τον κωδικό αριθμό που έχουμε επιλέξει από το μενού **Type code**. Από το μενού **Type code** έχουμε τις παρακάτω επιλογές :

CODE	INPUT RANGE
00	±15mV
01	±50mV
02	±100mV
03	±500mV
04	±1V
05	±2.5V
06	±20mA
0E	T/C, J
0F	T/C, K
10	T/C, T
11	T/C, E
12	T/C, R
13	T/C, S
14	T/C, B
15	T/C, N
16	T/C, C

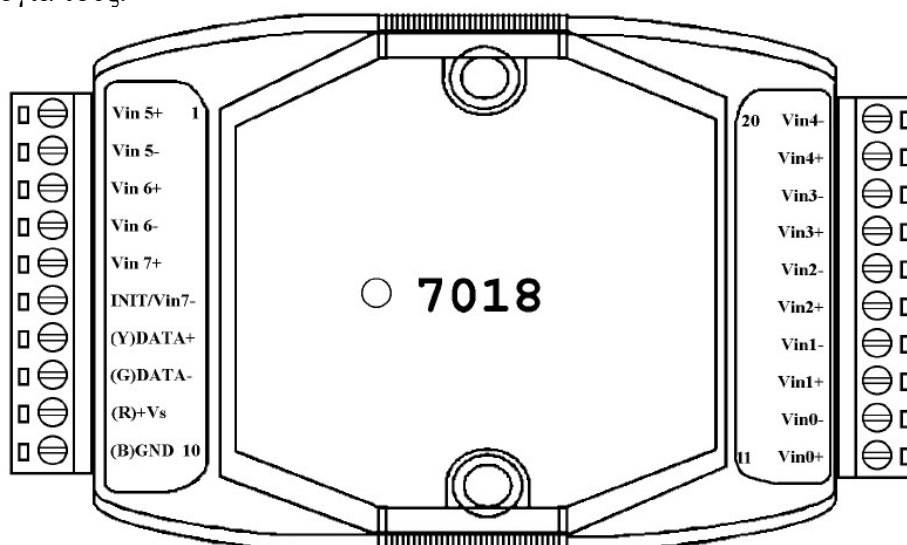
Πίνακας 1: Επιλογές εύρους σήματος εισόδου

Ρυθμίζοντας τις παραπάνω παραμέτρους επιστρέφουμε στο μενού **Configuration** και πατάμε την επιλογή **Save Configuration to the file** με αυτό το τρόπο έχουν αποθηκευτεί οι αλλαγές μόνιμα για όλα τα σήματα εισόδου.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε module ξεχωριστά .

2.2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΑ MODULES

Ανάλογα με τα εγκατεστημένα Modules ακολουθούμε διαφορετική διαδικασία ομαδοποίησης και ρυθμίσεων . Στο εργαστήριο έχουμε εγκαταστήσει δύο είδη Modules λήψης σημάτων , αυτά είναι I7018 , I7019R. Παρακάτω ακολουθούν εικόνες και περιγραφή για την συνδεσμολογία τους.

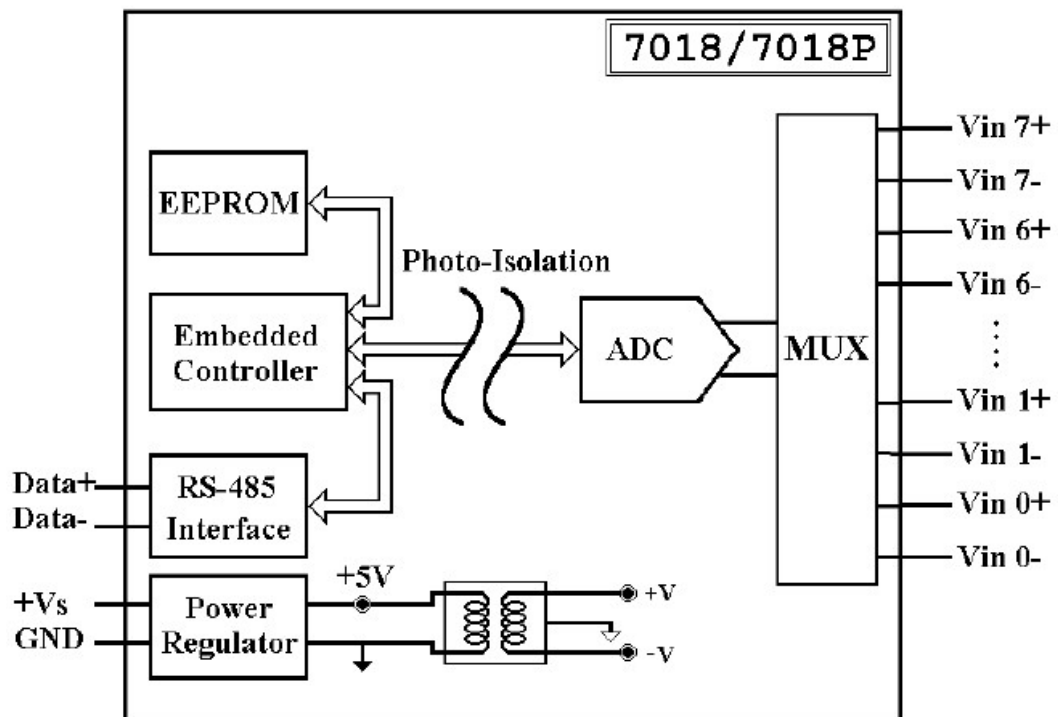


Εικόνα 27: Θύρες σύνδεσης Module I7018



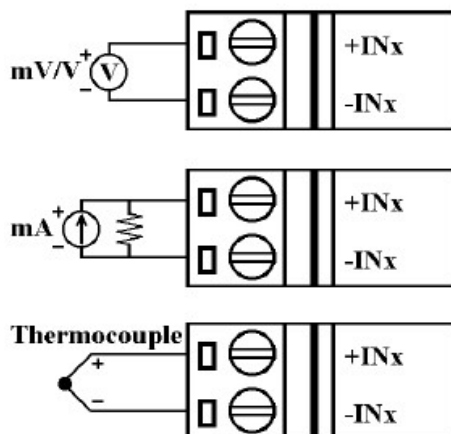
Εικόνα 28: Module I7018 λήψης σημάτων

Στο module I7018 μπορούν να συνδεθούν αισθητήρες όμοιας λειτουργίας όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα:



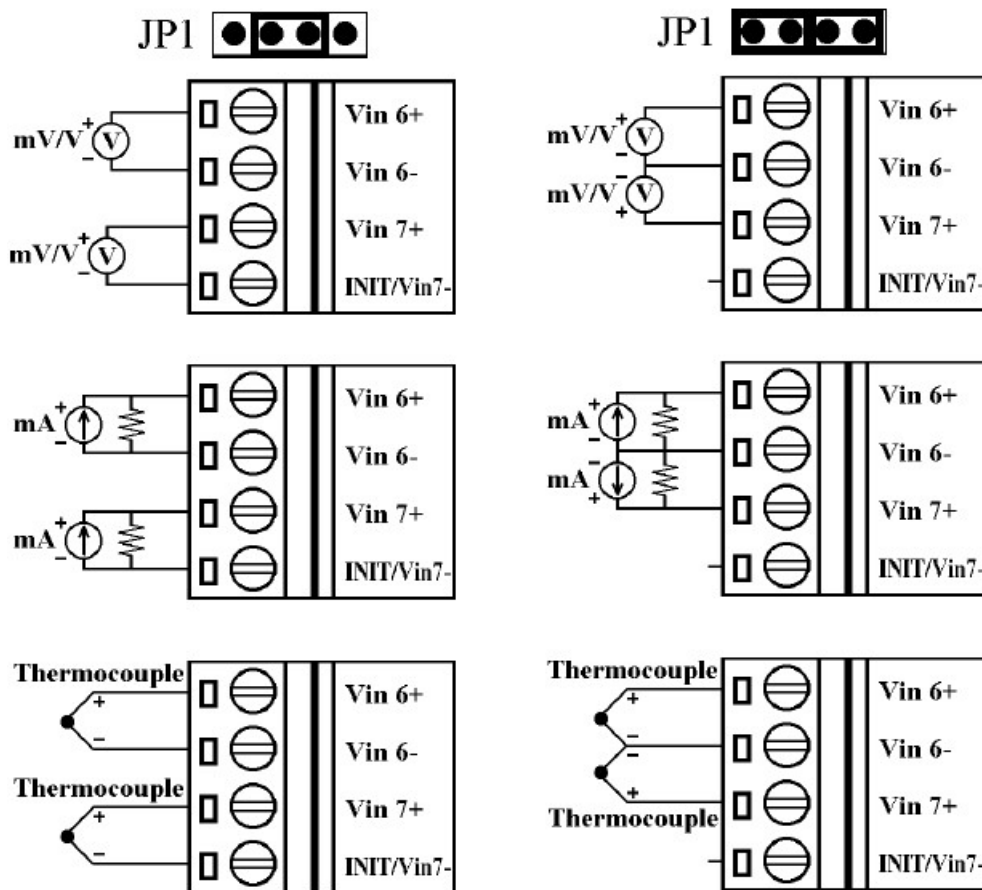
Εικόνα 29: Ηλεκτρονικό Διάγραμμα Modul I7018 λήψης σημάτων

Αναλογικές θύρες εισόδου μεταξύ καναλιών Ch00 -Ch05 , οι εισοδοί ακολουθούν διαφορική συνδεσμολογία όπως απεικονίζεται στο παρακάτω εικόνα:



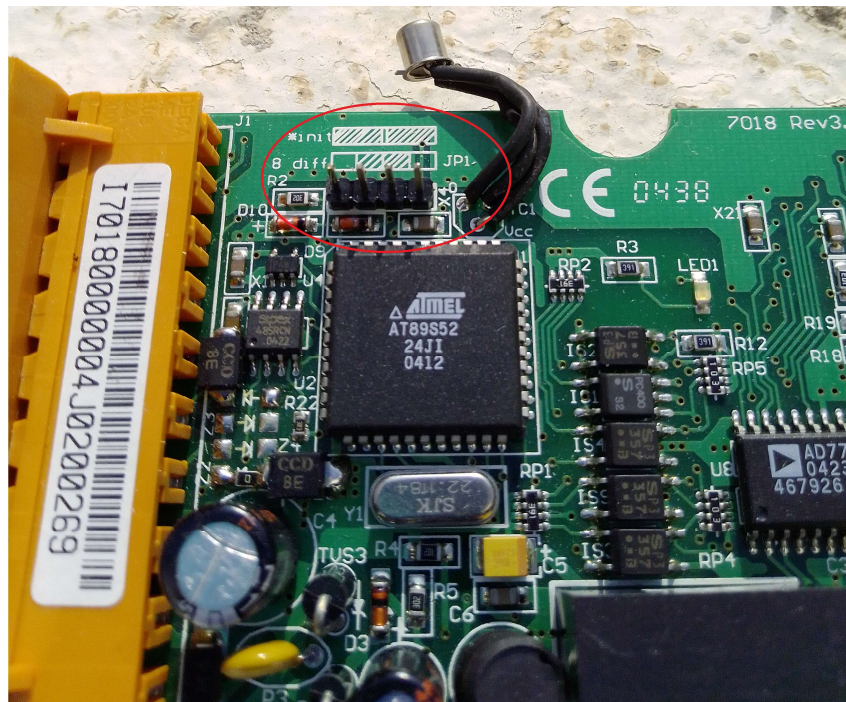
Εικόνα 30: Διαφορική συνδεσμολογία σημάτων

Αντίστοιχα στις θύρες 6,7 μπορούμε να ακολουθήσουμε είτε διαφορική είτε ολοκληρωτική συνδεσμολογία, οι δυο τρόποι φαίνονται παρακάτω:

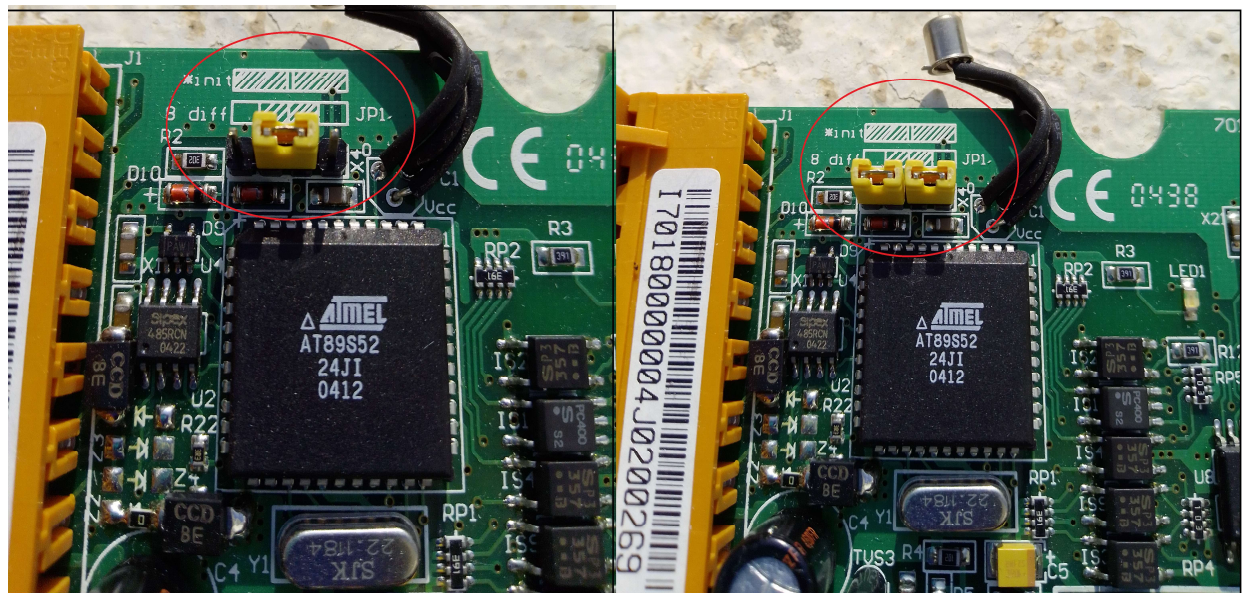


Εικόνα 31: Συνδεσμολογία θυρών 6,7 για το Module i7018

Για να αλλάξουμε τις θύρες 6,7 από διαφορική σε ολοκληρωτική λειτουργία θα πρέπει εσωτερικά στο module να κουμπώσουμε το pin 2-3 μαζί για διαφορική λειτουργία, το pin 12-+34 μαζί για ολοκληρωτική λειτουργία, για να γίνει αυτό κατανοητό ακολουθούν οι επόμενες εικόνες:



Εικόνα 32: Θέση επιλογής μέσα στο Module



Εικόνα 33: Διαφορική συνδεσμολογία αριστερά , ολοκληρωτική δεξιά

Αντίστοιχα για το Module **i7019R** θα πρέπει να γίνουν οι ίδιες ρυθμίσεις από το βασικό μενού, του προγράμματος. Η διαφορά που έχει το Module **i7019R** από το **i7018** είναι ότι μας επιτρέπει διαφορετική λειτουργία ανάμεσα στις θύρες εισόδου, για να το καταλάβουμε αυτό θα δούμε με εικόνες τον τρόπο συνδεσμολογίας της κάθε θύρας ξεχωριστά.

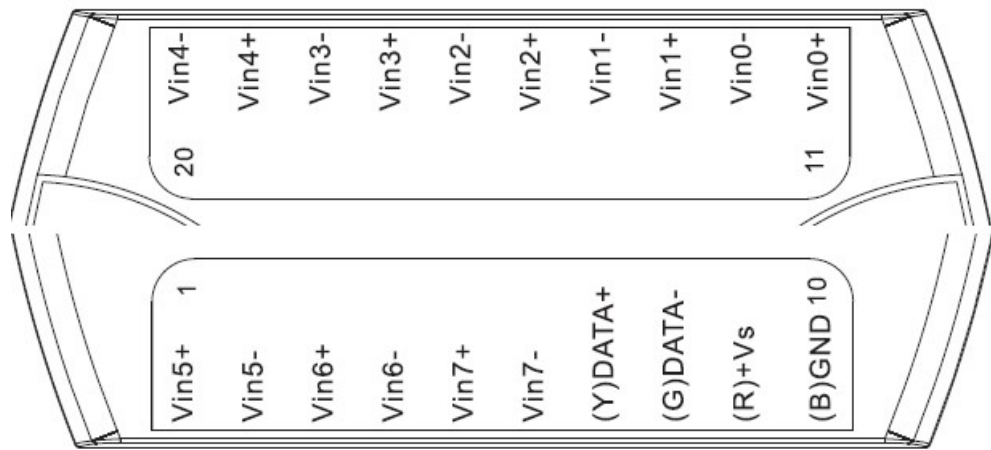
Model		I-7019R	M-7019R
Analog Input			
Channels		8	
Wiring		Differential	
Sensor Types	Thermocouple	J, K, T, E, R, S, B, N, C, L, M, L _{DIN43710}	
	Voltage	±15 mV, ±50 mV, ±100 mV, ±150 mV, ±500 mV, ±1 V, ±2.5 V, ±5 V, ±10 V	
	Current	±20 mA, 0 ~ +20 mA, +4 ~ +20 mA (Jumper selectable)	
Resolution		16-bit	
Accuracy		0.1% of FSR	
Sampling Rate		8 Hz (Total)	
Input Impedance	Voltage	2 MΩ	
	Current	125 Ω	
	Thermocouple	> 400 kΩ	
Common Voltage Protection		±200 Vdc	
Individual Channel Configuration		Yes	
Overvoltage Protection		240 Vrms	
Open Wire Detection (for thermocouple only)		Yes	

Εικόνα 34: Χαρακτηριστικά εισόδου-εξόδου module i7019R

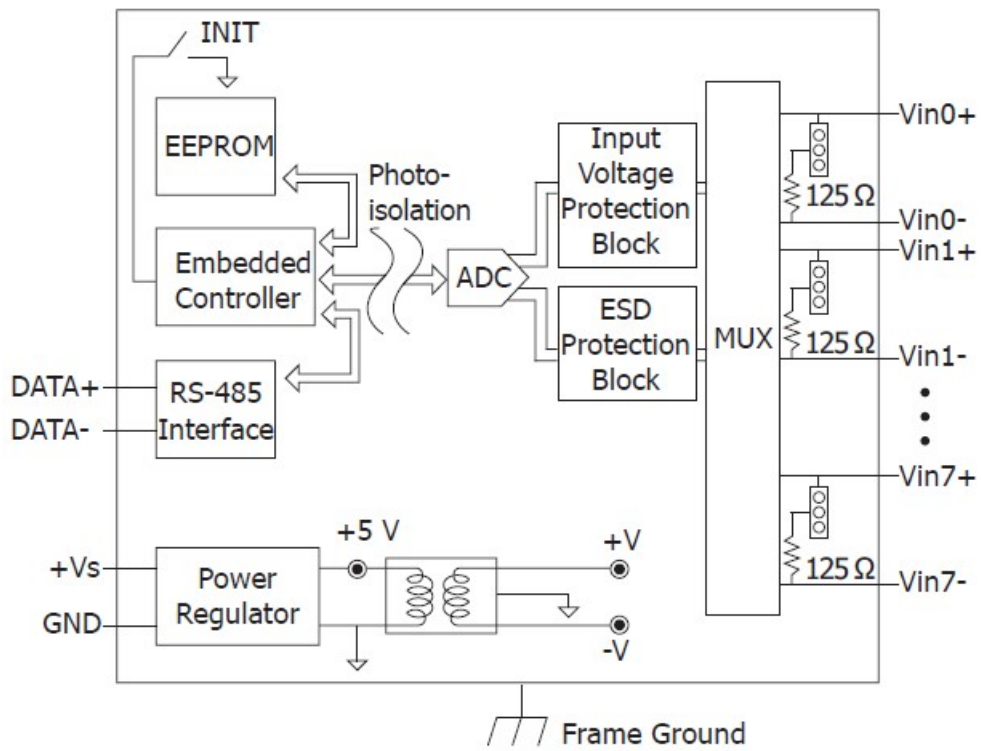


I-7019R

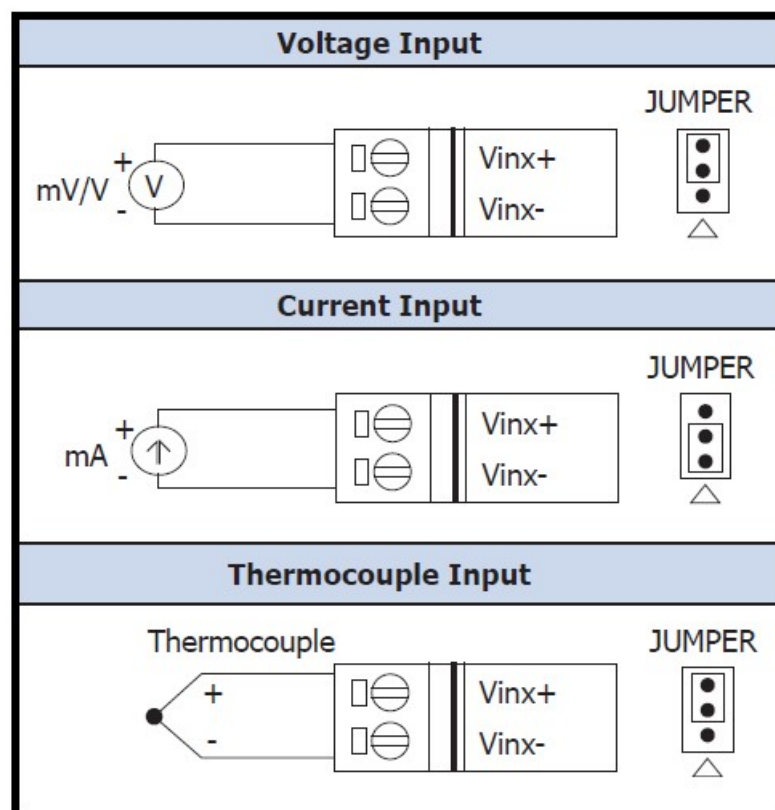
Εικόνα 35: Module i7019R



Εικόνα 36: Pin συνδεσμολογίας



Εικόνα 37: Ηλεκτρονικό Διάγραμμα i7019R



Εικόνα 38: Συνδεσμολογία αισθητήρων

3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ -ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

3.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι αισθητήρες της εγκατάστασης έχουν διαταχθεί ανά Module και ανά συσκευή, έτσι έχουν ομαδοποιηθεί και στο πρόγραμμα που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο, ώστε να λαμβάνουμε τις μετρήσεις ομαδικά. Ο Παρακάτω πίνακας έχει ομαδοποιημένα όλους τους αισθητήρες της εγκατάστασης ,επίσης έχουν προσαρμοστεί και οι αντίστοιχες τιμές που διέπουν την ευθεία λειτουργίας κάθε αισθητήρα .

ABSORBER

Unit	Sensor Type	Name	Module	Channel	Operating Voltage	Output Signal	Input range	Gain	Offset
Absorber	-	κενό	i7018(30)	00	-	-	-	-	-
Absorber	PT100	T_ABS_OUT_WATER(T4)	i7018(30)	01	24V	4-20mA	0-20mA	521.79	-250.46
Absorber	PT100	T_ABS_IN_AIR	i7018(30)	02	24V	4-20mA	0-20mA	491.89	-235.24
Absorber	PT100	T_ABS_OUT_AIR	i7018(30)	03	24V	4-20mA	0-20mA	491.89	-235.24
Absorber	PT100	T_ABS_IN_CONC	i7018(30)	04	24V	4-20mA	0-20mA	512.28	-245.93
Absorber	PT100	T_ABS_OUT_DIL	i7018(30)	05	24V	4-20mA	0-20mA	512.28	-245.93
Absorber	PT100	T_ABS_IN_WATER(T5)	i7018(30)	06	24V	4-20mA	0-20mA	580.71	-273.84
Absorber	-	κενό	i7018(30)	07	-	-	-	-	-
Absorber	KIMO	RH_ABS_OUT	i7019R(24)	00	24V	4-20mA	0-20mA	6.25	-25.00
Absorber	KIMO	RH_ABS_IN	i7019R(24)	01	24V	4-20mA	0-20mA	6.25	-25.00
Absorber	SCX15AN	P_AMBIENT	i7019R(24)	02	24V	0-20mA	0-20mA	21.65	-933.28
Absorber	-	κενό	i7019R(24)	03	-	-	-	-	-
Absorber	DSG2000	ΔP_ABS_AIR(overall)	i7019R(24)	04	24V	0-10 V	0-10 V	200	0
Absorber	DSG500	ΔP_ABS_PACK	i7019R(24)	05	24V	0-10 V	0-10 V	50.50	4.995
Absorber	CERABAR	P_ABS_WATER_BOT	i7019R(24)	06	24V	4-20mA	0-20mA	0.10	-0.40
Absorber	CERABAR	P_ABS_WATER_TOP	i7019R(24)	07	24V	4-20mA	0-20mA	0.10	-0.40

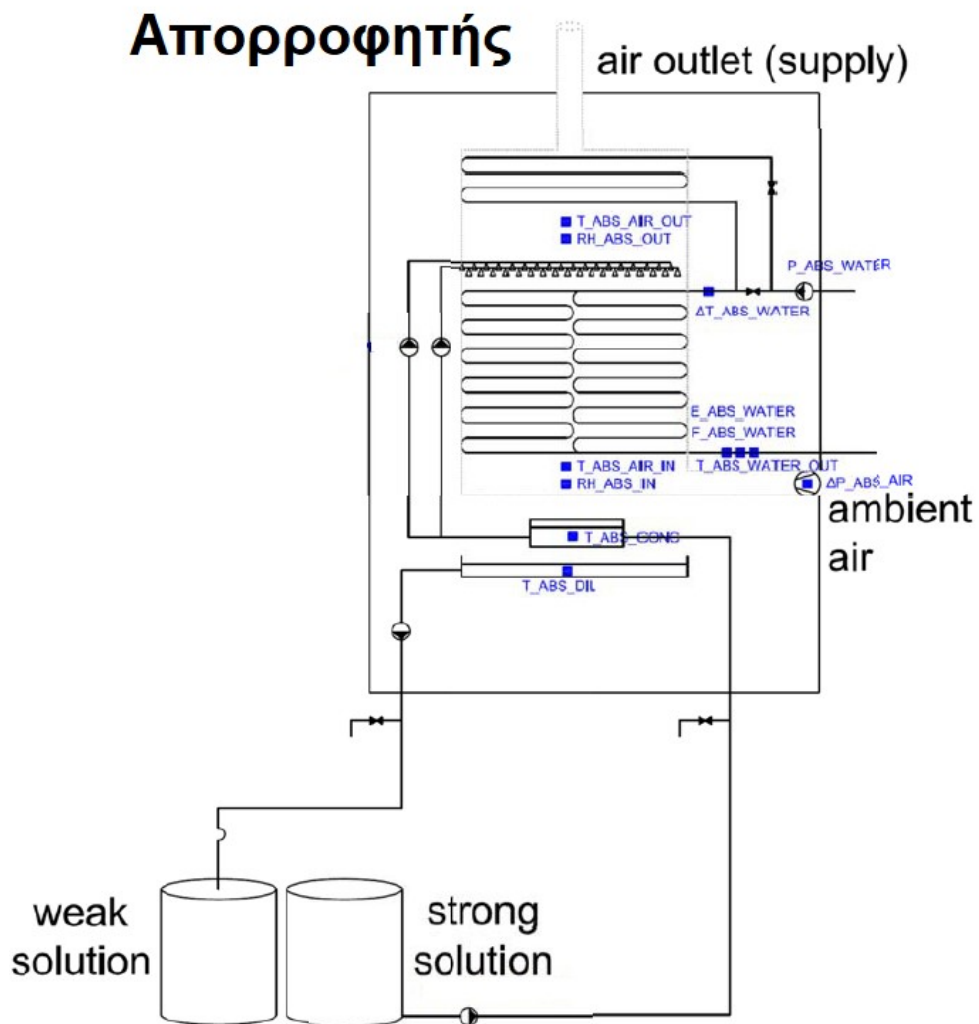
Πίνακας 2: Αισθητήρες του Απορροφητή

REGENERATOR

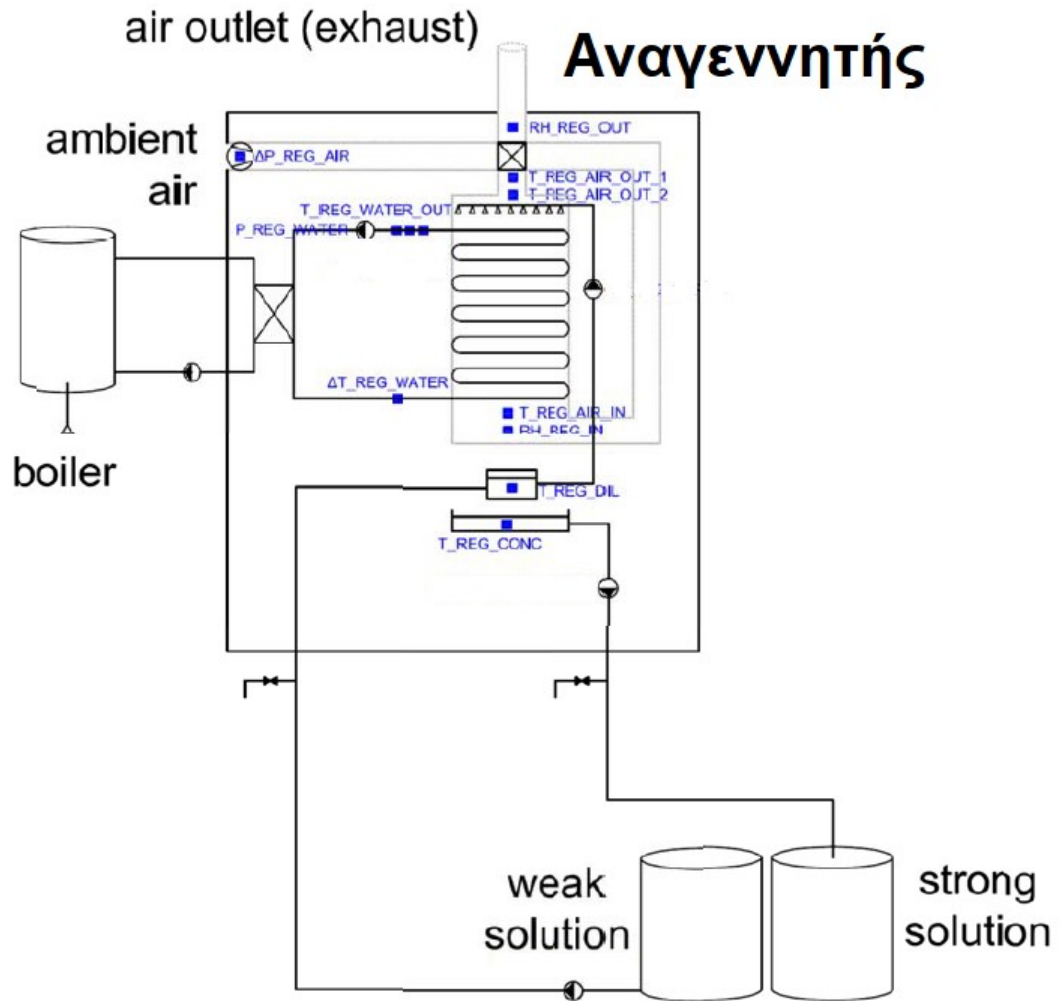
Unit	Sensor Type	Name	Module	Channel	Operating Voltage	Output Signal	Input range	Gain	Offset
Regenerator	-	κενό	i7018(21)	00	-	-	-	-	-
Regenerator	PT100	T_REG_OUT_WATER	i7018(21)	01	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	PT100	T_REG_OUT_AIR_1	i7018(21)	02	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	PT100	T_REG_IN_AIR	i7018(21)	03	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	PT100	T_REG_OUT_AIR_2	i7018(21)	04	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	-	κενό	i7018(21)	05	-	-	-	-	-
Regenerator	PT100	T_REG_IN_DIL	i7018(21)	06	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	PT100	T_REG_OUT_CONC	i7018(21)	07	24V	4-20mA	0-20mA	-568.36	-269.98
Regenerator	KIMO	RH_REG_OUT	I7019R(23)	00	24V	4-20mA	0-20mA	6.25	-25.00
Regenerator	DCXL 10DS	ΔΡ_REG_AIR	I7019R(23)	01	24V	4-20mA	0-20mA	127	254
Regenerator	-	κενό	I7019R(23)	02	-	-	-	-	-
Regenerator	-	κενό	I7019R(23)	03	-	-	-	-	-
Regenerator	-	κενό	I7019R(23)	04	-	-	-	-	-
Regenerator	KIMO	RH_REG_IN	I7019R(23)	05	24V	4-20mA	0-20mA	6.25	-25.00
Regenerator	-	κενό	I7019R(23)	06	-	-	-	-	-
Regenerator	-	κενό	I7019R(23)	07	-	-	-	-	-

Πίνακας 3: Αισθητήρες του Αναγεννητή

Οι αντίστοιχες θέσεις όλων των αισθητήρων παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα :



Εικόνα 39:Θέσεις αισθητήρων Απορροφητή



Εικόνα 40:Θέσεις αισθητήρων Αναγεννητή

4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (EZ Data Logger)

4.1 EZ DATA LOGGER

Download location:

http://www.icpdas.com/products/Software/ez_data_logger/ez_data_logger.html

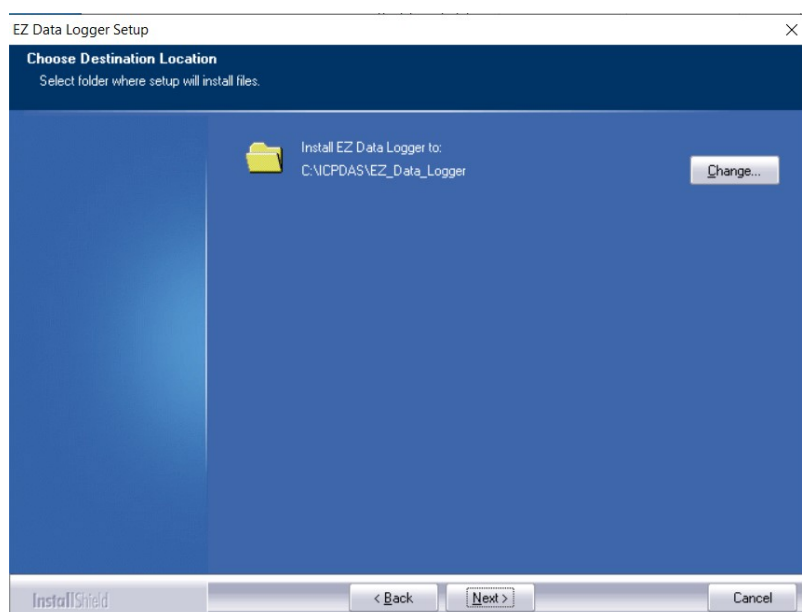
The image shows the EZ Data Logger software interface. It features a blue background with white text and icons. The main title is "EZ Data Logger". Below the title, there are several features listed: "DCON", "Modbus TCP", "Modbus Serial", "Virtual Channel Definition", and "Control Logic(VB Script)". There are also icons for "Data Trend", "High/Low Alarm", "Alarm Notifier", "IP Camera Viewer", "Database Report", and "Layout". The "Alarm Notifier" and "IP Camera Viewer" features are highlighted with red stars and green arrows.

