

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Μελέτη Θαλάμου Μετρήσεων Λειτουργίας Μηχανών  
Εσωτερικής Καύσης σε Χαμηλή Θερμοκρασία»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Μητρούδας Κωνσταντίνος  
Α.Μ. 6126**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Γκείβανίδης Σάββας  
Μηχανολόγος Μηχανικός Επίκουρος Καθηγητής**

# Εισαγωγή

- Η επιλογή του θέματος έγινε κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην γαλακτοβιομηχανία ΜΕΒΓΑΛ, όταν ήρθα σε επαφή με τον τομέα της βιομηχανικής ψύξης.
- **«Μελέτη Θαλάμου Μετρήσεων Λειτουργίας Μηχανών Εσωτερικής Καύσης σε Χαμηλή Θερμοκρασία»**  
Είναι μια ηλεκτρομηχανολογική και οικονομοτεχνική μελέτη ενός θαλάμου χαμηλών θερμοκρασιών ( $-25^{\circ}\text{C}$ ) μέσα στον οποίο θα λειτούργει μια μηχανή εσωτερικής καύσης.
- Με την βοήθεια του επιβλέπων καθηγητή κ. Γκειβανίδη άρχισα περίπου πριν ένα χρόνο να δουλεύω το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας το οποίο αποτελείται από δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά τους υπολογισμούς της μελέτης ενώ το δεύτερο το θεωρητικό υλικό

# Στόχοι

- Ο στόχος της πτυχιακής μου εργασίας είναι να υλοποιηθεί μια ηλεκτρομηχανολογική μελέτη που αφορά τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών και την επιλογή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Επιπλέον την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη συμπληρώνει και μια οικονομοτεχνική μελέτη στην οποία συμπεριλαμβάνεται το κόστος αγοράς του εξοπλισμού του ψυκτικού θαλάμου, το κόστος κατασκευής του θαλάμου και η χρονική διάρκεια εκτέλεσης έργου.

# Δεδομένα μελέτης

Στον πίνακα φαίνονται οι τιμές που τέθηκαν για την υλοποίηση της μελέτης. Οι τιμές αυτές αφορούν τον χώρο του εργαστηρίου των μηχανών εσωτερικής καύσης όπου εκεί σχεδιάστηκε να τοποθετηθεί ο θάλαμος.

	1 <sup>η</sup> κατηγορία	2 <sup>η</sup> κατηγορία	3 <sup>η</sup> κατηγορία
<b>Διαστάσεις (Μ*Π*Υ)</b>	6,5*5*3,5 m	6,5*5*3,5 m	6,5*5*3,5 m
<b>Πάχος πάνελ</b>	0,18 m	0,18 m	0,18 m
<b>Δάπεδο</b>	ΟΧΙ ΜΟΝΩΜΕΝΟ	ΟΧΙ ΜΟΝΩΜΕΝΟ	ΟΧΙ ΜΩΝΟΜΕΝΟ
<b>Πάχος δαπέδου</b>	0,2 m	0,2 m	0,2 m
<b>Θερμοκρασία θαλάμου</b>	-25°C	-25°C	-25°C
<b>Θερμοκρασία περιβάλλοντος</b>	25°C	25°C	25°C
<b>Διαστάσεις κινητήρα (Μ*Π*Υ)</b>	0,7*0,9*0,6 m	0,7*0,9*0,6 m	0,7*0,9*0,6 m
<b>Ισχύς κινητήρα</b>	100 kW	130 kW	160 kW
<b>Θερμοκρασία λειτουργίας κινητήρα</b>	80°C	80°C	80°C
<b>Θερμοκρασία καυσαερίων</b>	600°C	600°C	600°C
<b>Μήκος εξάτμισης</b>	1,5 m	1,5 m	1,5 m
<b>Διάμετρος εξάτμισης</b>	0,06 m	0,06 m	0,06 m

# Μαθηματικοί τύποι

- **Θερμικές απώλειες του θαλάμου**

**Q**: είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

**K**: είναι ο συντελεστής θερμικών απωλειών

**A**: είναι το εμβαδόν της επιφάνειας

**ΔT**: είναι η διαφορά θερμοκρασίας

$$Q = k * A * \Delta T$$

- **Θερμικές απώλειες από το σώμα του κινητήρα**

Απώλειες λόγω συναγωγής

$$Q_v = \Sigma A * 2.5 * (t^s - t^a)$$

$$Q_v = \Sigma A * 1.9 * (t^s - t^a)$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$Q_r = 5.77 * \epsilon * \left[ \left( \frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_A + 273}{100} \right)^4 \right]$$

