



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

**+Θέμα: ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**



**Σπουδαστής :**

**ΑΪΛΑΜΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**Υπεύθυνος καθηγητής:**

**ΜΑΥΡΟΜΑΤΑΚΗΣ ΦΩΤΗΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2017**

## Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 3  |
| 2. ΕΙΔΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ .....   | 4  |
| 2.1 ΑΜΜΕΣΗΣ-ΕΜΜΕΣΗΣ Ή ΗΜΙΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ.....                                       | 5  |
| 2.1.1 Εναλλάκτες άμεσης επαφής.....   | 5  |
| 2.1.2 Εναλλάκτες έμμεσης επαφής.....  | 5  |
| 2.1.3 Εναλλάκτες ημιάμεσης μετάδοσης.....   | 6  |
| 2.2 ΡΟΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ .....  | 6  |
| 2.2.1 Ομορορής / Αντιρορής .....  | 6  |
| 2.2.2 Σταυρωτής ροής .....  | 7  |
| 2.2.3 Μικτής ροής.....  | 7  |
| 2.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ .....                                    | 8  |
| 2.3.1 Ομοκεντρικοί κυκλικής διατομής.....   | 8  |
| 2.3.2 Εναλλάκτες κελύφους .....   | 9  |
| 2.3.3 Πλακοειδείς εναλλάκτες .....  | 11 |
| 2.3.4 Σπειροειδείς εναλλάκτες.....  | 13 |
| 2.3.5 Συμπαγείς ή μη συμπαγείς εναλλάκτες .....                                   | 14 |
| 2.3.6 Ειδικοί τύποι εναλλακτών .....  | 15 |
| 2.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....  | 16 |
| 3. ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ .....            | 19 |
| 3.1 Εναλλάκτες αέρα / αέρα .....  | 19 |
| 3.2 Εναλλάκτες νερού / αέρα.....  | 20 |
| 3.3 Εναλλάκτες νερού / νερού .....  | 22 |
| 4. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ .....                           | 23 |
| 5. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ.....  | 25 |
| 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ .....   | 28 |
| 7. ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ .....  | 29 |
| 8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ .....  | 36 |
| 8.1 Ασκήσεις πάνω σε διάφορα είδη εναλλακτών.....                                 | 36 |
| 8.2 Παραδείγματα επιλογής εναλλάκτη σε κατοικία και ξενοδοχειακό συγκρότημα ..... | 45 |
| 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....   | 52 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ.....                                  | 53 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....  | 79 |

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθεί το θέμα των εναλλακτών θερμότητας. Ποια είδη υπάρχουν και οι διάφορες λειτουργίες τους.

Σε πολλές εγκαταστάσεις απαιτείται η μετάδοση θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών. Οι διεργασίες αυτές πραγματοποιούνται σε συσκευές που ονομάζονται εναλλάκτες θερμότητας. Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών βασίζεται στη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στα δυο ρευστά. Υπάρχει μεταφερόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας από το ρευστό υψηλής θερμοκρασίας προς το ρευστό χαμηλής. Η θερμότητα μεταφέρετε από το ζεστό ρευστό στο τοίχωμα μέσω συναγωγής, διαμέσου του τοιχώματος με αγωγή και από το τοίχωμα στο ψυχρό ρευστό και πάλι μέσω συναγωγής. Οι επιδράσεις της μεταφοράς με ακτινοβολία συμπεριλαμβάνονται συνήθως στους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή.

Οι εναλλάκτες συναντώνται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, σε κύκλους παραγωγής ισχύος, σε συσκευές ανάκτησης θερμότητας, σε χημικές διεργασίες και όπου αλλού χρειαζόμαστε εναλλαγή θερμότητας. Πολλοί εναλλάκτες θερμότητας μοιάζουν στο εξωτερικό. Η διαφορά είναι στο εσωτερικό τους, στις λεπτομέρειες του σχεδιασμού και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σφράγισης. Σημαντικό σημείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση ενός εναλλάκτη θερμότητας, είναι οι μορφές της πτυχώσεως εντός του εναλλάκτη. Πολλοί παράγοντες μπαίνουν στον σχεδιασμό, όπως η θερμική ανάλυση, το μέγεθος, το βάρος, η κατασκευαστική αντοχή, η πτώση πίεσης και το κόστος. Κατά την αξιολόγηση ενός εναλλάκτη θερμότητας, είναι πολύ σημαντικό όχι μόνο να διερευνήσει κανείς τα στοιχεία του προϊόντος που παρέχεται, αλλά και να αναλύσει το επίπεδο της έρευνας-ανάπτυξης που πραγματοποιούνται από τον κατασκευαστή, την εξυπηρέτηση μετά την τοποθέτηση σε λειτουργία και την διαθεσιμότητα ανταλλακτικών. Στους εναλλάκτες θερμότητας δεν καταναλώνεται άμεσα καύσιμο, η βέλτιστη όμως χρήση τους και η καλή λειτουργία τους επηρεάζει άμεσα την συνολική κατανάλωση του καυσίμου-ενέργειας, για παράδειγμα σε μια βιομηχανία.

Το πολύ αυξημένο ενδιαφέρον για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με τα οικονομικά κίνητρα που έδωσαν οι περισσότερες κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο, οδήγησε τις εταιρείες να αναπτύξουν τεχνολογίες αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της ενέργειας. Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη του παραπάνω στόχου έπαιξαν και συνεχίζουν να παίζουν οι εναλλάκτες θερμότητας.

## 2. ΕΙΔΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι εναλλάκτες θερμότητας χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας, τον τύπο της ροής και την κατασκευαστική τους διάταξη. Ακόμα στα βασικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν έναν εναλλάκτη περιλαμβάνονται τα εξής:

- Ο αριθμός περασμάτων στο κέλυφος και στους αυλούς: η γνώση των περασμάτων καθορίζει την ονομασία του εναλλάκτη, π.χ. εναλλάκτης 2-4 σημαίνει εναλλάκτης με δύο περάσματα στο κέλυφος και τέσσερα στους αυλούς.
- Το μήκος των αυλών, η διάμετρος και το πάχος των αυλών
- Η διάταξη των αυλών: υπάρχουν διάφοροι τρόποι διάταξης των αυλών π.χ. τριγωνική διάταξη, τετραγωνική διάταξη.
- Τα διαχωριστικά: με αυτά κατευθύνεται η ροή του κελύφους, έτσι ώστε να διασχίσει το ρευστό όσο το δυνατόν περισσότερες φορές τους αυλούς. Τα διαχωριστικά στηρίζουν τους αυλούς αφού έχουν οπές και οι αυλοί περνούν μέσα από αυτές.
- Η πτώση πίεσης: είναι ένα από τα προβλήματα λειτουργίας ενός εναλλάκτη. Οφείλεται στην απώλεια λόγω τριβής των ρευστών είτε στο κέλυφος, είτε στους αυλούς ή στα διαχωριστικά.
- Οι αρθρώσεις διαστολής: είναι αρθρώσεις που βρίσκονται στο κέλυφος και δίνουν μία επιπλέον δυνατότητα διαστολής του κελύφους. Χρησιμοποιούνται όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο ρευστών είναι μεγάλη, εμφανίζονται διαφορετικές διαστολές στο κέλυφος και στους αυλούς.

## 2.1 ΑΜΜΕΣΗΣ-ΕΜΜΕΣΗΣ Ή ΗΜΙΑΜΕΣΗΣ ΕΠΑΦΗΣ

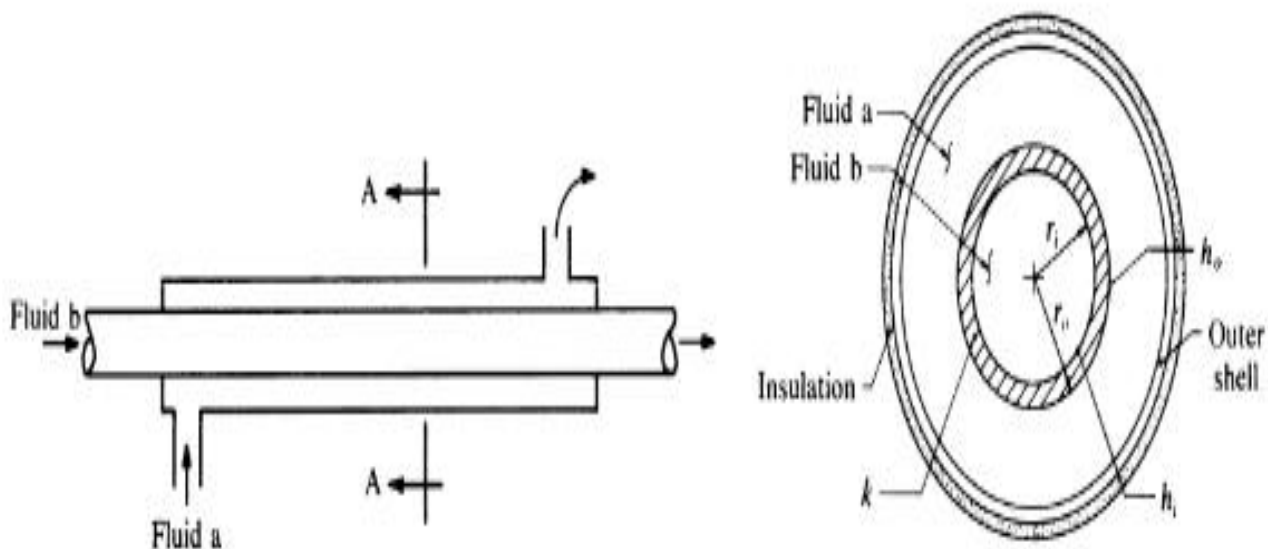
Ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας, οι εναλλάκτες θερμότητας διακρίνονται σε εναλλάκτες άμεσης, έμμεσης ή ημιάμεσης μετάδοσης.

### 2.1.1 Εναλλάκτες άμεσης επαφής

Στους εναλλάκτες άμεσης μετάδοσης, η θερμότητα μεταφέρεται από το θερμό ρευστό στο ψυχρό με άμεση επαφή ή ανάμιξη των δύο ρευστών. Οι πύργοι ψύξης του νερού των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαρακτηριστικό δείγμα αυτού του τύπου εναλλακτών.

### 2.1.2 Εναλλάκτες έμμεσης επαφής

Στους εναλλάκτες έμμεσης μετάδοσης, το θερμό και το ψυχρό ρευστό ρέουν ταυτόχρονα μέσα στον εναλλάκτη, διαχωρίζονται από ενδιάμεσα τοιχώματα μέσω των οποίων και γίνεται η μεταφορά θερμότητας. Η πλειοψηφία των εμπορικών εναλλακτών ανήκουν στην κατηγορία αυτή, γι' αυτό και σε τμήμα της βιβλιογραφίας αναφέρονται σαν εναλλάκτες κλασσικού τύπου. Οι ατμολέβητες, οι συμπυκνωτές, τα θερμαντικά σώματα είναι χαρακτηριστικά δείγματα εναλλακτών έμμεσης μετάδοσης. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας εναλλάκτης έμμεσης μετάδοσης.



### 2.1.3 Εναλλάκτες ημιάμεσης μετάδοσης

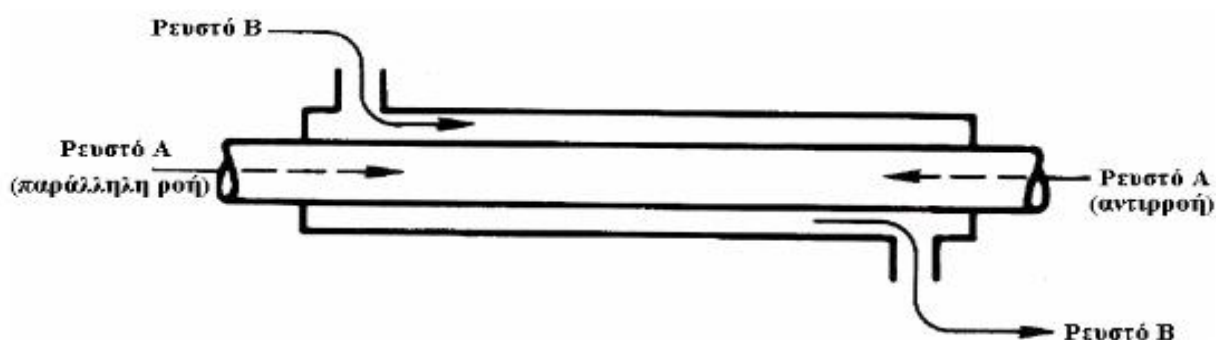
Οι εναλλάκτες ημιάμεσης μετάδοσης είναι διατάξεις στις οποίες η ίδια επιφάνεια θέρμανσης εκτίθεται διαδοχικά στο θερμό και το ψυχρό ρευστό. Η επιφάνεια αυτή απάγει και αποθηκεύει θερμότητα από το θερμό ρευστό όταν βρίσκεται σε επαφή μ' αυτό. Όταν στη συνέχεια διακοπεί η ροή του θερμού ρευστού και ακολουθήσει η ροή του ψυχρού, η επιφάνεια αποδίδει στο ψυχρό ρευστό την αποθηκευμένη θερμότητα. Οι εναλλάκτες αυτού του τύπου είναι γνωστοί σαν αναγεννητές. Οι προθερμαντές αέρα τύπου Ljungstrom είναι ένα χαρακτηριστικό δείγμα εναλλακτών ημιάμεσης μετάδοσης.

## 2.2 ΡΟΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ

Σχετικά τώρα με τη διάκριση των εναλλακτών ανάλογα με τον τύπο της ροής, οι εναλλάκτες χωρίζονται σε ομορροής /αντιρροής, σταυρορροής και μικτής ροής. Για την αποτελεσματικότερη λειτουργία τους οι εναλλάκτες θερμότητας, σχεδιάζονται έτσι ώστε να μεγιστοποιείτε η επιφάνεια συναλλαγής των δύο ρευστών, ενώ ελαχιστοποιείτε η αντίσταση στη ροή του ρευστού μέσα στον εναλλάκτη. Για παράδειγμα μπορεί να δημιουργηθούν πάνω στα τοιχώματα μέσα στον εναλλάκτη αυλακώσεις ή περύγια.