Εικόνα 41:Σελίδα λογισμικού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

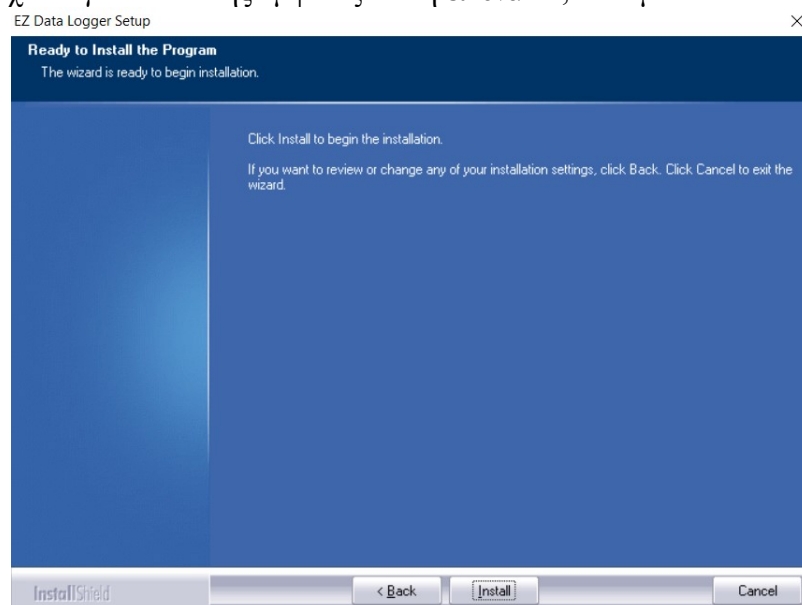
Το λογισμικό EZ Data logger είναι ένα πρόγραμμα απεικόνισης σε άξονες Y-X , αποθήκευσης και εξαγωγής δεδομένων σε μορφή επεξεργάσιμη. Οι τιμές τις οποίες θα λάβουμε μπορεί να είναι απευθείας σήματα σε mA -mV-V συναρτήσεως του χρόνου, είτε με κατάλληλη επεξεργασία μπορούμε να λάβουμε την τιμή του μεγέθους όπως θερμοκρασία(°C), πίεση (Pa,bar,Psi), υγρασία , σχετική υγρασία . Τα δεδομένα αυτά έχουμε την δυνατότητα να τα εξάγουμε σε αρχείο Excel, κάνοντας επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων, φτιάχνοντας διαγράμματα, ιστόγραμμα.

Το EZ Data logger για να εργαστεί σωστά συνεργάζεται με το DCON Utility Pro λαμβάνοντας τις πρωτογενείς τιμές από αυτό. Τα δυο προγράμματα δεν μπορούν να δουλέουν ταυτόχρονα . Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχει εγκατασταθεί πρώτα DCON Utility Pro να έχουν γίνει οι κατάλληλες ρυθμίσεις των Modules ύστερα να εκκινήσουμε το EZ Data logger . Ακολουθούν εικόνες με διευκρινήσεις :



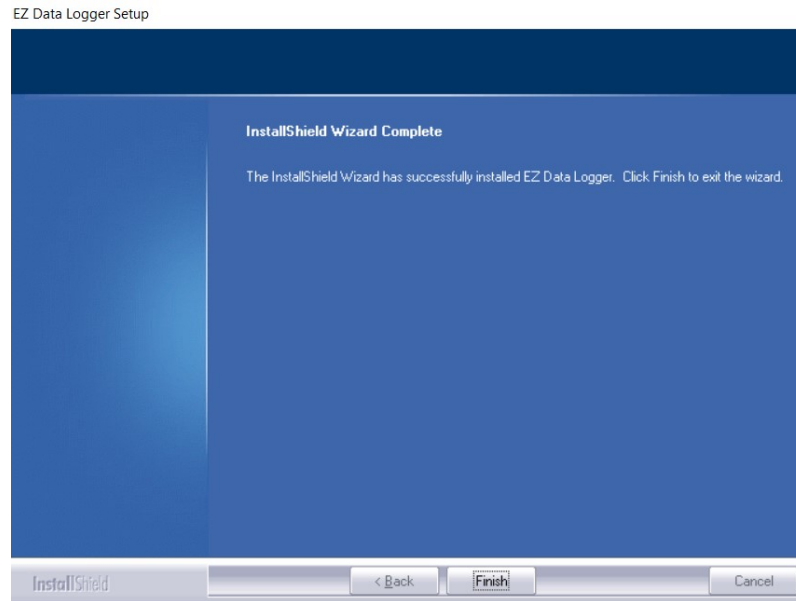
Εικόνα 42: Εγκατάσταση λογισμικού

Πατώντας το αρχείο εγκατάστασης εμφανίζεται η εικόνα 42 , πατάμε Next



Εικόνα 43: Εγκατάσταση λογισμικού

Όταν εμφανιστεί η εικόνα 43 πατάμε **Install** .

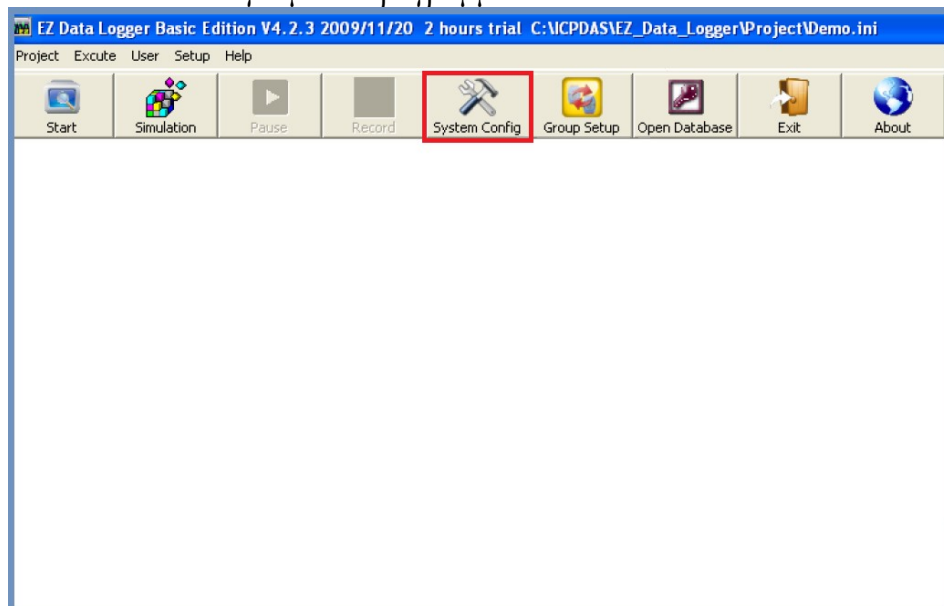


Εικόνα 44: Εγκατάσταση λογισμικού

Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης πατάμε **Finish** .Το πρόγραμμα είναι έτοιμο, με την εμφάνιση του εικονιδίου στην επιφάνεια εργασίας:

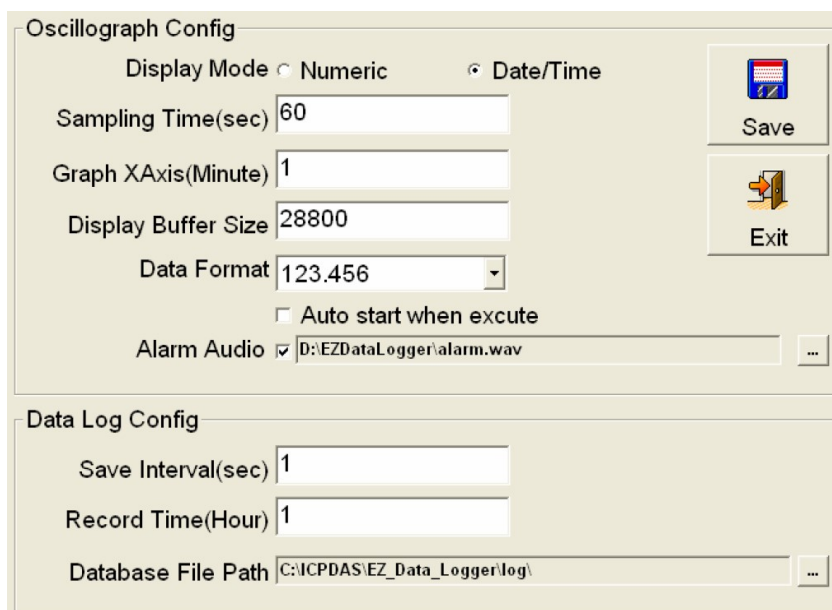


Πατώντας στο εικονίδιο ανοίγουμε το πρόγραμμα



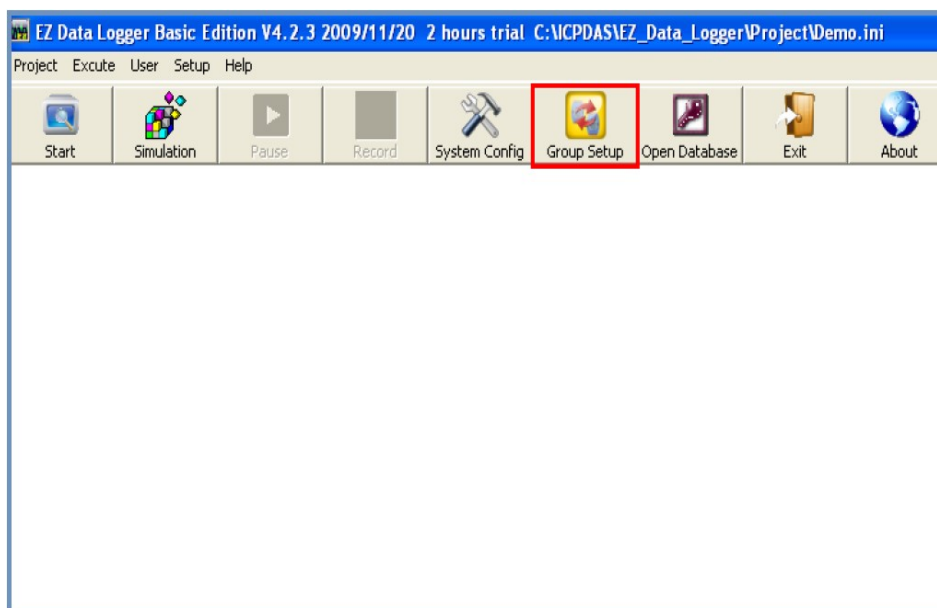
Εικόνα 45: Παράθυρο αρχικών ρυθμίσεων

Αρχικά πατάμε το **System configuration** για να κάνουμε τις βασικές ρυθμίσεις όπως εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 46: Παράθυρο System configuration

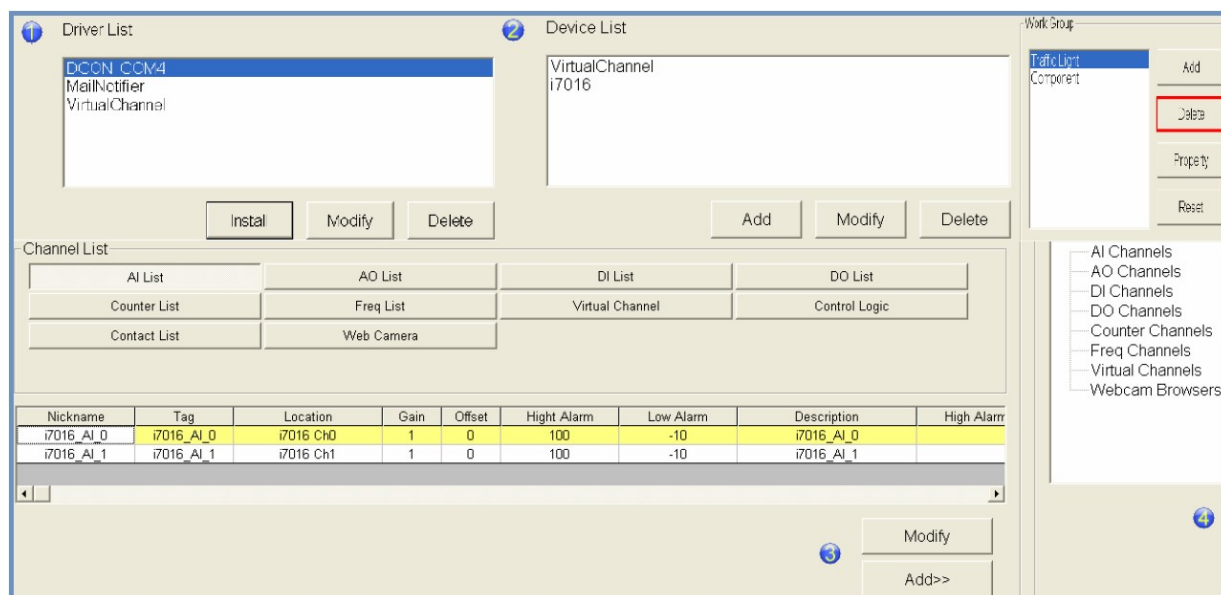
Στο **Oscilloscope Config** επιλέγουμε το **Date/Time** για τα δεδομένα του X άξονα, αντίστοιχα στο **Sampling Time** επιλέγουμε 60 sec, στην εμφάνιση των τιμών του X άξονα επιλέγουμε 1 έως 10 λεπτά . Στο **Buffer Size** και **Data Format** αφήνουμε την προεπιλογή . Στο **Data Log config** αφήνουμε το **Save interval** στο 1(sec) . Το **Record Time** έχουμε την δυνατότητα να βάλουμε μέχρι 2 ώρες ,το Path το αφήνουμε ίδιο ή το διαμορφώνουμε ανάλογα. Στο τέλος πατάμε **Save** .



Εικόνα 47: Παράθυρο αρχικών ρυθμίσεων

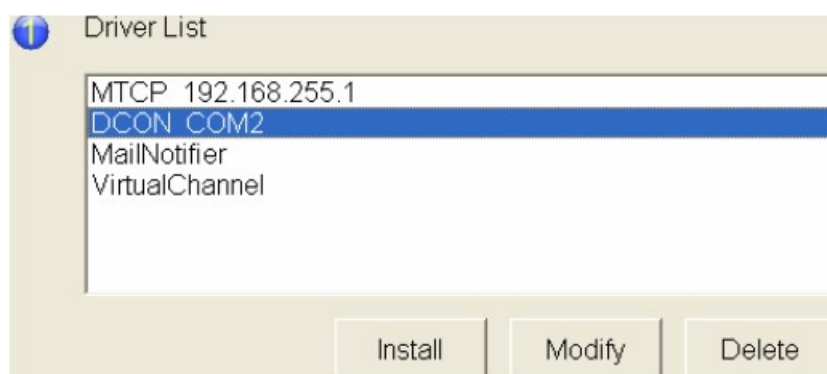
Η επιλογή **Group Setup** μας επιτρέπει να κάνουμε όλες τις απαραίτητες ρυθμίσεις για τα Modules και για κάθε αισθητήρα ξεχωριστά. Ακολουθούν εικόνες και επεξήγηση όλων των σχετικών λεπτομερειών.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>



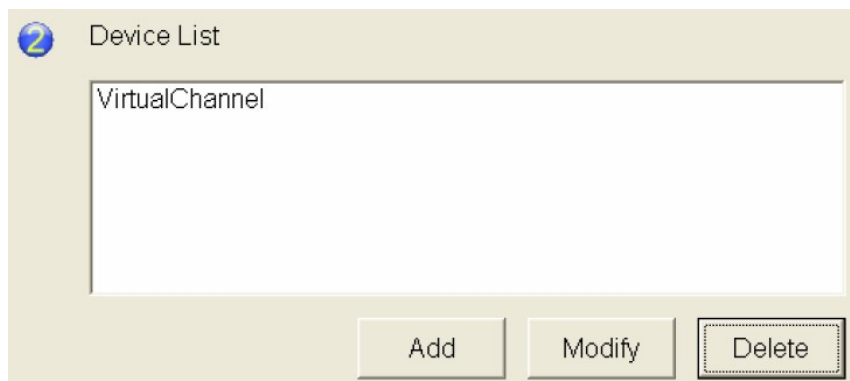
Εικόνα 48: Παράθυρο Group Setup

Ανοίγοντας το παράθυρο **Group Setup** εμφανίζεται η εικόνα 48, στο παράθυρο αυτό έχουμε τέσσερα πεδία να ρυθμίσουμε, στο πεδίο (1) εισάγουμε τα στοιχεία της μονάδας επικοινωνίας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι ρυθμίσεις εξηγούνται στην παρακάτω εικόνα:



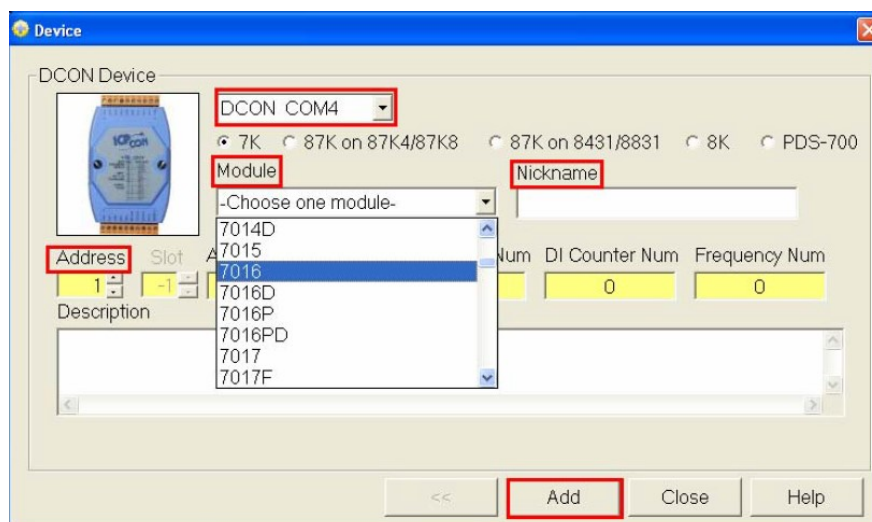
Εικόνα 49: Πεδίο Driver List

Στο πεδίο (1) επιλέγω και διαγράφω όλες τις εμφανιζόμενες επιλογές, ύστερα πατάω Install και εγκαθιστώ το DCON COM1.



Εικόνα 50: Πεδίο Device List

Στο πεδίο (2) επιλέγω Add και εμφανίζεται η ακόλουθη λίστα:

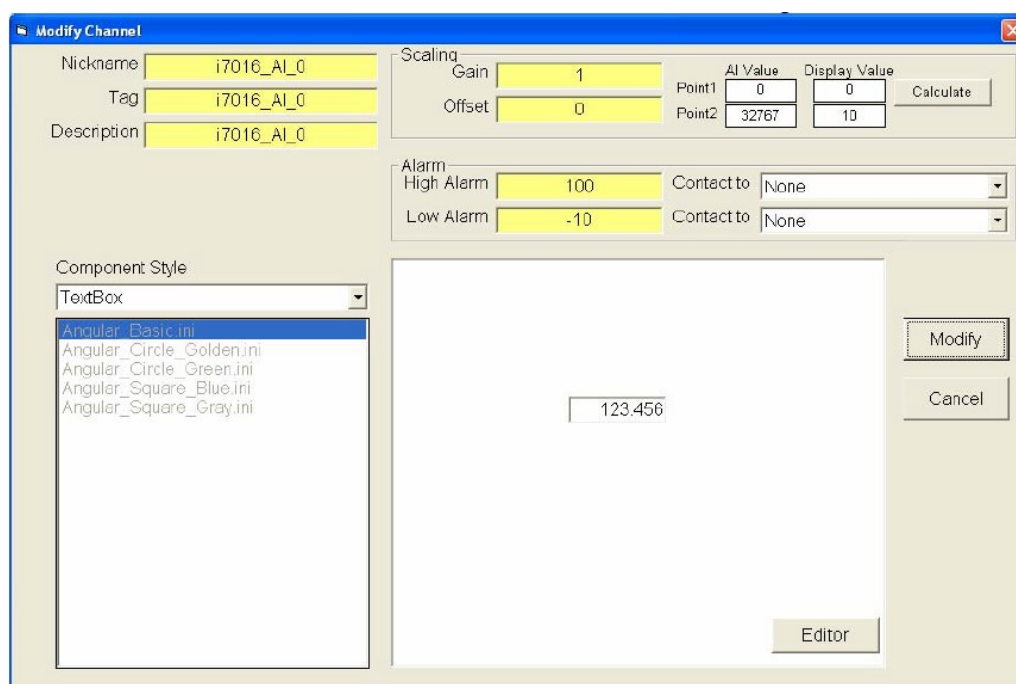


Εικόνα 51: Παράθυρο εισαγωγής στοιχείων Modules

Στο αναδυόμενο παράθυρο **Device** έχουμε την δυνατότητα να εισάγουμε τα απαραίτητα στοιχεία των Modules , όπως θύρα εισόδου (**DCON COM1**), επιλέγουμε το είδος του Module (π.χ **I7018** ή **I7019R**), επιλέγουμε τη διεύθυνση **Address** όπως προκύπτει DCON Utility Pro. Πατάμε **Add** και το Module εμφανίζεται όπως φαίνεται και στην **εικόνα 48** .

Επίσης στο **πεδίο 3** εμφανίζονται και όλοι οι αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με το Module αυτό.

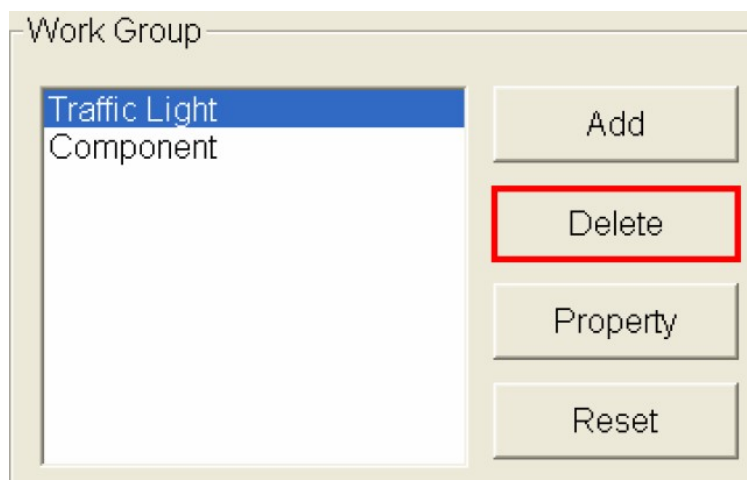
Επιλέγοντας έναν αισθητήρα στο **πεδίο 3** και πατώντας **Modify** , εμφανίζεται η παρακάτω λίστα εισαγωγής στοιχείων για τον αισθητήρα αυτό:



Εικόνα 52: Επεξεργασία στοιχείων αισθητήρα

Στο παράθυρο αυτό μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα το αισθητήρα (**Nickname**) και άλλα στοιχεία εμφάνισης του . Το πιο σημαντικό στοιχείο στο πεδίο αυτό είναι τα πεδία **Gain – Offset** τα οποία μας επιτρέπουν να καλιμπράρουμε τους αισθητήρες ανάλογα με την τιμή που θέλουμε να εμφανίζεται στο διάγραμμα π.χ Θερμοκρασία , πίεση , υγρασία κ.τ.λ .

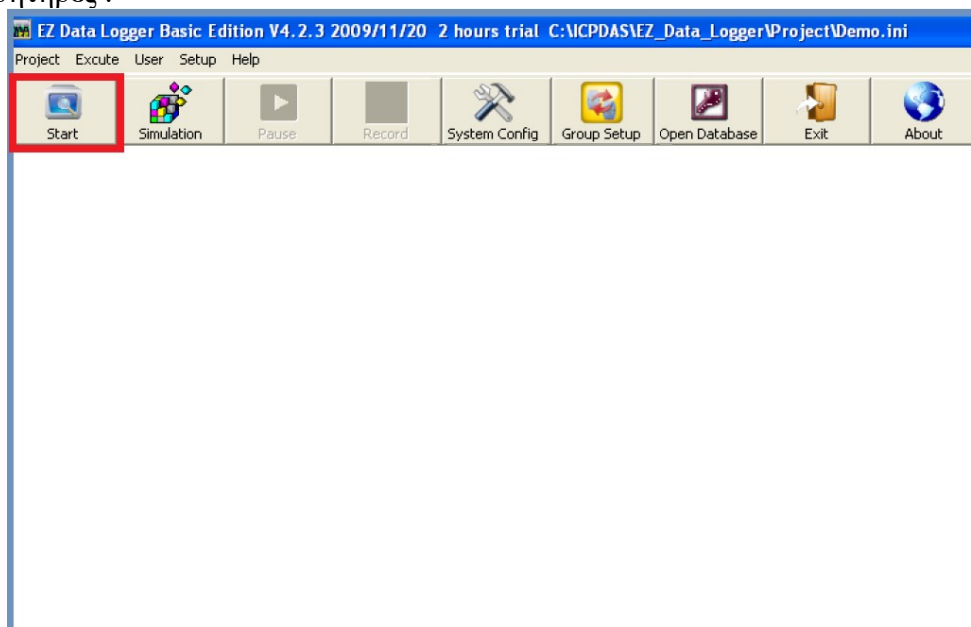
Στο πεδίο **Alarm** θέτουμε άνω και κάτω όριο σε περίπτωση που ξεπεραστεί εμφανίζεται αντίστοιχο μήνυμα στις τιμές των μετρήσεων. Εν συνεχεία πατάμε **Modify** και οι ρυθμίσεις καταχωρούνται μόνιμα για τον αισθητήρα αυτό . Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για όλους τους αισθητήρες .



Εικόνα 53: Ομαδοποίηση Αισθητήρων

Στο πεδίο 4 (**Work Group**) έχουμε την δυνατότητα να εισάγουμε ομάδα αισθητήρων ή να ομαδοποιήσουμε τους αισθητήρες ανά κατηγορία βάζοντας το αντίστοιχο όνομα π.χ (**Absorber temperature sensor**) .