**Q<sub>v</sub>**, **Q<sub>r</sub>**: είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

**ΣA**: είναι το συνολικό εμβαδόν καθέτων και οριζοντίων επιφανειών

**t<sub>s</sub>** και **t<sub>a</sub>**: είναι οι θερμοκρασίες λειτουργίας κινητήρα και λειτουργίας θαλάμου

# Μαθηματικοί τύποι

- **Θερμικές απώλειες από το σύστημα εξάτμισης**

Απώλειες λόγω συναγωγής

$$Q_v = \Sigma A * 1.9 * (t^s - t^a)$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$Q_r = 5.77 * \varepsilon * \left[ \left( \frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_A + 273}{100} \right)^4 \right]$$

**Q<sub>v</sub>, Q<sub>r</sub>**: είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

**ΣΑ**: είναι το συνολικό εμβαδόν κάθετων και οριζοντίων επιφανειών

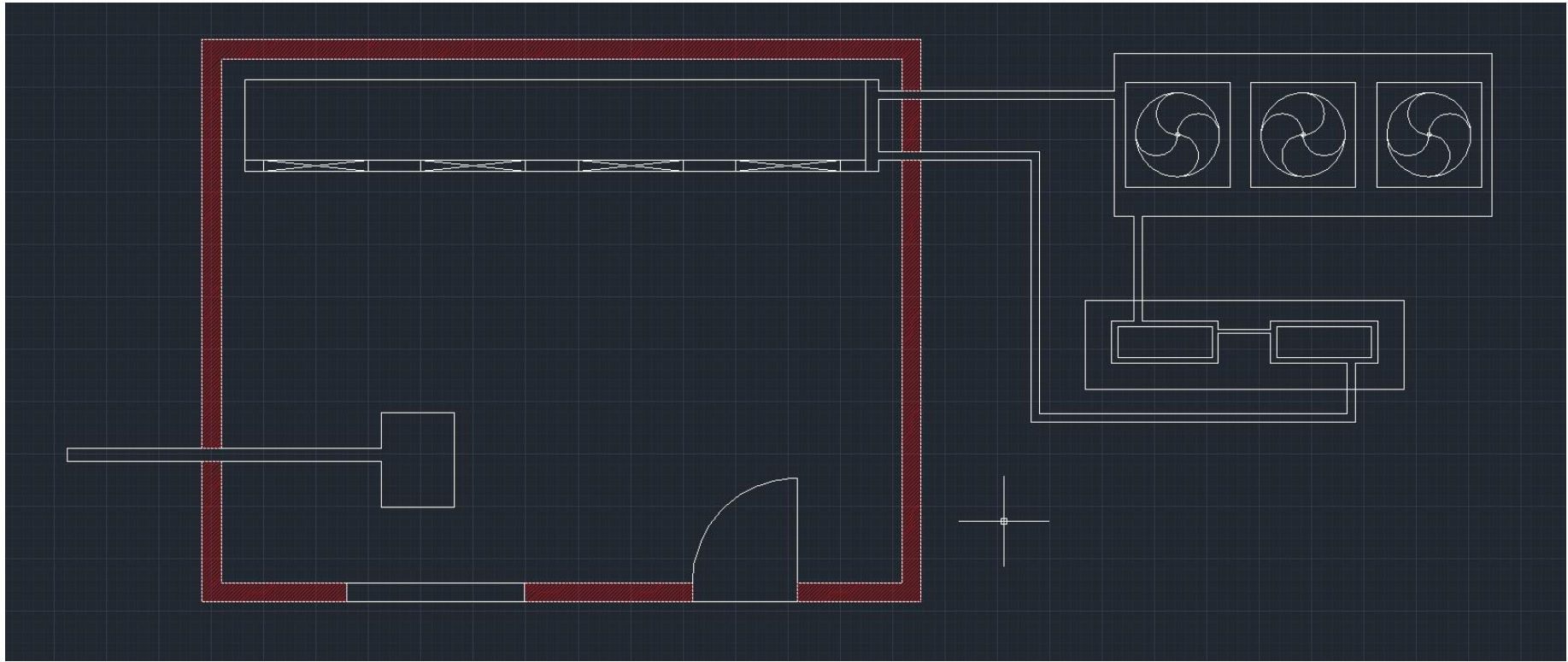
**t<sub>s</sub>** και **t<sub>a</sub>**: είναι οι θερμοκρασίες καυσαερίων και λειτουργίας θαλάμου

# Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, το συνολικό κόστος και ο χρόνος κατασκευής του έργου.