### 2.2.1 Ομορροής / Αντιρροής

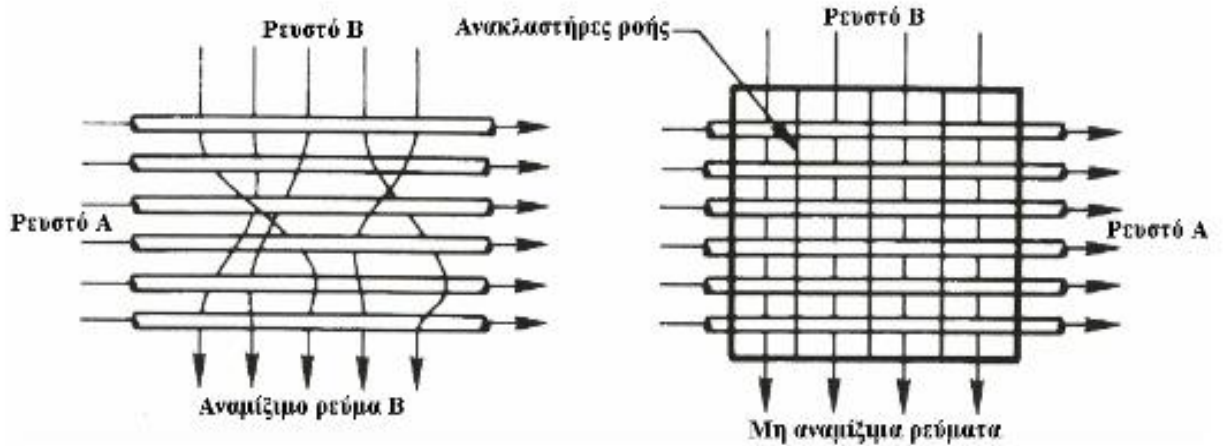
Αν και τα δυο ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση σε παράλληλη ροή, η διεργασία χαρακτηρίζεται ομορροή, ενώ αν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις χαρακτηρίζεται ως αντιρροή. Στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι οι εναλλάκτες αντιρροής παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα μεταφοράς θερμότητας. Αυτό συμβαίνει γιατί η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανά μονάδα μήκους του σωλήνα είναι μεγαλύτερη. Στην παρακάτω εικόνα έχουμε μια απλή μορφή εναλλάκτη και αποτελείται από δύο ομοαξονικούς σωλήνες.



Το ρευστό (Α) ανταλλάσσει θερμότητα με το ρευστό (Β) μέσω της επιφάνειας της ενδιάμεσης σωλήνας

### 2.2.2 Σταυρωτής ροής

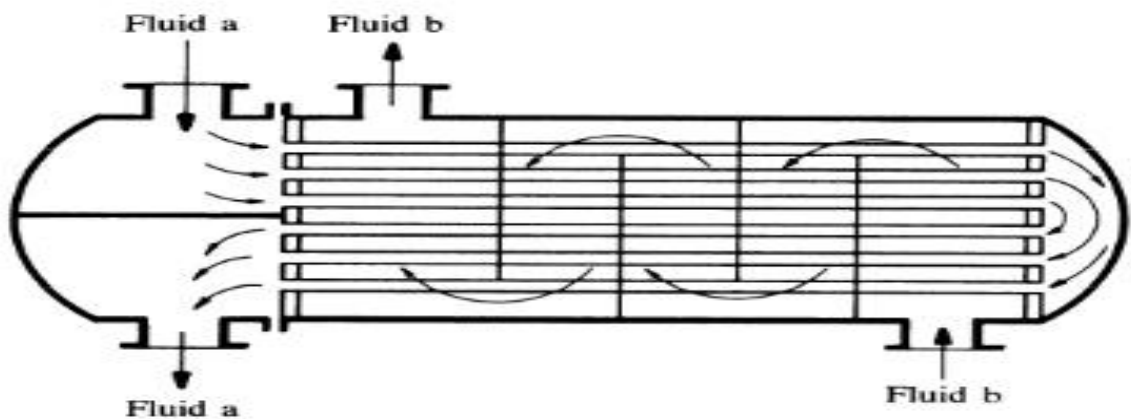
Έτσι ονομάζονται οι εναλλάκτες θερμότητας που η ροή του ενός ρευστού είναι κάθετη προς το επίπεδο ροής του δεύτερου ρευστού όπως στο παρακάτω σχήμα.



Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν το ρευστό Β είναι αέρας

### 2.2.3 Μικτής ροής

Έτσι ονομάζονται οι εναλλάκτες στους οποίους η ροή δεν είναι καθαρά ένα από τα παραπάνω είδη, αλλά συνδυασμός αυτών, όπως στον εναλλάκτη δέσμης σωλήνων με ανακλαστήρες. Στο ακόλουθο σχήμα η ροή είναι συνδυασμός ομορροής, αντιρροής και σταυρωτής ροής.



## **2.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ**

Ανάλογα με την κατασκευή τους οι εναλλάκτες διακρίνονται σε:

- 1) Ομοκεντρικούς κυκλικής διατομής
- 2) Εναλλάκτες κελύφους
- 3) Πλακοειδείς εναλλάκτες
- 4) Σπειροειδείς εναλλάκτες
- 5) Συμπαγείς ή μη συμπαγείς εναλλάκτες
- 6) Ειδικό τύποι εναλλακτών

Βασικοί τύποι εναλλακτών είναι οι πρώτοι τρεις. Οι συνδυασμοί ροών, τύπων κατασκευής είναι καθοριστικής σημασίας για τους συντελεστές συναγωγής και τις θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των ρευστών. Εν τέλει δηλαδή για τη θερμορροή που λαμβάνει χώρα στον εναλλάκτη. Η επιλογή των υλικών για την κατασκευή ενός εναλλάκτη είναι βασικό σημείο. Για τον καθορισμό τους πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διάφορες καταπονήσεις που δέχονται κατά τη λειτουργία τους, όπως μηχανικές, χημικές ή φυσικές.

### **2.3.1 Ομοκεντρικοί κυκλικής διατομής**

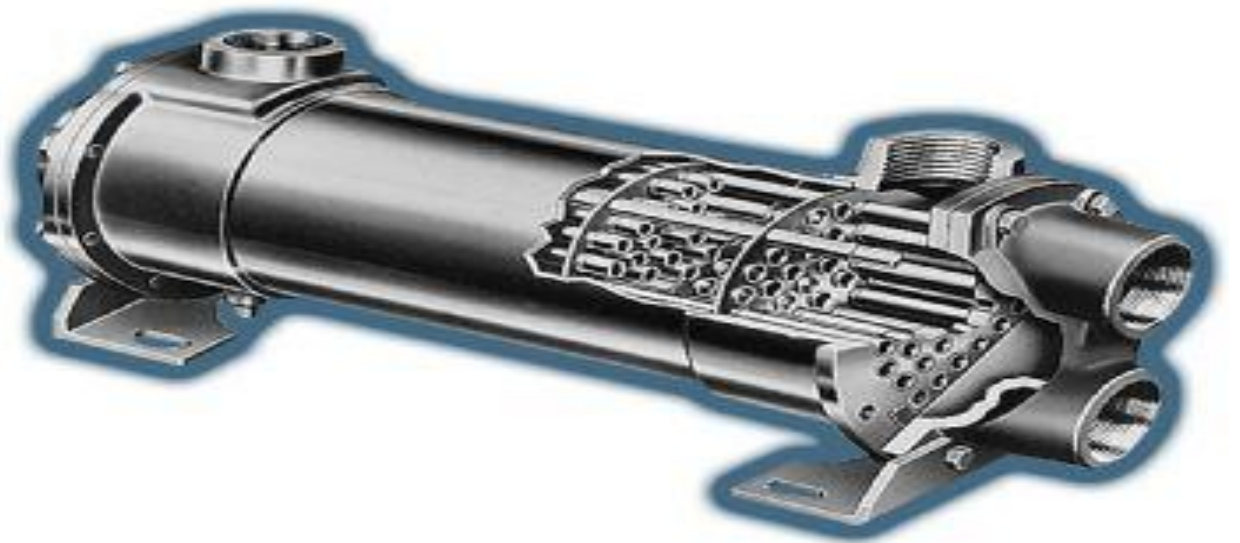
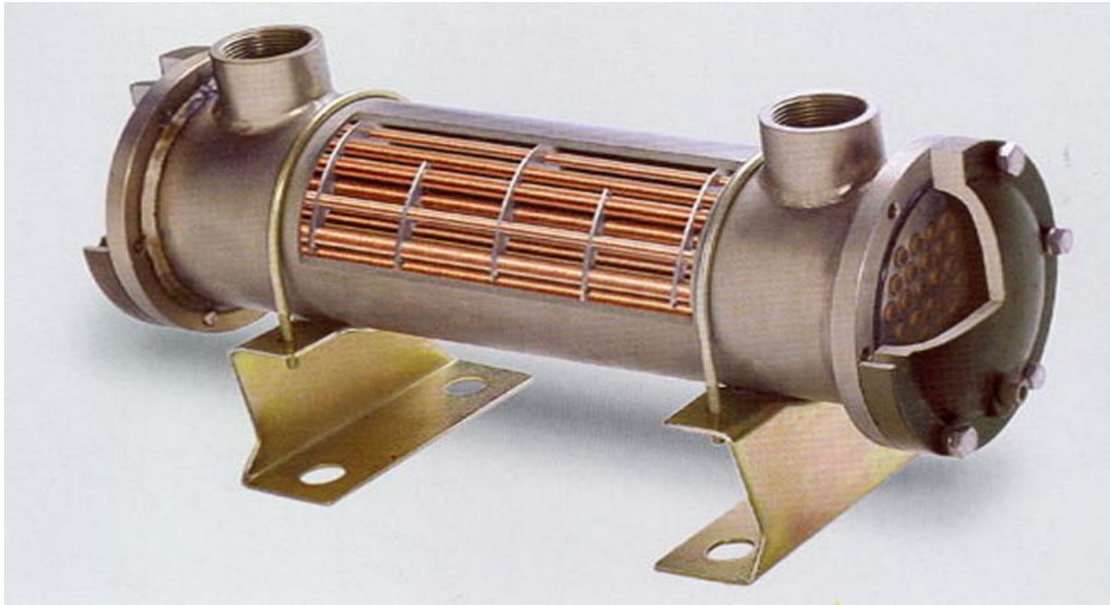
Ο απλούστερος εναλλάκτης αποτελείται από δύο ομοαξονικούς σωλήνες στους οποίους τα δύο ρευστά ρέουν προς την ίδια (ομορροής) ή αντίθετες διευθύνσεις (αντιρροής) όπως ανέφερα παραπάνω. Το ένα ρευστό ρέει διαμέσου του μικρότερου σωλήνα και το δεύτερο στο χώρο που παρεμβάλλεται μεταξύ των σωλήνων. Είναι οι απλούστεροι άρα οι πιο φθηνοί στην κατασκευή τους και στην συντήρησή τους. Χρησιμοποιούνται σε απλές διατάξεις - μικρές βιομηχανίες. Από την άλλη έχουν χαμηλή αποτελεσματικότητα και αν είναι μεγάλης κλίμακας καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο. Όπως καταλαβαίνουμε δεν χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες βιομηχανίες, όπου εκεί έχουμε κυρίως τους εναλλάκτες κελύφους και πλακοειδείς που θα δούμε παρακάτω. Παρακάτω βλέπουμε ένα ομοκεντρικό εναλλάκτη κυκλικής διατομής.





### 2.3.2 Εναλλάκτες κελύφους

Οι εναλλάκτες αυτοί είναι εναλλάκτες μικτής ροής που αποτελούνται από κέλυφος και δέσμη σωλήνων. Το ένα ρευστό κυκλοφορεί στο κέλυφος και το άλλο κυκλοφορεί ανάμεσα στους σωλήνες. Το ρευστό που κυκλοφορεί στο κέλυφος, αναγκάζεται να ακολουθήσει τεθλασμένη διαδρομή με την παρεμβολή μεταλλικών πλακών που του αλλάζουν τη διεύθυνση. Με τον τρόπο αυτόν η ροή είναι τυρβώδης, ώστε να πετυχαίνουμε καλύτερους συντελεστές μετάδοσης θερμότητας. Οι εναλλάκτες του τύπου αυτού διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των κελύφων (εξωτερικές διαδρομές) και των σωλήνων (εσωτερικές διαδρομές). Οι σωλήνες μπορεί να είναι ευθείες ή λυγισμένες σε σχήμα U και στους περισσότερους αφαιρούνται για να καθαρίζονται. Το υλικό κατασκευής τους πρέπει φυσικά να έχει καλή θερμική αγωγιμότητα και να είναι συμβατό με το υλικό του κελύφους. Αυτό γιατί κατά την λειτουργία έχουμε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, άρα αν δεν είναι συμβατά θα έχουμε γρηγορότερη διάβρωση τους. Συνήθως είναι μέταλλα όπως κράματα χαλκού ή χάλυβα, αλλιώς από άνθρακα. Είναι ευρέως διαδεδομένοι. Χρησιμοποιούνται σε διυλιστήρια πετρελαίου ή άλλων μεγάλων χημικών διεργασιών. Στη θέρμανση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού, τόσο σε νερό χρήσης (οπότε θα πρέπει να είναι ανοξείδωτοι ή να φέρουν εσωτερικά επιστρώσεις), όσο και σε πισίνες και όπου αλλού απαιτείται θέρμανση νερού. Μπορούν βέβαια να χρησιμοποιηθούν για την ψύξη παρεχόμενου αέρα. Αυτού του τύπου έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν βουλώνουν εύκολα, αντέχουν στις υψηλές πιέσεις και δεν απαιτούν συχνή συντήρηση. Έχουν όμως χαμηλότερες αποδόσεις από τους πλακοειδείς εναλλάκτες για τον ίδιο όγκο συσκευής. Απεικονίζονται παρακάτω

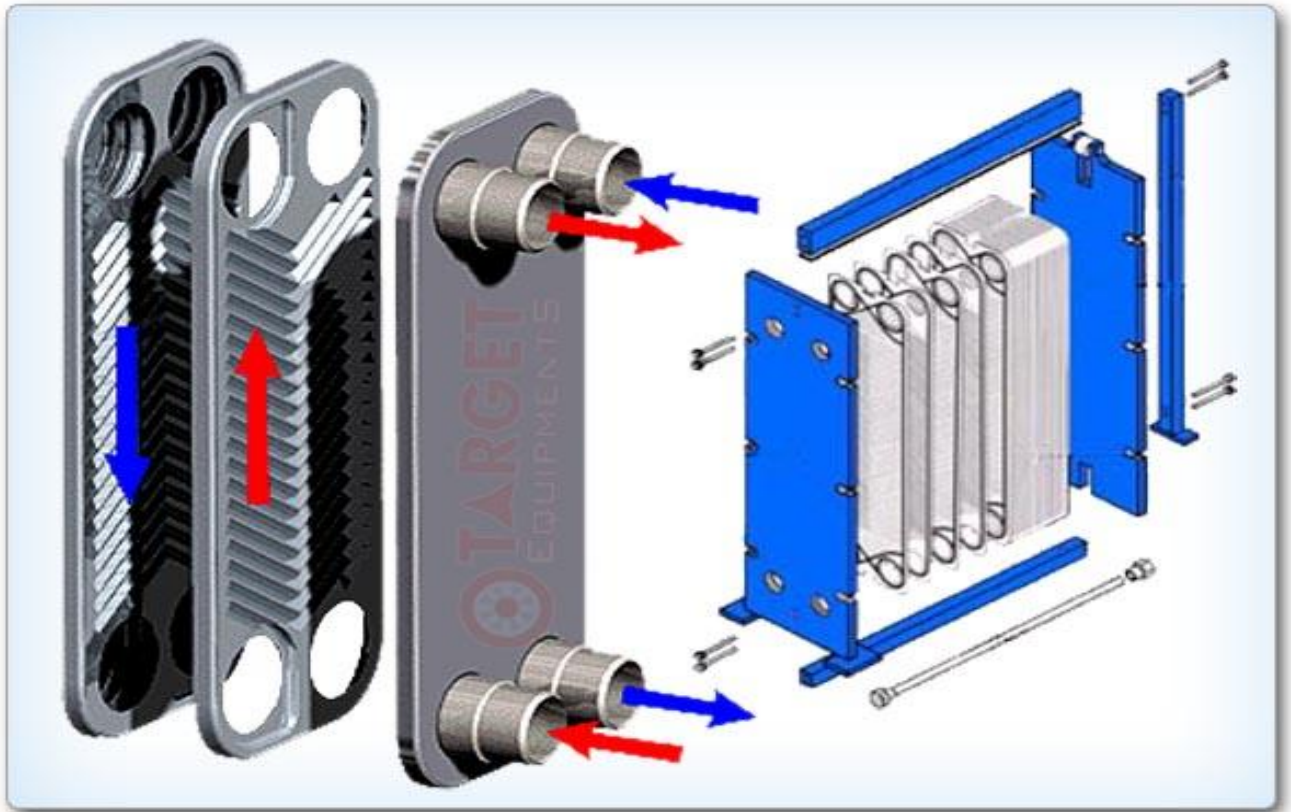


Οι εναλλάκτες κελύφους κατασκευάζονται και σε πολύ μεγάλα μεγέθη.