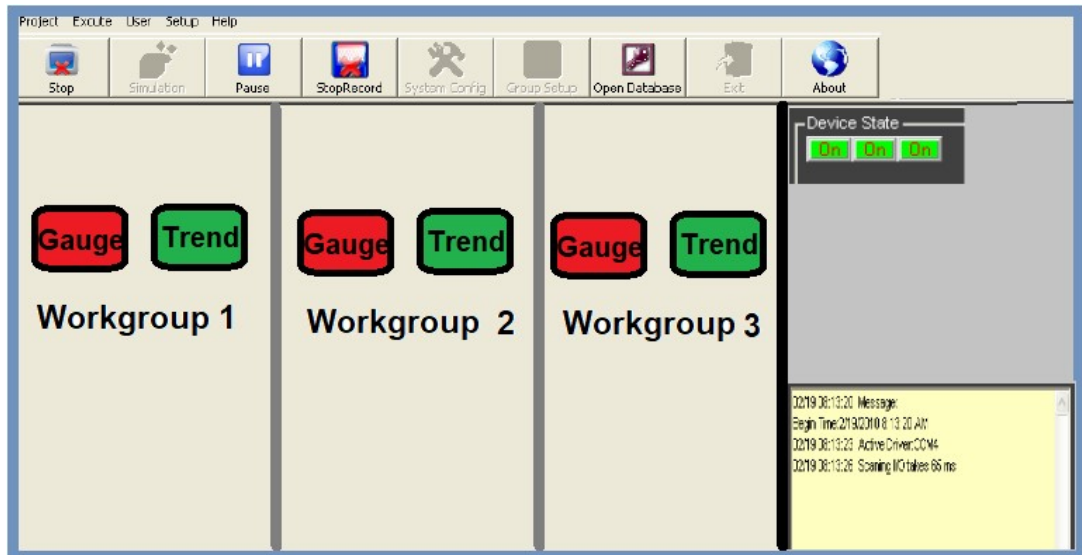
Βγαίνοντας από το παράθυρο Group Setup αποθηκεύονται όλες οι αλλαγές που έχουμε κάνει. Τελειώνοντας με τις παραπάνω ρυθμίσεις είμαστε έτοιμοι να θέσουμε σε λειτουργία όλους τους αισθητήρες .



Εικόνα 54: Εκκίνηση Προγράμματος

Κάνοντας εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζονται με πράσινο σήμα όσα Module έχουν συνδεθεί σωστά και οι αισθητήρες τους λαμβάνουν κανονικά σήματα μεταβιβάζοντας πληροφορίες στο Database του προγράμματος, επίσης στο παράθυρο επικοινωνίας κάτω δεξιά εμφανίζονται διάφορα μηνύματα για την λειτουργία του συστήματος . Τα εικονίδια **Pause** και **StopRecord** είναι πλέον ενεργά .

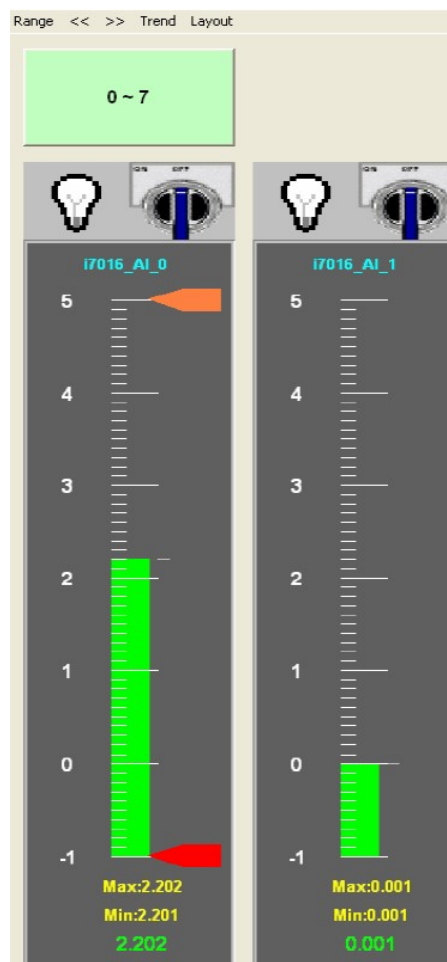
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>



Εικόνα 55: Εκκίνηση προγράμματος

Πατώντας το **Start** , βλέπουμε με πράσινο **on** στο πεδίο **Device State** ότι και τα τρία Modules είναι ενεργοποιημένα και λαμβάνουν σήματα .

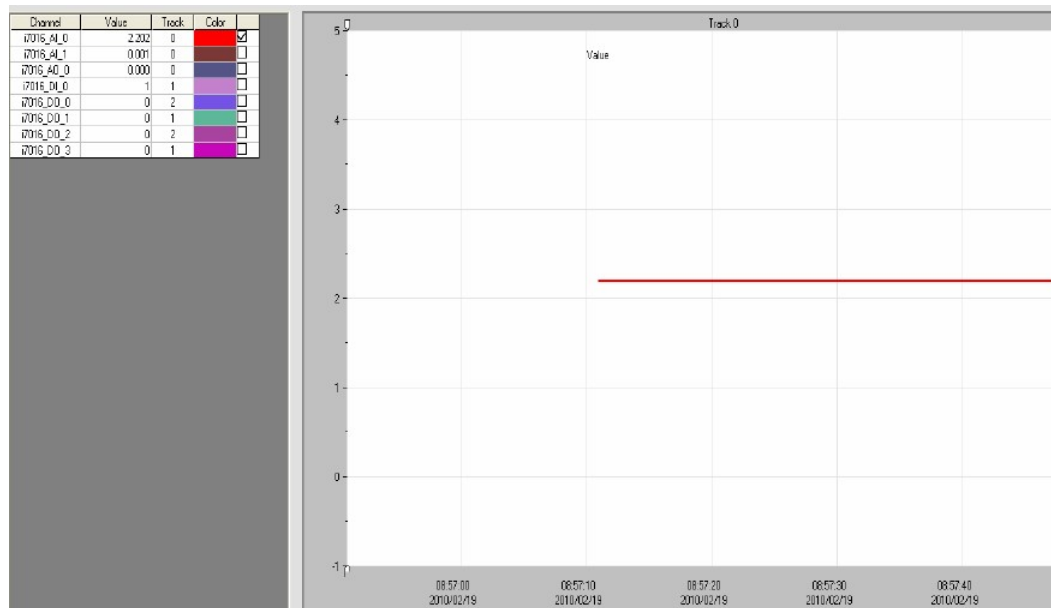
Για να δούμε **ON LINE** τις διακυμάνσεις των σημάτων από τους αισθητήρες έχουμε δύο επιλογές, η πρώτη είναι η επιλογή **Gauge**, η δεύτερη είναι η επιλογή **Trend**, ακολουθεί η ανάλυση των δυο επιλογών :



Εικόνα 56: Επιλογή Gauge

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

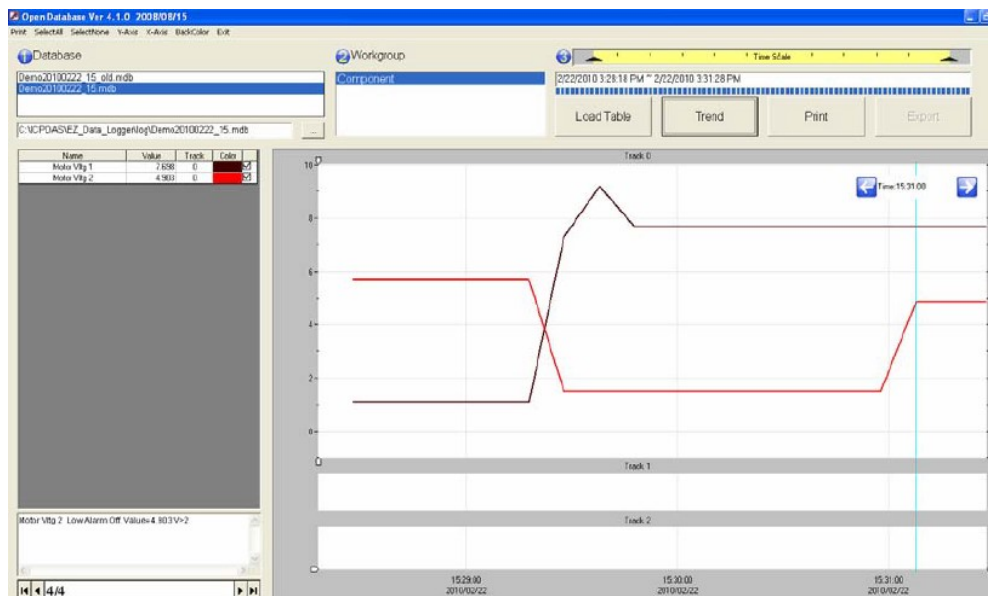
Η επιλογή **Gauge** (εικ.56) μας επιτρέπει να παρακολουθούμε τις μεταβολές των σημάτων στους αισθητήρες σαν να τα βλέπουμε από ένα όργανο το οποίο έχει άνω και κάτω όριο ορισμένα από εμάς. Ο κάθε στήλη αντιστοιχεί και ένας αισθητήρας . Με την επιλογή αυτή δεν έχουμε την δυνατότητα να βλέπουμε τις μεταβολές συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 57: Επιλογή Trend

Η επιλογή **Trend** (εικ.57) μας επιτρέπει να παρακολουθούμε αισθητήρες σε μορφή διαγράμματος με άξονες το μέγεθος που μετράμε συναρτήσει του χρόνου διεξαγωγής του πειράματος. Επίσης έχουμε την δυνατότητα να εμφανίσουμε όποιον αισθητήρα θέλουμε ή όλους μαζί .

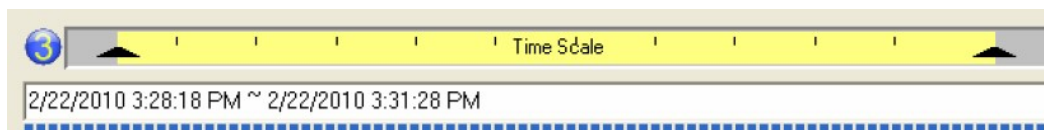
Οι τιμές των σημάτων καταγράφονται στο **Database** για όλη την διάρκεια του πειράματος και υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής τους είτε σε μορφή **Excel** είτε σε μορφή **Text File** .



Εικόνα 58: Παράθυρο Database

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

Επιλέγουμε στο πεδίο 1 το αρχείο καταγραφής πατάμε **Load Table** εν συνεχεία επιλέγω τους αισθητήρες των οποίων οι τιμές θέλω να εμφανιστούν πατάω το **Export** :



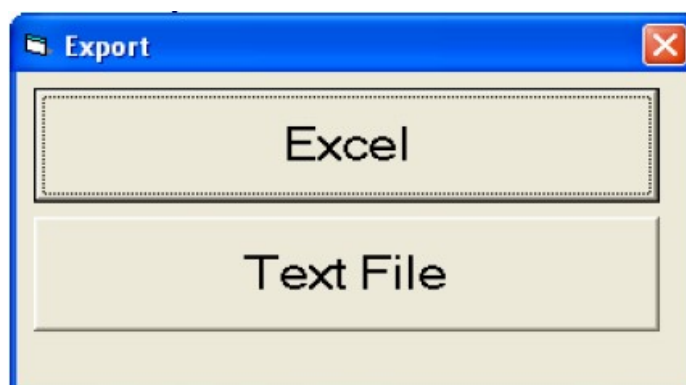
Step 6: Click "Load Table"

List	Motor Vltg 10	Motor Vltg 21	SamplingTime	AlarmLog
0	1.102	5.701	2/22/2010 3:28:18 PM	
1	1.102	5.701	2/22/2010 3:28:28 PM	
2	1.102	5.701	2/22/2010 3:28:38 PM	
3	1.102	5.701	2/22/2010 3:28:48 PM	
4	1.102	5.701	2/22/2010 3:28:58 PM	
5	1.102	5.701	2/22/2010 3:29:08 PM	
6	1.102	5.701	2/22/2010 3:29:18 PM	
7	7.312	1.498	2/22/2010 3:29:28 PM	Motor Vltg 2 Low Alarm
8	9.201	1.498	2/22/2010 3:29:38 PM	Motor Vltg 1 High Alarm
9	7.698	1.498	2/22/2010 3:29:48 PM	Motor Vltg 1 High Alarm
10	7.699	1.498	2/22/2010 3:29:58 PM	
11	7.699	1.498	2/22/2010 3:30:08 PM	
12	7.698	1.498	2/22/2010 3:30:18 PM	
13	7.698	1.498	2/22/2010 3:30:28 PM	
14	7.699	1.498	2/22/2010 3:30:38 PM	
15	7.698	1.498	2/22/2010 3:30:48 PM	
16	7.699	1.498	2/22/2010 3:30:58 PM	
17	7.698	4.903	2/22/2010 3:31:08 PM	Motor Vltg 2 Low Alarm
18	7.698	4.903	2/22/2010 3:31:18 PM	
19	7.699	4.903	2/22/2010 3:31:28 PM	

Step 7: Click "Export"



Εικόνα 59: Αρχείο Τιμών



Εικόνα 60: Εξαγωγή μετρήσεων

5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η λειτουργία της εγκατάστασης διήρκησε κατά το χρονικό διάστημα 10:30 π.μ μέχρι 14:30 μμ , η εκκίνηση του συστήματος κράτησε περίπου 30 λεπτά, η διαδικασία εκκίνησης περιγράφεται με λεπτομέρεια παρακάτω:

- Κατά την πρώτη φάση ανοίξαμε τις αντιστάσεις του δοχείου αποθήκης νερού, ρυθμίσαμε τον υδροστάτη για θερμοκρασία 55 °C, θέσαμε σε λειτουργία τον κυκλοφορητή.
- Στον ηλεκτρικό πίνακα του Αναγεννητή θέσαμε σε λειτουργία τον εσωτερικό κυκλοφορητή υδάτων, ο σκοπός του κυκλοφορητή αυτού είναι η ανακυκλοφορία μεταξύ εναλλάκτη ζεστού νερού και εναλλάκτη υγρού ξηραντικού στοιχείου
- Ύστερα από παρέλευση περίπου 30 λεπτών θέσαμε σε λειτουργία τον ανεμιστήρα του Αναγεννητή, ρυθμίστηκε σε συχνότητα 30Hz στον inverter λειτουργίας του. Ο σκοπός στην χρόνο καθυστέρησης είναι να αποκτήσει γρήγορα θερμοκρασία ο εναλλάκτης ξηραντικού στοιχείου .
- Επίσης μετά την παρέλευση 30 λεπτών ενεργοποιήσαμε και τον διακόπτη λειτουργίας των αντλιών του διαλύματος.

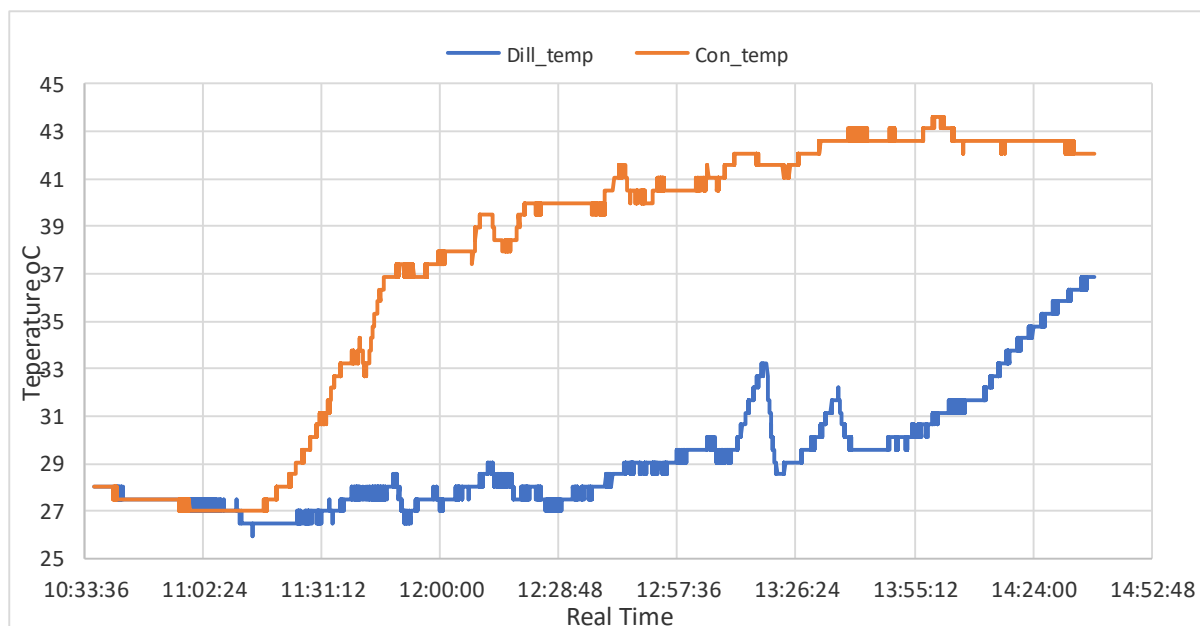
Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθούμε για τον Απορροφητή και τον Εξατμιστικό πύργο ψύξης :

- Παράλληλα με τον Αναγεννητή ενεργοποιούμε το σύστημα του Απορροφητή και του Εξατμιστικού πύργου ψύξης, θέτουμε τις αντλίες κυκλοφορίας του νερού σε λειτουργία , την ίδια στιγμή ενεργοποιούμε και τον ανεμιστήρα παροχής αέρα τον ρυθμίζουμε στα 30 Hz στον inverter λειτουργίας του .
- Με την παρέλευση 30 λεπτών θέτουμε σε λειτουργία τις αντλίες του διαλύματος .
- Το σύστημα είναι έτοιμο για λειτουργία, ανάλογα που έχουμε συγκέντρωση διαλύματος θα εκκινήσουν και οι αντίστοιχες αντλίες διαλύματος .

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος ακολουθεί τα παρακάτω βήματα :

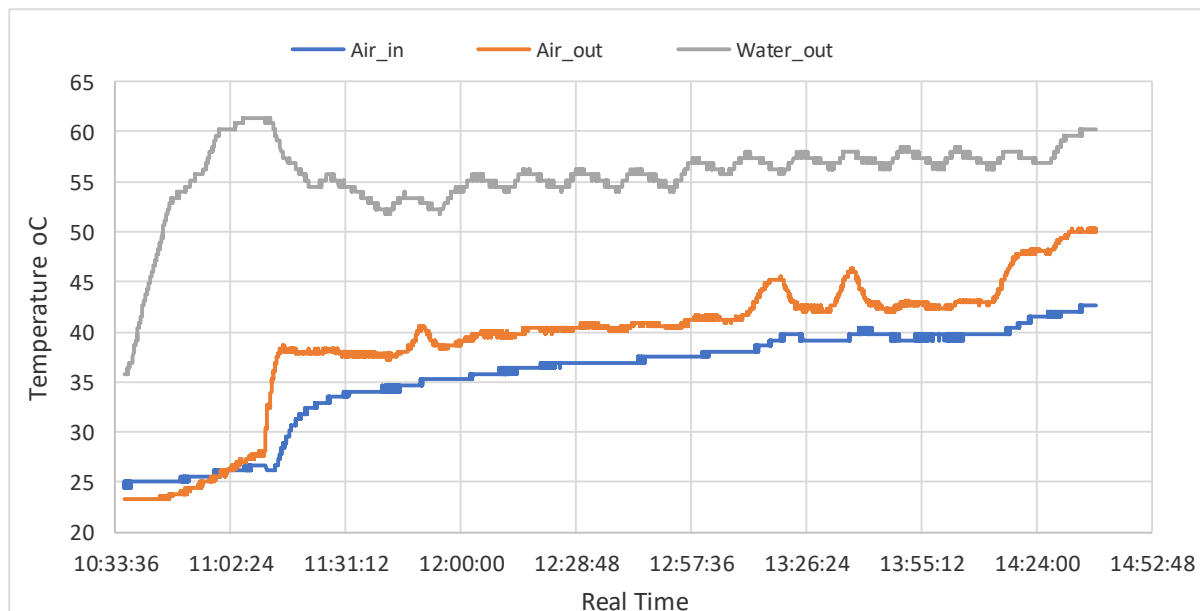
- Οι αντλίες των υδάτων σε Αναγεννητή και Απορροφητή εργάζονται συνεχώς .
- Οι δυο αντλίες των δοχείων αποθήκευσης του αραιού και του πυκνού διαλύματος ενεργοποιούνται εφόσον τα αντίστοιχα φλοτέρ τους είναι σε στάθμη υψηλή .
- Στην περίπτωση όπου ενεργοποιηθεί η αντλία του αραιού διαλύματος τότε το διάλυμα διοχετεύεται στον δοχείο του Αναγεννητή , όταν το δοχείο αυτό φτάσει σε στάθμη υψηλή ενεργοποιούνται οι αντλίες ψεκασμού οι οποίες βρίσκονται στον εναλλάκτη υγρού ξηραντικού στοιχείου του Αναγεννητή .
- Καθώς ψεκάζεται το αραιό διάλυμα κατά την κάθοδο του μετατρέπεται σε πυκνό διάλυμα, το πυκνό διάλυμα συσσωρεύεται σε δοχείο κάτω ακριβώς από τον εναλλάκτη , όταν η στάθμη γίνει υψηλή τότε ενεργοποιείται η αντίστοιχη αντλία και διοχετεύει το πυκνό πλέον διάλυμα στο εξωτερικό δοχείο αποθήκης πυκνού διαλύματος .
- Αντίστοιχα σε την περίπτωση όπου ενεργοποιηθεί η αντλία του πυκνού διαλύματος στο εξωτερικό δοχείο , η διαδικασία είναι ανάλογη με πριν από την πλευρά όμως του Απορροφητή .

5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ :



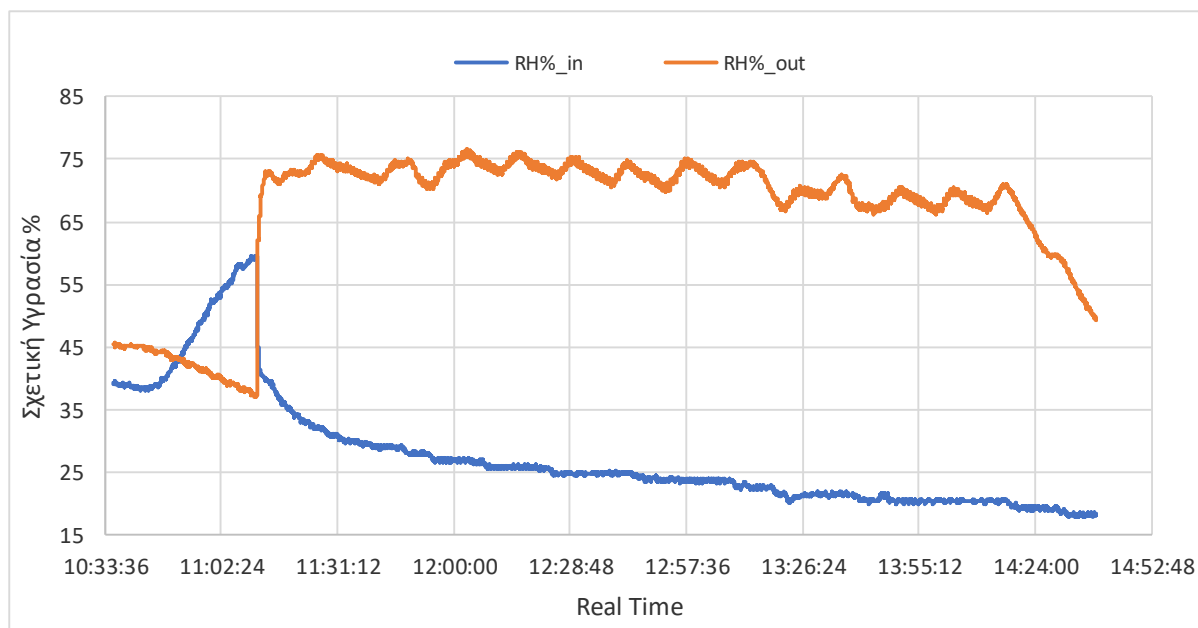
Διάγραμμα 3: Θερμοκρασίες αραιού και πυκνού διαλύματος Αναγεννητή .

Κατά το πρώτο μισάωρο παρατηρούμε ότι το σύστημα δεν έχει ανταποκριθεί , το πυκνό και το αραιό διάλυμα δεν έχουν κυκλοφορήσει άρα και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες δεν έχουν μεταβληθεί. Με την παρέλευση του χρόνου οι θερμοκρασίες διαχωρίζονται και αποκτούν μια παράλληλη σχεδόν λειτουργία μέχρι τις 14:00 μμ σε αυτό το σημείο ακολουθείται η διαδικασία κλεισίματος και στο διάγραμμα φαίνεται οι καμπύλες να πλησιάζουν ξανά .



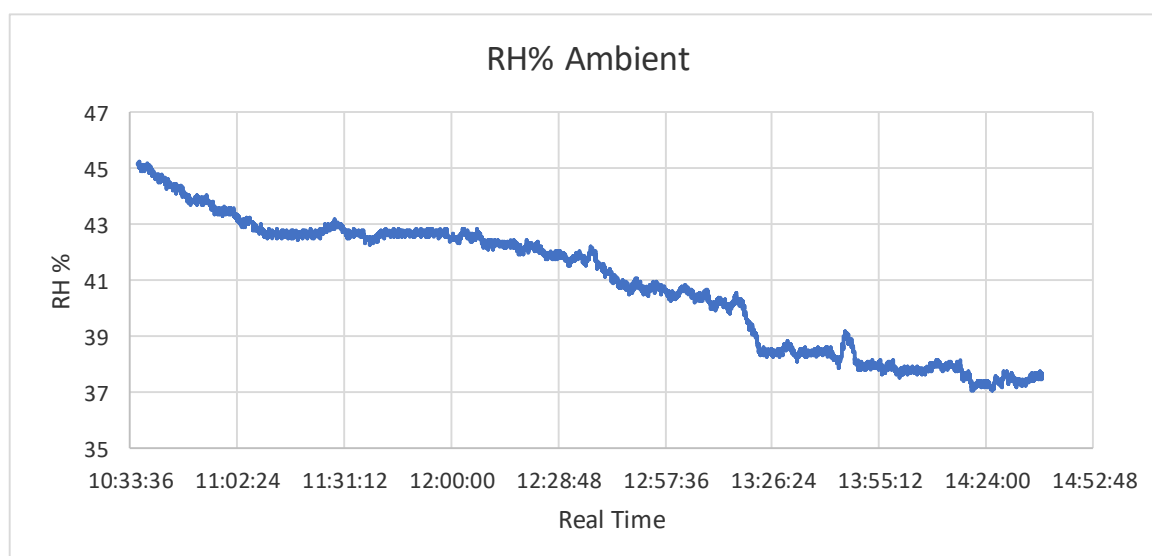
Διάγραμμα 4: Θερμοκρασία αέρα εισόδου- εξόδου θερμοκρασία νερού Αναγεννητή

Η καμπύλη του νερού είναι πάντα ανοδική μέχρι την θερμοκρασία ρύθμισης του περίπου 55°C, ενώ στον αέρα φαίνεται το πρώτο χρονικό διάστημα όπου δεν έχει ενεργοποιηθεί ο ανεμιστήρας , ενώ αργότερα οι καμπύλες ακολουθούν μια παράλληλη πορεία με διακυμάνσεις .

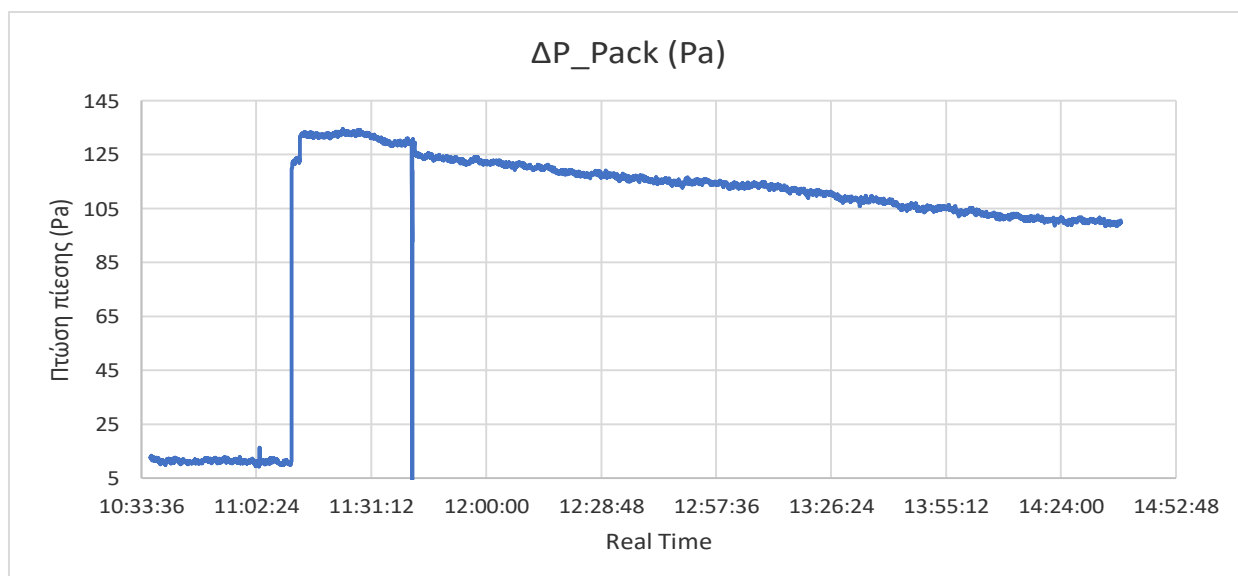


Διάγραμμα 5: Σχετική υγρασία εισόδου εξόδου στον εναλλάκτη του Αναγεννητή

Στο **διάγραμμα 5** φαίνεται η μεταβολή της υγρασίας του αέρα κατά την είσοδο στον εναλλάκτη και κατά την έξοδο του. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι ο θερμός αέρας εξέρχεται με αρκετά μεγάλη σχετική υγρασία παρόλο που έχει υψηλή θερμοκρασία η οποία κυμαίνεται κατά μέσο όρο 40°C . Αντίστοιχα κατά την είσοδο του ο αέρας έχει χαμηλή σχετική υγρασία σε σχέση με το περιβάλλον, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πριν εισέλθει στον εναλλάκτη ξηρού αφυγραντικού στοιχείου έχει περάσει πρώτα από τον εναλλάκτη αέρα -αέρα και έχει θερμανθεί σχετικά κατά μέσο όρο στους 36°C , το γεγονός αυτό της προθέρμανσης έχει αλλάξει την σχετική του υγρασία σε σχέση με αυτήν του περιβάλλοντος. Κατά το πρώτο διάστημα της ώρας δεν παρατηρείται κάτι το αξιόλογο επειδή δεν έχει ενεργοποιηθεί ο ανεμιστήρας παροχής του αέρα.