	1 <sup>η</sup> κατηγορία	2 <sup>η</sup> κατηγορία	3 <sup>η</sup> κατηγορία
Ισχύς κινητήρα	<b>100 KW</b>	<b>130 KW</b>	<b>160 KW</b>
Θερμικές απώλειες	<b>62 KW</b>	<b>74 KW</b>	<b>86KW</b>
Συμπιεστής	<b>Bitzer HSN6451-40</b>	<b>Bitzer HSN6461-50</b>	<b>Bitzer HSN7451-60</b>
Συμπυκνωτής	<b><i>Refteco RCVS 0802 B6D</i></b>	<b><i>Refteco RCVS 0802 C6D</i></b>	<b><i>Refteco RCVS 0803 B6D</i></b>
Ατμοποιητής	<b><i>Refteco REIL 0634 F10E4D</i></b>	<b><i>Refteco REIL 0634 G10E4D</i></b>	<b><i>Refteco REIL 0635 G10E4D</i></b>
Ψυκτικό μέσο	<b>R 404A</b>	<b>R 404A</b>	<b>R 404A</b>
Κόστος	<b>75.000 €</b>	<b>86.000 €</b>	<b>95.000 €</b>
Χρόνος κατασκευής	<b>1 μήνας</b>	<b>1 μήνας</b>	<b>1 μήνας</b>

# Σκαρίφημα κάτοψης θαλάμου





# Συμπιεστές

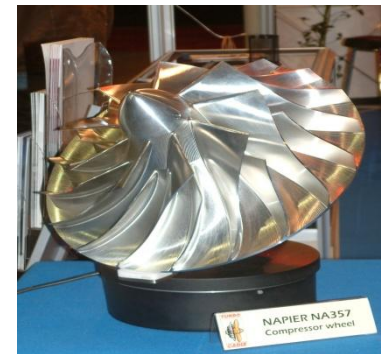
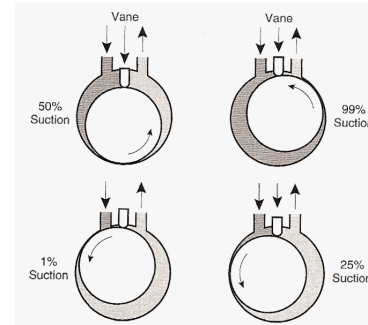
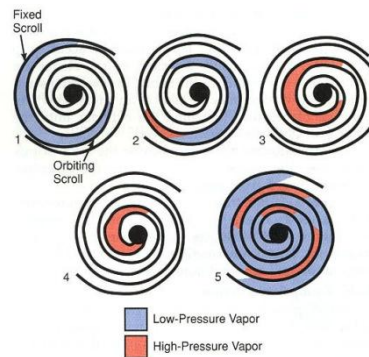
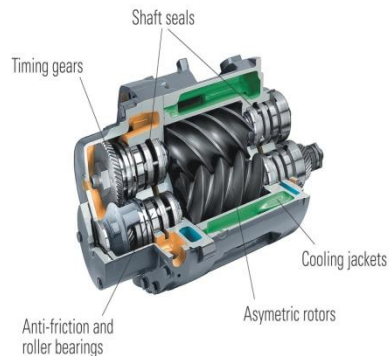
- Συμπιεστής, αεροσυμπιεστής ή κομπρεσέρ είναι μηχανή που συγκεντρώνει σε ένα κλειστό χώρο ένα αέριο αυξάνοντας μέσα εκεί την πίεση και την πυκνότητα του.
- Ο συμπιεστής αποτελεί την “καρδιά” του ψυκτικού κυκλώματος. Οι συμπιεστές που κατασκευάζονται χωρίζονται σε τρεις τύπους και κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την αρχή λειτουργίας του.