### 2.3.3 Πλακοειδείς

Οι πλακοειδείς εναλλάκτες είναι και αυτοί ευρέως διαδεδομένοι. Κατασκευάζονται από πολλές ανοξείδωτες λεπτές πλάκες που είναι μεταξύ τους ενωμένες με συγκόλληση ή σύσφιξη. Οι πλάκες έχουν μεγάλη επιφάνεια και υπάρχει ένα μικρό διάκενο μεταξύ τους. Είναι έτσι διαμορφωμένες, ώστε ανάμεσα σε κάθε στρώση να κυκλοφορεί το ένα από τα δύο ρευστά. Έτσι τα ρευστά που ανταλλάσσουν θερμοκρασία, καταλαμβάνουν τον χώρο μεταξύ πλακών εναλλάξ το ένα μετά το άλλο. Με την κατασκευή αυτή, η επιφάνεια εναλλαγής είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με το μέγεθος του εναλλάκτη, αφού τα δύο ρευστά ανταλλάσσουν ενέργεια σε όλες τις πλάκες ταυτόχρονα. Οι εναλλάκτες μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής των πλακών. Έχουν αυλακώσεις ή πτερύγια, άλλες είναι κυματοειδείς ή άλλου σχήματος, ώστε η ροή μέσα στα διάκενα να είναι τυρβώδης και να επιτυγχάνεται καλύτερη μετάδοση θερμότητας.



Στο εμπρόσθιο μέρος του εναλλάκτη υπάρχουν τέσσερα στόμια σύνδεσης. Αναλόγως του μεγέθους του εναλλάκτη, τα στόμια μπορεί να είναι βιδωτά ή φλαντζωτά. Τα στόμια κλείνουν κύκλωμα ανά ζευγάρι, πάνω - κάτω. Στο ένα κύκλωμα κυκλοφορεί το μέσο θέρμανσης (συνήθως νερό) και στο άλλο το θερμαινόμενο ρευστό.

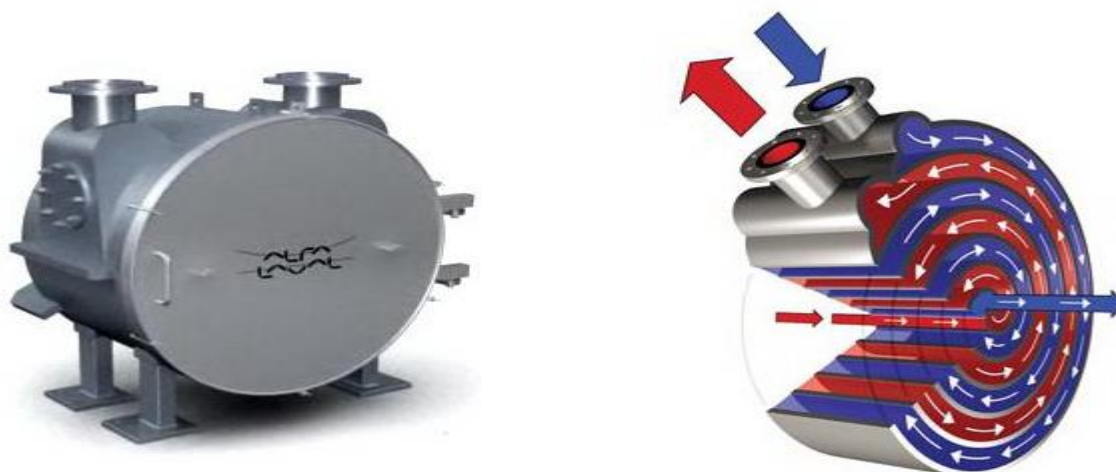


Τα πλεονεκτήματα των πλακοειδών εναλλακτών είναι η μεγάλη ισχύς σε σχέση με τον όγκο του εναλλάκτη, είναι μικρού μεγέθους εναλλάκτες. Λόγο της διάταξης τους είναι αποτελεσματικότεροι από τους δύο παραπάνω, καθώς και πέντε φορές περίπου ελαφρύτεροι. Έχουν άμεση παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θερμού ή ψυχρού υγρού. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν μεγαλύτερη περιοχή μεταφοράς θερμότητας. Έχουν δυνατότητα ακριβούς ελέγχου των θερμοκρασιών, μικρές απώλειες λόγω ακτινοβολίας, επομένως οικονομία. Αντέχουν υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις λειτουργίας, όχι όμως πάνω από 180°C και 16bar. Επίσης δεν πρέπει σε κανένα κύκλωμα η θερμοκρασία να είναι κατώτερη των 5°C, ιδίως όταν έχουμε υψηλές πιέσεις. Έχουν μικρότερη αντίσταση ακαθαρσιών σε σχέση με τους κλασσικούς εναλλάκτες, επομένως εύκολο καθαρισμό τους και δυνατότητα μεταβολής της επιφάνειας εκ των υστέρων με προσθήκη ή αφαίρεση πλακών. Οι πλακοειδείς εναλλάκτες έχουν πολύ καλές ιδιότητες τόσο ως εξατμιστήρες όσο και ως συμπυκνωτές. Στα μειονεκτήματα τους μπορεί να αναφέρει κανείς το υψηλό κόστος και την συχνή συντήρηση, διότι οι πλακοειδείς εναλλάκτες είναι ευαίσθητοι σε κακής ποιότητας νερό. Στην περίπτωση αυτή τα αυλάκια φράζουν επειδή είναι στενά και καθαρίζονται δύσκολα. Στη θέρμανση οι πλακοειδείς χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, στη θέρμανση πισίνας, και όπου απαιτείται διαχωρισμός πρωτεύοντος / δευτερεύοντος. Χρησιμοποιούνται ακόμα στη βιομηχανία τροφίμων και τη χημική βιομηχανία τόσο για τη θέρμανση όσο και για την ψύξη ρευστών.

#### **2.3.4 Σπειροειδείς εναλλάκτες**

Είναι γενικά μικρότεροι από τα άλλα είδη. Τα ρευστά ρέουν σε σπειροειδείς επιφάνειες, οι οποίες διαχωρίζονται από υπερυψωμένες προεξοχές και σφραγίζονται με δύο πλάκες άκρων. Τα κανάλια έχουν μια μικρή απόσταση μεταξύ τους, που διατηρείτε με καρφιά spacer και συγκολλούνται πριν από την έλλαση. Λόγο της ελικοειδούς τους μορφής, τα κανάλια έχουν μεγάλη διαδρομή, άρα υπάρχει καλή απόδοση και σε μικρού μεγέθους εναλλάκτες. Αν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερου μεγέθους, θα έχουμε χαμηλότερη πτώση πίεσης, υψηλότερη θερμική απόδοση και λιγότερη κατανάλωση ενέργειας φυσικά. Με την χαμηλή πτώση πίεσης έχουμε μικρή ρύπανση από ακαθαρσίες στα τοιχώματα. Αυτό συμβαίνει γιατί με την ελικοειδή μορφή, προκαλείται αύξηση της ταχύτητας του ρευστού και έτσι μειώνεται η αντίσταση στην επιφάνεια της διαδρομής, ώστε να έχουμε επικαθήσεις. Οπότε καθαρίζονται απλά με νερό υπό πίεση. Τα εσωτερικά τοιχώματα που εναλλάσσουν την θερμότητα έχουν συχνά μεγάλη διατομή, πράγμα που καθιστά τους σπειροειδείς εναλλάκτες πολύ ισχυρούς και είναι σε θέση να αντέξουν για μεγάλο διάστημα σε απαιτητικά περιβάλλοντα. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ροών. Στην πρώτη έχουμε αντιροή, συνήθως τα ρευστά είναι υγρό με υγρό με στόχο την συμπύκνωση ή εφαρμογές ψύξης αερίου. Η μονάδα είναι συνήθως κάθετα τοποθετημένη κατά την συμπύκνωση υδρατμών και οριζόντια για το χειρισμό υψηλών συγκεντρώσεων στερεών. Άλλος τύπος είναι όταν το ένα ρευστό είναι σε σπειροειδή διαδρομή και το άλλο σε εγκάρσια. Οι σπειροειδείς διαδρομές συγκολλούνται σε κάθε πλευρά γι' αυτόν τον τύπο εναλλάκτη. Αυτός ο τύπος ροής είναι κατάλληλος για το χειρισμό αερίου χαμηλής πυκνότητας, το οποίο περνά μέσα από την εγκάρσια διαδρομή, αποφεύγοντας την απώλεια πίεσης.

Χρησιμοποιείτε και υγρό με υγρό, όμως το ένα θα πρέπει να έχει σημαντικά μεγαλύτερο ρυθμό ροής. Ο τύπος αυτός είναι σαν έναν συμπυκνωτή. Είναι σχεδιασμένος για να καλύψει την υπόψηξη συμπυκνωμάτων, όπου το ψυκτικό κινείται μέσα σε μια σπείρα. Οι σπειροειδής εναλλάκτες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως η παστερίωση, σε ανάκτηση θερμότητας και σε προθερμάνσεις. Παρακάτω απεικονίζεται ένας σπειροειδής εναλλάκτης καθώς και η κυκλοφορία των ρευστών μέσα του.



### 2.3.5 Συμπαγείς ή μη συμπαγείς εναλλάκτες

Ανάλογα με την πυκνότητα των κατασκευαστικών στοιχείων οι εναλλάκτες αυτοί διαχωρίζονται σε συμπαγείς και μη συμπαγείς. Οι συμπαγείς εναλλάκτες έχουν λεπτά περάσματα του ρευστού και απέξω διαμορφωμένα κυματιστά πτερύγια για την αύξηση της επιφάνειας, άρα αποτελεσματικότερη θερμοεναλλαγή. Η ροή είναι εγκάρσια και αντίθετη. Κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου, επομένως έχουμε υψηλή αποδοτικότητα μεταφοράς θερμότητας, χαμηλό βάρος και το σύστημα δουλεύει σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Όμως μπορούν να σπάσουν-τρυπήσουν εύκολα και να φράξουν αν δεν είναι καλή η ποιότητα του ρευστού που κυκλοφορεί μέσα, μετά καθαρίζονται δύσκολα τα περάσματα. Παρουσιάζουν υψηλές τιμές του λόγου της επιφάνειας θερμοεναλλαγής προς τον όγκο τους, εξ'ορισμού ο λόγος αυτός (πυκνότητας-επιφάνειας) λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες από  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Ο λόγος αυτός όμως αναφέρεται στην πλευρά του αέριου μέρους ενός εναλλάκτη, οπότε ως συμπαγείς εναλλάκτες γενικότερα, ορίζονται οι παρακάτω:

- Εναλλάκτες υγρού – υγρού: Πυκνότητα επιφάνειας  $> 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Εναλλάκτες αερίου – υγρού: Πυκνότητα επιφάνειας  $> 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Εναλλάκτες στρωτής ροής: Πυκνότητα επιφάνειας  $> 3,000 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Μικροεναλλάκτες: Πυκνότητα επιφάνειας  $> 10,000 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές με αυστηρούς περιορισμούς βάρους και όγκου, διότι επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών σε έναν μικρό όγκο. Οι συμβατικοί σωληνωτοί εναλλάκτες κελύφους με σωλήνες διαμέτρου 19 mm, που έχουν πυκνότητα επιφάνειας μεγαλύτερη από  $100 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ , χαρακτηρίζονται επίσης ως συμπαγείς. Οι συμπαγείς εναλλάκτες λόγω της μεγάλης επιφάνειας θερμοεναλλαγής που παρουσιάζουν, χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ αερίων ή γενικά μεταξύ ρευστών με μικρό συντελεστή συναγωγής. Τέτοιοι εναλλάκτες είναι τα ψυγεία των αυτοκινήτων, οι υαλοκεραμικοί αεροστροβιλικοί εναλλάκτες και ο αναγεννητήρας μιας μηχανής Stirling.



Συμπαγείς εναλλάκτες-ψυγεία αυτοκινήτων

### 2.3.6 Ειδικοί τύποι εναλλακτών

Ανάλογα με τη φύση της εκάστοτε εφαρμογής, χρησιμοποιούνται και άλλου είδους εναλλάκτες όπως οι εναλλάκτες προεκτεταμένης επιφάνειας με πτερύγια. Τα πτερύγια αυξάνουν την επιφάνεια συναλλαγής από την πλευρά του αέρα, επομένως το συντελεστή συναγωγής. Οι συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται όταν επιδιώκεται η μεταφορά αερίου, μερικά ή ολικά σε υγρό. Η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα είτε στο κέλυφος είτε στους αυλούς.