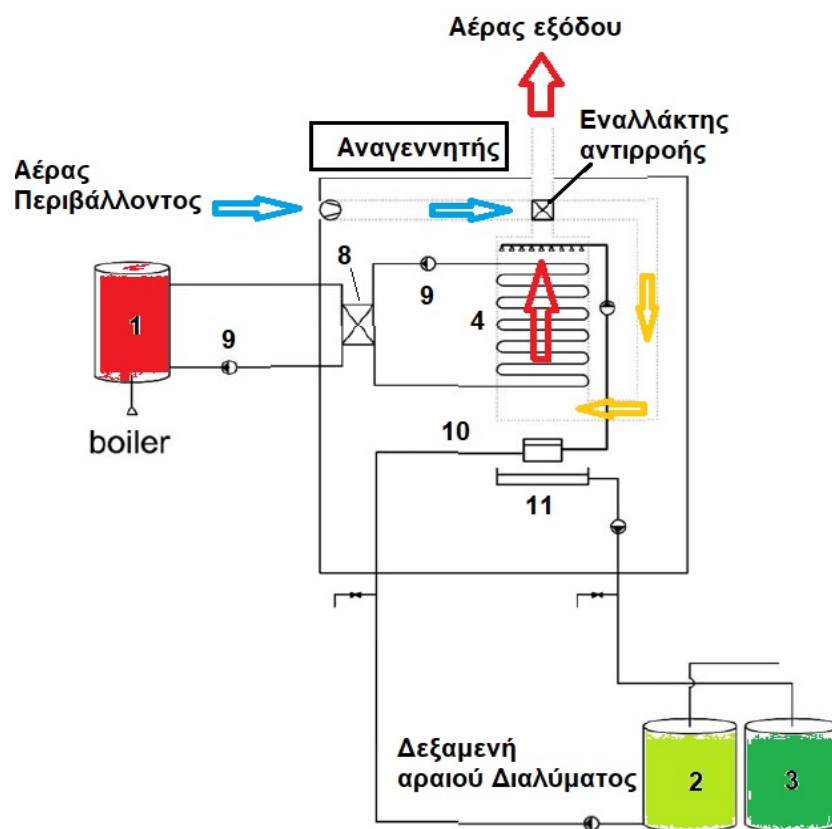


Διάγραμμα 6: Μεταβολή στις σχετικές υγρασίας του περιβάλλοντος



Διάγραμμα 7: Μεταβολή της πτώσης πίεσης στους εναλλάκτες του Αναγεννητή

Στο **διάγραμμα 7** βλέπουμε την πτώση πίεσης από την είσοδο στον εναλλάκτη αέρα-αέρα μέχρι και την έξοδο του αέρα από τον εναλλάκτη του διαλύματος. Παρατηρούμε επίσης μια σταδιακή μείωση της πτώσης πίεσης γεγονός που οφείλεται στην θέρμανση του αέρα. Η διαδρομή του αέρα απεικονίζεται στην εικόνα παρακάτω:

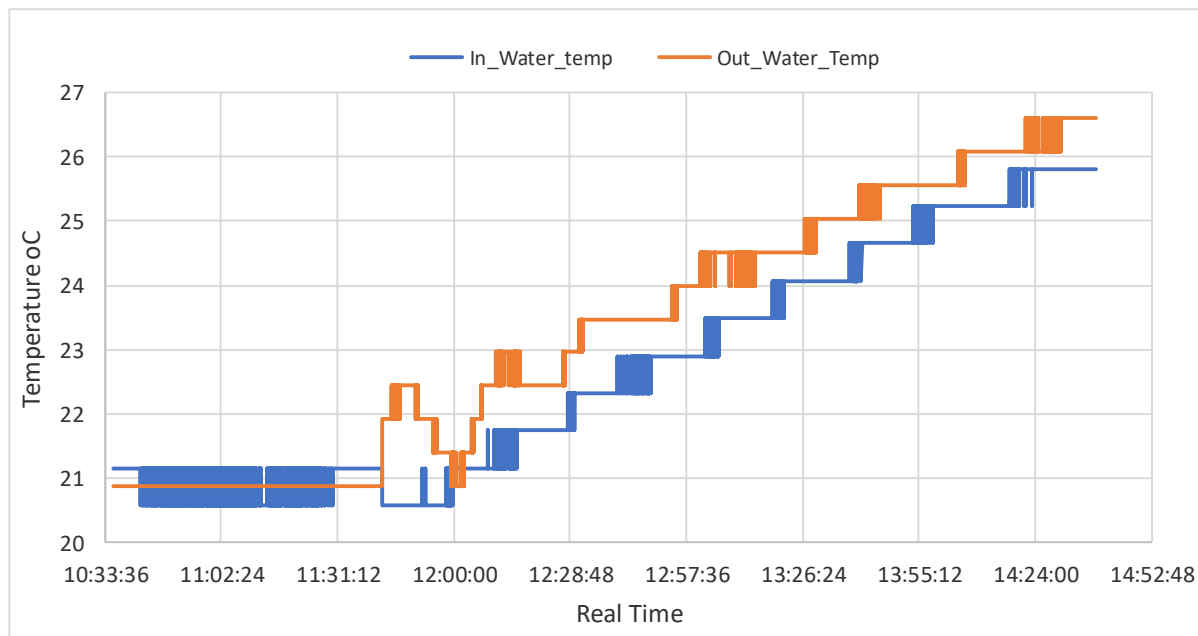


Εικόνα 61: Διάγραμμα ροής αέρα

Όπως φαίνεται στην **εικόνα 61** ο αέρας του περιβάλλοντος μπλε γραμμή περνάει πρώτα από τον εναλλάκτη αντιρροής προθερμαίνεται, πέφτει η σχετική υγρασία του, συνεχίζει με

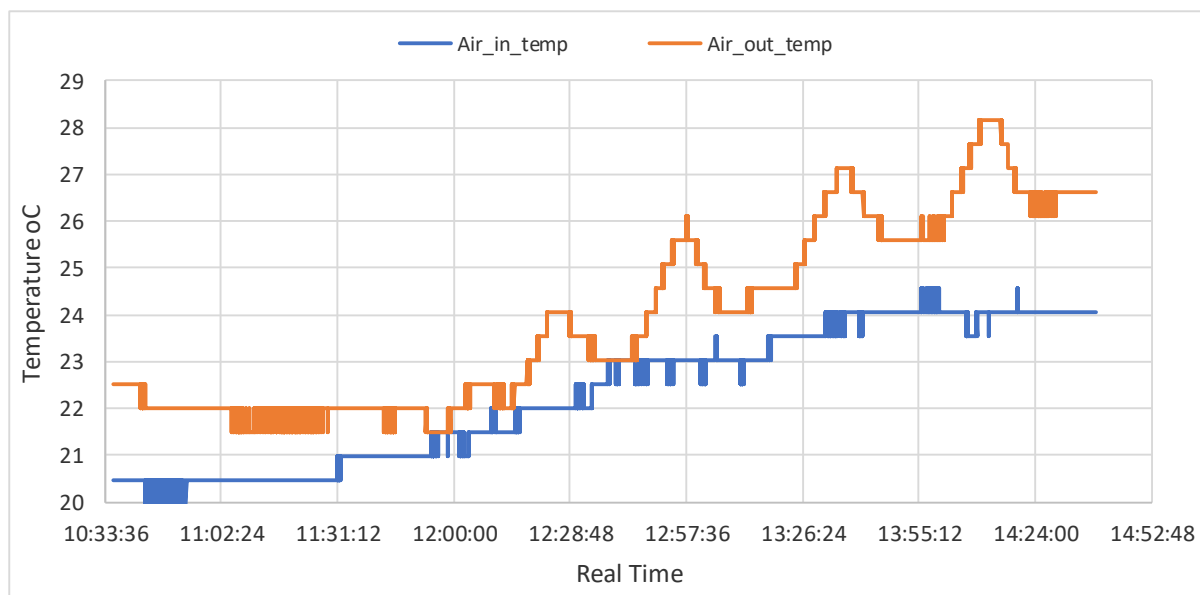
πορτοκαλή γραμμή , ύστερα περνάει από τον εναλλάκτη του διαλύματος απορροφώντας μεγάλα ποσά υγρασίας αλλά αυξάνοντας ταυτόχρονα και την θερμοκρασία του .

5.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ :



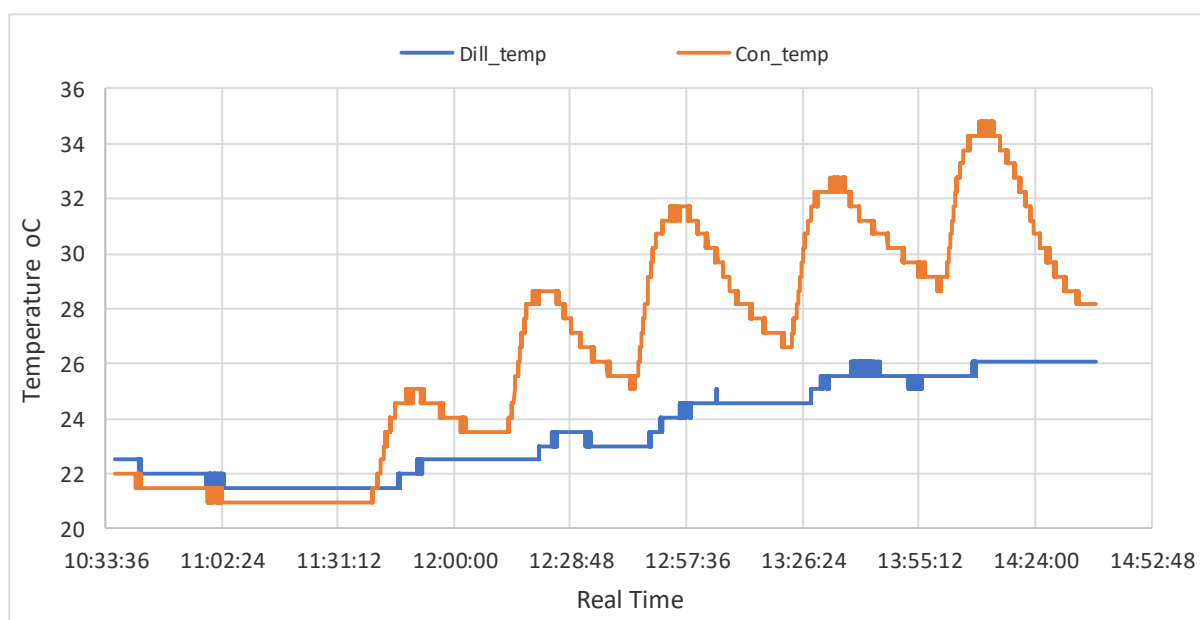
Διάγραμμα 8: Θερμοκρασία εισόδου – εξόδου στον απορροφητή

Στο **διάγραμμα 8** παρατηρούμε ότι κατά διάρκεια της πρώτης ώρας οι θερμοκρασίες εισόδου εξόδου του νερού στον απορροφητή είναι περίπου ίδιας, κατά την ενεργοποίηση του ανεμιστήρα παροχής αέρα έχουμε σαφή διαχωρισμό με σχεδόν παράλληλη άνοδο. Η διαφορά στην θερμοκρασία εισόδου σε σχέση με την θερμοκρασία εξόδου οφείλεται στο ψεκασμό του υγρού ξηραντικού στοιχείου. Επίσης με την πάροδο του χρόνου έχουμε παράλληλη αυξητική τάση ανόδου της θερμοκρασία του νερού το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο Εξατμιστικός Ψύκτης εργάζεται με θερμοκρασία περιβάλλοντα χώρου και έχει περιορισμένες δυνατότητας ψύξης του νερού που κυκλοφορεί για αυτό με την πάροδο του χρόνου έχουμε σταδιακή συσσώρευση θερμικής ενέργεια που παράγεται κατά την επαφή του υγρού ξηραντικού στοιχείου με τον αέρα .



Διάγραμμα 9: Θερμοκρασία αέρα εισόδου – εξόδου στον Απορροφητή

Η θερμοκρασία εισόδου ακολουθεί την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και αυτό φαίνεται με την μπλε γραμμή από την πρωινή ώρα μέχρι το μεσημέρι στις 14:24 μμ. Αντίστοιχα στην θερμοκρασία εξόδου παρατηρούμε ανοδικές και καθοδικές τάσεις γεγονός που οφείλεται στην διαδικασία ψεκασμού του διαλύματος. Συγκεκριμένα κατά την ώρα που ψεκάζεται το διάλυμα έχουμε αυξητική τάση της θερμοκρασίας του αέρα και σταδιακή μείωση την ώρα που σταματά ο ψεκασμός. Η διαδικασία ψεκασμού συμβαίνει σε κύκλους για ορισμένη ώρα και δεν είναι συνεχής καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

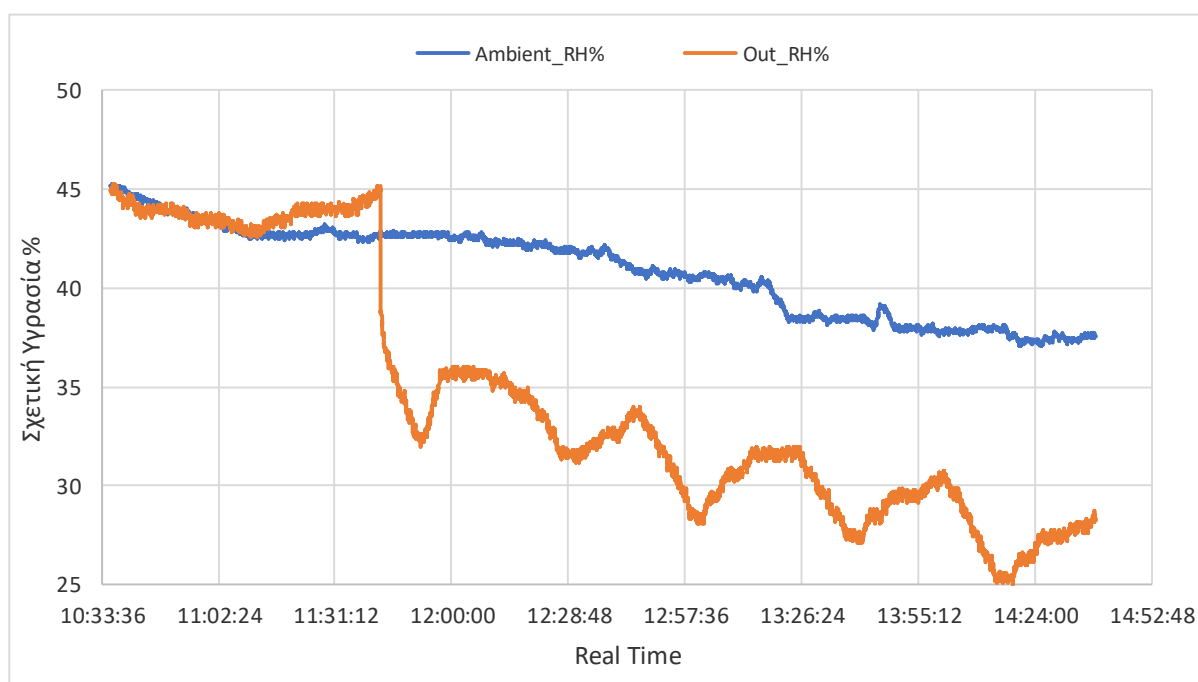


Διάγραμμα 10: Θερμοκρασία πυκνού και αραιού διαλύματος στον Απορροφητή

Από το **διάγραμμα 10** παρατηρούμε ότι το αραιό διάλυμα μπλε καμπύλη έχει μια αυξητική τάση με το πέρασμα της ώρας, ο λόγος είναι επειδή ο Εξατμιστικός Ψύκτης εργάζεται με θερμοκρασία περιβάλλοντα χώρου και έχει περιορισμένες δυνατότητας ψύξης του νερού που

κυκλοφορεί για αυτό με την πάροδο του χρόνου έχουμε σταδιακή συσσώρευση θερμικής ενέργεια που παράγεται κατά την επαφή του υγρού ξηραντικού στοιχείου με τον αέρα.

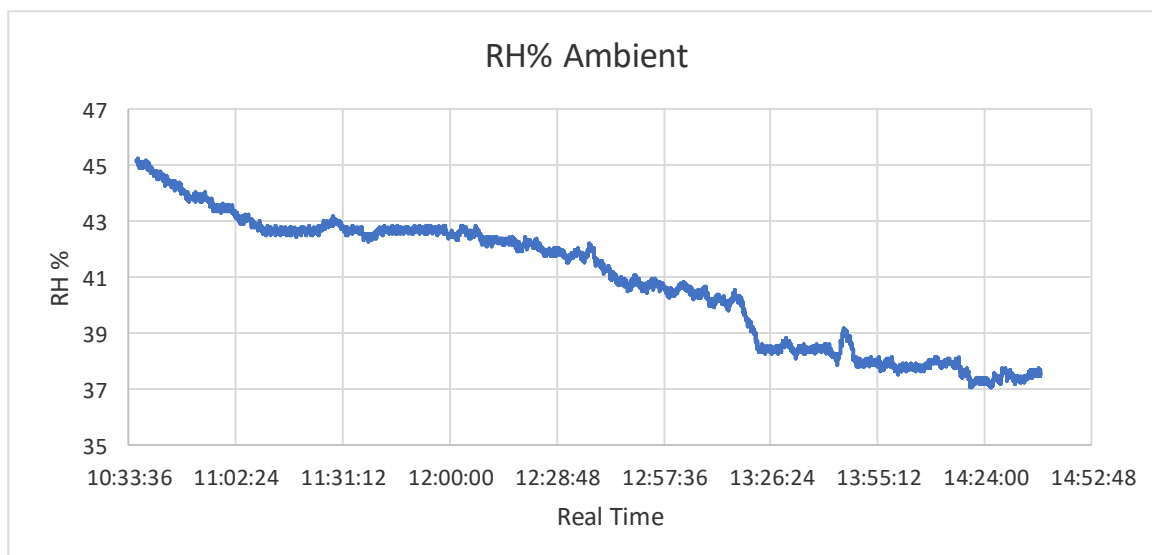
Αντίστοιχα το πυκνό διάλυμα που ψεκάζουμε παρουσιάζει αυξητικές και καθοδικές τάσεις. Αυτό πραγματοποιείται επίσης σε κύκλους , επειδή η διαδικασία δεν είναι συνεχής. Κατά την εισροή του πυκνού διαλύματος στο δοχείο του Απορροφητή υπάρχει συγκεκριμένη θερμοκρασία, καθώς το πυκνό διάλυμα συγκεντρώνεται ταυτόχρονα ψύχεται από την συνεχή ροή του αέρα περιβάλλοντος, αυτό συμβαίνει κατά την κυκλική διαδικασία συγκέντρωση και ψεκάσμός .



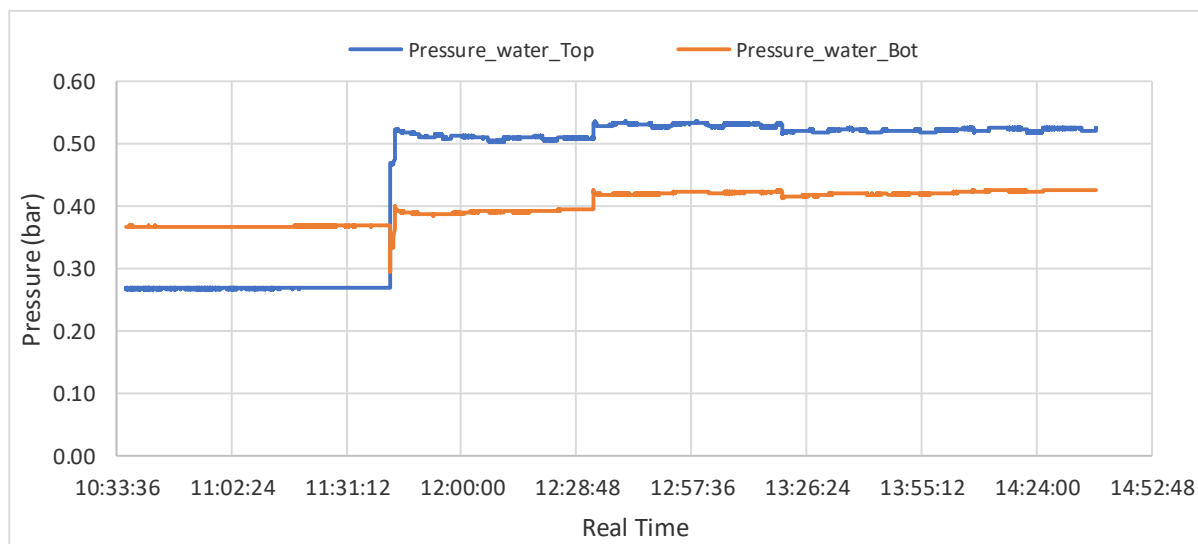
Διάγραμμα 11: Σχετική υγρασία αέρα περιβάλλοντος και αέρα εξόδου από τον Απορροφητή

Η υγρασία του περιβάλλοντος μπλε καμπύλη ακολουθεί μια πτωτική πορεία από την πρωινή ώρα μέχρι το μεσημέρι, αυτό συμβαίνει διότι έχουμε αύξηση στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος καθώς ο ήλιος ανεβαίνει πιο ψηλά.

Αυτό που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η μείωση της σχετικής υγρασία του αέρα που εισέρχεται στον χώρο του ενδιαφέροντος μας. Παρατηρούμε μια σταθερή διαφορά με ανοδικές και καθοδικές διακυμάνσεις , αυτό που πραγματικά συμβαίνει και εδώ είναι ότι η διαδικασία είναι κυκλική και κατά την διάρκεια ψεκάσμού του διαλύματος παρατηρούμε περαιτέρω μείωση και ύστερα μια αυξητική τάση .

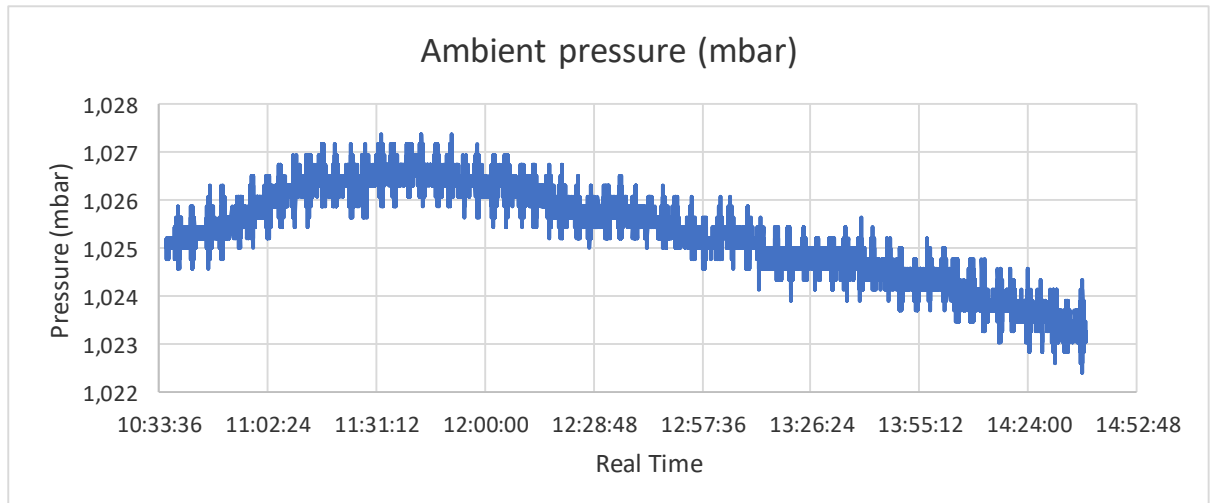


Διάγραμμα 12: Μεταβολή της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος κατά την διάρκεια του πειράματος

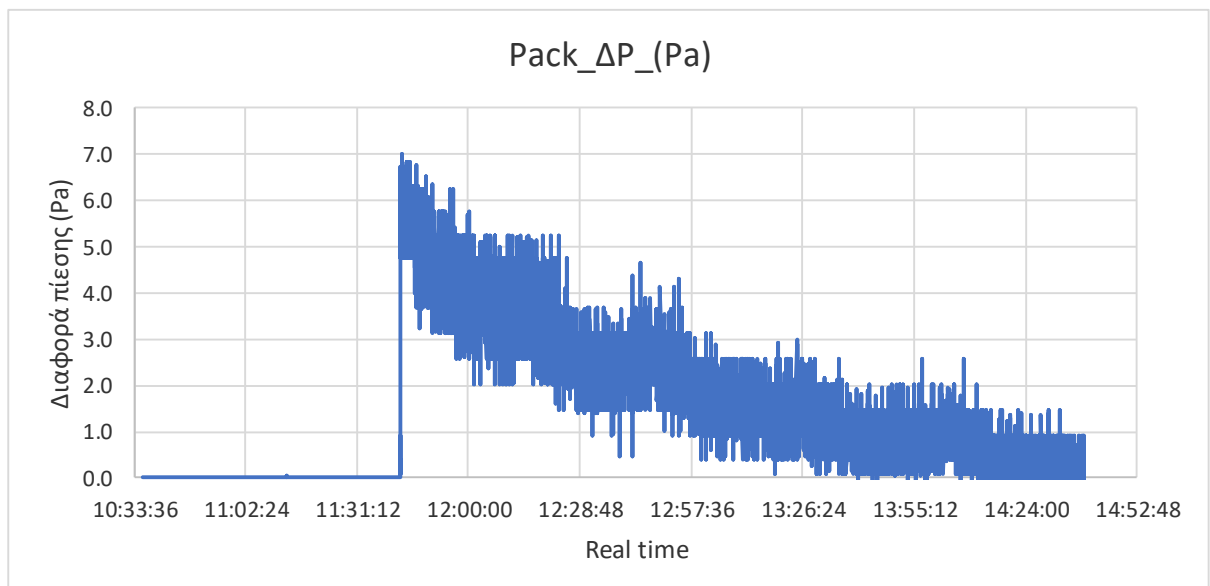


Διάγραμμα 13: Πίεση εισόδου - εξόδου στον εναλλάκτη διαλύματος Απορροφητή

Από την διαφορά των δυο καμπυλών παρατηρούμε την διαφορική μεταβολή της πίεσης του νερού στον εναλλάκτη διαλύματος η οποία παραμένει σταθερή κατά την διάρκεια του πειράματος. Στην αρχή οι δυο καμπύλες έχουν μια ανάποδη διαφορά , αλλά την ώρα που ενεργοποιούνται οι αντλίες του νερού αποκτούν τις φυσιολογικές τιμές τους. Τα δυο όργανα βρίσκονται με διαφορά ύψους περίπου 1.2 μέτρα και αυτό εξηγεί το γεγονός ότι πριν ενεργοποιηθούν οι αντλίες του νερού σπρώχνοντας το νερό από την πάνω πλευρά έχουμε μια διαφορά πίεσης λόγω ύψους .



Διάγραμμα 14: Μεταβολή στις βαρομετρικής πίεσης



Διάγραμμα 15: Μεταβολή της πτώσης πίεσης στον εναλλάκτη διαλύματος στον Απορροφητή

Στο **διάγραμμα 14** εμφανίζει την μεταβολή της βαρομετρικής πίεσης σε σχέση με την ώρα της μέρας . Το **διάγραμμα 15** εμφανίζει την μεταβολή της διαφορικής πίεση στον εναλλάκτη διαλύματος στον Απορροφητή. Παρατηρούμε μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές και αυτό οφείλεται σε τυχόν κραδασμούς , κακή τοποθέτηση των αισθητήρων, ίσως και προβληματικοί αισθητήρες .

6 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η όλη διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά στην διδακτορική διατριβή στο **κεφάλαιο 4 : Ρόζας Ι. Χριστοδουλάκη(Αθήνα 2015)**, παρακάτω θα αναφερθούν επιγραμματικά τα πιο σημαντικά σημεία καθώς και χρήσιμα διαγράμματα :

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Liquid desiccant systems έχουν προταθεί ως εναλλακτικές λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας έναντι των συμβατικών συστημάτων συμπίεσης ατμών για την παραλαβή του λανθάνοντος φορτίου. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τη μελέτη της απόδοσης ενός υγρού συστήματος Απορρόφησης και του Αναγεννητή.

Αρχικά δημιουργήθηκε ένα μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας μιας αδιαβατικής στήλης για την πρόβλεψη της απόδοσης του υγρού συστήματος Απορρόφησης και του Αναγεννητή υπό διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Βρέθηκε καλή συμφωνία μεταξύ πειραματικών δοκιμών από τη βιβλιογραφία και το ανεπτυγμένο θεωρητικό μοντέλο, με τη μέγιστη απόκλιση να είναι $\pm 2,9\%$ στην έξοδο αέρα θερμοκρασία, $\pm 15,9\%$ στην αναλογία υγρασίας εξόδου αέρα και $\pm 2,8\%$ στη θερμοκρασία εξόδου διαλύματος. Μετά την βελτιστοποίηση του μοντέλου και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας αφύγρανσης αξιολογήθηκαν οι διάφορες επιδράσεις των μεταβλητών, όπως η θερμοκρασία του αέρα η υγρασία, θερμοκρασία ξηραντή και ρυθμός ροής αέρα και ξηραντικού στοιχείου. Τα τρία υγρά ξηραντικά διαλύματα, συγκεκριμένα LiCl, LiBr και CaCl₂ αξιολογήθηκαν μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορεί να επιτευχθεί υψηλή απόδοση απορροφητή και αποδοτικότητα συστήματος και χαμηλούς ρυθμούς ροής μάζας αέρα με LiCl ως το ξηραντικό διάλυμα.

Η απόδοση του αδιαβατικού Αναγεννητή βασίστηκε μέσω της ανάπτυξης ενός αριθμητικού μοντέλου μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Βρέθηκε καλή συμφωνία μεταξύ του θεωρητικού μοντέλου και των πειραματικών δοκιμών από προηγούμενες μελέτες, με το εύρος απόκλισης να είναι $\pm 6,2\%$ στη θερμοκρασία εξόδου αέρα, $\pm 8,1\%$ στην αναλογία υγρασίας εξόδου αέρα και $\pm 1,4\%$ σε θερμοκρασία εξόδου διαλύματος. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση ευαισθησίας για να δείξει ποιες μεταβλητές εισόδου επηρεάζουν κυρίως συνθήκες εξόδου. Τα τρία πιο συχνά χρησιμοποιούμενα διαλύματα υγρού ξηραντή, δηλαδή LiCl, LiBr και το CaCl₂ αξιολογήθηκαν μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η υψηλή απόδοση αναγέννησης θα μπορούσε να επιτευχθεί με το CaCl₂ ως ξηραντικό στοιχείο υπό υψηλούς ρυθμούς ροής μάζας ξηραντή, υψηλό ρυθμό ροής μάζας αέρα, υψηλή θερμοκρασία διαλύματος εισόδου, χαμηλή συγκέντρωση αφυγραντικού στοιχείου.

6.2 ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΣ

Το φορτίο κλιματισμού είναι το άθροισμα του αισθητού και λανθάνοντος φορτίου και αντιπροσωπεύει το 20 με 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κτίριο. Η αφύγρανση παραλαμβάνει το λανθάνον φορτίο, ενώ η αισθητή ψύξη χειρίζεται το αισθητό φορτίο. Ο παραδοσιακός εξοπλισμός συμπίεσης ατμών υπερψύχει το ρεύμα αέρα για να παρέχει ψύξη και αφύγρανση. Ο κλιματισμός λειτουργεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του σημείου δρόσου του αέρα εισόδου, οπότε ο αέρας χρειάζεται θέρμανση πριν εισέλθει σε εσωτερικούς χώρους.

Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα ψύξης με εξάτμιση, τα συστήματα υγρού αποξηραντικού δεν απαιτούν τον αέρα να ψύχεται κάτω από το σημείο δρόσου. Η εξοικονόμηση ενέργειας, σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα συμπίεσης ατμών φτάνει έως και 40% , επίσης μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ένα σύστημα κλιματισμού

υποβοηθούμενο με ξηραντήρα . Τα συστήματα ξηραντικών υγρών είναι ελκυστικά λόγω της ευελιξίας τους στη λειτουργία και της ικανότητάς τους να λειτουργούν κάτω από μια σχετικά χαμηλή θερμοκρασία αναγέννησης, μεταξύ 60 και 75 ° C, καθιστώντας δυνατή τη χρήση της ηλιακής ενέργειας και την αποφυγή της σπατάλης θερμότητας. Έτσι, η εξοικονόμηση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω.

Ο σκοπός της μονάδας αφύγρανσης ενός υγρού ξηραντικού συστήματος είναι να αφαιρέσει την υγρασία του αέρα εισόδου, φέρνοντάς τον σε επαφή με το υγρό ξηραντικό διάλυμα. Σε έναν αφυγραντήρα αντίστροφης ροής (απορροφητής), το ισχυρό, δροσερό ξηραντικό διάλυμα ψεκάζεται στο πάνω μέρος της συσκευής. Ο ατμοσφαιρικός υγρός αέρας εισέρχεται στον αφυγραντήρα στο κάτω μέρος. Το τέλος της διαδικασίας βρίσκει τον αέρα ξηρότερο και το αφυγραντικό διάλυμα αραιωμένο, καθώς η υγρασία μεταφέρεται από τον αέρα στο ξηραντικό. Ο τρόπος μεταφοράς μεταξύ του υγρού διαλύματος και του αέρα είναι η διαφορά μεταξύ της τάσης ατμών του ξηραντικού και της μερικής πίεσης του νερού (ατμός στον αέρα) . Δηλαδή, η μεταφορά υγρασίας πραγματοποιείται από τον αέρα στο ξηραντικό μόνο όταν οι ατμοί του ψυχρού ισχυρού αφυγραντικού διαλύματος είναι μικρότεροι από την πίεση υδρατμών στον αέρα.

Τα διαλύματα αλατιού όπως τα LiBr, LiCl ή CaCl₂ χρησιμοποιούνται συνήθως ως υγρά ξηραντικά , σε σύγκριση με τις γλυκόλες, δεδομένου ότι έχουν ουσιαστικά μηδενική πίεση ατμών . Αν και οι γλυκόλες είναι λιγότερο διαβρωτικές από τα άλατα, έχουν πολύ χαμηλή τάση ατμών επιφανείας και η εξάτμισή τους μολύνει τον αέρα, αυξάνοντας τους κινδύνους για αναπνευστικούς ερεθισμούς . Αυτές οι απώλειες εξάτμισης είναι απαράδεκτες σε κατοικήσιμο κτίριο επομένως τα άλατα πλεονεκτούν. Οι φυσικές ιδιότητες, καθώς και η απόδοση αφύγρανσης των προαναφερθέντων υδατικών λύσεων, έχουν διερευνηθεί από πολλούς ερευνητές, ενώ οι επιδόσεις μεταφοράς θερμότητας και μάζας στη διαδικασία αφύγρανσης / αναγέννησης έχουν πειραματικά δοκιμάστηκε από άλλους .

Έχουν αναπτυχθεί τρία μοντέλα για την ανάλυση των αφυγραντήρων απορρόφησης. Το μοντέλο πεπερασμένων διαφορών, το μοντέλο αποτελεσματικότητας NTU και το μοντέλο βασισμένο σε προσαρμοσμένες αλγεβρικές εξισώσεις . Μεταξύ των παραπάνω μοντέλων, το μοντέλο πεπερασμένων διαφορών έχει αποδείξει ότι παρέχει τα πιο ακριβή λύση. Πράγματι, το μοντέλο πεπερασμένων διαφορών που αναπτύχθηκε από τους Elsayed et al θα μπορούσε να προβλέψει τις συνθήκες εξόδου αέρα και διαλύματος σε έναν αφυγραντήρα. Το πιο κοινό αποδεκτό και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο είναι το μονοδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων διαφορών που αναπτύχθηκε από τους Factor και Grossman . Υπάρχει επίσης καλή συμφωνία μεταξύ των πειραματικών ευρημάτων και των προβλέψεων των πεπερασμένων διαφορών που ανέπτυξαν οι Martin και Goswami . Το προσαρμοσμένο μοντέλο πεπερασμένων διαφορών των Fumo και Goswami δείχνει πολύ καλή συμφωνία με τα πειραματικά ευρήματα. Οι Ren et al βρήκαν μια στενή συμφωνία μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων και των προβλέψεων του μοντέλου πεπερασμένων διαφορών όταν χρησιμοποιούν διαφορετικούς συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Οι Babakhani και Soleymani ανέπτυξαν μια αναλυτική λύση πεπερασμένων διαφορών μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε αναγεννητή υγρού ξηραντή συσκευασμένης κλίνης, κατάλληλο για υψηλό ρυθμό ροής ξηραντικού, τόσο για τυχαίες όσο και για δομημένες κατασκευές. Συγκρίνοντας με αξιόπιστα πειραματικά δεδομένα, τα αποτελέσματα του μοντέλου είχαν μέγιστη διαφορά 6%.

Η διαμόρφωση αντιρροής είναι αυτό που χρησιμοποιείται συχνότερα για έναν αφυγραντήρα / αναγεννητή υγρού ξηραντικού διαλύματος και πολλοί ερευνητές το έχουν αναλύσει. Οι Lof et al χρησιμοποίησαν πειραματικά δεδομένα για μια στήλη αντίθετης ροής για την επαλήθευση των συντελεστών μεταφοράς μάζας και μεταφοράς θερμότητας της προηγούμενης ανάλυσής του. Ο Gandhidasan et al. απέδειξαν τις διαφορές απόδοσης μεταξύ διαφορετικών τύπων κατασκευής μέσα σε μια στήλη αντιρροής χρησιμοποιώντας CaCl₂. Οι Lazzarin et al.

διερεύνησαν τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας σε έναν πύργο χρησιμοποιώντας LiBr και CaCl₂. Οι Raisul Islam et al επιβεβαίωσε ένα απλοποιημένο γραμμικό μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας για απορροφητές LiBr έναντι ενός αριθμητικού μοντέλου τυρβώδους ροής, επιτυγχάνοντας αποκλίσεις μεταξύ 4,2 9,2%.

Όπως φαίνεται παραπάνω, πολλοί ερευνητές έχουν αναπτύξει μαθηματικά μοντέλα των διαδικασιών μεταφοράς θερμότητας και μάζας στον αφυγραντήρα ή στον αναγεννητή. Λίγοι ερευνητές έχουν αναλύσει το δυναμικό αφύγρανσης περισσότερων από δύο υγρών ξηραντικών υλικών, παρέχοντας τις εκφράσεις τάσης ατμών ξεχωριστά για κάθε διάλυμα. Η πίεση ατμών είναι μια σημαντική ιδιότητα που καθορίζει την αναλογία υγρασίας αέρα σε ισορροπία με το ξηραντικό στη διεπαφή. Επιπλέον, μόνο λίγες μελέτες που ανέπτυξαν τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και μάζας έχουν αναλύσει την ακριβή γεωμετρία της συσκευής και τα χαρακτηριστικά κατασκευής.

Στην παρούσα θεωρητική προσέγγιση έχει παραχθεί ένα μαθηματικό μοντέλο που επιτρέπει την αξιόπιστη πρόβλεψη της αποτελεσματικότητας του απορροφητή μιας στήλης με αδιαβατική αντίθετη ροή, χρησιμοποιώντας διαφορετικά υδατικά διαλύματα ξηραντικού (LiCl, LiBr και CaCl₂). Οι εκφράσεις πίεσης ατμών για κάθε αφυγραντικό διάλυμα ελήφθησαν από την εργασία των Cisernas και Lam. Αυτό το μοντέλο έλαβε επίσης υπόψη τη θερμότητα απορρόφησης, η οποία εκφράζει την ενέργεια του διαλύματος κατά τη συμπύκνωση ατμού και επηρεάζει την ικανότητα του διαλύματος να αποβάλλει τους υδρατμούς. Τα πειραματικά δεδομένα Chung και Ghosh για το διάλυμα LiCl χρησιμοποιήθηκαν για την επαλήθευση αυτής της θεωρητικής ανάλυσης.

6.3 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Τα υγρά ξηραντικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή την ανάλυση είναι υδατικά διαλύματα LiCl, LiBr και CaCl₂. Στην τυπική ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία βρασμού αυτών των διαλυμάτων αλατιού είναι πάνω από 1200 °C, ενώ η θερμοκρασία βρασμού του νερού είναι μόνο 100 °C. Επομένως, η επιφανειακή πίεση του ξηραντικού υγρού ισούται σχεδόν με την πίεση ατμών. Οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις ατμών υγρού αέρα και υγρού ξηραντικού πρέπει να είναι οι ίδιες, όταν το υγρό ξηραντικό βρίσκεται σε ισορροπία με τον υγρό αέρα. Έτσι, η τάση ατμών, η θερμότητα απορρόφησης, οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας οι μάζας και η πτώση πίεσης είναι οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν το δυναμικό αφύγρανσης κάθε υγρού ξηραντικού διαλύματος.

6.3.1 ΤΑΣΗ ΑΤΜΩΝ

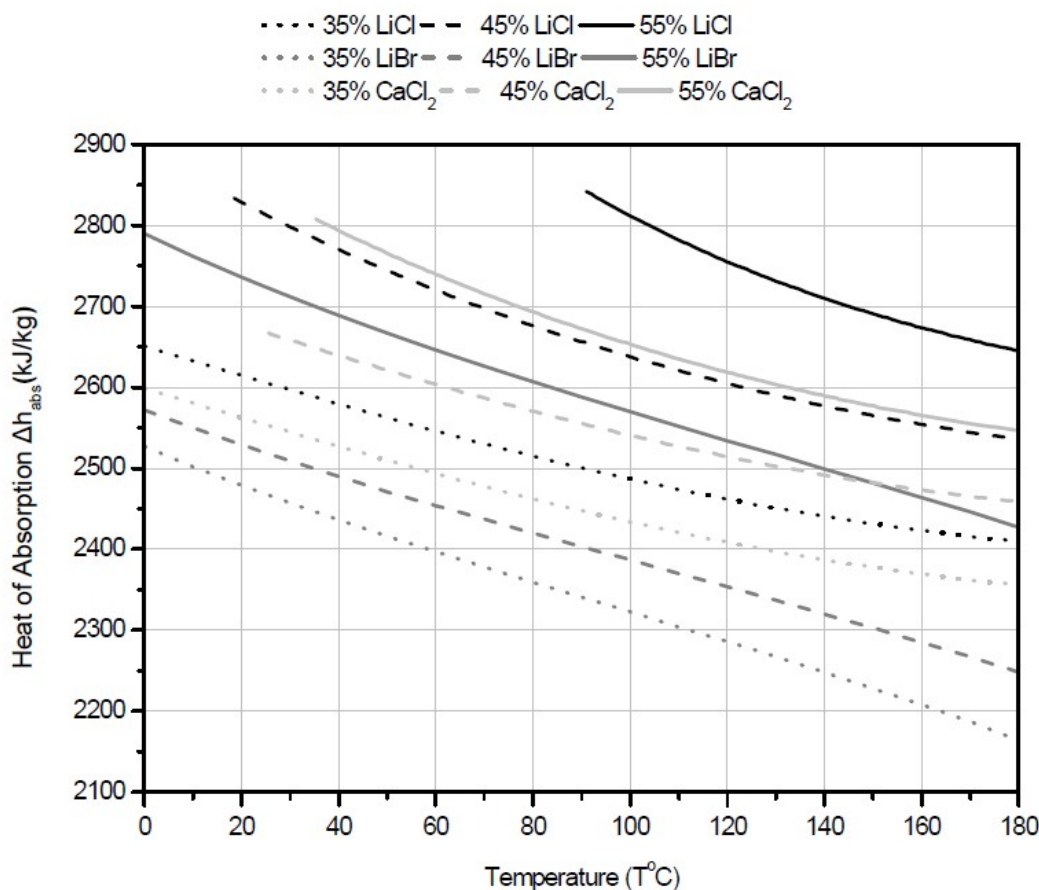
Με βάση την παρακάτω εξίσωση, μπορούν να αναπτυχθούν οι ψυχομετρικοί χάρτες και για τα τρία διαλύματα υγρού διαλύματος, που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του διαλύματος με την κατάσταση ισορροπίας του υγρού αέρα. Η μερική τάση ατμών νερού του ξηραντικού διαλύματος καθορίζει την αναλογία υγρασίας του αέρα που βρίσκεται σε ισορροπία με το ξηραντικό διάλυμα στην διεπιφάνεια. Έτσι, είναι απαραίτητη μια έκφραση που σχετίζεται με την μερική τάση ατμών του διαλύματος του ξηραντικού με τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση του ξηραντικού.

$$W^{sat}(T_s) = \frac{0.622 * P_{w,st}^{sat}(T_s)}{P_{atm} - P_{w,st}^{sat}(T_s)} \quad \text{Εξ 1}$$

6.3.2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Παρά το γεγονός ότι η θερμοκρασία κορεσμού του καθαρού υδρατμού είναι συνάρτηση μόνο της πίεσης, η θερμοκρασία ενός διαλύματος που βρίσκεται σε ισορροπία με τον υπερκείμενο υδρατμό, εξαρτάται όχι μόνο από την πίεση, αλλά και από τη συγκέντρωση του άλατος στο διάλυμα. Η θερμοκρασία του διαλύματος είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία των υπερκείμενων κορεσμένων υδρατμών, λόγω της παρουσίας του άλατος στο διάλυμα που αποτρέπει την εξάτμιση. Η θερμοκρασία του διαλύματος αυξάνει τη συγκέντρωση. Κατά τη διάρκεια της αφύγρανσης (διαδικασία απορρόφησης), τα μόρια υδρατμών λαμβάνονται από τον όγκο του υγρού ξηραντικού ενώ η συμπύκνωση υδρατμών συμβαίνει μέσα στο υγρό ξηραντικό διάλυμα. Έτσι, η ενέργεια που προστίθεται στο υγρό αφυγραντικό διάλυμα, κατά τη συμπύκνωση 1 kg υδρατμού εκφράζεται από την ενθαλπία διαφορικής απορρόφησης (θερμότητα απορρόφησης), που δίνεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$\Delta h_{abs} = h_{st}(p, Ts) - h_{ws}(Ts, X) \quad \text{Εξ 2}$$



Διάγραμμα 16: Θερμότητα απορρόφησης συνάρτηση της θερμοκρασίας του διαλύματος

Η θερμότητα απορρόφησης είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα συμπύκνωσης των κορεσμένων υδρατμών στην ίδια πίεση. Η θερμότητα της απορρόφησης αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης ενώ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η **διάγραμμα 16** δείχνει τη θερμότητα απορρόφησης ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του διαλύματος στην ίδια συγκέντρωση και για τα τρία διαλύματα.

6.3.3 ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

Αρκετοί ερευνητές αναγνωρίζουν το μειονέκτημα της μεγάλης πτώσης πίεσης του αέρα μέσω του αφυγραντήρα, καθώς η πτώση πίεσης σχετίζεται άμεσα με την κατανάλωση ισχύος από τον ανεμιστήρα. Εκτός από τη φυσική κατάσταση της κατασκευής, η πτώση της πίεσης εξαρτάται επίσης από τους ρυθμούς ροής της ξηραντικής μάζας και της μάζας αέρα. Η βελτιστοποίηση των ρυθμών ροής είναι πολύ σημαντική, καθώς μπορεί να προσφέρει πτώση πίεσης λιγότερο από μισό από αυτό ενός συμβατικού συστήματος. Η εξίσωση πτώσης πίεσης δίνεται από το τύπο:

$$\Delta P_{drybed} = 0.125 * \left(\frac{C_1}{Re_a} + \frac{C_2}{Re_a} + c_3 \right) * \frac{\rho_a * V_a^2 * \alpha}{\varepsilon^{4.65}} \quad \text{Εξ 3}$$

Οι συντελεστές c_1, c_2, c_3 εξαρτώνται από το είδος του εναλλάκτη.

6.3.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Η συσχέτιση μεταφοράς μάζας αέριας φάσης:

$$K_G a \left(\frac{M_w d_{eq}^2}{D_a \rho_a} \right) = 2.25 \cdot 10^{-4} (1-X)^{-0.75} \left(\frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_a} \right)^{0.1} Sc^{0.333} Re_a \quad \text{Εξ 4}$$

Όπου :

$$Sc = \frac{\mu_a}{D \rho_a}, Re_a = \frac{d \rho_a V_a}{\mu_a}, \quad d = \frac{6(1-\varepsilon)}{a}$$

Συσχέτιση μεταφοράς θερμότητας αέριας φάσης :

$$h_G = Le K_G C_{p,ma} \quad \text{Εξ 5}$$

6.3.5 ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η απόδοση της μεταφοράς μάζας του αφυγραντήρα αξιολογείται με βάση τον ρυθμό μάζας αφύγρανσης και την απόδοση του απορροφητή. Ο ρυθμός μάζας αφύγρανσης (kg_w / s), υπολογίζεται με την ακόλουθη έκφραση:

$$\dot{m}_{deh} = \dot{m}_a (W_{in} - W_{out}) \quad \text{Εξ 6}$$

Η απόδοση του απορροφητή είναι ο λόγος της πραγματικής διακύμανσης του δείκτη υγρασίας του αέρα που διέρχεται από τον αφυγραντήρα προς τη διακύμανση του υπό ιδανικές συνθήκες, όπως φαίνεται παρακάτω:

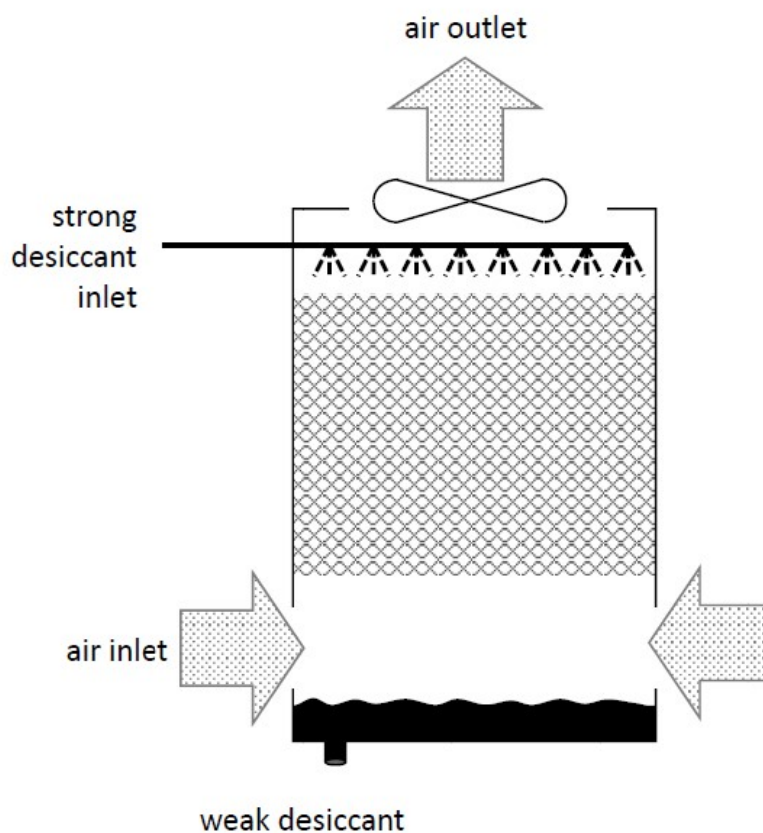
$$n = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in} - W^{sat}} 100\%$$

Εξ 7

6.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ

6.4.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Ο απορροφητής θεωρείται ως γυάλινη στήλη με εσωτερική διάμετρο $d = 0,1524\text{m}$ και βάθος $L = 0,41\text{m}$, με δομημένη συσκευασία από PVC συγκεκριμένης ειδικής επιφάνειας $a = 223 \text{ m}^2 / \text{m}^3$. Το σχηματικό διάγραμμα του αφυγραντήρα στήλης με αντίθετη ροή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

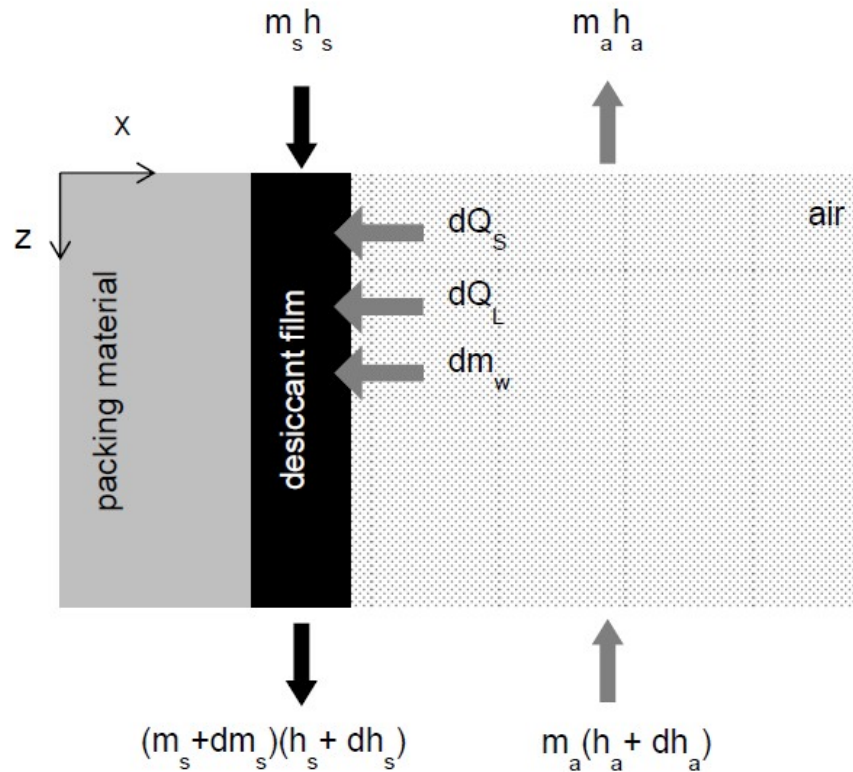


Εικόνα 62: Σχηματική διάταξη αφυγραντήρα στήλης

Προκειμένου να απλοποιηθεί η πολυπλοκότητα, οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς είναι:

- Αδιαβατική διαδικασία αφύγρανσης.
- Μονοδιάστατη ανάλυση: μεταφορά θερμότητας και μάζας συμβαίνει μόνο κατά την κατεύθυνση ροής .
- Ομοιόμορφη πλημμύρα του αφυγραντήρα και περιοχή μεταφοράς θερμότητας ίση με την περιοχή μεταφοράς μάζας έτσι ώστε η περιοχή μεταφοράς να είναι ίση με τη συγκεκριμένη επιφάνεια της κατασκευής .
- Ισορροπία πίεσης ατμών μεταξύ του ατμού και του υγρού στη διεπιφάνεια .

- Σταθερός αριθμός Lewis για κάθε πείραμα .
- Το νερό μεταφέρεται από τον αέρα στο ξηραντικό διάλυμα μέσω μιας στάσιμης μεμβράνης υγρής, αμελητέας ακτινοβολίας.



Εικόνα 63: Μεταφορά θερμότητας και μάζας σε αδιαβατικό αφυγραστήρα

6.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT_a}{dz} &= \frac{T_a - T_s}{C_{p,ma}} \left(\frac{Lh_G}{\dot{m}_a} - C_{p, sat} \frac{dW}{dz} \right) \\ \frac{dT_s}{dz} &= \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_s C_{p,s}} \left[\left(-C_{p,s}(T_s - T_{s,in}) + C_{p, sat} T_a + \Delta h_{abs} \right) \frac{dW}{dz} + C_{p,ma} \frac{dT_a}{dz} \right] \\ \frac{dW}{dz} &= -\frac{LK_G}{\dot{m}_a} (W^{sat} - W_{in}) \\ \frac{d\dot{m}_s}{dz} &= \dot{m}_a \frac{dW}{dz} \\ \frac{dX}{dz} &= -\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_s} X \frac{dW}{dz} \end{aligned} \right\}$$

Σύστημα Εξισώσεων 1: Εξισώσεις Απορροφητή

Η επίλυση του παραπάνω συστήματος πραγματοποιείται με την μέθοδο Runge Kutta πέμπτης τάξης, ενσωματώνει αριθμητικά τις παραπάνω πέντε συνήθεις διαφορικές εξισώσεις χρησιμοποιώντας ένα δοκιμαστικό βήμα στο μεσαίο σημείο ενός διαστήματος για να ακυρώσει τους όρους σφάλματος χαμηλότερης τάξης. Το μοντέλο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό Mathcad και Matlab όπου όλα τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του απορροφητή υπολογίζονται από το σημείο όπου το υγρό ξηραντικό ψεκάζεται μέχρι το τέλος της συσκευασίας.

Αρχικές συνθήκες :

$$\left\{ \begin{array}{l} (T_a)_{z=0} = T_{a,in} \\ (T_s)_{z=L} = T_{s,in} \\ (W)_{z=0} = W_{in} \\ (\dot{m}_s)_{z=L} = \dot{m}_{s,in} \\ (X)_{z=L} = X_{in} \end{array} \right.$$

Αρχικές συνθήκες 1: Συνθήκες εκκίνησης αριθμητικής επίλυσης

6.4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗ

Διαδικασία:

Λαμβάνουμε κατά την διάρκεια μιας ώρας (12:30-13:30) ανά 5 λεπτά τον μέσο όρο τιμών των μεγεθών του ενδιαφέροντος μας άρα στο σύνολο μας θα έχουμε 12 τιμές, βάση των τιμών αυτών θα επιλυθεί το σύστημα των εξισώσεων με αρχικές συνθήκες τις τιμές που πήραμε από το πείραμα. Η παροχή του αέρα (**0,334kg/sec**) και του διαλύματος(**0.026kg/sec**) θα είναι σταθερή. Αντίστοιχα η συγκέντρωση του αραιού διαλύματος μετρήθηκε στα **35%**, ενώ του πυκνού διαλύματος **41%**.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σύγκριση των πειραματικών μεγεθών με αυτών που εξάγονται από το διαβατικό μοντέλο.

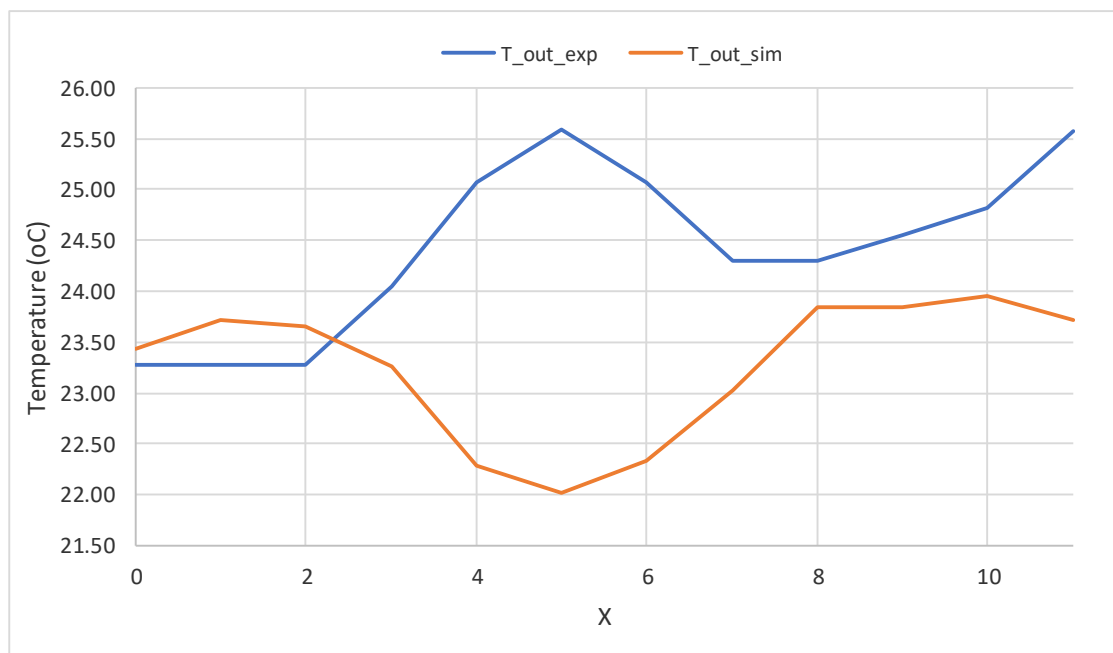
ma (kg/sec)	ms (kg/sec)	Ta_in (°C)	Ta_exp (°C)	Ta_sim (°C)	Deviation	Wa_in (kg/kg)	Wa_out_exp (kg/kg)	Wa_out_sim (kg/kg)	Deviation	Ts_in (°C)	Ts_out_exp (°C)	Ts_out_sim (°C)	Deviation
0.334	0.026	22.25	23.28	23.43	0.66%	0.0070	0.0056	0.0057	1.79%	26.61	23.28	24.94	7.15%
0.334	0.026	22.76	23.28	23.72	1.91%	0.0072	0.0057	0.0058	1.75%	25.84	23.02	24.10	4.69%
0.334	0.026	22.76	23.28	23.65	1.61%	0.0071	0.0059	0.0058	-1.69%	25.58	23.02	23.87	3.69%
0.334	0.026	22.76	24.04	23.26	-3.26%	0.0071	0.0061	0.0060	-1.64%	28.14	23.28	26.67	14.58%
0.334	0.026	23.02	25.07	22.29	-11.09%	0.0072	0.0063	0.0064	1.59%	30.96	23.79	29.78	25.19%
0.334	0.026	23.02	25.58	22.02	-13.92%	0.0071	0.0060	0.0064	6.67%	31.22	24.30	30.13	23.99%
0.334	0.026	23.02	25.07	22.34	-10.89%	0.0071	0.0057	0.0063	10.53%	30.70	24.56	29.84	21.51%
0.334	0.026	23.02	24.30	23.02	-5.27%	0.0070	0.0056	0.0062	10.71%	29.17	24.56	27.84	13.37%
0.334	0.026	23.02	24.30	23.85	-1.86%	0.0070	0.0059	0.0059	0.00%	27.89	24.56	26.44	7.67%
0.334	0.026	23.28	24.56	23.84	-2.92%	0.0070	0.0061	0.0059	-3.28%	27.37	24.56	25.87	5.35%
0.334	0.026	23.53	24.81	23.95	-3.48%	0.0070	0.0061	0.0059	-3.28%	27.89	24.56	26.44	7.67%
0.334	0.026	23.53	25.58	23.71	-7.31%	0.0069	0.0063	0.0059	-6.35%	30.45	24.81	27.11	9.27%