# Τύποι συμπιεστών

- **Ανοικτού τύπου:** Ο συμπιεστής του οποίου ο στροφαλοφόρος άξονας εκτείνεται δια μέσου του κελύφους του, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να συνδεθεί μέσω ελαστικού συνδέσμου (κόμπλερ) ή σύστημα τροχαλιών και μάντων με τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα.
- **Ερμητικά κλειστού τύπου:** Το ζεύγος ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή που τοποθετείται εντός κοινού κελύφους
- **Ημιερμητικά κλειστού τύπου:** Ο ερμητικά κλειστός συμπιεστής μεγάλου μεγέθους και ισχύος που μας δίνετε η δυνατότητα έλεγχου των μηχανικών μερών του.

# Κατηγορίες συμπιεστών ανάλογα με την αρχή λειτουργίας

- Παλινδρομικοί
- Περιστροφικοί ή σπειροειδείς
- Φυγοκεντρικοί
- Ελικόμορφοι ή ελικοειδείς ή κοχλιωτοί
- Περιστροφικού τυμπάνου



# Λίπανση συμπιεστών

- Κάθε διάταξη που αποτελείται από ένα σύνολο κινούμενων μερών και τριβόμενων επιφανειών ή έχει την ανάγκη στεγανοποίησης είναι απαραίτητη η χρήση λιπαντικού μέσου. Το ίδιο ισχύει και στους συμπιεστές όπου είναι απαραίτητη η χρήση ψυκτελαίου.
- Ιδιότητες του ψυκτελαίου:
  - Η χημική σταθερότητα:** Η διατήρηση των ιδιοτήτων του για μεγάλο χρονικό διάστημα.
  - Το σημείο ροής:** Η χαμηλότερη θερμοκρασία ροής του ψυκτελαίου.
  - Το σημείο διαχωρισμού παραφίνης:** Η θερμοκρασία όπου το ψυκτέλαιο διαχωρίζεται από την παραφίνη και γίνεται λευκό.
  - Η διηλεκτρική σταθερά:** Είναι η ιδιότητα που απαιτείται να έχει το ψυκτέλαιο ώστε το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από ένα κενό μήκους 1/10 in.
  - Το ιξώδες:** Μετριέται σε βαθμούς CST ή σε βαθμούς SSU, οι όποιοι εκφράζουν τον χρόνο που απαιτείται για την εκροή ποσότητας ψυκτελαίου από τυποποιημένο δοχείο υπό καθορισμένες συνθήκες.

# Συμπυκνωτές

- Αποτελεί το δεύτερο κατά σειρά τμήμα του ψυκτικού κύκλου.
- Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας μέσω του οποίου η εγκατάσταση απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον.

# Κατηγορίες συμπυκνωτών

Οι συμπυκνωτές χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο απαγωγής της θερμότητας:

- **Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές:** Η θερμότητα ατμοποίησης του ψυκτικού υγρού αποβάλλεται από το νερό ψύξεως.
  - Συμπυκνωτές κελύφους-αυλών
  - Συμπυκνωτές κελύφους-σπείρας
  - Ομοαξονικών σωλήνων
- **Αερόψυκτοι συμπυκνωτές:** Η θερμότητα ατμοποίησης του ψυκτικού υγρού αποβάλλεται από την ροή του αέρα.
  - Φυσικής κυκλοφορίας
  - Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας
- **Εξατμιστηκοί συμπυκνωτές:** Η απαγωγή θερμότητας γίνεται από την εξάτμιση νερού.

# Ατμοποιητές

- Είναι το τρίτο κατά σειρά στοιχείο του ψυκτικού κύκλου και το μοναδικό που βρίσκεται μέσα στον χώρο ψύξης.
- Ατμοποιητής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, μέσα στον οποίο πραγματοποιείται σε χαμηλή πίεση η μετατροπή της υγρής φάσης του ψυκτικού μέσου σε αέρια.

# Κατηγορίες ατμοποιητών

Οι ατμοποιητές κατηγοριοποιούνται ως προς το μέσο ψύξης σε:

- **Ατμοποιητές ψύξεως αέρα** είναι ατμοποιητές άμεσης ψύξης καθώς απάγει θερμότητα κατευθείαν από τον χώρο ψύξης.
- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρού** είναι ατμοποιητές έμμεσης ψύξης καθώς απάγει θερμότητα από ένα δευτερεύον ψυκτικό μέσο (άλμη, προπυλενό-γλυκόλη, αιθυλενο-γλυκόλη) και το δευτερεύον ψυκτικό μέσο απάγει την θερμότητα από τον χώρο ψύξης.