Οι αναβραστήρες χρησιμοποιούνται για την εξάτμιση των υγρών και τη μετατροπή τους, μερικά ή ολικά σε αέρια. Διακρίνονται σε: α) αναβραστήρες που λειτουργούν με φυσική ροή και β) θερμοσίφωνες που λειτουργούν με φυσική ή με εξαναγκασμένη ροή. Οι θερμοσίφωνες διακρίνονται σε κάθετους (η εξάτμιση γίνεται στους αυλούς) και οριζόντιους (η εξάτμιση γίνεται στο κέλυφος).

Υπάρχουν εναλλάκτες που εντοπίζονται στην καθημερινότητα όπως τα κλιματιστικά ή οι λέβητες. Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης χρησιμοποιούνται πολύ οι εναλλάκτες θερμότητας κάθε είδους, για την μετάδοση της ενέργειας από την πηγή στις καταναλώσεις. Τα θερμαντικά σώματα είναι εναλλάκτες θερμότητας αέρα / νερού. Τα στοιχεία των fancoils, είναι εναλλάκτες αέρα / νερού. Το δάπεδο μιας ενδοδαπέδιας θέρμανσης, είναι στην ουσία ένας μεγάλος εναλλάκτης θερμότητας αέρα / νερού.

Ακόμα άλλη μια ειδική μορφή εναλλάκτη θερμότητας, που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση θερμότητας στη βιομηχανία και τη θέρμανση χώρων, είναι ο θερμικός τροχός (heatwheel). Ο θερμικός τροχός, γνωστός και ως περιστροφικός εναλλάκτης, χρησιμοποιείται όταν τα θερμικά ρευστά είναι αέρια. Αποτελείται από ένα δίσκο, περατό στη ροή των αερίων, που κατασκευάζεται από υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Ο δίσκος περιστρέφεται μεταξύ δύο γειτονικών αγωγών, από τους οποίους διέρχονται δύο ρεύματα αερίων διαφορετικής θερμοκρασίας. Ο άξονας περιστροφής του δίσκου είναι παράλληλος με τη ροή των ρευστών και βρίσκεται στην επιφάνεια επαφής των δύο αγωγών. Καθώς ο δίσκος περιστρέφεται, αισθητή και πιθανόν λανθάνουσα θερμότητα μεταφέρεται μέσω αυτού από το θερμό αέριο στο ψυχρό. Η συνολική απόδοση μεταφοράς θερμότητας στους θερμικούς τροχούς μπορεί να ανέλθει στο 85%. Η διάμετρός τους κυμαίνεται από 1,5 μέχρι 22 μέτρα και οι παροχές των αερίων μπορούν να φθάσουν μέχρι και τα 68.000 m<sup>3</sup>/h. Το υλικό κατασκευής των θερμικών τροχών είναι συνήθως ατσάλι ή αλουμίνιο, ενώ για εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών (της τάξης των 900°C ) κατασκευάζονται από κεραμικά υλικά. Είναι δυνατόν το υλικό κατασκευής των τροχών να είναι υγροσκοπικό, ώστε να γίνεται παράλληλα και ανάκτηση υγρασίας. Ως μειονέκτημα του θερμικού τροχού θεωρείται η πιθανότητα ανάμιξης των δύο αερίων (θερμού και ψυχρού) που σε περιπτώσεις μπορεί να φθάσει σε μερικές ποσοστιαίες μονάδες.

## 2.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμότητα ( $Q$ ) ορίζεται ως το μέρος της ροής της ολικής ενέργειας στα όρια ενός συστήματος, προκαλείται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος ή μεταξύ δύο συστημάτων. Με τον όρο θερμότητα, απλοποιείται συχνά ο όρος μεταφορά θερμότητας ή ροή θερμότητας. Σύμφωνα με τον πρώτο Νόμο της Θερμοδυναμικής, η θερμότητα δεν δημιουργείται εκ του μηδενός, αλλά ούτε και καταστρέφεται, ωστόσο μπορεί να μεταφέρεται και να μετασχηματίζεται. Παρόλο που η θερμότητα και η θερμοκρασία συνδέονται στενά ως έννοιες, αξίζει να τονιστεί ότι η φύση τους είναι διαφορετική. Σε αντίθεση με τη θερμοκρασία που είναι βαθμωτό μέγεθος, η θερμότητα αποτελεί διανυσματική ποσότητα. Επομένως για την πλήρη περιγραφή της μεταφοράς θερμότητας, πρέπει να προσδιορίζεται το μέγεθος και η διεύθυνσή της. Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί από μία πηγή σε έναν δέκτη με τρεις κύριους μηχανισμούς. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι η αγωγή, η συναγωγή και η ακτινοβολία. Σε πολλές περιπτώσεις η θερμότητα μεταφέρεται με συνδυασμό δύο ή και των τριών από τους παραπάνω τρόπους.



## Μεταφορά Θερμότητας με Αγωγή

Στην αγωγή η θερμότητα μεταφέρεται από το ένα μόριο της ύλης στογχειτονικό του, χωρίς να συνοδεύεται από μακροσκοπική μετακίνηση του υλικού, ενώ συντελείται κυρίως σε στερεά και ακινητοποιημένα ρευστά.

Ο ρυθμός μεταφοράς με αγωγή μέσα από ένα σώμα εξαρτάται από τη γεωμετρία του, το πάχος του, το υλικό του και τη διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του σώματος. Η αγωγή περιγράφεται από το νόμο του Fourier:

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

Όπου:

k: η θερμική αγωγιμότητα του υλικού

A: το εμβαδόν επιφάνειας

T: η σημειακή θερμοκρασία του υλικού

x: το πάχος του υλικού

dT/dx : η θερμοκρασιακή κλίση, η οποία αποτελεί την κλίση της καμπύλης σε ένα διάγραμμα T-x

## Μεταφορά Θερμότητας με Συναγωγή

Η συναγωγή είναι ο κύριος μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας στα ρευστά, όπου η ύλη μπορεί να μετακινείται ελεύθερα. Επίσης ο μηχανισμός της συναγωγής χαρακτηρίζει τον τρόπο μεταφοράς θερμότητας μεταξύ ενός στερεού και ενός ρευστού που βρίσκεται σε κίνηση. Καθώς τα στοιχεία μάζας του ρευστού μετακινούνται από μία περιοχή σε μία άλλη, μεταφέρουν μαζί με τη μάζα τους και όλες τις υπόλοιπες ιδιότητές τους, όπως η ορμή και η θερμική τους ενέργεια. Υπάρχουν δύο ειδών προβλήματα αναφορικά με τη συναγωγή. Τα προβλήματα όπου η συναγωγή συντελείται με φυσικό τρόπο και αυτά στα οποία ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις, οπότε χαρακτηρίζεται ως εξαναγκασμένη συναγωγή. Η εξίσωση που περιγράφει τον ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας με συναγωγή, ο οποίος είναι ανάλογος με τη διαφορά θερμοκρασίας, εκφράζεται με το νόμο Ψύξης του Newton ως εξής:

$$q_{conv} = h(T_s - T_\infty) \quad (W/m^2) \quad \text{ή} \quad Q_{conv} = hA(T_s - T_\infty) \quad (W)$$

Όπου:

h: ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή σε  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

A: η επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας σε  $m^2$

T<sub>s</sub>: η θερμοκρασία της επιφάνειας σε  $^\circ C$ .

T<sub>∞</sub>: η θερμοκρασία του ρευστού αρκετά μακριά από την επιφάνεια σε  $^\circ C$ .

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή  $h$ , είναι ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μεταξύ μίας στερεάς επιφάνειας και ενός ρευστού ανά μονάδα εμβαδού και ανά μονάδα διαφοράς θερμοκρασίας.

### Μεταφορά Θερμότητας με Ακτινοβολία

Ακτινοβολία είναι η θερμότητα που εκπέμπει η ύλη υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Για να πραγματοποιηθεί η μεταφορά θερμότητας δεν απαιτείται η ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου. Η θερμότητα στην περίπτωση αυτή μεταφέρεται με την ταχύτητα του φωτός. Η ποσότητα της ενέργειας που εκπέμπει μια επιφάνεια με ακτινοβολία σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, εξαρτάται από το υλικό του σώματος, της κατάσταση της επιφάνειάς του, καθώς και από τη θερμοκρασία της επιφάνειας. Η εκπεμπόμενη θερμότητα ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα εμβαδού δίνεται από το νόμο του Stefan - Boltzmann:

$$q_{\mu} = \varepsilon \sigma T_s^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Όπου:

$\sigma$ : η σταθερά Stefan – Boltzmann ίση με  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$T_s$ : η απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας σε K

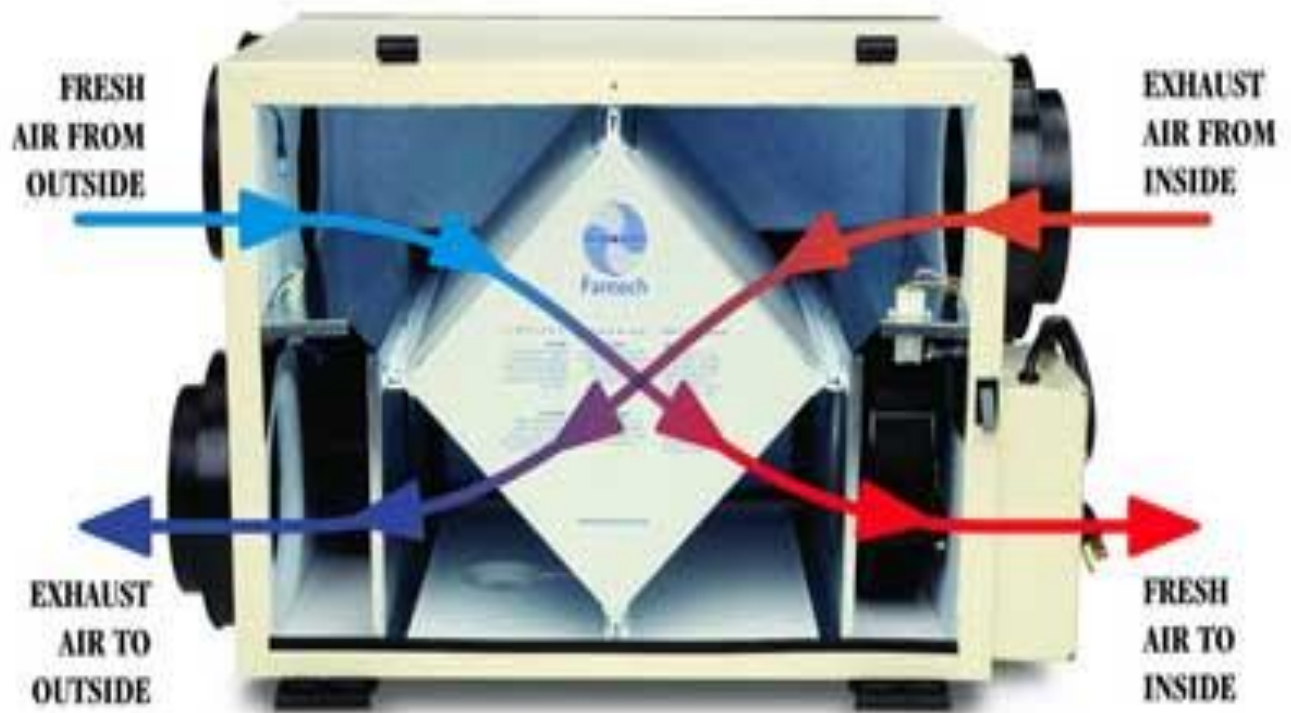
$\varepsilon$ : η ικανότητα εκπομπής της επιφάνειας με  $0 \leq \varepsilon \leq 1$  ( $\varepsilon=1$  για το μέλαν σώμα).

### **3. ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ**

Όπως ανάφερα στην εισαγωγή στους εναλλάκτες υπάρχουν δύο ρευστά που κάνουν την εναλλαγή θερμότητας που απαιτείτε. Αυτά τα ρευστά μπορεί να είναι σε διάφορες μορφές ανάλογα με το είδος του εναλλάκτη, το πόσο διαθέσιμα είναι στην κάθε περίπτωση και τι κόστος υπάρχει. Ανάλογα ακόμα με το συντελεστή θερμικής μεταφοράς που χρειαζόμαστε, τη σταθερότητα του ρευστού και την συμβατότητα του με τα υλικά κατά την επαφή ή παράμετροι ασφαλείας, υγείας και περιβάλλοντος. Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις είναι οι εναλλάκτες νερού-νερού, νερού-αέρα και αέρα-αέρα, στην συνέχεια υπάρχουν οι νερού-ελαίου, ατμού-κηροζίνης και ατμού-αέρα. Παρακάτω θα δούμε τις βασικές κατηγορίες και παραδείγματα αυτών με κάποιους εναλλάκτες για την καλύτερη κατανόηση τους.

#### **3.1 Εναλλάκτες αέρα / αέρα**

Εννοείτε ότι τα δύο ρευστά που ανταλλάσσουν θερμότητα είναι αέρια. Η πιο συχνή εφαρμογή τους είναι σε εγκαταστάσεις κλιματισμού-εξαερισμού, όπου ο αέρας που πετάμε (απαγωγή), διασταυρώνεται (χωρίς να ανακατεύεται) με τον αέρα προσαγωγής, και του προσδίδει θερμότητα πριν πεταχτεί στο περιβάλλον. Επιτυγχάνεται ανάκτηση μέρους της απορριπτόμενης ενέργειας, έτσι έχουμε εξοικονόμηση που μπορεί να φτάσει το 75%. Για την προθέρμανση αερίων στη βιομηχανία, το ένα αέριο βρίσκεται σε υψηλή πίεση και έχει μεγάλη πυκνότητα ενώ το άλλο βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και έχει χαμηλή πυκνότητα. Συνήθως το πρώτο ρέει στο εσωτερικό των αυλών. Προαιρετικά μπορούν να τοποθετηθούν ηλεκτρικές αντιστάσεις αέρος, ψυκτικά ή θερμαντικά στοιχεία, αισθητήριο ποιότητας αέρα, αντιπυρικά φίλτρα.