Πίνακας 4: Σύγκριση πειραματικών τιμών με το αδιαβατικό μοντέλο

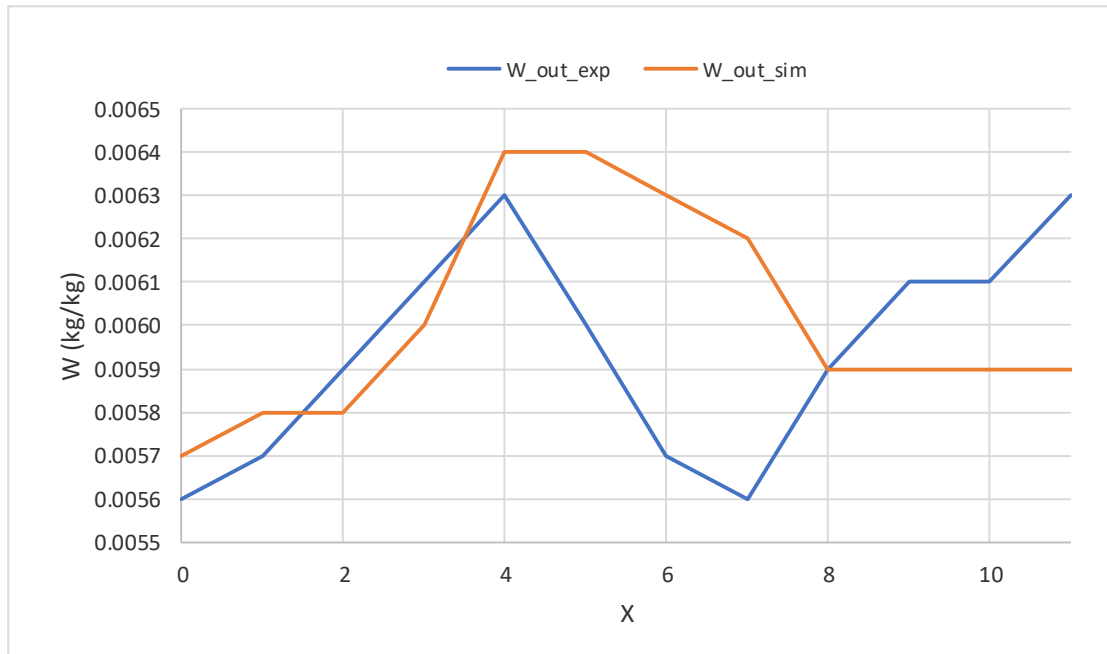
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

	m_a	m_s	$T_{a,in}$	$T_{a,out,exp}$	$T_{a,out,sim}$	Deviation	$W_{a,in}$	$W_{a,out,exp}$	$W_{a,out,sim}$	Deviation	$T_{s,in}$	$T_{s,out,exp}$	$T_{s,out,sim}$	Deviation
	$kg\ s^{-1}$	$kg\ s^{-1}$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	(%)	$kg\ kg^{-1}$	$kg\ kg^{-1}$	$kg\ kg^{-1}$	(%)	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	(%)
1	0.3071	0.0231	21.8	17.8	17.7	-0.50%	0.0112	0.0064	0.0064	0.20%	16.8	16.9	17.2	1.80%
2	0.3071	0.026	21.6	17.6	17.5	-0.20%	0.0111	0.0063	0.0063	0.40%	16.6	16.6	17	2.80%
3	0.3071	0.0289	20.4	17.3	17.2	-0.40%	0.0115	0.0066	0.0064	-2.90%	16.4	16.6	17	2.10%
4	0.3071	0.0318	21	17.8	17.7	-0.30%	0.0117	0.0067	0.0065	-2.40%	17	17.2	17.6	2.40%
5	0.1919	0.0318	24.1	19.1	18.6	-2.40%	0.0149	0.008	0.0074	-8.10%	16.9	18.3	18.3	0.00%
6	0.2303	0.0318	23.4	19.1	18.7	-1.90%	0.0147	0.0077	0.0072	-7.10%	17.5	18.6	18.6	0.40%
7	0.2687	0.0318	23.3	19.1	18.8	-1.60%	0.0147	0.0075	0.007	-6.30%	17.7	18.5	18.6	0.70%
8	0.3071	0.0318	24.1	18.9	18.3	-2.90%	0.0147	0.0073	0.0069	-6.00%	17.1	18	18	0.10%
9	0.3071	0.0231	23.3	20.6	20.5	-0.50%	0.0127	0.0058	0.006	3.00%	19.5	19.8	20	1.30%
10	0.3071	0.026	22.9	19.9	19.9	-0.20%	0.0126	0.0058	0.006	2.80%	18.9	19	19.5	2.60%
11	0.3071	0.0289	20.9	19.8	19.8	0.30%	0.0101	0.0051	0.0056	10.20%	19.4	19.4	19.9	2.50%
12	0.3071	0.0318	20.8	19.5	19.5	-0.10%	0.0105	0.0052	0.0057	9.00%	19.1	19.2	19.6	2.10%
13	0.1919	0.0318	21.1	18.9	18.7	-1.10%	0.0103	0.0049	0.0054	11.20%	17.6	18.4	18.4	0.30%
14	0.2303	0.0318	20.9	18.6	18.4	-1.00%	0.0103	0.0047	0.0053	13.10%	17.5	18.2	18.3	0.50%
15	0.2687	0.0318	20.8	18.5	18.3	-0.90%	0.0103	0.0046	0.0053	14.20%	17.5	18.1	18.2	0.60%
16	0.3071	0.0318	20.7	18.4	18.3	-0.60%	0.0103	0.0045	0.0052	15.90%	17.7	18	18.2	1.40%

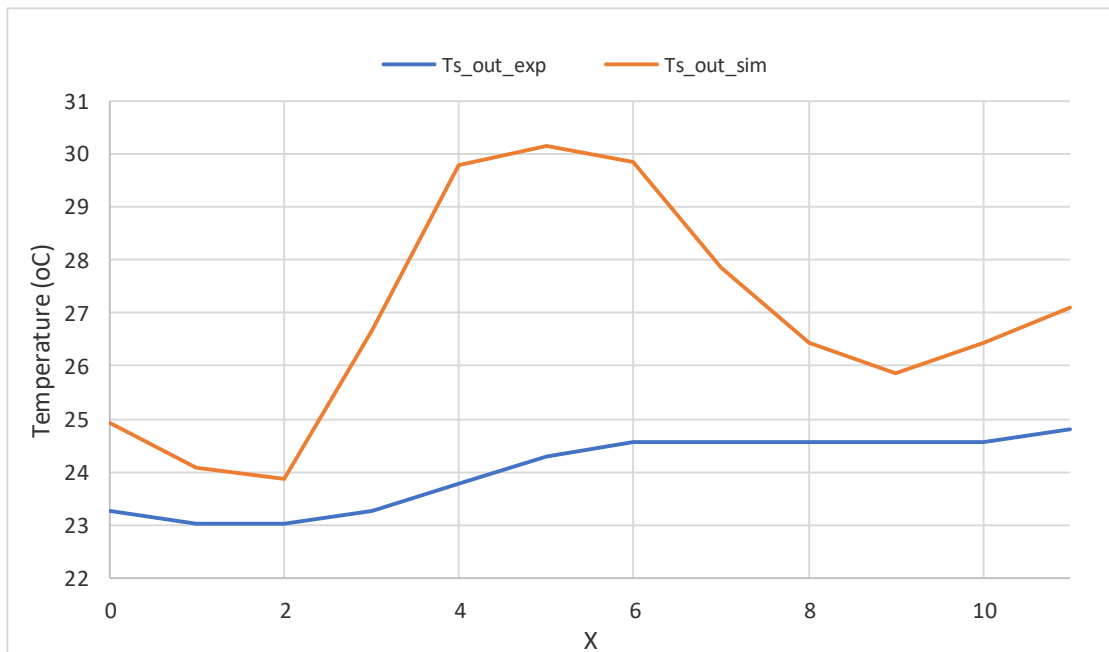
Πίνακας 5: Αποτελέσματα από το διδακτορικό της Ρόζας Ι. Χριστοδουλάκη(Αθήνα 2015)



Διάγραμμα 17: Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου



Διάγραμμα 18: Σύγκριση υγρασιών αέρα εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου



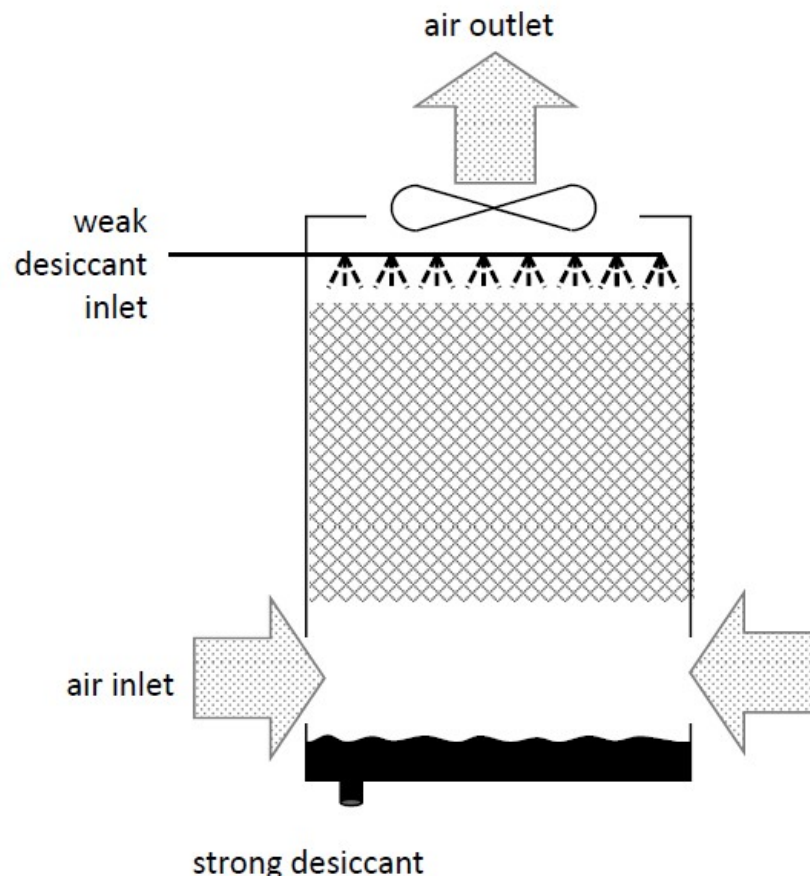
Διάγραμμα 19: Σύγκριση θερμοκρασιών διαλύματος εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου

6.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ

6.5.1 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Προκειμένου να απλοποιηθεί η πολυπλοκότητα, οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς είναι:

- Αδιαβατική διαδικασία αναγέννησης,
- Μονοδιάστατη ανάλυση: η μεταφορά θερμότητας και μάζας συμβαίνει μόνο στην κατεύθυνση ροής
- Ομοιόμορφη πλημμύρα της περιοχής αναγέννησης και μεταφοράς θερμότητας ίση με την μεταφοράς μάζας έτσι η περιοχή μεταφοράς είναι ίση με τη συγκεκριμένη επιφάνεια της κατασκευής
- Ισορροπία πίεσης ατμών μεταξύ του ατμού και του υγρού στη διεπιφάνεια στρωτή ξηραντική ροή
- Αμελητέα μεταφορά θερμότητας δια ακτινοβολίας λόγω μικρών θερμοκρασιακών διαφορών.



Εικόνα 64: Σχηματική διάταξη Αναγεννητή στήλης

6.5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΝΑΓΕΝΝΗΤΗ

Ta_in (°C)	Ta_exp (°C)	Ta_sim (°C)	Deviation	Wa_in (kg/kg)	Wa_out_exp (kg/kg)	Wa_out_sim (kg/kg)	Deviation	Ts_in (°C)	Ts_out_exp (°C)	Ts_out_sim (°C)	Deviation
36.94	40.49	41.62	2.79%	0.0097	0.0363	0.0343	-5.51%	27.77	39.99	39.23	-1.90%
36.94	40.49	41.15	1.63%	0.0097	0.0356	0.0333	-6.46%	28.29	40.25	38.66	-3.95%
36.94	40.63	40.70	0.17%	0.0096	0.0360	0.0335	-6.94%	28.81	40.77	38.13	-6.48%
37.22	40.77	40.85	0.20%	0.0096	0.0361	0.0330	-8.59%	29.07	40.51	37.89	-6.47%
37.50	40.49	41.46	2.40%	0.0096	0.0352	0.0355	0.85%	28.81	40.25	38.39	-4.62%
37.50	40.91	41.25	0.83%	0.0096	0.0366	0.0357	-2.46%	29.07	40.51	38.13	-5.88%
37.79	41.34	41.06	-0.68%	0.0097	0.0372	0.0362	-2.69%	29.85	40.77	37.67	-7.60%
38.07	41.20	41.46	0.63%	0.0096	0.0369	0.0361	-2.17%	29.85	41.29	37.90	-8.21%
38.36	42.62	41.30	-3.10%	0.0095	0.0407	0.0367	-9.83%	30.63	41.81	37.46	-10.40%
38.92	44.61	41.56	-6.84%	0.0095	0.0438	0.0372	-15.07%	31.41	41.81	37.29	-10.81%
39.21	43.90	42.74	-2.64%	0.0094	0.0411	0.0374	-9.00%	30.11	41.55	38.06	-8.40%
39.21	42.48	43.35	2.05%	0.0094	0.0384	0.0377	-1.82%	29.33	41.81	38.80	-7.20%

Πίνακας 6: Σύγκριση πειραματικών τιμών με το αδιαβατικό μοντέλο

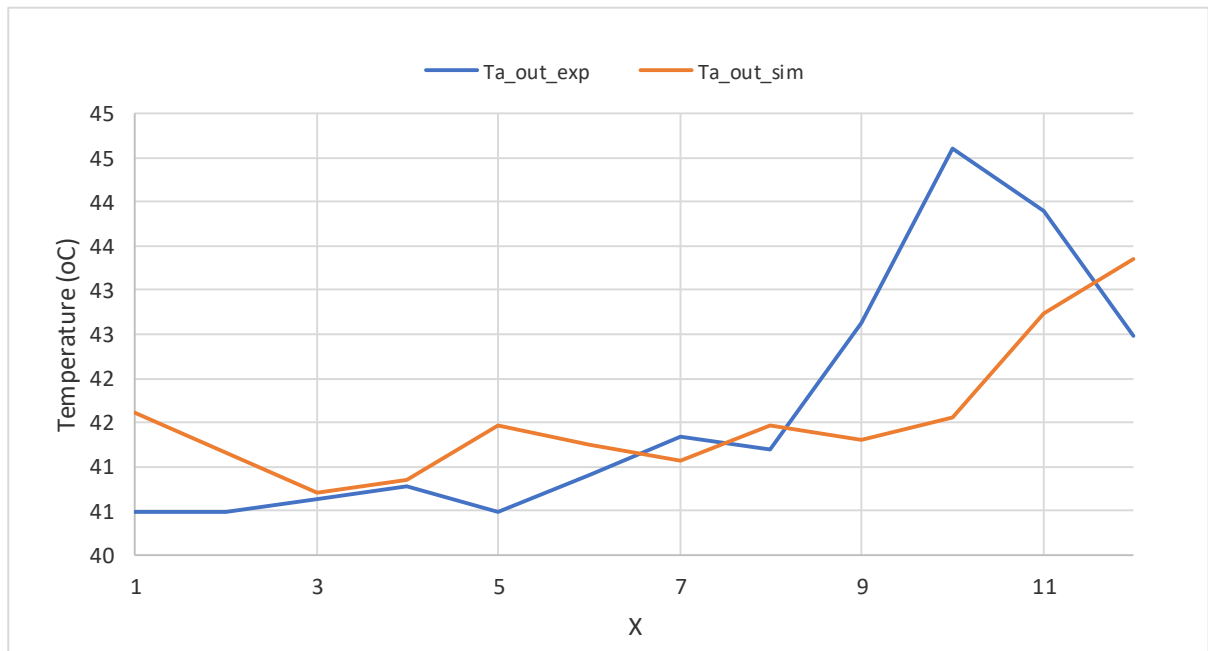
	T _{a,in} °C	T _{a,out,exp} °C	T _{a,out,sim} °C	Deviation (%)	W _{a,in} kg/kg	W _{a,out,exp} kg/kg	W _{a,out,sim} kg/kg	Deviation (%)	T _{s,in} °C	T _{s,out,exp} °C	T _{s,out,sim} °C	Deviation (%)
1	30.4	58.9	60.5	2.8%	0.01830	0.05790	0.05650	-2.4%	65.0	58.6	58.6	0.1%
2	30.1	59.3	57.4	-3.2%	0.01800	0.05320	0.05160	-3.0%	65.1	57.8	57.4	-0.7%
3	29.8	57.5	53.9	-6.2%	0.01770	0.04880	0.04590	-5.9%	65.1	56.6	56.9	0.4%
4	35.1	58.5	58.2	-0.5%	0.01800	0.05510	0.05400	-2.0%	65.1	57.4	57.5	0.1%
5	40.0	58.9	59.0	0.2%	0.01780	0.05480	0.05320	-2.9%	65.0	57.6	57.7	0.2%
6	30.2	57.6	57.0	-1.0%	0.01430	0.05130	0.05090	-0.8%	65.2	57.2	57.0	-0.4%
7	29.4	58.5	56.4	-3.6%	0.02100	0.05410	0.05351	-1.1%	65.5	58.3	58.3	0.0%
8	30.3	57.6	57.1	-0.9%	0.01820	0.05070	0.04990	-1.6%	65.4	57.0	56.4	-1.0%
9	29.9	59.0	57.8	-2.1%	0.01800	0.05560	0.05230	-5.9%	65.2	57.9	58.7	1.4%
10	30.0	55.8	54.7	-2.0%	0.01870	0.04470	0.04168	-6.8%	60.3	54.2	54.6	0.7%
11	29.7	62.6	60.9	-2.7%	0.01840	0.06660	0.06260	-6.0%	70.0	60.0	60.3	0.6%
12	29.7	57.6	56.0	-2.7%	0.01770	0.05420	0.05374	-0.8%	64.8	56.8	57.1	0.5%
13	30.3	57.9	57.4	-0.9%	0.01820	0.05010	0.04910	-2.0%	65.0	57.5	57.9	0.6%

Πίνακας 7: Αποτελέσματα από το διδακτορικό της Ρόζας Ι. Χριστοδουλάκη(Αθήνα 2015)

Συμπεράσματα:

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του διαβατικού μοντέλου υπάρχει ισχυρή ταύτιση με τα πειραματικά, στοιχείο που διαφαίνεται και στα αποτελέσματα από το διδακτορικό Ρόζας Ι. Χριστοδουλάκη(Αθήνα 2015). Παρόλο που το αδιαβατικό μοντέλο είναι ένα απλό εργαλείο με

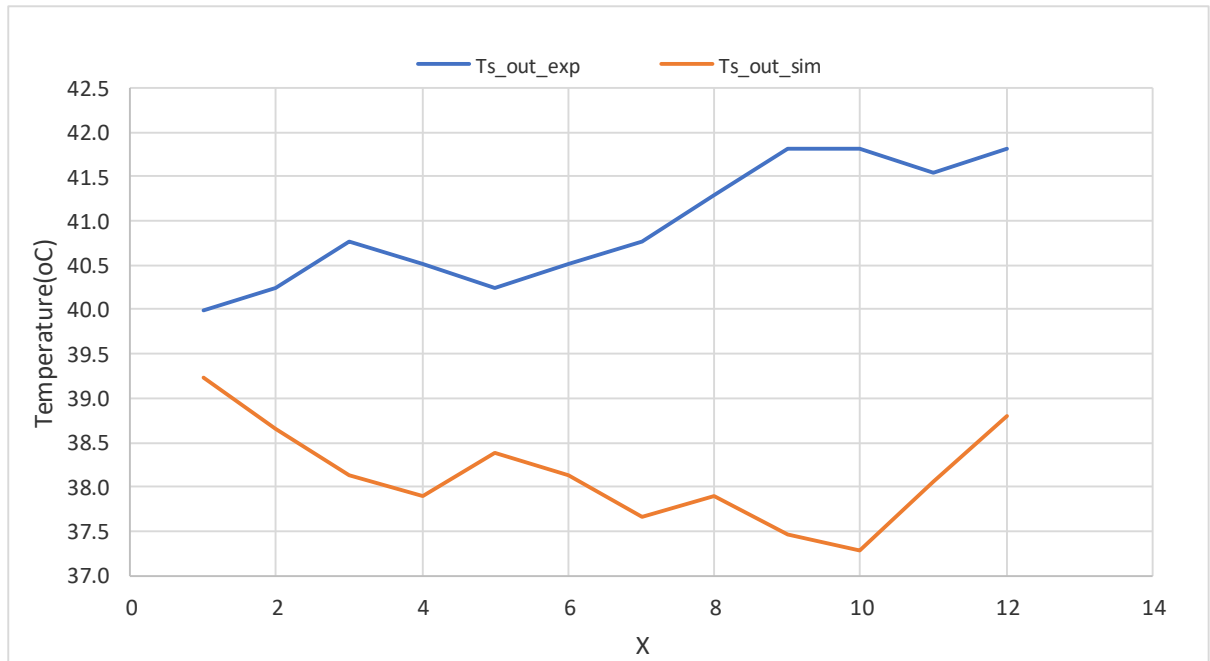
πολλές απλοποιήσεις αποτελεί ένα ισχυρό όπλο στα χέρια μας το οποίο προσεγγίζει την πραγματικότητα με αρκετά μεγάλη ακρίβεια .



Διάγραμμα 20: Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου



Διάγραμμα 21 : Σύγκριση υγρασιών αέρα εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου



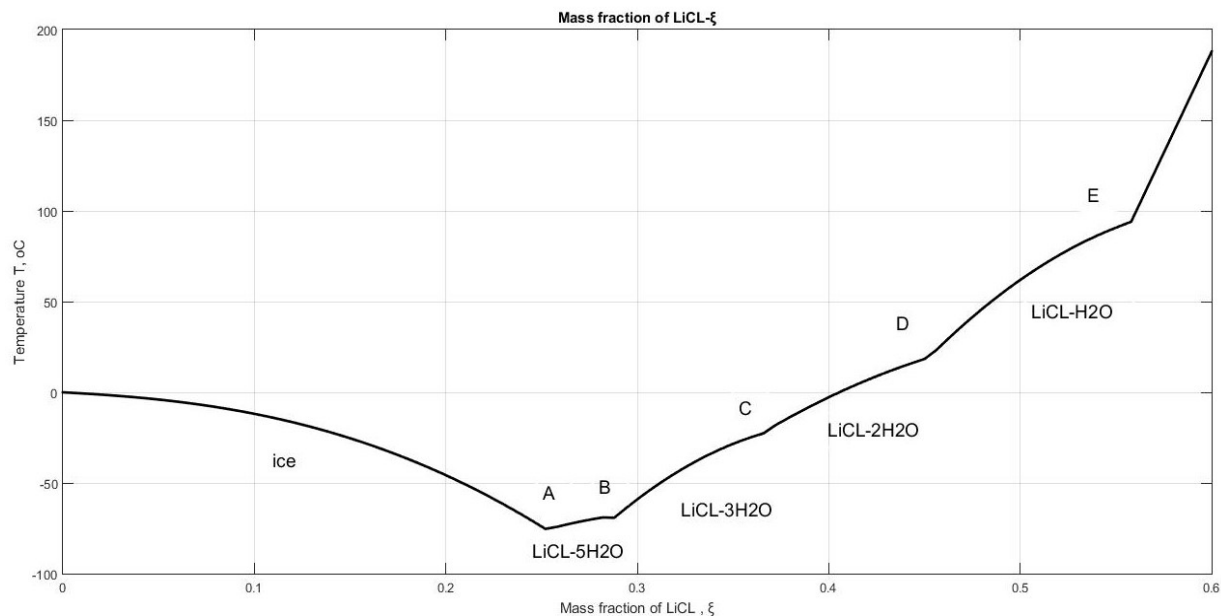
Διάγραμμα 22: Σύγκριση θερμοκρασιών διαλύματος εξόδου πειράματος και αδιαβατικού μοντέλου

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Public, [Online]. Available: www.markoslyras.gr
- 2) Public, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Air_conditioning
- 3) Public, "Wikipedia," [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Refrigerant>.
- 4) Κ. Α. Αντωνόπουλος, "Κλιματισμός," 2008.
- 5) Σ. Χατζηδάκης, "Ψύξη," 2003.
- 6) Διδακτορική διατριβή Ρόζα Ι. Χριστοδουλάκη(Αθήνα 2015)
- 7) Public, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_Perkins
- 8) Μ.ΓΡ. Βραχόπουλος, "Ψυκτικές Διατάξεις", 2000
- 9) Κων/νος Μπαλαράς, "Εγκαταστάσεις ψύξης ΙΙ" ΟΑΕΔ
- 10) Μ.Κτενιδάκης, "Εγκαταστάσεις Κλιματισμού Ι" ΟΑΕΔ
- 11) Διπλωματική Εργασία Αραβή Χαραλάμπου (Αθήνα 2014)
- 12) Public, [Online]. Available: <http://lathermo.mech.ntua.gr/index.php/el/lab-profile-2/facilities-2/solid-desiccant-silica-gel-cooling-system>
- 13) Υπολογιστικό Θέμα 8 Εξαμήνου : Μεριγκλέν Μπεντίνι (Αθήνα 2019)
- 14) Τεχνικά Εγχειρίδια Εγκατάστασης εργαστηρίου Γ5
- 15) Whitman, Johnson, Tomczyk, "Τεχνολογία Ψύξης και Κλιματισμού ΙΙ" (4 έκδοση 2000)
- 16) Αντ. Ν. Ασημακόπουλος "Τεχνολογία Ψύξης" (2000)
- 17) Αθηνά. Στέγγου-Σαγιά "Συσκευές και εγκαταστάσεις θερμικών διεργασιών" (2010)

8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ LiCl(Χλωριούχου λιθίου)

8.1 SOLUBILITY BOUNDARY



Διάγραμμα 23

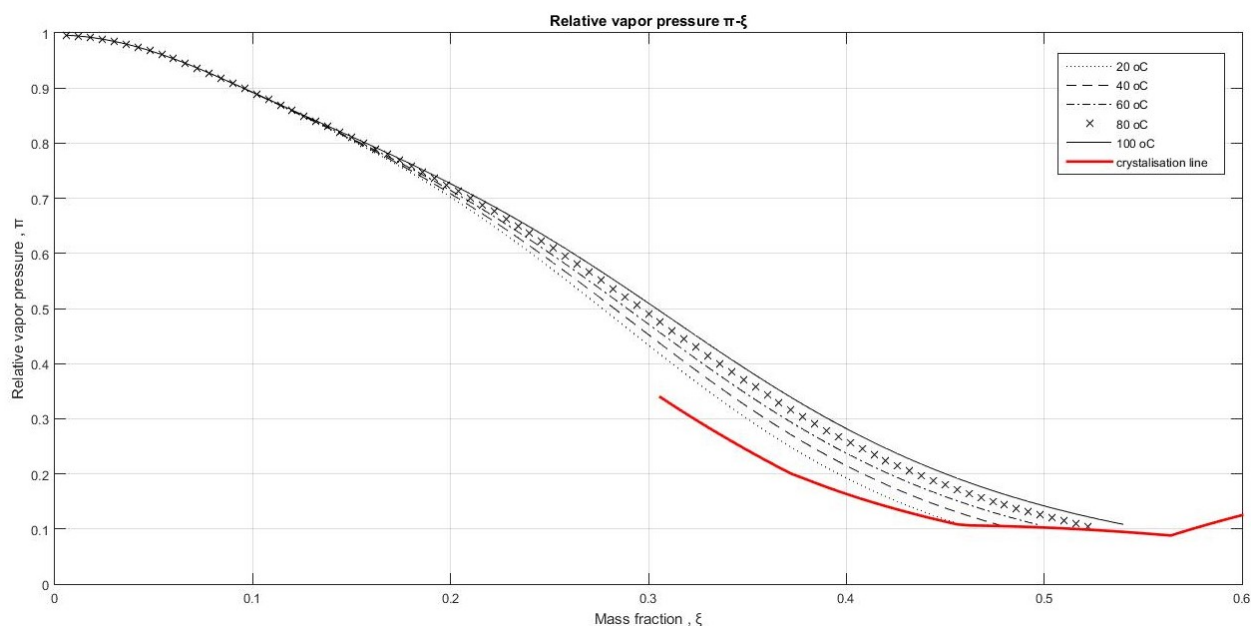
Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
'.....Υπολογισμός Θ.....';

J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
Tc_H2O = 647.096;
for i=1:101
if (J>=0) && (J<0.253)
Th = 0.422088-0.09041*J-2.93635*J^2.5;
end
if (J>=0.253) && (J<0.287)
Th = -0.005340+2.01589*J-3.114590*J^2;
end
if (J>=0.287) && (J<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*J-5.81105*J^2;
end
if (J>=0.369) && (J<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*J-2.62433*J^2;
end
if (J>=0.452) && (J<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*J-5.03479*J^2;
end
if (J>=0.558) && (J<=0.61)
Th = -1.3568+3.44854*J;
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
JJ(i)= J;
J=J+0.006;
Th_i(i)=Th;
end
plot(JJ,Tcr, '-k');
```

```
title('Mass fraction of LiCl-ξ');
grid on
```

8.2 RELATIVE VAPOR PRESSURE



Διάγραμμα 24:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
'.....Υπολογισμός π(ξ,Τ).....';
```

```
J = 0.3; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
Tc_H2O = 647.096;
for i=1:51
if (J>=0.287) && (J<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*J-5.81105*J^2;
end
if (J>=0.369) && (J<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*J-2.62433*J^2;
end
if (J>=0.452) && (J<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*J-5.03479*J^2;
end
if (J>=0.558) && (J<=0.61)
Th = -1.3568+3.44854*J;
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
JJ(i)= J;
J=J+0.006;
end
T=0;
for j=1:5
T=20+T;
J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
pel=1;
for i=1:101
if pel>=0.1084
A = 2-(1+(J/0.28)^4.3)^0.6;
B = ((1+(J/0.21)^5.1)^0.49)-1;
```