# Ατμοποιητές ψύξεως αέρα

Οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την κυκλοφορία του αέρα:

- **Ατμοποιητές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας** όπου η κυκλοφορία του αέρα βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας του ψυχρού από το θερμό αέρα.
- **Ατμοποιητές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** που επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα καθώς η μετάδοση θερμότητας αυξάνει, με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα.

# Ατμοποιητές ψύξεως υγρού

Οι ατμοποιητές ψύξεως υγρών ή chiller κατασκευάζονται σε διάφορα σχέδια ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Το υγρό που ψύχεται, μπορεί να είναι νερό για εγκαταστάσεις κλιματισμού, άλμη για εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξεως ή κάποιο άλλο υγρό για βιομηχανικές εφαρμογές και εφαρμογές παραγωγής τροφίμων.

Οι πιο συνηθισμένες μορφές που συναντάμε είναι:

- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με ομοαξονικούς αγωγούς**
- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με δοχείο αναδεύσεως**
- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους – σπείρας**
- **Ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως, ψύξεως υγρών με καταιονισμό**
- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με πλάκες**
- **Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους – αυλών**

# Ψυκτικά μέσα

- **Ψυκτικά ρευστά** χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρευστά τα οποία μεταφέρουν την θερμότητα εκτός των ψυκτικών εγκαταστάσεων και συγκεκριμένα απορροφούν την θερμότητα από τον προς ψύξη χώρο και την αποβάλλουν στο περιβάλλον.
- **Κωδικοποίηση ψυκτικών μέσων** πέρα από την χημική τους ονομασία τα ψυκτικά μέσα φέρουν και κάποιο χαρακτηριστικό κωδικό που είναι και η εμπορική του ονομασία. Ο χαρακτηριστικός κωδικός προκύπτει από το γράμμα R (**Refrigerant**) και ενός προστιθέμενου αριθμού που παριστά την χημική σύνθεση του εκάστοτε μορίου.
- **Δευτερέων ψυκτικά ρευστά** χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρευστά τα οποία τους απάγεται η θερμότητα από το πρωτεύων ψυκτικό ρευστό και έπειτα εκείνα απάγουν την θερμότητα από τον χώρο ψύξης.

# Ψυκτικά ρευστά και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- «**Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ**» πολλά από τα ψυκτικά μέσα και κυρίως τα CFC's τόσο κατά το στάδιο της παραγωγής τους, όσο και κατά τα την χρήση τους απελευθερώνονται στο περιβάλλον σε μεγάλες ποσότητες και με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, οι χλωρό-φθοράνθρακες διασπώνται και απελευθερώνουν χλώριο. Το χλώριο αντιδρά με το όζον και το διασπά με αποτέλεσμα την καταστροφή του όζοντος προκαλώντας έτσι την λεγόμενη «**Τρύπα του Όζοντος**». Ο δείκτης που μας δείχνει την ικανότητα μιας ουσίας να καταστρέφει το όζον ονομάζεται **O.D.P.** (Ozone Depletion Potential = Δείκτης καταστροφής στιβάδας όζοντος) και εκφράζεται με το λόγο της επίδρασης της ουσίας στο όζον προς την επίδραση που έχει ίση μάζα του R11. Τα ψυκτικά μέσα τύπου HCFC παρουσιάζουν 95% μικρότερο δείκτη O.D.P. σε σχέση με τα τύπου CFC.

# Ψυκτικά ρευστά και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

- **«ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΕΙΟΥ»** Τα διάφορα ψυκτικά υγρά που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα αλλά κατά κύριο λόγο το διοξείδιο του άνθρακα πριν φθαρούν στην στρατόσφαιρα περνούν από τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας όπου και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απορροφούν και να κρατούν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης προς το διάστημα. Η θερμότητα αυτή που εγκλωβίζεται συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την δημιουργία του **«Φαινομένου του θερμοκηπίου»**. Ο δείκτης που χαρακτηρίζει την επιβάρυνση μιας ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ο **G.W.P.** (Global Warming Potential=Δείκτης Παγκόσμιας Θέρμανσης) και ορίζεται ως το μέγεθος συμβολής μιας χημικής ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για περίοδο 100 χρόνων συγκρινόμενη με αυτή ίσης μάζας CO<sub>2</sub> που έχει την τιμή 1.