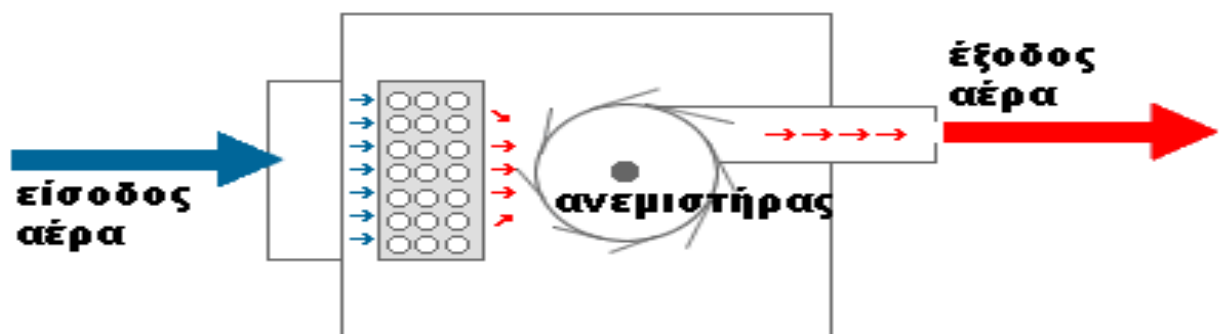


### 3.2 Εναλλάκτες νερού / αέρα

Τα ρευστά που ανταλλάσσουν ενέργεια είναι από τη μία πλευρά υγρό και από την άλλη αέριο. Η θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ τους σε μορφή σταγόνων, φιλμ ή σπρέι. Αυτού του τύπου οι εναλλάκτες χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό και την ύγρανση ενός χώρου, στην βιομηχανική παραγωγή ζεστού νερού ή ψύξη και στην συμπύκνωση.



Οι εναλλάκτες αυτού του τύπου ονομάζονται στοιχεία και ανάλογα με το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες, διαχωρίζονται σε στοιχεία νερού (όπου το νερό ανταλλάσει θερμότητα με τον αέρα όπως π.χ. στο ψυγείο του αυτοκινήτου), στοιχεία φρέον (όπου το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες είναι ψυκτικό υγρό όπως στα κλιματιστικά), στοιχεία λαδιού. Στις συνήθεις εφαρμογές, στην εξωτερική πλευρά των σωλήνων του εναλλάκτη ρέει ο αέρας κάθετα, με βεβιασμένη κυκλοφορία με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα ψύχοντας το υγρό μέσα σε αυτούς. Ο ανεμιστήρας μπορεί να είναι αξονικός (ψυγείο αυτοκινήτου) ή φυγοκεντρικός. Η συσκευή που αποτελείται από ανεμιστήρα και στοιχείο και επεξεργάζεται τον αέρα του χώρου, ονομάζεται fancoil.



Δεν είναι λάθος να αναφερόμαστε σε όλες τις συσκευές που αποτελούνται από ανεμιστήρα και στοιχείο με τον όρο fancoil, ακόμα και αν αναφερόμαστε στο ψυγείο αυτοκινήτου, αλλά έχει επικρατήσει η χρήση του όρου στον κλιματισμό, σε συσκευές που θερμαίνουν ή ψύχουν τον αέρα του χώρου.

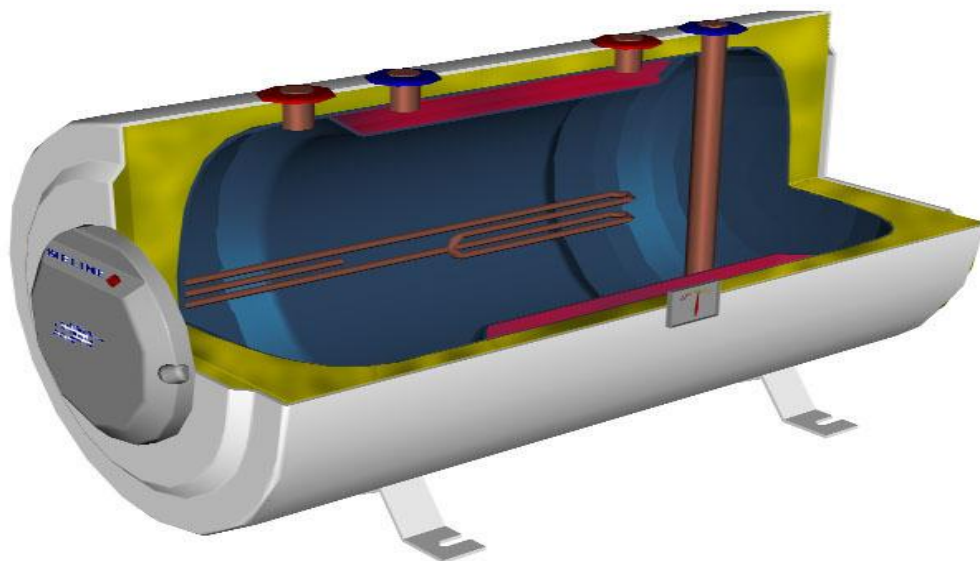
### 3.3 Εναλλάκτες νερού / νερού

Εδώ έχουμε εναλλαγή θερμότητας ανάμεσα σε δύο υγρά. Και αυτό το είδος το συναντάμε πολύ συχνά όπως για παράδειγμα, σε boilers για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Στον ηλιακό συλλέκτη ένα υγρό κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του καθρέπτη και ζεσταίνεται από την ηλιακή ενέργεια. Όταν ζεσταθεί, συνεχίζει στο κλειστό κύκλωμα που οδηγεί μέσα στο boiler (δοχείο) και αφήνει την θερμότητα του μέσω σερπαντίνας στο νερό χρήσης, μετά συνεχίζει τον κύκλο για να ξαναζεσταθεί. Η σερπαντίνα αυξάνει την διαδρομή του κυκλώματος μέσα στο δοχείο, για την καλύτερη-πιο γρήγορη μετάδοση της θερμότητας.



Άλλο ένα παράδειγμα είναι το boiler ζεστού νερού χρήσης με μανδύα. Όπου το νερό χρήσης που θέλουμε να θερμάνουμε βρίσκεται σε ένα μεταλλικό δοχείο με διπλό τοίχωμα.

Εντός του διπλού τοιχώματος (κόκκινη περιοχή), ρέει το νερό θέρμανσης το οποίο ανταλλάσσει θερμότητα με το νερό χρήσης μέσω της διεπιφάνειας των δύο δοχείων. Και αυτά τα boiler μπορεί να διαθέτουν ηλεκτρική αντίσταση οπότε ονομάζονται boiler διπλής ενέργειας (λέβητας και ηλεκτρισμός), ή να φέρουν και εσωτερική σερπαντίνα για σύνδεση άλλης πηγής ενέργειας (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες) οπότε ονομάζονται boiler τριπλής ενέργειας.



2001 - Gregory Monachos - <http://www.monachos.gr>

## 4. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Τα ρευστά που μεταδίδουν τη θερμότητα περιέχουν συχνά ουσίες, με συνέπεια οι επιφάνειες των εναλλακτών, μετά από μια περίοδο λειτουργίας, να καλύπτονται από διάφορες επικαθίσεις ή και να διαβρώνονται. Οι επικαθίσεις αυτές έχουν συνήθως πολύ μικρό συντελεστή αγωγιμότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα λεπτό στρώμα επικαθίσεων να προκαλεί μια πρόσθετη αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας, μειώνοντας έτσι τη συνολική απόδοση του εναλλάκτη. Η διαδικασία της εναπόθεσης των διαφόρων υλικών στις επιφάνειες θερμοεναλλαγής, ονομάζεται ρύπανση αυτών, ενώ η αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας που προκαλείται από τις επικαθίσεις, ονομάζεται αντίσταση ρύπανσης. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι συνηθέστερες επικαθίσεις και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους.

| Υλικό              | Συντελεστής<br>(W/m°C) | Θερμικής | αγωγιμότητας |
|--------------------|------------------------|----------|--------------|
| Βιολογικό φιλμ     | 0,7                    |          |              |
| Συστατικά γάλακτος | 0,5 - 0,7              |          |              |
| Ανθρακικό ασβέστιο | 2,9                    |          |              |
| Θειικό ασβέστιο    | 2,3                    |          |              |
| Φωσφορικό ασβέστιο | 2,6                    |          |              |
| Φωσφορικό μαγνήσιο | 2,3                    |          |              |
| Μαγνητίτης         | 2,9                    |          |              |
| Αιμαμίτης          | 0,6                    |          |              |
| Ασβεστίτης         | 0,9                    |          |              |
| Γύψος              | 1,3                    |          |              |

### Τύποι αποθέσεων

Οι αποθέσεις κατατάσσονται σχηματικά στις εξής κατηγορίες:

Σωματιδιακές αποθέσεις. Τέτοια παραδείγματα είναι η επικάλυψη τέφρας εξωτερικά στους αυλούς ατμοπαραγωγών και η συσσώρευση σκόνης σε αερόψυκτους εναλλάκτες.

Κρυσταλλικές αποθέσεις. Προέρχονται από σχηματισμό ιζημάτων αλάτων αρχικά διαλυμένων στα ρευστά. Ψυκτικά κυκλώματα με νερό παρουσιάζουν συχνά αυτό το είδος διάβρωσης λόγω της περιεκτικότητας στο νερό δυσδιάλυτων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου (άλατα αντίστροφης διαλυτότητας).

Αποθέσεις προϊόντων διάβρωσης. Τα προϊόντα της διάβρωσης όταν δεν διαλύονται στο ρευστό, προβάλλουν πρόσθετη θερμική αντίσταση στο σημείο σχηματισμού τους ή σε άλλες θέσεις όπου μεταφέρονται με τη ροή.

Βιολογικές αποθέσεις. Αυτού του είδους οι αποθέσεις μπορεί να οφείλονται στην ανάπτυξη διάφορων μικροοργανισμών και είναι συνηθισμένες σε μονάδες όπου χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό για ψύξη.

Αποθέσεις προϊόντων χημικής αντίδρασης. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις πολυμερισμού, πυροδιάσπασης, εξανθράκωσης κλπ., που οδηγούν σε ανάπτυξη στρωμάτων με έντονη θερμική αντίσταση.

Για την αντιμετώπιση των επικαθίσεων στους εναλλάκτες θερμότητας το σημαντικότερο βήμα είναι ο σωστός σχεδιασμός τους, ο οποίος πρέπει να περιλαμβάνει:

α) την επιλογή του κατάλληλου τύπου εναλλάκτη θερμότητας, β) την αναζήτηση των καλύτερων συνθηκών λειτουργίας, όπως για παράδειγμα τη βέλτιστη ταχύτητα ροής των ρευστών και γ) την όσο το δυνατόν καλύτερη κατασκευή του εναλλάκτη.



Η απομάκρυνση της ρύπανσης μπορεί να γίνει με μηχανικά μέσα, όπως με πεπιεσμένο αέρα ή ατμό, βούρτσισμα ή ξύσιμο, αλλά και με χημικά μέσα, όπως με το πλύσιμο των επιφανειών του εναλλάκτη με κατάλληλα χημικά που προσβάλλουν το υλικό επικαθίσεων. Προληπτικά, η χρήση χημικών ουσιών μπορεί να μειώσει σημαντικά το φαινόμενο των επικαθίσεων από διαλυμένες ουσίες, αλλά και η επιλογή των κατάλληλων υλικών για την κατασκευή των εναλλακτών μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης της ροής των ρευστών με το υλικό των επιφανειών.

## **5.ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ**

Μία από τις σημαντικές ενέργειες ενός Μηχανικού είναι να επιλέξει μέσα από μία πληθώρα ετοιμοπαράδοτων εναλλακτών θερμότητας διαφόρων τύπων, τον καταλληλότερο εναλλάκτη προς χρήση. Οι παράγοντες που καθορίζουν την απόφαση αυτή είναι πολλοί και με διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας ο καθένας. Ο σύγχρονος Μηχανικός έχει στη διάθεσή του ορισμένα χρήσιμα διαγράμματα, πρότυπα αλλά και προγράμματα στα οποία μπορεί να καταφύγει, ωστόσο ο συνδυασμός των παραγόντων που τίθενται ως περιορισμοί σπάνια είναι ίδιοι. Έτσι οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τον γρήγορο αποκλεισμό ορισμένων τύπων. Οι κυριότεροι από τους παράγοντες αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

### **Ο Ρυθμός Μεταφοράς Θερμότητας**

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας είναι ο σημαντικότερος παράγοντας κατά την επιλογή ενός εναλλάκτη. Ο εναλλάκτης που θα επιλεγεί θα πρέπει να εξασφαλίσει ένα συγκεκριμένο ρυθμό μεταφοράς θερμότητας, ώστε να επιτευχθεί η θερμοκρασιακή μεταβολή του ρευστού σε καθορισμένη παροχή μάζας. □

### **Το Κόστος**

Οι οικονομικοί περιορισμοί παίζουν σημαντικότατο ρόλο στην επιλογή των εναλλακτών. Οι ετοιμοπαράδοτοι εναλλάκτες κοστίζουν πολύ λιγότερο από τους κατά παραγγελία εναλλάκτες, ωστόσο ενδέχεται κανένας από τους υπάρχοντες στην αγορά εναλλάκτες να μη μπορεί να επιτελέσει την εργασία για την οποία προορίζεται. Έτσι η κατασκευή του είναι αναγκαία, ιδιαίτερα όταν χρειάζεται να ενταχθεί σε μία ολοκληρωμένη διάταξη. Το χαρακτηριστικό μέγεθος για την κοστολόγηση των εναλλακτών είναι η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας  $A$ . Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το πάγιο κόστος ενός εναλλάκτη  $C_f$  δίνεται από τον τύπο:

$$C_f = f_d \times f_m \times f_p \times C_b$$

Όπου:

$f_d = \exp[-1.1156 + 0.0906 \times (\ln A)]$ , παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο του εναλλάκτη

$f_m = 1.204 + 0.50764 \times (\ln A)$ , παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από το υλικό της κατασκευής

$f_p = 0.7771 + 0.04981 \times (\ln A)$ , παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας

$$C_b = \exp[8.821 - 0.30863 \times (\ln A) + 0.0681 \times (\ln A)^2]$$

Το αποτέλεσμα της παραπάνω σχέσης αναπροσαρμόζεται κάθε έτος με τη βοήθεια των οικονομικών δεικτών του περιοδικού Chemical Engineering, ώστε να υπολογιστεί το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εναλλάκτη.

## Η Πτώση Πίεσης

Η Πτώση πίεσης δημιουργείται μέσα στον εναλλάκτη από τις συνθήκες ροής των ρευστών και σχετίζεται άμεσα με την ισχύ άντλησης. Αυξημένες πτώσεις πίεσης εντός του εναλλάκτη αυξάνουν την ισχύ άντλησης και συνεπώς το λειτουργικό κόστος του εναλλάκτη, διότι τα βοηθητικά εξαρτήματα (αντλίες, ανεμιστήρες) που χρησιμοποιούνται για την άντληση των ρευστών καταναλώνουν ενέργεια. Πέρα από τον οικονομικό παράγοντα, και οι απαιτήσεις της διεργασίας συχνά επιβάλλουν μικρή πτώση πίεσης διότι ενδέχεται τα κατασκευαστικά υλικά να μην αντέχουν τις τάσεις αυξημένων πιέσεων και θερμοκρασιών. Ωστόσο, η μειωμένη πτώση πίεσης δεν αποτελεί κανόνα, διότι έχει παρατηρηθεί ότι μειώνεται ταυτόχρονα ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας και συνεπώς θα χρειαστεί ένας μεγαλύτερος εναλλάκτης για να επιτελέσει το ίδιο καθήκον. Με αυτή τη λογική αυξάνεται πάλι το αρχικό κόστος αγοράς. Συνεπώς απαιτείται να βρεθεί μια χρυσή τομή ανάμεσα στην πτώση πίεσης και το μέγεθος του εναλλάκτη.