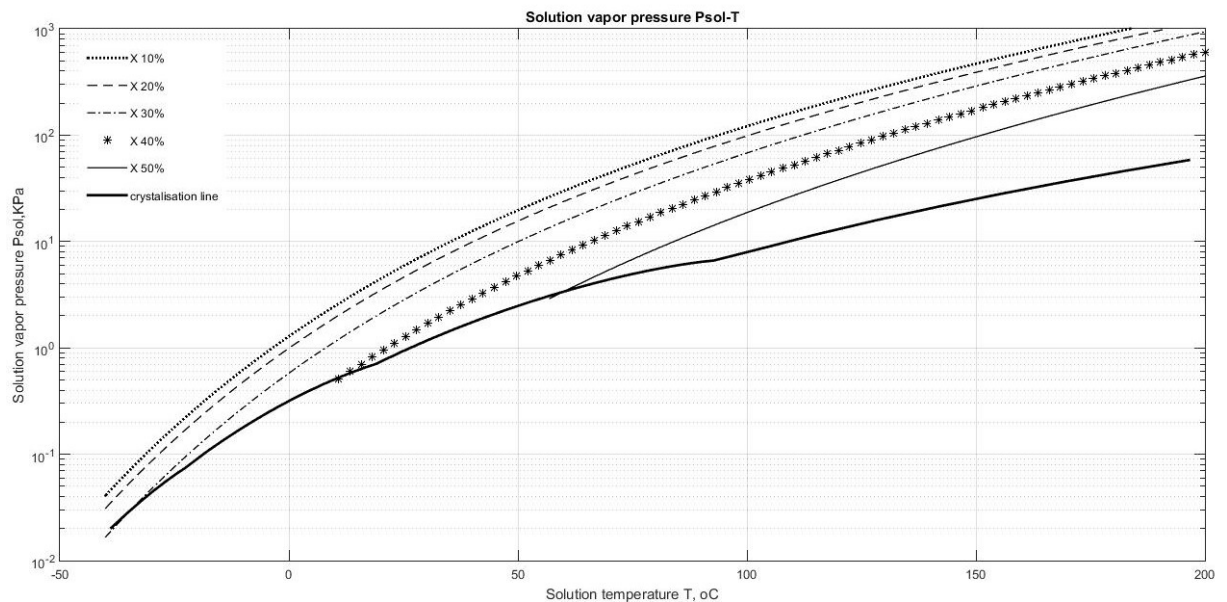
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

p25 = 1-(1+(J/0.362)^(-4.75))^(-0.4)-0.03*exp(-(J-0.1)^2/0.005);
f_J_T = A+B*((T+273.15)/Tc_H2O) ;
pel = p25 * f_J_T ;
J=J+0.006;
JJj(i)= J;
pel_i(i) = pel ;
    end
end
plot(JJj,pel_i, '-k');
title('Relative vapor pressure π-ξ');
grid on
hold on
end
J = 0.3; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
for i=1:51
T(i)=Tcr(i);
A = 2-(1+(J/0.28)^4.3)^0.6;
B = ((1+(J/0.21)^5.1)^0.49)-1;
p25 = 1-(1+(J/0.362)^(-4.75))^(-0.4)-0.03*exp(-(J-0.1)^2/0.005);
f_J_T = A+B*((T(i)+273.15)/Tc_H2O) ;
pel = p25 * f_J_T ;
J=J+0.006;
JJjj(i)= J;
pel_icr(i) = pel ;
end
plot(JJjj,pel_icr, '-r');

```

8.3 SOLUTION VAPOR PRESSURE



Διάγραμμα 25:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```

'.....Υπολογισμός Psol - T.....' ;

Tc_H2O = 647.096;
T =linspace(-40,200,100);
for i=1:100

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

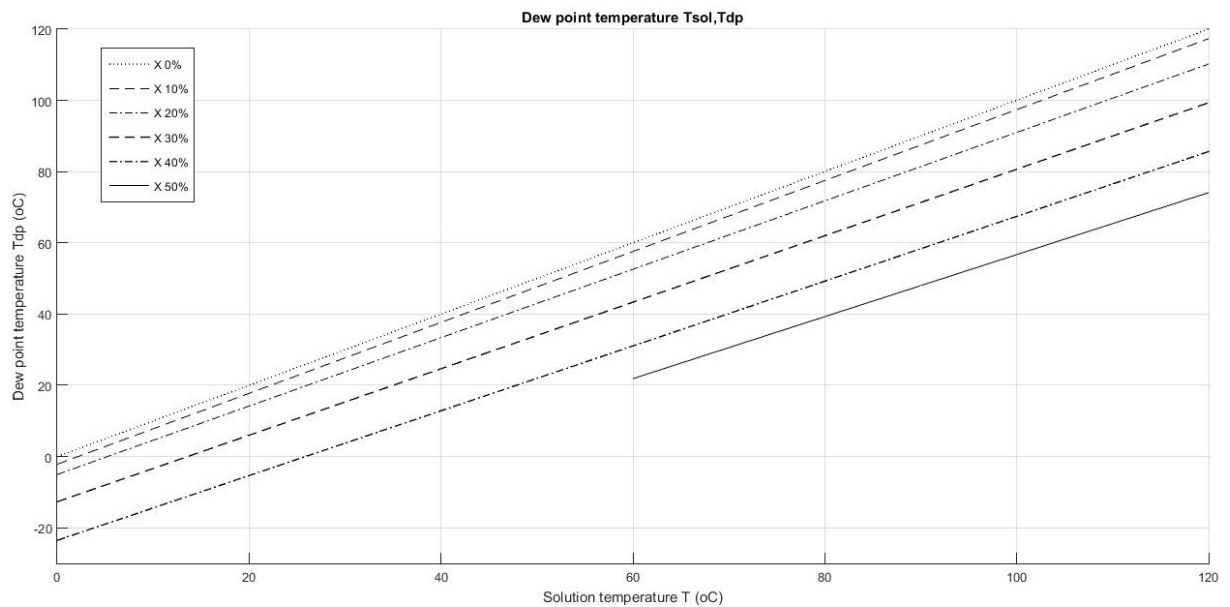
P_H2O(i) = (10*760*0.133)/(1.013)*exp((-3968.06/(T(i)-
39.5735+273.15))+10.4592-4.04897*10^(-3)*T(i)-4.1752*10^(-
5)*T(i)^2+3.6851*10^(-7)*T(i)^3-1.0152*10^(-9)*T(i)^4+8.6531*10^(-
13)*T(i)^5+9.03668*10^(-16)*T(i)^6-1.9969*10^(-18)*T(i)^7+7.79287*10^(-
22)*T(i)^8+1.91482*10^(-25)*T(i)^9);
end
J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
for j=1:5
    J=J+0.1;
for i=1:100
A = 2-(1+(J/0.28)^4.3)^0.6;
B = ((1+(J/0.21)^5.1)^0.49)-1;
p25 = 1-(1+(J/0.362)^(-4.75))^(-0.4)-0.03*exp(-(J-0.1)^2/0.005);
f_J_T = A+B*((T(i)+273.15)/Tc_H2O) ;
pel = p25 * f_J_T ;
Psol(i) = pel*P_H2O(i) ;
end
semilogy(T,Psol,'-g');
title('Solution vapor pressure Psol-T');
grid on
hold on
end
J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
for i=1:100
if (J>=0)&&(J<0.253)
Th = 0.422088-0.09041*J-2.93635*J^2.5;
end
if (J>=0.253)&&(J<0.287)
Th = -0.005340+2.01589*J-3.114590*J^2;
end
if (J>=0.287)&&(J<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*J-5.81105*J^2;
end
if (J>=0.369)&&(J<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*J-2.62433*J^2;
end
if (J>=0.452)&&(J<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*J-5.03479*J^2;
end
if (J>=0.558)&&(J<=0.61)
Th = -1.3568+3.44854*J;
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
JJ(i)= J;
J=J+0.0061;
Th_i(i)=Th;
end
for i=1:100
P_H2Ocr(i) = (10*760*0.133)/(1.013)*exp((-3968.06/(Tcr(i)-
39.5735+273.15))+10.4592-4.04897*10^(-3)*Tcr(i)-4.1752*10^(-
5)*Tcr(i)^2+3.6851*10^(-7)*Tcr(i)^3-1.0152*10^(-9)*Tcr(i)^4+8.6531*10^(-
13)*Tcr(i)^5+9.03668*10^(-16)*Tcr(i)^6-1.9969*10^(-
18)*Tcr(i)^7+7.79287*10^(-22)*Tcr(i)^8+1.91482*10^(-25)*Tcr(i)^9);
end
T=0;
for j=1:1
    T=T+50;
    J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
    pel=1;
    i=0;
for i=1:100

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

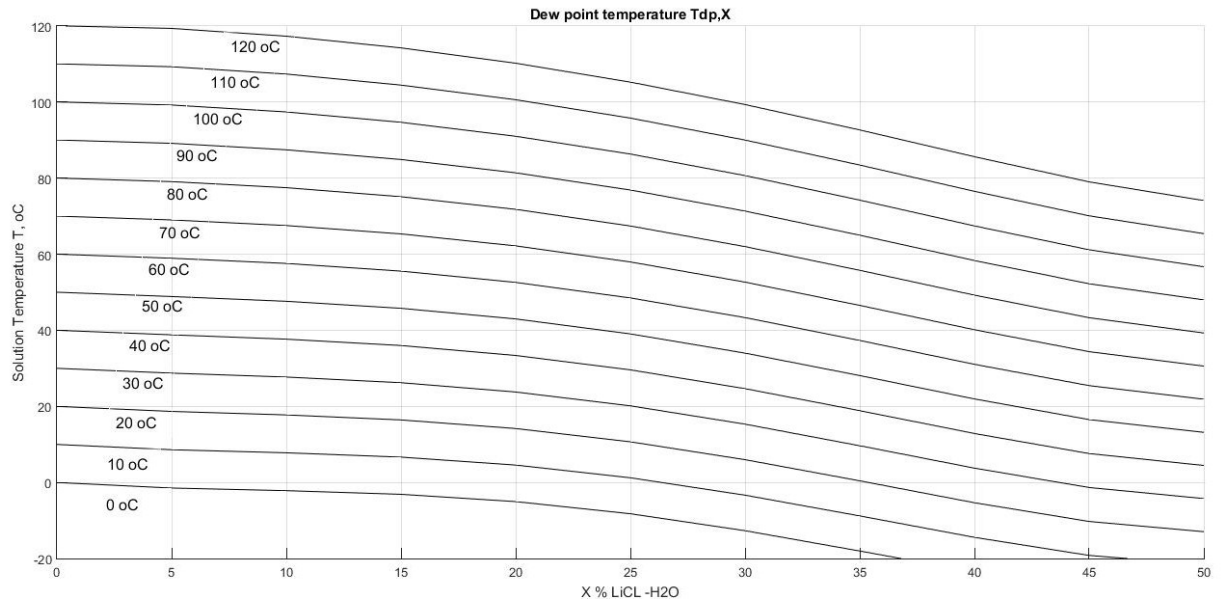
```
A = 2-(1+(J/0.28)^4.3)^0.6;  
B = ((1+(J/0.21)^5.1)^0.49)-1;  
p25 = 1-(1+(J/0.362)^(-4.75))^( -0.4)-0.03*exp(-(J-0.1)^2/0.005);  
f_J_T = A+B*((T+273.15)/Tc_H2O) ;  
pel = p25 * f_J_T ;  
J=J+0.006;  
JJj(i)= J;  
pel_i(i) = pel ;  
Psol_cr(i) = pel_i(i)*P_H2Ocr(i) ;  
Tcr_j(i)= Tcr(i);  
end  
semilogy(Tcr_j,Psol_cr,'-k');  
title('Solution vapor pressure Psol-T');  
grid on  
hold on  
end
```

8.4 DEW POINT TEMPERATURE



Διάγραμμα 26:

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>



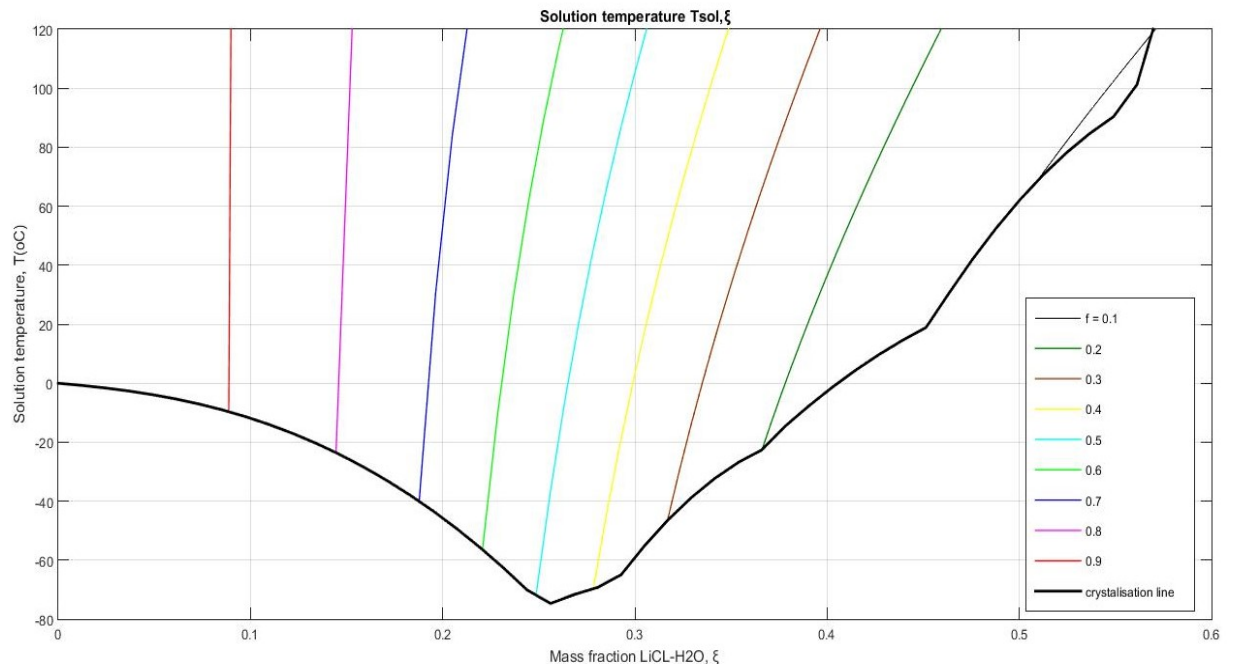
Διάγραμμα 27:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
X=linspace(0,50,11);
T=linspace(0,120,13);
Tc_H2O = 647.096;
for j=1:13
for i=1:11
A(i) = -0.02162-0.45308*X(i)+0.04233*X(i)^2-0.00208*X(i)^3+2.34376*10^(-5)*X(i)^4;
B(i) = 1.00071+0.00406*X(i)-6.80357*10^(-4)*X(i)^2+2.676*10^(-5)*X(i)^3-4.48265*10^(-7)*X(i)^4+2.63846*10^(-9)*X(i)^5;
Tdp(i) = A(i)+B(i)*T(j);
end
Tdp_j(:,j)=Tdp(1,:);
end
a=1;
if a==0
plot(X,Tdp_j,'-k');
title('Dew point temperature Tdp,X');
grid on
end

if a==1
plot(T,Tdp_j,'-k');
title('Dew point temperature Tsol,Tdp');
grid on
hold on
end
```

8.5 SOLUTION TEMPERATURE



Διάγραμμα 28:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
f = linspace(0.1,0.9,9);
Tc_H2O = 647.096;
for j=1:9
    if j==1
        Ja(j,:)=linspace(0.51,0.61,50);
    end
    if j==2
        Ja(j,:)=linspace(0.3659,0.61,50);
    end
    if j==3
        Ja(j,:)=linspace(0.317,0.61,50);
    end
    if j==4
        Ja(j,:)=linspace(0.2785,0.61,50);
    end
    if j==5
        Ja(j,:)=linspace(0.2487,0.61,50);
    end
    if j==6
        Ja(j,:)=linspace(0.2208,0.61,50);
    end
    if j==7
        Ja(j,:)=linspace(0.1878,0.61,50);
    end
    if j==8
        Ja(j,:)=linspace(0.14455,0.61,50);
    end
    if j==9
        Ja(j,:)=linspace(0.08873,0.61,50);
    end
end
for i=1:50
```

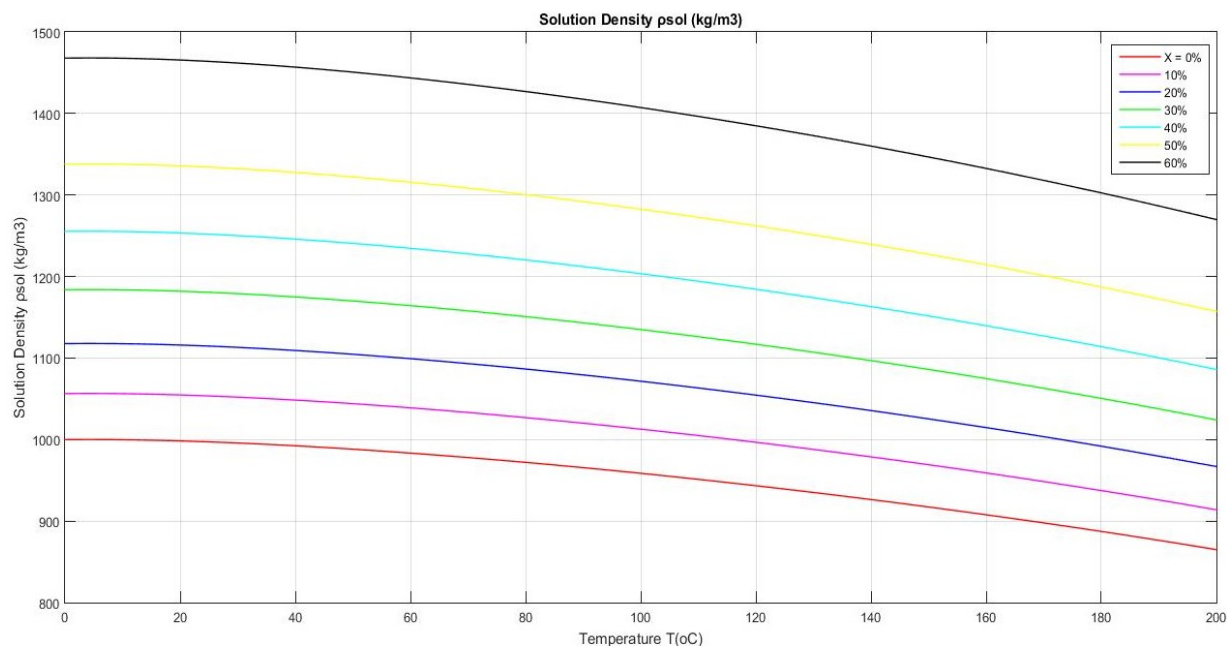
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```
A(i) = 2-(1+(Ja(j,i)/0.28)^4.3)^0.6;
B(i) = ((1+(Ja(j,i)/0.21)^5.1)^0.49)-1;
p25(i) = 1-(1+(Ja(j,i)/0.362)^(-4.75))^(0.4)-0.03*exp(-(Ja(j,i)-
0.1)^2/0.005);
T(i) = (f(j)/p25(i)-A(i))*Tc_H2O/B(i)-273;
end
T_j(:,j)=T(1,:);
J_j(:,j)=Ja(j,:);
end
plot(J_j,T_j,'-k');
xlim([0 0.6]);
ylim([-80 100]);
title('Solution temperature Tsol,ξ');
grid on
hold on

J = 0.0; 'mass fraction (ξ) of LiCl';
Tc_H2O = 647.096;
for i=1:50
if (J>=0)&&(J<0.253)
Th = 0.422088-0.09041*J-2.93635*J^2.5;
end
if (J>=0.253)&&(J<0.287)
Th = -0.005340+2.01589*J-3.114590*J^2;
end
if (J>=0.287)&&(J<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*J-5.81105*J^2;
end
if (J>=0.369)&&(J<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*J-2.62433*J^2;
end
if (J>=0.452)&&(J<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*J-5.03479*J^2;
end
if (J>=0.558)&&(J<=0.61)
Th = -1.3568+3.44854*J;
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
JJ(i)= J;
J=J+0.0122;
Th_i(i)=Th;
end
plot(JJ,Tcr,'-k');
xlim([0 0.6]);
ylim([-80 100]);
grid on
```

8.6 SOLUTION DENSITY

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>



Διάγραμμα 29:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

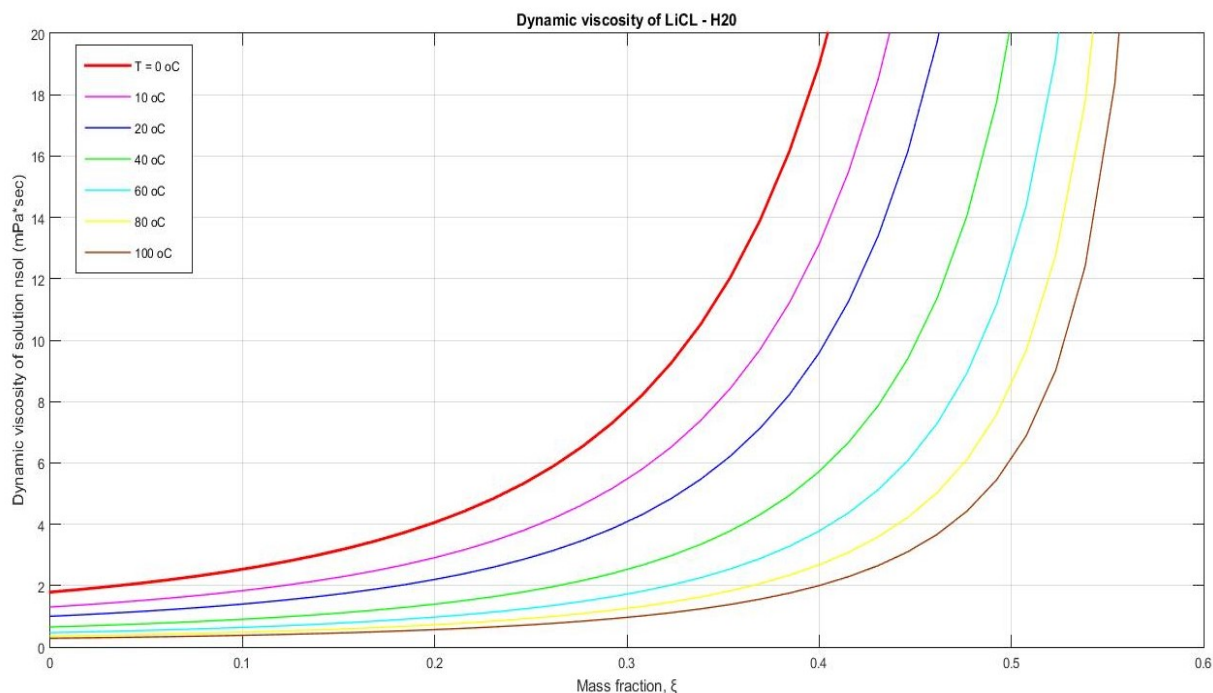
```

T = linspace(0,200,50);
Tc_H2O = 647.096;
t = 1-((T+273)./Tc_H2O);
pc = 322;
ph2o = pc*(1+1.993771843*t.^(1/3)+1.0985211604*t.^(2/3)-
0.5094492996*t.^(5/3)-1.761912427*t.^(16/3)-44.9005480267*t.^(43/3)-
723692.2618632*t.^(110/3));
J1 = 0;
Psolx0 = ph2o.*(1+0.540966*(J1/(1-J1))-0.303792*(J1/(1-
J1))^2+0.100791*(J1/(1-J1))^3);
J2 = 0.1;
Psolx10 = ph2o.*(1+0.540966*(J2/(1-J2))-0.303792*(J2/(1-
J2))^2+0.100791*(J2/(1-J2))^3);
J3 = 0.2;
Psolx20 = ph2o.*(1+0.540966*(J3/(1-J3))-0.303792*(J3/(1-
J3))^2+0.100791*(J3/(1-J3))^3);
J4 = 0.3;
Psolx30 = ph2o.*(1+0.540966*(J4/(1-J4))-0.303792*(J4/(1-
J4))^2+0.100791*(J4/(1-J4))^3);
J5 = 0.4;
Psolx40 = ph2o.*(1+0.540966*(J5/(1-J5))-0.303792*(J5/(1-
J5))^2+0.100791*(J5/(1-J5))^3);
J6 = 0.5;
Psolx50 = ph2o.*(1+0.540966*(J6/(1-J6))-0.303792*(J6/(1-
J6))^2+0.100791*(J6/(1-J6))^3);
J7 = 0.6;
Psolx60 = ph2o.*(1+0.540966*(J7/(1-J7))-0.303792*(J7/(1-
J7))^2+0.100791*(J7/(1-J7))^3);

plot(T,Psolx0,'-k',T,Psolx10,'-k',T,Psolx20,'-k',T,Psolx30,'-k',T,Psolx40,'-
k',T,Psolx50,'-k',T,Psolx60,'-k');
title('Solution Density psol (kg/m3)');
grid on

```

8.7 DYNAMIC VISCOSITY OF SOLUTION



Διάγραμμα 30:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```

Tc_H2O = 647.096;
T = 100 ;
t_T = 1-(T+273.15)/Tc_H2O;
J=linspace(0,0.6,40);
H = [1.0 0.978197 0.579829 -0.202354];
n_04 = [0.090481 1.390262 0.675875 -0.583517];
G = [0.5132047 0.2151778 -0.2818107 0.1778064 -0.0417661 0 0.0
      0.3205656 0.7317883 -1.070786 0.4605040 0.0 -0.01578386 0.0
      0.0 1.241044 -1.263184 0.2340379 0.0 0.0 0.0
      0 1.476783 0 -0.4924179 0.1600435 0 -0.003629481
      -0.7782567 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
      0.1885447 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 ];
pt = 317.763;
nt = 55.071*10^(-6);
pc = 322;
ph2o = pc*(1+1.993771843*t_T^(1/3)+1.0985211604*t_T^(2/3)-
0.5094492996*t_T^(5/3)-1.761912427*t_T^(16/3)-44.9005480267*t_T^(43/3)-
723692.2618632*t_T^(110/3));
no_T = (1-t_T)^0.5*(H(1)*((1-t_T)^(1-1))^(-1)+H(2)*((1-t_T)^(2-1))^(-1)+
H(3)*((1-t_T)^(3-1))^(-1)+H(4)*((1-t_T)^(4-1))^(-1))^(-1);
P_T = ph2o/pt;
n3=0;
for i=1:6
    nn=0;
    for j=1:7
n1 = (G(i,j)*(t_T/(1-t_T))^(i-1)*(P_T-1)^(j-1));
nn = nn+n1;
    end
n3 = nn+n3;
end
n1_T = exp(P_T*n3);

```

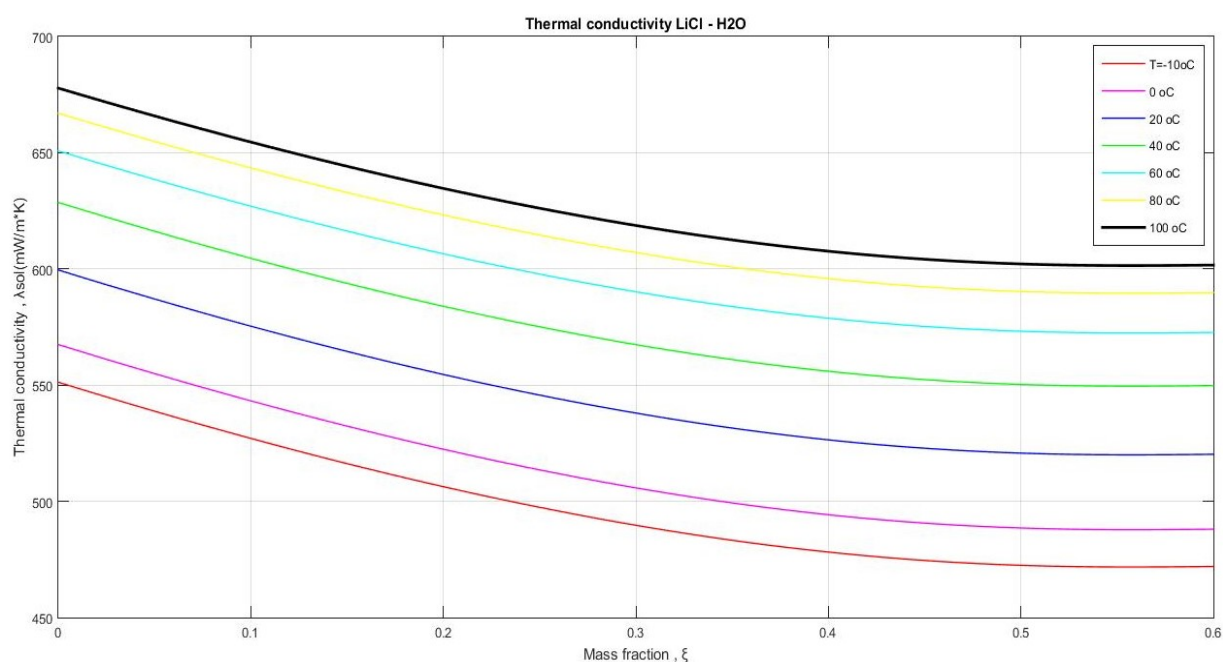
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

n2_T = 1;
v_H2O = no_T*n1_T*n2_T*nt*1000 ;
for k=1:40
z(k) = J(k)/(1-J(k))^(1/0.6);
Visc_sol(k) = v_H2O*exp(n_04(1)*z(k)^3.6+n_04(2)*z(k)+n_04(3)*z(k)/(1-
t_T)+(n_04(4)*z(k)^2)); 'mPa*sec';
end
plot(J,Visc_sol,'-k');
title('Dynamic viscosity of LiCl - H2O');
xlim([0 0.6]);
ylim([0 20]);
grid on
hold on