# Συνήθη ψυκτικά ρευστά

- **R-134a** είναι ένα ψυκτικό ρευστό που άρχισε να παράγεται την δεκαετία του 90 καθώς έπρεπε να βρεθεί ένα ρευστό που να αντικαθιστά τα ακατάλληλα. Η ονομασία του είναι τετραφθορο-αιθάνιο, ο χημικός του τύπος  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$  και το κωδικό του χρώμα το γαλάζιο. Είναι ένα ασφαλές ψυκτικό ρευστό καθώς δεν είναι αναφλέξιμο, δεν εκρήγνυται και δεν είναι τοξικό. Δεν είναι διαβρωτικό και αυτό φαίνεται από το ότι δεν αντιδρά με τον χαλκό, τον ορείχαλκο, τον ανοξείδωτο χάλυβα και το αλουμίνιο. Επιπλέον δεν επηρεάζει το όζον καθώς δεν περιέχει Cl και τα αεροδυναμικά του χαρακτηριστικά ταιριάζουν με αυτά το R-12.
- **Ψυκτικά ρευστά οικογένεια υδρογονανθράκων** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ψυκτικά ρευστά που αποτελούνται από μόρια H και C με χημικό τύπο  $\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$ . Δεν είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους για παρουσιάζουν έναν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας καθώς είναι εξαιρετικά εύφλεκτα, εκρηκτικά και τοξικά. Τόσο κατά την χρήση όσο και κατά την αποθήκευση τους θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά τα μετρά ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων. Παρ' όλα αυτά η χρήση τους αρχίζει ξανά να αναπτύσσεται καθώς πολλά ψυκτικά ρευστά καταργούνται.  
Τα πιο ευρείας χρήσης είναι το R-600 (βουτάνιο), το R-600a (ισοβουτάνιο), το R-290 (προπάνιο)

# Συνήθη ψυκτικά ρευστά

- **R-717 (ΑΝΥΔΡΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑ)** Η άνυδρος αμμωνία είναι ένα από τα παλιότερα φυσικά ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή της ψύξης, χάρη στον καλό βαθμό απόδοσης και στο ότι δεν έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις (**ODP=0 και GWP=0**). Ο χημικός τύπος της είναι  $\text{NH}_3$  και το κωδικό της χρώμα είναι το λευκό. Η αμμωνία διαβρώνει το χαλκό και όλα τα κράματα του και στις εγκαταστάσεις αμμωνίας χρησιμοποιούν δίκτυα από χάλυβα ή σίδηρο. Το **R-717** είναι ένα άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική **δριμεία (τσουχτερή) οσμή**, έχει καθαρότητα από μόρια νερού 99,95% και για αυτό ονομάζεται και «άνυδρος αμμωνία». Είναι ένα μη ασφαλές ψυκτικό μέσο καθώς οι ατμοί της είναι **τοξικοί, διαβρωτικοί και αναφλέξιμοι** αλλά μόνο παρουσία φλόγας και μόνο σε ποσοστά 16% - 25% κ.ο. Η αμμωνία αντιδρά με το νερό και δημιουργεί ένα αλκαλικό διάλυμα που **προκαλεί σοβαρά εγκαύματα στο δέρμα και στους βλεννογόνους αδένες και ο θάνατος προκαλείται συνήθως από οίδημα στο λάρυγγα**. Σε περίπτωση διαρροής R-717, λόγω της χαρακτηριστικής οσμής, **γίνεται εύκολα αντιληπτή** σε συγκεντρώσεις  $3 \text{ mg/m}^3$ , μια τιμή αρκετά χαμηλότερη από τα  $1750 \text{ mg/m}^3$  συγκέντρωση που απειλεί την υγεία. Άλλοι μέθοδοι είναι η χρήση ηλεκτρονικού ανιχνευτή αλλά και η φλόγα θείου που θα δημιουργήσει λευκούς καπνούς.

# Παράρτημα

- Ακολουθεί παρουσίαση εικόνων ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού



Σας ευχαριστώ για την παρουσία σας και για τον χρόνο σας.

Με εκτίμηση,  
Μητρούδας Κωνσταντίνος