## Το Μέγεθος και το Βάρος

Γενικά είναι προτιμότερο ο εναλλάκτης θερμότητας να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και ελαφρύτερος. Ιδιαίτερα σε ορισμένες εφαρμογές, όπως στην αεροναυπηγική και την αυτοκινητοβιομηχανία το μικρό μέγεθος και βάρος επιβάλλονται. Δεδομένου ότι το κόστος ενός εναλλάκτη επηρεάζεται κυρίως από την επιφάνειά του  $A$ , ένας μεγαλύτερος εναλλάκτης κοστίζει περισσότερο.

## **Το Είδος και οι Ιδιότητες των Ρευστών**

Το είδος του εναλλάκτη θερμότητας που επιλέγεται επηρεάζεται από τις ιδιότητες και τη χημική συμπεριφορά των ρευστών, ιδιαίτερα όταν στη διεργασία περιλαμβάνεται και αλλαγή φάσης κάποιου ρευστού.

## **Τα Υλικά Κατασκευής**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός εναλλάκτη ενδέχεται να μην αντέχουν κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας, όπως μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές. Σε αυτήν την περίπτωση τίθεται πρόβλημα διαφορικής θερμικής διαστολής. Επιπλέον όταν γίνεται χρήση ενός διαβρωτικού ρευστού περιορίζονται οι δυνατότητες επιλογής των μετάλλων και συνήθως χρησιμοποιείται το ανοξείδωτο ατσάλι ή το τιτάνιο, τα οποία είναι σχετικά ακριβά υλικά.

## **Άλλοι Παράγοντες**

Υπάρχουν και ορισμένοι άλλοι πολλοί σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τελική επιλογή του αρμόδιου Μηχανικού, όπως η ασφάλεια και η αξιοπιστία του εναλλάκτη, η στεγανότητα για την αποφυγή διαρροών, η ευκολία στη συντήρηση και την επισκευή καθώς επίσης και το χαμηλό επίπεδο θορύβου (συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι εναλλάκτες δεν λειτουργούν στις συνθήκες για τις οποίες σχεδιάστηκαν. Συνήθως επιλέγεται ένας ετοιμοπαράδοτος εναλλάκτης και αν για παράδειγμα κατά τον σχεδιασμό του, έχει συμπεριληφθεί ο παράγοντας επικαθήσεων  $R_f$ , αρχικά θα είναι υπερσχεδιασμένος και πριν τη συντήρησή του υποσχεδιασμένος. Οι σύγχρονες διαδικασίες διασφάλισης της ποιότητας, καθιστούν επιτακτικό και αναγκαίο τον έλεγχο του εναλλάκτη που παραλαμβάνεται για να εξακριβωθεί κατά πόσον ισχύουν οι αρχικές προδιαγραφές σχεδιασμού του.

## 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Για να είναι ορθολογική μια επένδυση πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμη και να έχει κάποια, ελάχιστα έστω, οικονομικά αποτελέσματα. Η τεχνικά ωφέλιμη περίοδος λειτουργίας των εναλλακτών θερμότητας, είναι συνήθως από 10 έως 30 χρόνια, ανάλογα με το σχεδιασμό και τις συνθήκες λειτουργίας τους. Μέσα σε αυτό το διάστημα, το όφελος από τη χρήση τους πρέπει να αντισταθμίζει τουλάχιστον το κόστος της εγκατάστασης και της λειτουργίας τους. Οικονομική περίοδος λειτουργίας μιας επένδυσης ονομάζεται η χρονική περίοδος από την οποία μια επένδυση αρχίζει να λειτουργεί μέχρι τη στιγμή που σταματούν τα οικονομικά οφέλη που προέρχονται από αυτήν. Οι συνηθέστεροι οικονομικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των επενδύσεων αυτού του είδους είναι η περίοδος αποπληρωμής:

$$\text{ΠΑ} = \text{ΑΚΕ} / \text{ΕΚΟ}$$

η απόδοση της επένδυσης (επί τοις εκατό):

$$\text{ΑΕ} = \text{ΕΚΟ} / \text{ΑΚΕ} \times 100\%$$

και το ετήσιο καθαρό όφελος από την επένδυση:

$$\text{ΕΚΟ} = \text{ΕΟ} - \text{ΛΚ}$$

όπου με ΑΚΕ συμβολίζεται το αρχικό κόστος επένδυσης, ΕΟ το μικτό ετήσιο όφελος και ΛΚ τα ετήσια λειτουργικά έξοδα της επένδυσης. Παράδειγμα, και για να δοθεί μια τάξη μεγέθους τους οφέλους που αναμένεται με τη χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας σε μια μονάδα παραγωγής της, αναφέρεται ότι η κατά 1% αύξηση της απόδοσης ενός λέβητα μπορεί να επιτευχθεί με την κατά 20°C αύξηση της θερμοκρασίας (δηλαδή με την προθέρμανση) του αέρα καύσης ή τροφοδοσίας του λέβητα. Αύξηση της απόδοσης ενός συστήματος παραγωγής θερμότητας, όμως, μπορεί να επιτευχθεί και με την προθέρμανση του μέσου εναλλαγής της θερμότητας. Εάν αυτό είναι νερό, τότε, με την κατά 4°C μείωση της θερμοκρασίας εξόδου των καυσαερίων μπορεί να επιτευχθεί μια αύξηση κατά 1°C της θερμοκρασίας του νερού επιστροφής και, έτσι, ελαττώνονται οι απώλειες ενέργειας του συστήματος συνολικά. Και οι δύο προαναφερθείσες βελτιώσεις μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση του κατάλληλου εναλλάκτη θερμότητας.

## 7. ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο σχεδιασμός ενός εναλλάκτη θερμότητας για μία διεργασία συνήθως λαμβάνει χώρα μέσω των ακόλουθων βημάτων:

1. Προσδιορίζονται οι συνθήκες της διεργασίας.
2. Εκτιμούνται οι απαιτούμενες φυσικές ιδιότητες στο διάστημα θερμοκρασιών και πιέσεων που ενδιαφέρει.
3. Επιλέγεται ο τύπος του εναλλάκτη.
4. Γίνεται μία προκαταρκτική εκτίμηση του μεγέθους του εναλλάκτη χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας για τα ρευστά.
5. Γίνεται ένας προκαταρκτικός σχεδιασμός.
6. Αξιολογείται ο σχεδιασμός όσον αφορά στη δυνατότητα του να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της διεργασίας.
7. Αν κρίνεται αναγκαίο από το προηγούμενο βήμα επιλέγεται νέα διεύθυνση. Ο τελικός σχεδιασμός θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της διεργασίας στο χαμηλότερο κόστος.

Η μεταφορά θερμότητας σε έναν εναλλάκτη εξαρτάται από:

- Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη (διάταξη αυλών, αναπτυσσόμενες ταχύτητες ροής, υλικό κατασκευής αυλών, κλπ.), που εκφράζονται με το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του εναλλάκτη  $k$  [ $W/m^2K$ ]. Ο συντελεστής  $k$  εξαρτάται επίσης και από τις ιδιότητες των μέσων που συναλλάσσουν θερμότητα (π.χ. ιξώδες και θερμική αγωγιμότητα). Επομένως, ο συντελεστής  $k$  ενός εναλλάκτη μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετικός ανάλογα με τα μέσα που συναλλάσσουν θερμότητα, όπως ατμός, νερό, θερμικό έλαιο, αέρας, καυσαέριο.
- Την επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας που διαθέτει ο εναλλάκτης  $A$  [ $m^2$ ]. Η επιφάνεια αποτελεί κατασκευαστικό μέγεθος του εναλλάκτη και λαμβάνεται πάντοτε η ίδια ανεξάρτητα από τα μέσα που συναλλάσσουν θερμότητα μεταξύ τους.
- Τη μέση θερμοκρασιακή διαφορά που υφίσταται μεταξύ του θερμαίνοντος και του θερμαινόμενου μέσου, η οποία εκφράζεται συνήθως με τη μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας

Η βασική εξίσωση σχεδιασμού για εναλλάκτες θερμότητας είναι:

$$dA = dQ/U \Delta T$$

όπου  $dA$ , είναι η επιφάνεια που απαιτείται για τη μεταφορά ποσού θερμότητας  $Q$  σε ένα σημείο στον εναλλάκτη,  $U$ , είναι ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας και  $\Delta T$ , είναι η συνολική διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δύο ρευστά. Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας,  $U_o$  συσχετίζεται με τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και τις αντιστάσεις των τοιχωμάτων μέσω της σχέσης:

$$U_o = \frac{1}{1/h_o + R_{do} + xA_o/k_w A_{wm} + (1/h_i + R_{di})A_o/A_i}$$

Στην παραπάνω σχέση ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας  $U_o$ , βασίζεται στην εξωτερική επιφάνεια  $A_o$ .

Με ολοκλήρωση της πρώτης εξίσωσης προκύπτει η εξωτερική επιφάνεια που απαιτείται για τη μεταφορά του συνολικού ποσού θερμότητας,  $Q_T$ :

$$A_o = \int_0^{Q_T} \frac{dQ}{U_o \Delta T}$$

Για την ολοκλήρωση της εξίσωσης πρέπει να είναι γνωστά τα  $U_o$ ,  $\Delta T$  ως συνάρτηση του  $Q$ . Σε μερικά προβλήματα ο  $U_o$  μεταβάλλεται έντονα και μη γραμμικά μέσα στον εναλλάκτη.

Για πολλές πρακτικές περιπτώσεις είναι δυνατό να υπολογισθεί ένας σταθερός μέσος συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας και να προσδιορισθεί μία αντίστοιχη μέση θερμοκρασιακή διαφορά,  $\Delta T_m$  (MTD, Mean Temperature Difference) έτσι ώστε:

$$A_o = Q_T / U_{om} \Delta T_m$$

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στα δύο ρευστά του εναλλάκτη θα μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο. Αυτή η διαφορά μπορεί να υπολογισθεί από τις οριακές θερμοκρασίες των δύο ρευμάτων αν ισχύουν οι ακόλουθες παραδοχές: όλα τα στοιχεία του ρευστού έχουν την ίδια θερμική ιστορία περνώντας μέσα από τον εναλλάκτη, ο εναλλάκτης λειτουργεί σε μόνιμη κατάσταση, η ειδική θερμότητα είναι σταθερή για κάθε ρεύμα, ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι σταθερός, οι απώλειες θερμότητας είναι αμελητέες.

Η σχέση υπολογισμού της μεταφερόμενης θερμότητας στον εναλλάκτη Q [W] δίνεται από την εξίσωση:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta\Theta_{\log}$$

Στην πράξη οι απαιτήσεις σε θερμότητα είναι γνωστές και ζητείται ο υπολογισμός του τύπου και του μεγέθους του εναλλάκτη, δηλαδή της επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας που θα διαθέτει. Εννοείται ότι όσο μικρότερος είναι ο εναλλάκτης τόσο μικρότερο θα είναι και το κόστος του.

Αν τα δύο ρεύματα είναι σε αντιρροή ή σε ομορροή η σωστή μέση θερμοκρασιακή διαφορά είναι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά (LMTD, Logarithmic-MeanTemperatureDifference) που ορίζεται ως:

$$LMTD = \Delta T_{lm} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_2' - t_1'')}{\ln\left(\frac{t_1' - t_2''}{t_2' - t_1''}\right)}$$

Αντιρροή:

$$LMTD = \Delta T_{lm} = \frac{(t_1' - t_1'') - (t_2' - t_2'')}{\ln\left(\frac{t_1' - t_1''}{t_2' - t_2''}\right)}$$

Ομορροή:

Αν το U δεν είναι σταθερό αλλά είναι γραμμική συνάρτηση του ΔT, η σωστή τιμή του  $U_{om}\Delta T_m$  είναι:

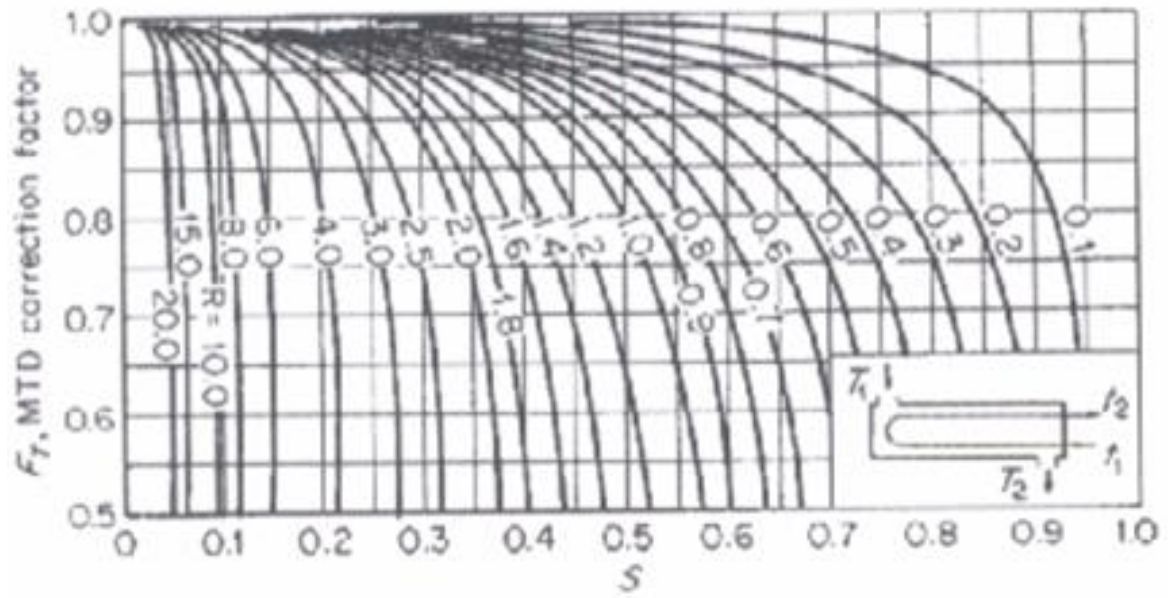
$$U_{om}\Delta T_m = \frac{U_o''(t_1' - t_2'') - U_o'(t_2' - t_1'')}{\ln\left(\frac{U_o''(t_1' - t_2'')}{U_o'(t_2' - t_1'')}\right)}$$

Αντιρροή:

$$U_{om}\Delta T_m = \frac{U_o''(t_1' - t_1'') - U_o'(t_2' - t_2'')}{\ln\left(\frac{U_o''(t_1' - t_1'')}{U_o'(t_2' - t_2'')}\right)}$$

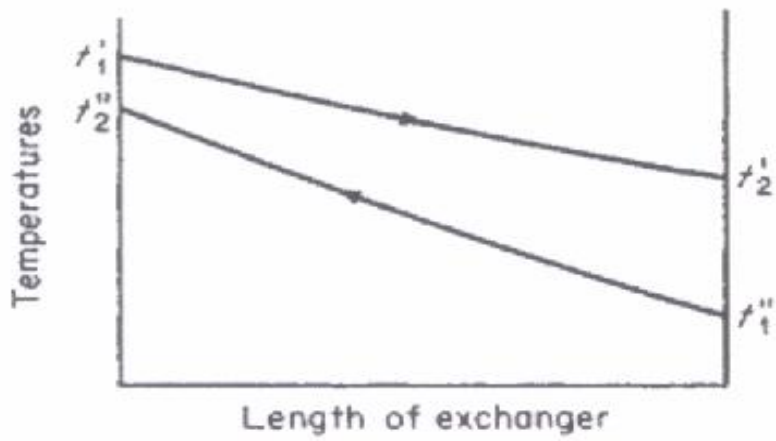
Ομορροή:

Αν το πεδίο ροής του εναλλάκτη δεν είναι ούτε αντιρροή ούτε ομορροή είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί ένας συντελεστής διόρθωσης  $F_T$ , με τον οποίο πολλαπλασιάζεται η LMTD για να ληφθεί η κατάλληλη μέση θερμοκρασιακή διαφορά. Συντελεστές διόρθωσης είναι επίσης διαθέσιμοι για εναλλάκτες με περισσότερα περάσματα κελύφους.