```

8.8 THERMAL CONDUCTIVITY OF SOLUTION



Διάγραμμα 31:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```

Tc_H2O = 647.096;
T = 100;
J=linspace(0,0.6,50);
pt = 317.763;
pc = 322;
t_T = 1-(T+273.15)/Tc_H2O;
th = (T+273.15)/Tc_H2O;
ph2o = pc*(1+1.993771843*t_T^(1/3)+1.0985211604*t_T^(2/3)-
0.5094492996*t_T^(5/3)-1.761912427*t_T^(16/3)-44.9005480267*t_T^(43/3)-
723692.2618632*t_T^(110/3));
p_T = ph2o/pt ;
K = [0.0102811 0.0299621 0.0156146 -0.00422464];
M = [0.642857 -4.11717 -6.17937 0.00308976 0.0822994 10.0932];
N = [0.0701309 0.0118520 0.00169937 -1.020];
P = [-0.397070 0.400302 1.060];
L = [-0.171587 2.392190];

```

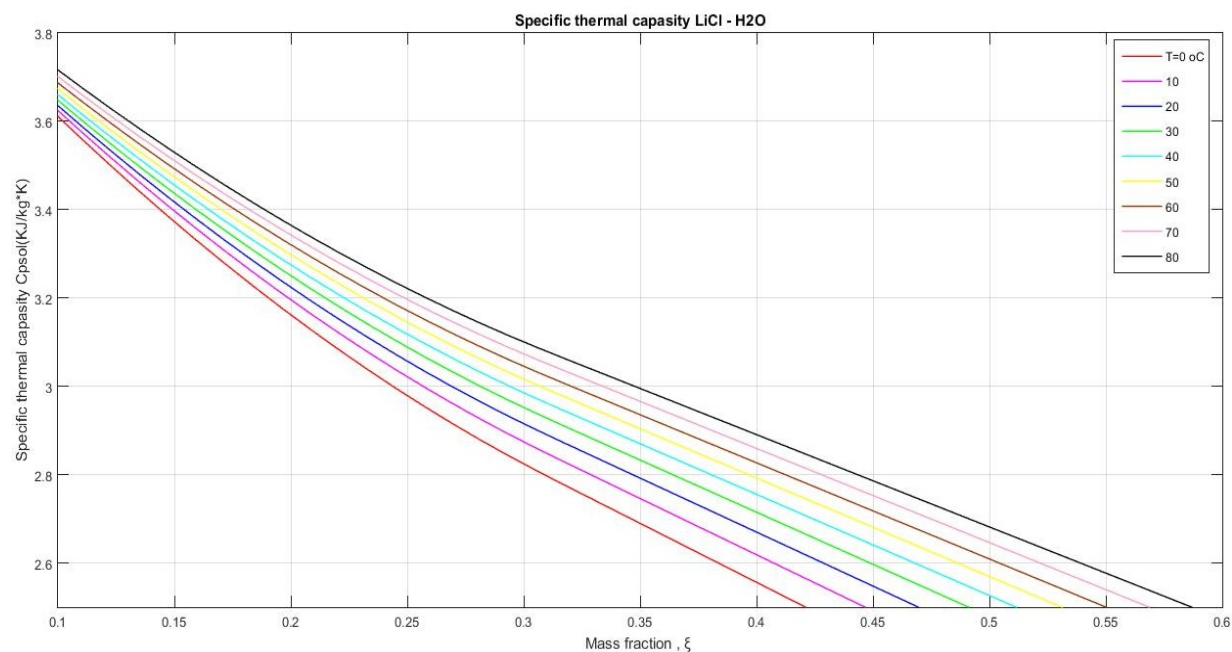
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

lo_T = sqrt(1-t_T) * (K(1)+K(2) * (1-t_T)^(2-1)+K(3) * (1-t_T)^(3-1)+K(4) * (1-
t_T)^(4-1));
DT_T = abs(t_T)+M(4);
QT = 2+M(5)/DT_T^(3/5);
if t_T<= 0
    St = 1/DT_T;
else
    St = M(6)/DT_T^(3/5);
end
l1_T = P(1)+P(2)*p_T+P(3)*exp(L(1)*(p_T+L(2))^2);
l2a_T = ((N(1)/(1-t_T)^10)+N(2))*p_T^(9/5)*exp(M(1)*(1-p_T^(14/5)));
l2b_T = N(3)*St*p_T^QT*exp((QT/(1+QT))*(1-p_T^(1+QT)));
l2c_T = N(4)*exp(M(2)*(1-t_T)^(3/2)+M(3)/p_T^5);
l2_T = l2a_T+l2b_T+l2c_T;
l_LiCl = lo_T+l1_T+l2_T;
if T>=20
    Lh2o_20 = l_LiCl;
else
    Lh2o_20 = 0.5998*(0.208495+1.747278*(1-t_T));
end
for i=1:50
aR = 10.8958*10^(-3)-J(i)*11.7882*10^(-3);
Psol(i) = ph2o * (1+0.540966*(J(i)/(1-J(i))))-0.303792*(J(i)/(1-
J(i)))^2+0.100791*(J(i)/(1-J(i)))^3);
Zeq(i) = (J(i)*Psol(i)*1)/42.39;
L_LiCl(i) = (Lh2o_20-aR*Zeq(i))*1000;
end
plot(J,L_LiCl,'-k');
title('Thermal conductivity LiCl - H2O');
xlim([0 0.6]);
ylim([450 700]);
grid on
hold on

```

8.9 SPECIFIC THERMAL CAPACITY



Διάγραμμα 32:

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

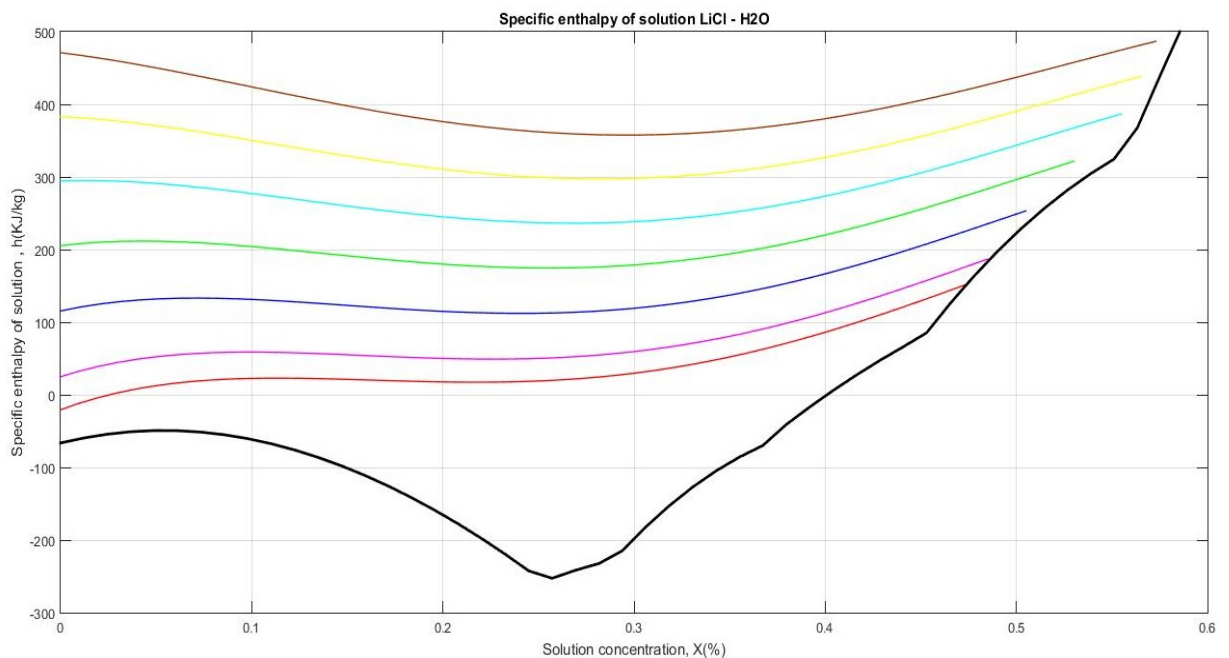
Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
T = 80;
J=linspace(0,0.6,50);
TH = (T+273.15)/228-1;
if T<=0
Cp_H2O =830.54602-1247.52013*TH^0.02-68.60350*TH^0.04+491.27650*TH^0.06-
1.8692*TH^1.8-137.51511*TH^8;
else
Cp_H2O =88.7891-120.1958*TH^0.02-
16.9264*TH^0.04+52.4654*TH^0.06+0.10826*TH^1.8+0.46988*TH^8;
end

for i=1:50
if J(i)<=0.31
f1=1.4398*J(i)-1.24317*J(i)^2-0.1207*J(i)^3;
else
f1=0.12825+0.62934*J(i);
end
f2 = 58.5225*TH^0.02-105.6343*TH^0.04+47.7948*TH^0.06;
Cp_sol(i) = Cp_H2O*(1-f1*f2);
end

plot(J,Cp_sol,'-k');
title('Specific thermal capacity LiCl - H2O');
xlim([0 0.6]);
ylim([2 4.5]);
grid on
hold on
```

8.10 SPECIFIC ENTHALPY OF SOLUTION



Διάγραμμα 33:

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

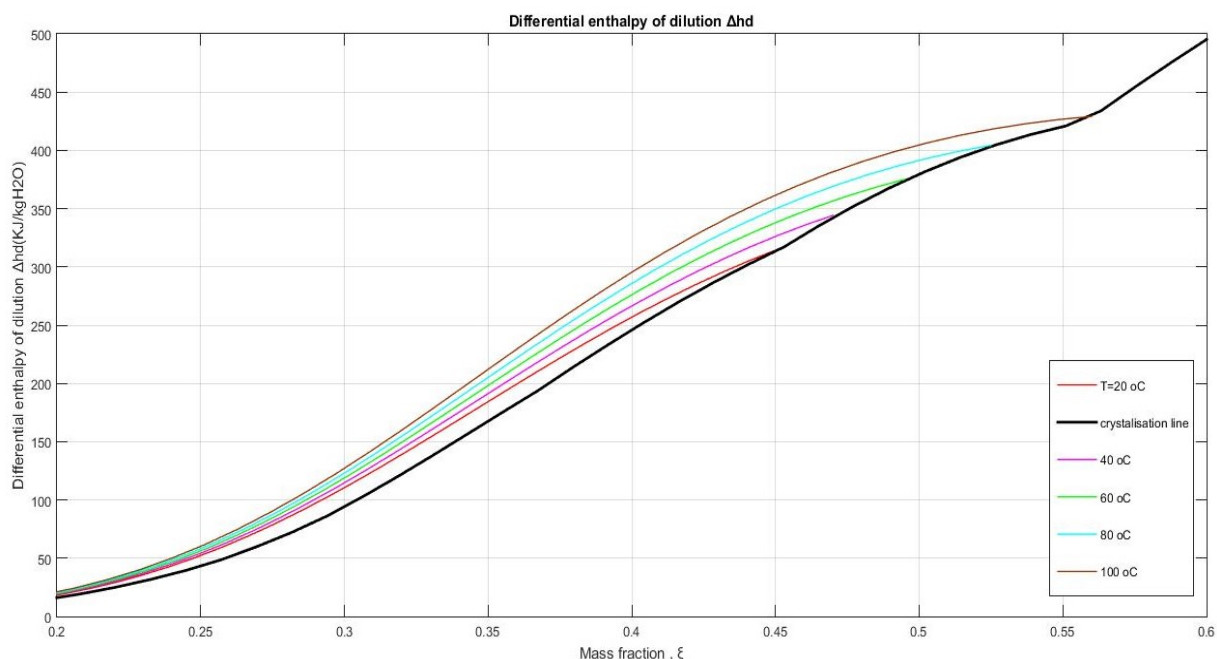
Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
T = 120;
X = linspace(0,0.573,50);
if T==10
    X = linspace(0,0.475,50);
    a=1;
end
if T==20
    X = linspace(0,0.485,50);
    a=2;
end
if T==40
    X = linspace(0,0.505,50);
end
if T==60
    X = linspace(0,0.53,50);
end
if T==80
    X = linspace(0,0.555,50);
end
if T==100
    X = linspace(0,0.565,50);
end
if T==120
    X = linspace(0,0.573,50);
end
for i=1:50
A(i) = -66.2324+1127.11*X(i)-7985.3*X(i)^2+2.1534*10^(4)*X(i)^3-
1.66352*10^(4)*X(i)^4;
B(i) = 4.5751-14.6914*X(i)+63.0722*X(i)^2-138.054*X(i)^3+106.69*X(i)^4;
C(i) = -8.09689*10^(-4)+2.18145*10^(-2)*X(i)-
0.136194*X(i)^2+0.320998*X(i)^3-0.264266*X(i)^4;
H(i) = A(i)+B(i)*(T)+C(i)*(T)^2;
end
plot(X,H,'-k');
title('Specific enthalpy of solution LiCl - H2O');
xlim([0 0.6]);
ylim([-300 500]);
grid on
hold on
if a==1
X = linspace(0,0.60,50);
Tc_H2O = 647.096;
for i=1:50
if (X(i)>=0)&&(X(i)<0.253)
Th = 0.422088-0.09041*X(i)-2.93635*X(i)^2.5;
end
if (X(i)>=0.253)&&(X(i)<0.287)
Th = -0.005340+2.01589*X(i)-3.114590*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.287)&&(X(i)<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*X(i)-5.81105*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.369)&&(X(i)<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*X(i)-2.62433*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.452)&&(X(i)<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*X(i)-5.03479*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.558)&&(X(i)<=0.61)
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```
Th = -1.3568+3.44854*X(i);
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
Th_i(i)=Th;
end
for i=1:50
Hcr(i) = A(i)+B(i)*(Tcr(i))+C(i)*(Tcr(i))^2;
end
plot(X,Hcr,'-k');
title('Specific enthalpy of solution LiCl - H2O');
xlim([0 0.6]);
ylim([-300 500]);
end
```

8.11 DIFFERENTIAL ENTHALPY OF DILUTION



Διάγραμμα 34:

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```
Tc_H2O = 647.096;
T = 100;
if T==20
    J = linspace(0,0.45,50);
    a=1;
end
if T==40
    J = linspace(0,0.47,50);
    a=2;
end
if T==60
    J = linspace(0,0.495,50);
end
if T==80
    J = linspace(0,0.525,50);
end
if T==100
    J = linspace(0,0.56,50);
```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

end
H = [0.845 -1.965 -2.265 0.6 169.105 457.850];
b = [0.22156863 4.19690058 -4.8993808*10^(-4) 4.00756794*10^(-6)];
z = J/(H(4)-J);
hw_T = b(1)+b(2)*(T+273.15)+b(3)*(T+273.15)^2+b(4)*(T+273.15)^3;
Dhd_o = H(5)+H(6)*(T+273.15)/Tc_H2O;

for i=1:50
z(i) = J(i)/(H(4)-J(i));
Dhd(i) = Dhd_o*((1+(z(i)/H(1))^H(2)))^H(3);
end

plot(J,Dhd,'-k');
title('Specific enthalpy of solution LiCl - H2O');
xlim([0.2 0.6]);
ylim([0 500]);
grid on
hold on

if a==1
X = linspace(0,0.60,50);
Tc_H2O = 647.096;
for i=1:50
if (X(i)>=0)&&(X(i)<0.253)
Th = 0.422088-0.09041*X(i)-2.93635*X(i)^2.5;
end
if (X(i)>=0.253)&&(X(i)<0.287)
Th = -0.005340+2.01589*X(i)-3.114590*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.287)&&(X(i)<0.369)
Th = -0.56306+4.72308*X(i)-5.81105*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.369)&&(X(i)<0.452)
Th = -0.31522+2.88248*X(i)-2.62433*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.452)&&(X(i)<0.558)
Th = -1.31231+6.17767*X(i)-5.03479*X(i)^2;
end
if (X(i)>=0.558)&&(X(i)<=0.61)
Th = -1.3568+3.44854*X(i);
end
Tcr(i) = Th*Tc_H2O-273.15;
Th_i(i)=Th;
end

for i=1:50
Dhd_o_cr(i) = H(5)+H(6)*(Tcr(i)+273.15)/Tc_H2O;
zz(i) = X(i)/(H(4)-X(i));
Dhd_cr(i) = Dhd_o_cr(i)*((1+(zz(i)/H(1))^H(2)))^H(3);
end
plot(X,Dhd_cr,'-k');
xlim([0.2 0.6]);
ylim([0 500]);
end

```


8.12 ADIABATIC DEHUMIDIFICATION RUNGE-KUTTA SOLUTION

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```

X=0.41;
Ta = 22.25;
Win = 0.0070;
Ts = 26.61;
T0=273.15;

A_X=-66.2324+11.2711*X*100-0.79853*(X*100)^2+2.1534*10^(-2)*(X*100)^3-
1.66352*10^(-4)*(X*100)^4;
B_X=4.5751-0.146924*X*100+6.30722*10^(-3)*(X*100)^2-1.38054*10^(-
4)*(X*100)^3+1.06690*10^(-6)*(X*100)^4;
C_X=-8.09689*10^(-4)+2.18145*10^(-4)*(X*100)-1.36194*10^(-
5)*(X*100)^2+3.20998*10^(-7)*(X*100)^3-2.64266*10^(-9)*(X*100)^4;
hsol=(A_X+B_X*Ts+C_X*Ts^2)*1000;
Cpsol=(B_X+2*C_X*Ts)*1000;

a=[1.78252*10^-3 -5.32547*10^-5 8.10152*10^-7 -4.74410*10^-9];
J_T=a(1)+a(2)*Ts+a(3)*Ts^2+a(4)*Ts^3;

Aa=[7.341*10^-3 -1.013*10^-5 1.801*10^-7 -9.100*10^-11]; 'Thermal
conductivity';
l_t=Aa(1)+Aa(2)*(T0+Ts)+Aa(3)*(T0+Ts)^2+Aa(4)*(T0+Ts)^3;

AA=[0 4.217 1.854
    10 4.193 1.86
    20 4.182 1.866
    30 4.179 1.875
    40 4.179 1.885
    50 4.181 1.899
    60 4.185 1.916
    70 4.19 1.936
    80 4.197 1.962
    90 4.205 1.992
    100 4.21 2.028];
XX=[1 0 0 0
    1 10 100 1000
    1 20 400 8000
    1 30 900 27000
    1 40 1600 64000
    1 50 2500 125000
    1 60 3600 216000
    1 70 4900 343000
    1 80 6400 512000
    1 90 8100 729000
    1 100 10000 1000000];

B1=AA(:,2);
c=(XX'*XX)^-1*(XX'*B1);
Cpw=(c(1)+c(2)*X+c(3)*X^2+c(4)*X^3)*1000;

'Specific heat of saturated steam';
C=[2.136131*10^-2 -31.69291 -4.634611*10^4 0];
D=[4.019170 -5.17555*10^-2 1.951939*10^-2];
CFS=8.314/18.015;
vpw=[-7.85823 1.83991 -11.7811 22.6705 -15.9393 1.77516];

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

w=[1 1.5 3 3.5 4 7.5];
Pw=221.3;
Tsw=647.3;
Tt=273.15;
Ps=Pw*exp(Tsw/Tt*(vpw(1)*(1-Tt/Tsw)^1+vpw(2)*(1-Tt/Tsw)^2+vpw(3)*(1-
Tt/Tsw)^3+vpw(4)*(1-Tt/Tsw)^4+vpw(5)*(1-Tt/Tsw)^5+vpw(6)*(1-Tt/Tsw)^6));
Cpswb=1000*(D(1)+D(2)*Tt+D(3)*Tt^2-12*C(2)*Ps*(100*Tt)/Tt^4-
132*C(3)*Ps*(100*Tt)/Tt^12-44*C(4)*Ps*(100*Tt)^3/Tt^12)*CFS;

'Specific heat of saturation';

X=0.41; 'Το X είναι σε ποσοστά %';
B2=AA(:,3);
cc=(XX'*XX)^-1*(XX'*B2);
Cpws=(cc(1)+cc(2)*(X*100)+cc(3)*(X*100)^2+cc(4)*(X*100)^3)*1000;
Dhws=(cc(1)*(X*100)+cc(2)*(X*100)^2/2+cc(3)*(X*100)^3/3+cc(4)*(X*100)^4/4)*1
000;

'Water Viscosity';

ABCD=[-2.471*10 4.209*10^3 4.527*10^-2 -3.376*10^-5];
J_t_1=10^-3*exp(ABCD(1)+ABCD(2)/(T0+Ts)+ABCD(3)*(T0+Ts)+ABCD(4)*(T0+Ts)^2);

'.....K.....';
X=0.41;
MB=42.34;
I_X=X*1000/((1-X)*MB);
K_100=0.640;
K_25=0.711;
K=(K_100-K_25)*(1/Ts-1/25)/(1/100-1/25)+K_25;
A_X_X=-0.0213302+3.60591*10^-4*I_X+MB/2303;
B_X_X=-5.390915+1.382982*I_X-0.031185*I_X^2; xx=2;
C_X_X=7.192959-3.99334*10^-3*I_X-1.11614*10^-4*I_X^2+MB*I_X*(1-xx)/2303;
D_X_X=1730.2857-0.138481*I_X+0.027511*I_X^2-1.79277*10^-3*I_X^3;
logPoLiCL=(K*I_X*(A_X_X-B_X_X/(Ts+T0-39.53))+(C_X_X-D_X_X/(Ts+T0-39.53)));
PoLiCL=10^logPoLiCL*1000; Patm=1.013*10^5; RH=1;
Wsol=0.622*RH*PoLiCL/(Patm-RH*PoLiCL);
Weq=0.622*PoLiCL/(Patm-RH*PoLiCL);

'.....Λύση διαφορικών εξισώσεων.....';
Lf = 0.752625;
'Ts = Ts';
'Ta = Ta';
'Win = Win';
ms = 0.026;
ma = 0.334;
X = 0.41;
Cpa = 1006;
Le = 1.0;
K = 0.0243;
Cpm = Cpa*Wsol;
Ha=Le*Cpm*0.0243;

f1 = @(x, y1, y2, y3, y4, y5) (Lf*Ha/(ma*Cpm)+Cpws/(Cpm*ma)*K*Lf*(-
Win+Wsol))*(Ta-Ts);
f2 = @(x, y1, y2, y3, y4, y5) ((-hsol*K*Lf*(-Win+Wsol))+ma*(K*Lf*(-
Win+Wsol)/ma*(Cpws*Ta+Dhws)+Cpm*(Lf*Ha/(ma*Cpm)+Cpws/(Cpm*ma)*K*Lf*(-
Win+Wsol))*(Ta-Ts))/(ms*Cpsol);
f3 = @(x, y1, y2, y3, y4, y5) K*Lf*(-Win+Wsol)/ma;

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

f4 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) K*Lf*(-Win+Wsol);
f5 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) X*K*Lf*(-Win+Wsol)/ms;

y1(1)= Ta;
y2(1)= Ts;
y3(1)= Win;
y4(1)= ms;
y5(1)= X;

h=0.5;
ta = 0:h:10;
x = 0:h:10;

WW=length(ta)-1;
for i = 1:14

a = h.*[f1(ta(i),y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)), f2(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)), f3(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)),f4(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)),f5(ta(i), y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i))]);

b = h.*[f1(ta(i), y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2,
y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2), f2(ta(i)+h/2, y1(i)+a(1)/2,
y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2), f3(ta(i)+h/2,
y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2,
y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2),f4(ta(i)+h/2, y1(i)+a(1)/2,
y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2),f5(ta(i)+h/2,
y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2)];

c = h.*[f1(ta(i), y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2,
y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2), f2(ta(i)+h/2, y1(i)+b(1)/2,
y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2), f3(ta(i)+h/2,
y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2,
y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2),f4(ta(i)+h/2, y1(i)+b(1)/2,
y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2),f5(ta(i)+h/2,
y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2)];

d = h.*[f1(ta(i), y1(i)+c(1), y2(i)+c(2), y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),
f2(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2), y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),
f3(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),f4(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),f5(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5))];

y5(i+1,1)= y5(i)+ 1/6*(a(5)+2*b(5)+2*c(5)+d(5));
y4(i+1,1)= y4(i)+ 1/6*(a(4)+2*b(4)+2*c(4)+d(4));
y3(i+1,1)= y3(i)+ 1/6*(a(3)+2*b(3)+2*c(3)+d(3));
y2(i+1,1)= y2(i)+ 1/6*(a(2)+2*b(2)+2*c(2)+d(2));
y1(i+1,1)= y1(i)+ 1/6*(a(1)+2*b(1)+2*c(1)+d(1));

end
y1(15) ,y2(15) , y3(15) ,y4(15) , y5(15)

```

8.13 ADIABATIC REGENERATOR RUNGE-KUTTA SOLUTION

Πηγαίος κώδικας σε Matlab:

```

X=0.35;
Ta = 36.94;
Win = 0.0097;
Ts = 27.77;
T0=273.15;
ms = 0.0015;
ma = 0.334;

y1(1)= Ta;
y2(1)= Ts;
y3(1)= Win;
y4(1)= ms;
y5(1)= X;

h=0.5;
ta = 0:h:10;
x = 0:h:10;

WW=length(ta)-1;

for i = 1:14

A_X=-66.2324+11.2711*X*100-0.79853*(X*100)^2+2.1534*10^(-2)*(X*100)^3-
1.66352*10^(-4)*(X*100)^4;
B_X=4.5751-0.146924*X*100+6.30722*10^(-3)*(X*100)^2-1.38054*10^(-
4)*(X*100)^3+1.06690*10^(-6)*(X*100)^4;
C_X=-8.09689*10^(-4)+2.18145*10^(-4)*(X*100)-1.36194*10^(-
5)*(X*100)^2+3.20998*10^(-7)*(X*100)^3-2.64266*10^(-9)*(X*100)^4;
hsol=(A_X+B_X*Ts+C_X*Ts^2)*1000;
Cpsol=(B_X+2*C_X*Ts)*1000;

a=[1.78252*10^-3 -5.32547*10^-5 8.10152*10^-7 -4.74410*10^-9];
J_T=a(1)+a(2)*Ts+a(3)*Ts^2+a(4)*Ts^3;

Aa=[7.341*10^-3 -1.013*10^-5 1.801*10^-7 -9.100*10^-11]; 'Thermal
conductivity';
l_t=Aa(1)+Aa(2)*(T0+Ts)+Aa(3)*(T0+Ts)^2+Aa(4)*(T0+Ts)^3;

AA=[0 4.217 1.854
    10 4.193 1.86
    20 4.182 1.866
    30 4.179 1.875
    40 4.179 1.885
    50 4.181 1.899
    60 4.185 1.916
    70 4.19 1.936
    80 4.197 1.962
    90 4.205 1.992
    100 4.21 2.028];
XX=[1 0 0 0
    1 10 100 1000
    1 20 400 8000
    1 30 900 27000
    1 40 1600 64000
    1 50 2500 125000

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

1 60 3600 216000
1 70 4900 343000
1 80 6400 512000
1 90 8100 729000
1 100 10000 1000000];

B1=AA(:,2);
c= (XX'*XX)^-1*(XX'*B1);
Cpw= (c(1)+c(2)*X+c(3)*X^2+c(4)*X^3)*1000;

'Specific heat of saturated steam';
C=[2.136131*10^-2 -31.69291 -4.634611*10^4 0];
D=[4.019170 -5.17555*10^-2 1.951939*10^-2];
CFS=8.314/18.015;
vpw=[-7.85823 1.83991 -11.7811 22.6705 -15.9393 1.77516];
w=[1 1.5 3 3.5 4 7.5];
Pw=221.3;
Tsw=647.3;
Tt=273.15;
Ps=Pw*exp(Tsw/Tt*(vpw(1)*(1-Tt/Tsw)^1+vpw(2)*(1-Tt/Tsw)^2+vpw(3)*(1-Tt/Tsw)^3+vpw(4)*(1-Tt/Tsw)^4+vpw(5)*(1-Tt/Tsw)^5+vpw(6)*(1-Tt/Tsw)^6));
Cpswb=1000*(D(1)+D(2)*Tt+D(3)*Tt^2-12*C(2)*Ps*(100*Tt)/Tt^4-132*C(3)*Ps*(100*Tt)/Tt^12-44*C(4)*Ps*(100*Tt)^3/Tt^12)*CFS;

'Specific heat of saturation';

'To X είναι σε ποσοστά %';
B2=AA(:,3);
cc= (XX'*XX)^-1*(XX'*B2);
Cpws=(cc(1)+cc(2)*(X*100)+cc(3)*(X*100)^2+cc(4)*(X*100)^3)*1000;
Dhws=(cc(1)*(X*100)+cc(2)*(X*100)^2/2+cc(3)*(X*100)^3/3+cc(4)*(X*100)^4/4)*1000;

'Water Viscosity';

ABCD=[-2.471*10 4.209*10^3 4.527*10^-2 -3.376*10^-5];
J_t_1=10^-3*exp(ABCD(1)+ABCD(2)/(T0+Ts)+ABCD(3)*(T0+Ts)+ABCD(4)*(T0+Ts)^2);

'.....K.....';

MB=42.34;
I_X=X*1000/((1-X)*MB);
K_100=0.640;
K_25=0.711;
K=(K_100-K_25)*(1/Ts-1/25)/(1/100-1/25)+K_25;
A_X_X=-0.0213302+3.60591*10^-4*I_X+MB/2303;
B_X_X=-5.390915+1.382982*I_X-0.031185*I_X^2;xx=2;
C_X_X=7.192959-3.99334*10^-3*I_X-1.11614*10^-4*I_X^2+MB*I_X*(1-xx)/2303;
D_X_X=1730.2857-0.138481*I_X+0.027511*I_X^2-1.79277*10^-3*I_X^3;
logPoLiCL=(K*I_X*(A_X_X-B_X_X/(Ts+T0-39.53))+(C_X_X-D_X_X/(Ts+T0-39.53)));
PoLiCL=10^logPoLiCL*1000;Patm=1.013*10^5;RH=1;
Wsol=0.622*RH*PoLiCL/(Patm-RH*PoLiCL);
Weq=0.622*PoLiCL/(Patm-RH*PoLiCL);

'.....Λύση διαφορικών εξισώσεων.....';
Lf = 0.752625;
'Ts = Ts';
'Ta = Ta';
'Win = Win';

```

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ <<LIQUID DESICCANT SYSTEMS>>

```

Cpa = 1006;
Le = 1.0;
K = 0.0243;
Cpm = Cpa*Wsol;
Ha=Le*Cpm*0.0243;

f1 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) (Lf*Ha/(ma*Cpm)+Cpws/(Cpm*ma)*K*Lf*(Win-
Wsol))*(Ta-Ts);
f2 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) ((-hsol*K*Lf*(Win-Wsol))+ma*(K*Lf*(Win-
Wsol)/ma*(Cpws*Ta+Dhws)+Cpm*(Lf*Ha/(ma*Cpm)+Cpws/(Cpm*ma)*K*Lf*(Win-
Wsol))*(Ta-Ts))/(ms*Cpsol);
f3 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) K*Lf*(Win-Wsol)/ma;
f4 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) K*Lf*(Win-Wsol);
f5 = @(x, y1, y2, y3,y4,y5) X*K*Lf*(Win-Wsol)/ms;

a = h.*[f1(ta(i),y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)), f2(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)), f3(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)),f4(ta(i),
y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)),f5(ta(i), y1(i),y2(i),y3(i),y4(i),y5(i)))]);

b = h.*[f1(ta(i), y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2,
y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2), f2(ta(i)+h/2, y1(i)+a(1)/2,
y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2), f3(ta(i)+h/2,
y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2,
y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2),f4(ta(i)+h/2, y1(i)+a(1)/2,
y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2),f5(ta(i)+h/2,
y1(i)+a(1)/2, y2(i)+a(2)/2, y3(i)+a(3)/2,y4(i)+a(4)/2,y5(i)+a(5)/2)];

c = h.*[f1(ta(i), y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2,
y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2), f2(ta(i)+h/2, y1(i)+b(1)/2,
y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2), f3(ta(i)+h/2,
y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2,
y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2),f4(ta(i)+h/2, y1(i)+b(1)/2,
y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2),f5(ta(i)+h/2,
y1(i)+b(1)/2, y2(i)+b(2)/2, y3(i)+b(3)/2,y4(i)+b(4)/2,y5(i)+b(5)/2)];

d = h.*[f1(ta(i), y1(i)+c(1), y2(i)+c(2), y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),
f2(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2), y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),
f3(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),f4(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5)),f5(ta(i)+h, y1(i)+c(1), y2(i)+c(2),
y3(i)+c(3),y4(i)+c(4),y5(i)+c(5))];

y5(i+1,1)= y5(i)+ 1/6*(a(5)+2*b(5)+2*c(5)+d(5));
y4(i+1,1)= y4(i)+ 1/6*(a(4)+2*b(4)+2*c(4)+d(4));
y3(i+1,1)= y3(i)+ 1/6*(a(3)+2*b(3)+2*c(3)+d(3));
y2(i+1,1)= y2(i)+ 1/6*(a(2)+2*b(2)+2*c(2)+d(2));
y1(i+1,1)= y1(i)+ 1/6*(a(1)+2*b(1)+2*c(1)+d(1));
Ta=y1(i+1,1);
Ts=y2(i+1,1);
Win=y3(i+1,1);
ms=y4(i+1,1);
X=y5(i+1,1);
End

y1(15) ,y2(15) , y3(15) ,y4(15) , y5(15)

```