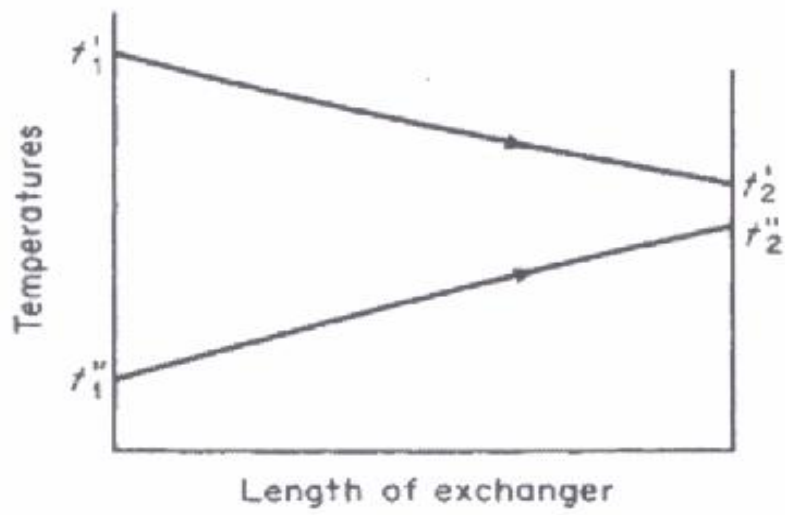


Συντελεστές διόρθωσης LMTD για εναλλάκτες





(a)



(b)

Τυπικά θερμοκρασιακά προφίλ σε εναλλάκτες: a) αντιρροή, b) ομορροή

**Είδος εναλλάκτη  
θερμότητας**

**Σχέση αποτελεσματικότητας μεταφοράς θερμότητας**

1 Διπλού σωλήνα:  
Παράλληλης ροής:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 + C)]}{1 + C}$$

Αντιρροής

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - C)]}{1 - C \exp[-NTU(1 - C)]}$$

2 Δέσμης σωλήνων με διαφράγματα: κέλυφος μιας διαδρομής και αυλού 2, 4, . . . διαδρομών

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + C + \sqrt{1 + C^2} \frac{1 + \exp[-NTU\sqrt{1 + C^2}]}{1 - C \exp[-NTU\sqrt{1 + C^2}]} \right\}^{-1}$$

3 Σταυρωτής ροής (μιας διαδρομής)  
Και τα δύο ρευστά μη-αναμίξιμα

$$\varepsilon = 1 - \exp \left\{ \frac{NTU^{0.22}}{C} [\exp(-CNTU^{0.78}) - 1] \right\}$$

$C_{\max}$  αναμίξιμο,

$$\varepsilon = \frac{1}{C} (1 - \exp\{1 - C[1 - \exp(-NTU)]\})$$

$C_{\min}$  μη-αναμίξιμο,

$C_{\min}$  αναμίξιμο,

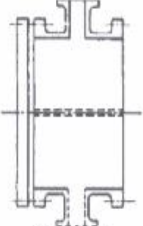
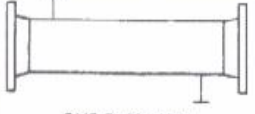
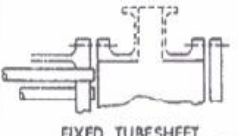


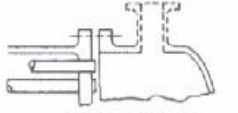
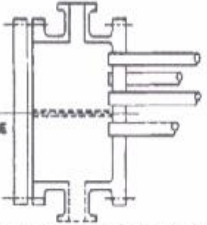
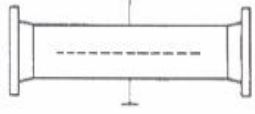
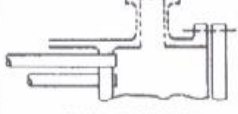
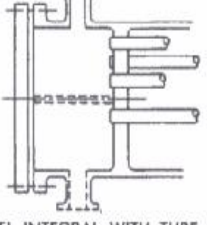

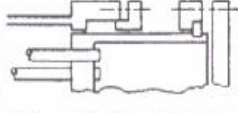
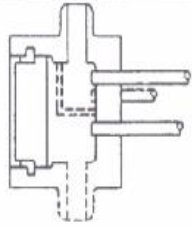
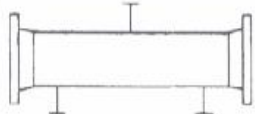
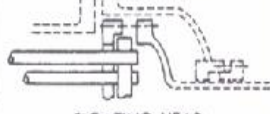
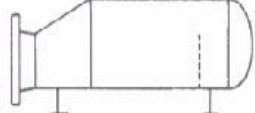
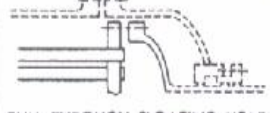

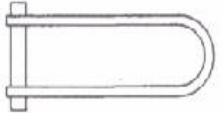

$$\varepsilon = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{C} [1 - \exp(-CNTU)] \right\}$$

$C_{\max}$  μη-αναμίξιμο,

4 Όλοι οι εναλλάκτες θερμότητας  
με  $C = 0$

$$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU)$$

Αποτελεσματικότητα μεταφοράς της θερμότητας ανάλογα με το είδος εναλλάκτη

| FRONT END STATIONARY HEAD TYPES |   | SHELL TYPES |  | REAR END HEAD TYPES |   |
|---------------------------------|---|-------------|--|---------------------|---|
| <b>A</b>                        | <br>CHANNEL AND REMOVABLE COVER  | <b>E</b>    | <br>ONE PASS SHELL                          | <b>L</b>            | <br>FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD |
| <b>B</b>                        | <br>BONNET (INTEGRAL COVER)  | <b>F</b>    | <br>TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE | <b>M</b>            | <br>FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD |
| <b>C</b>                        | <br>REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY<br>CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER | <b>G</b>    | <br>SPLIT FLOW                              | <b>N</b>            | <br>FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD |
| <b>N</b>                        | <br>CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER                              | <b>H</b>    | <br>DOUBLE SPLIT FLOW                       | <b>P</b>            | <br>OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD             |
| <b>D</b>                        | <br>SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE  | <b>J</b>    | <br>DIVIDED FLOW                          | <b>S</b>            | <br>FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE      |
|                                 |   | <b>K</b>    | <br>KETTLE TYPE REBOILER                  | <b>T</b>            | <br>PULL THROUGH FLOATING HEAD             |
|                                 |   | <b>X</b>    | <br>CROSS FLOW                            | <b>U</b>            | <br>U-TUBE BUNDLE                          |
|                                 |   |             |  | <b>W</b>            | <br>EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET   |

Χαρακτηριστικά εναλλακτών θερμότητας τύπου ΤΕΜΑ

## 8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

### 8.1 Ασκήσεις πάνω σε διάφορα είδη εναλλακτών.

1) Για την ψύξη μηχανελαίου από 70°C σε 40°C, χρησιμοποιείται απλός (μορφής διπλού σωλήνα) εναλλάκτης θερμότητας με ψυκτικό μέσο νερό, που εισέρχεται στον εναλλάκτη με θερμοκρασία 20°C. Οι παροχές νερού και λαδιού είναι ίσες με 30 kg/min και ο συνολικός συντελεστής μετάδοσης της θερμότητας είναι 500 W/m<sup>2</sup>K.

Ειδική θερμότητα του λαδιού στους 55°C είναι 0,5 Kcal/kg×°C

Ζητούνται :

A) Η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού νερού

B) Η ΜΛΘΔ και η αναγκαία επιφάνεια συναλλαγής της θερμότητας στην περίπτωση ομορροής.

Γ) Η ΜΛΘΔ και η αναγκαία επιφάνεια συναλλαγής της θερμότητας στην περίπτωση αντιρροής.

Λύση:

$$\theta_{hi} = 70^\circ\text{C} \quad \theta_{ho} = 40^\circ\text{C} \quad \theta_{ci} = 20^\circ\text{C} \quad m_h = m_c = 30 \text{ kg/min} = 0,5 \text{ kg/s}$$

$$U_m = 500 \text{ W/m}^2\text{K} \quad C_h = 0,5 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} = 0,5 \times 4187 \text{ J/kg K}$$

$$C_c = 1 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} = 4187 \text{ J/kg K}$$

$$A) \quad q_h = q_c = q = m_h \times C_h (\theta_{hi} - \theta_{ho}) = m_c \times C_c (\theta_{co} - \theta_{ci})$$

$$m_h = m_c \text{ άρα } \Rightarrow 2093,5 (70-40) = 4187 (\theta_{co} - 20) \Rightarrow \theta_{co} = 35^\circ\text{C}$$

B)

$$\Delta\theta_{m,ομ} = \frac{(\theta_{hi} - \theta_{ci}) - (\theta_{ho} - \theta_{co})}{\ln \frac{\theta_{hi} - \theta_{ci}}{\theta_{ho} - \theta_{co}}} = \frac{(70 - 20) - (40 - 35)}{\ln \frac{50}{5}} = \frac{45}{\ln 10} = 19,54^\circ\text{C}$$

$$q = 0,5 \times 2093,5 (70-40) = 31400 \text{ W}$$

$$\text{άρα } q = U_m \times A \times \Delta\theta_m \Rightarrow 31400 = 500 A 19,54 \Rightarrow A = 3,21m^2$$

$$\Gamma) \Delta\theta_{m,avt} = \frac{(70-35) - (40-20)}{\ln \frac{35}{20}} = \frac{15}{\ln 1,75} = 26,8^\circ C$$

$$31400 = 500 A 26,8 \Rightarrow A = 2,34m^2$$

2) Σε οινοποιείο μελετάται η ψύξη μούστου, θερμοκρασίας  $32^\circ C$  και παροχής  $2\text{lt/s}$  μέχρι θερμοκρασίας  $26,5^\circ C$ , μέσω εναλλάκτη θερμότητας, με ψυκτικό μέσο νερό θερμοκρασίας εισόδου  $22^\circ C$  και παροχής  $3\text{lt/s}$ . Ο εναλλάκτης θα είναι απλός, αποτελούμενος από δύο ομοαξονικούς σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα, ο εσωτερικός  $\Phi 70/76\text{mm}$  και ο εξωτερικός  $\Phi 100/108\text{mm}$ . Στον εσωτερικό σωλήνα κυκλοφορεί ο μούστος και στον εξωτερικό το νερό. Οι συντελεστές συναγωγής είναι ίσοι απ' τις δυο πλευρές του εσωτερικού σωλήνα και έχουν τιμή  $3500\text{W/m}^2\text{K}$ .

Ειδική θερμότητα νερού (σταθερή):  $4,18\text{kJ/kgK}$

Ειδική θερμότητα μούστου (σταθερή):  $3,45\text{kJ/kgK}$

Πυκνότητα μούστου (σταθερή):  $1,2\text{kg/lt}$

Ζητούνται :

A) Ο συνολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας του εναλλάκτη.

B) Η θερμοκρασία εξόδου του νερού.

Γ) Πώς συμφέρει να συνδεθεί ο εναλλάκτης (κατά ομορροή ή αντιρροή) και ποιό το απαραίτητο συνολικό μήκος του εναλλάκτη σ' αυτή την περίπτωση.

Λύση:

$$\theta_{hi} = 32^\circ C \quad V_h = 2\text{lt/s} \quad \theta_{ho} = 26,5^\circ C \quad \theta_{ci} = 22^\circ C \quad V_c = 3\text{lt/s}$$

$$d_o = 76\text{mm} = 0,076\text{m} \quad d_i = 70\text{mm} = 0,070\text{m} \quad h_i = h_o = 3500\text{W/m}^2\text{K}$$

$$C_h = 3,45\text{kJ/kg K} = 3450\text{J/kg K} \quad C_c = 4,18\text{kJ/kg K} = 4180\text{J/kg K}$$

$$\rho_h = 1,2\text{kg/lt}$$

$$m_h = V_h \times \rho_h = 2\text{lt/s} \times 1,2\text{kg/lt} = 2,4\text{kg/s}$$

$$m_c = V_c \times \rho_c = 3\text{lt/s} \times 1\text{kg/lt} = 3\text{kg/s}$$

$$U_m = \frac{1}{\pi d_m \left( \frac{1}{\pi d_i h_i} + \frac{1}{2\pi \lambda} \ln \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{\pi d_o h_o} \right)} \Rightarrow \frac{1}{0,073 \left( \frac{1}{0,07 \times 3500} + \frac{1}{2 \times 17,5} \ln \frac{76}{70} + \frac{1}{0,076 \times 3500} \right)}$$

$$\Rightarrow 1344\text{W/m}^2\text{K}$$

$$q_h = q_c = q = m_h \times C_h(\theta_{hi} - \theta_{ho}) = m_c \times C_c(\theta_{co} - \theta_{ci})$$

$$\Rightarrow 2,4 \times 3450 (32 - 26,5) = 3 \times 4180 (\theta_{co} - 22) \Rightarrow \theta_{co} = 25,6^\circ\text{C}$$

$$q = 2,4 \times 3450 (32 - 26,5) = 45540 \text{ W}$$

$$\Delta\theta_{m,avt} = \frac{(\theta_{hi} - \theta_{co}) - (\theta_{ho} - \theta_{ci})}{\ln \frac{\theta_{hi} - \theta_{co}}{\theta_{ho} - \theta_{ci}}} = \frac{(32 - 25,6) - (26,5 - 22)}{\ln \frac{6,4}{4,5}} = \frac{1,9}{\ln 0,703} = 5,4^\circ\text{C}$$

$$\frac{76}{70} = 1,08 < 1,15 \Rightarrow d_m = \frac{0,076 + 0,070}{2} = 0,073 \text{ m}$$

Από τον παρακάτω πίνακα βλέπουμε για ανοξείδωτο χάλυβα (ωστενικός) το  $\lambda = 17\text{W/mK}$

$$45540 = 1344 \times \pi \times 0,073 \times l \times 5,4 \Rightarrow (\text{μήκος}) l = 27,4 \text{ m}$$

Τυπικοί συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών/προϊόντων

| A/A       | Ομάδα Υλικού<br>ή Εφαρμογή         | Πυκνότητα<br>$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Θερμική<br>Αγωγιμότητα<br>Σχεδιασμού -<br>$\lambda$ [W/(mK)] | Ειδική<br>Θερμότητα<br>$C_p$<br>[kJ/(kgK)] |
|-----------|------------------------------------|--|--|--|
| 3.6       | <b>Μοριοσανίδες</b>                | 300                                      | 0.10   | 1.7  |
| 3.6.1     |                                    | 600                                      | 0.14   | 1.7  |
| 3.6.2     |                                    | 900                                      | 0.18   | 1.7  |
| 3.7       | <b>Μαλακό ξύλο με:</b>             |  |  |  |
| 3.7.1     | Παράλληλες ίνες                    | 650                                      | 0.13   | 1.7  |
| 3.7.2     | Εγκάρσιες ίνες                     | 500                                      | 0.24   |  |
| 3.8       | <b>Σκληρό ξύλο με:</b>             |  |  |  |
| 3.8.1     | Παράλληλες ίνες                    | 700                                      | 0.15   |  |
| 3.8.2     | Εγκάρσιες ίνες                     | 700                                      | 0.29   |  |
| <b>4.</b> | <b>ΜΕΤΑΛΛΑ</b>                     |  |  |  |
| 4.1       | <b>Χυτοσίδηρος</b>                 | 7500                                     | 50   | 0.45                                       |
| 4.2       | <b>Χαλκός</b>                      |  |  |  |
| 4.2.1     | Χαλκός                             | 8900                                     | 380  | 0.38                                       |
| 4.3       | <b>Ορείχαλκος</b>                  | 8400                                     | 120  | 0.38                                       |
| 4.4       | <b>Αλουμίνιο</b>                   |  |  |  |
| 4.4.1     | Αλουμίνιο                          |  | 200  |  |
| 4.4.2     | Κράματα αλουμινίου                 | 2800                                     | 160  | 0.88                                       |
| 4.5       | <b>Μπρούντζος</b>                  | 8700                                     | 65   | 0.38                                       |
| 4.6       | <b>Μόλυβδος</b>                    | 11300                                    | 35   | 0.13                                       |
| 4.7       | <b>Χάλυβας</b>                     | 7800                                     | 50   | 0.45                                       |
| 4.7.1     | Χάλυβας ωστενικός ή ωστ/φερριτικός | 7900                                     | 17   | 0.50                                       |
| 4.7.2     | Χάλυβας μαρτενσιτικός              | 7900                                     | 30   | 0.46                                       |
| 4.8       | <b>Ψευδάργυρος</b>                 | 7200                                     | 110  | 0.38                                       |
| <b>5.</b> | <b>ΥΑΛΟΣ</b>                       |  |  |  |
| 5.1       | <b>Υαλος:</b>                      |  |  |  |
| 5.1.1     | Κοινός                             | 2500                                     | 1.00   | 0.75                                       |
| 5.1.2     | Από χαλαζία                        | 2200                                     | 1.40   | 0.75                                       |
| 5.1.3     | Μωσαϊκό                            | 2000                                     | 1.20   | 0.75                                       |

3) Ψάχνουμε την απόδοση πλακοειδούς εναλλάκτη σε μονάδα με τα παρακάτω στοιχεία. Για τις μέσες θερμοκρασίες ( $\theta_{h,m} = 66 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{c,m} = 58.7 \text{ }^\circ\text{C}$ ), δίνονται οι ιδιότητες των ρευστών (λάδι-νερό) που θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό της απόδοσης (η πυκνότητα  $\rho$  και η ειδική θερμότητα  $C_p$ ), βάση των οποίων υπολογίζεται η θερμοχωρητικότητα  $C$  κάθε ρευστού σε συνδυασμό με την παροχή μάζας τους.

$$\theta_{hi} = 71.9^\circ\text{C} \quad \theta_{ho} = 60^\circ\text{C} \quad \theta_{ci} = 53.6^\circ\text{C} \quad \theta_{co} = 63.8^\circ\text{C} \quad \rho_h = 0.869 \text{ kg/dm}^3$$

$$\rho_c = 0.984 \text{ kg/dm}^3 \quad C_{p,h} = 2034.4 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \quad C_{p,c} = 4181.8 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \quad A = 118.77 \text{ m}^2$$

$$m_h = 34.76 \text{ kg/s} \quad m_c = 19.68 \text{ kg/s} \quad C_h = 70715.8 \text{ J/s}^\circ\text{C} \quad C_c = 82297.8 \text{ J/s}^\circ\text{C}$$

Λύση :

Προκύπτει ότι η μικρότερη θερμοχωρητικότητα αντιστοιχεί στο θερμό ρευστό, δηλαδή το λάδι, οπότε  $C_h = C_{\min}$ . Συνεπώς για την εύρεση του μέγιστου δυνατού ρυθμού μεταφοράς θερμότητας, αντικαθίστανται στη σχέση  $Q_{\max} = C_{\min} \Delta T_{\max} = C_h (T_{h,in} - T_{c,out})$  και η θερμοχωρητικότητα  $C_{\min}$ , οπότε προκύπτει :

$$Q_{\max} = 70715.8 \text{ J/sec}^\circ\text{C} \times (71.9 \text{ }^\circ\text{C} - 53.6 \text{ }^\circ\text{C}) = 1294099 \text{ W} \text{ ή } 1294.1 \text{ kW}$$

Ο πραγματικός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας σύμφωνα με τη σχέση 3-2 θα είναι :

$$Q = 70715.8 \text{ J/sec}^\circ\text{C} \times (71.9 \text{ }^\circ\text{C} - 60 \text{ }^\circ\text{C}) = 841518 \text{ W} \text{ ή } 841.5 \text{ kW}$$

Συνεπώς όπως προκύπτει από τον ορισμό της αποδοτικότητας  $\epsilon$  του εναλλάκτη, η απόδοση είναι:

$$\epsilon = \frac{\text{Πραγματικός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας}}{\text{Μέγιστος δυνατός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας}} = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{841.5}{1294.1} = 0.65$$

Μια άλλη μέθοδος εύρεσης της απόδοσης είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί κατευθείαν από τις θερμοκρασίες εισόδου/εξόδου των ρευστών, με χρήση της σχέσης:

$$\epsilon = \frac{71.9 - 60}{71.9 - 53.6} = \frac{11.9}{18.3} = 0.65$$

Γνωρίζοντας την αποτελεσματικότητα της μεταφοράς θερμότητας  $\epsilon$ , ο Αριθμός Μονάδων Μεταφοράς-NTU του εξεταζόμενου εναλλάκτη αντιρροής, προσδιορίζεται από τη παρακάτω σχέση :

$$NTU = \frac{1}{C-1} \ln\left(\frac{\epsilon-1}{\epsilon C-1}\right)$$



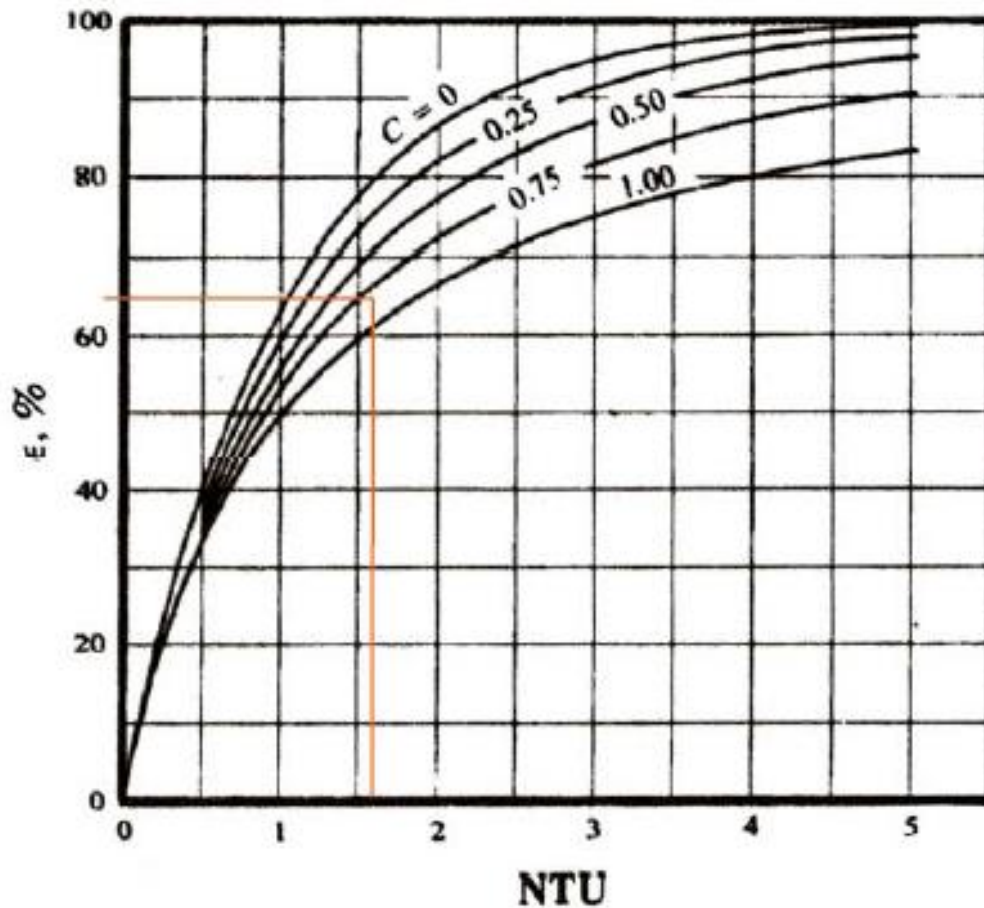
Όπου  $C = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} = \frac{70715.7}{82297.8} = 0.86$ , οπότε με αντικατάσταση στην παραπάνω σχέση προκύπτει:

$$NTU = \frac{1}{0.86-1} \ln\left(\frac{0.65-1}{0.65 \times 0.86-1}\right) = 1.64$$

Ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας  $U$  του εναλλάκτη, ο οποίος προκύπτει λύνοντας ως προς  $U$ .

$$U = \frac{NTUC_{\min}}{A} = \frac{1.64 \times 70715.7}{118.77} = 976.5 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Επαληθεύεται η τιμή της απόδοσης για  $NTU = 1.64$  και  $C = 0.86$  με βάση το παρακάτω διάγραμμα σε αντιστροφή:



4) Νερό, παροχής 2kg/s, θερμαίνεται σε εναλλάκτη από 25°C σε 50°C, με κεκορεσμένο ατμό που συμπυκνώνεται υπό σταθερή θερμοκρασία 110°C. Λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης κεκ. ατμού 110°C : 2230 kJ/kg. Ζητούνται :

A. Αν η παροχή του νερού παραμένει σταθερή αλλά η θερμοκρασία εισόδου του γίνει 15°C, ποια θα είναι η νέα θερμοκρασία εξόδου του από τον εναλλάκτη. Η ειδική θερμότητα του νερού θεωρείται σταθερή και ίση με 4,178 kJ/kgK.

B. Οι αντίστοιχα απαιτούμενες παροχές ατμού, σε kg/h, στις δυο περιπτώσεις λειτουργίας του εναλλάκτη.

Λύση :

$$\theta_{ci} = 25^\circ\text{C} \quad \theta_{co} = 50^\circ\text{C} \quad m_c = 2 \text{ kg/s} \quad \theta_h = 110^\circ\text{C}$$

$$r_h = 2230 \text{ kJ/kg} = 2230 \times 10^3 \text{ J/kg} \quad C_c = 4170 \text{ J/kgK}$$

$$\theta'_{ci} = 15^\circ\text{C} \quad \theta'_{co} = ?$$

$$A) \quad q = m_c \times C_c (\theta_{co} - \theta_{ci}) = 2 \times 4178 (50 - 25) = 208900 \text{ W}$$

'Άλλη σχέση για να βρούμε το  $q = v \times A \Delta\theta_{m,\mu\sigma}$  που θα μας βοηθήσει στην συνέχεια.

$$\Delta\theta_{m,\mu\sigma} = \frac{\theta_{co} - \theta_{ci}}{\ln \frac{\theta_h - \theta_{ci}}{\theta_h - \theta_{co}}} = \frac{50 - 25}{\ln \frac{110 - 25}{110 - 50}} = \frac{25}{\ln \frac{85}{60}} = 71,77^\circ\text{C}$$

$$208900 = v \times A \times 71,77 \Rightarrow vA = 2910 \text{ W/K}$$

Με 15°C Είσοδο έχουμε

$$q' = v \times A \times \Delta\theta'_m = m_c \times C_c (\theta'_{co} - \theta'_{ci})$$

$$2910 = \frac{\theta'_{co} - \theta'_{ci}}{\ln \frac{\theta_h - \theta'_{ci}}{\theta_h - \theta'_{co}}} = 2 \times 4178 \times (\theta'_{co} - \theta'_{ci}) \Rightarrow \ln \frac{110 - 15}{110 - \theta'_{co}} = \frac{2910}{2 \times 4178}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{95}{110 - \theta'_{co}} = 0,348 \Rightarrow \frac{95}{110 - \theta'_{co}} = e^{0,348} \Rightarrow \frac{95}{110 - \theta'_{co}} = 1,416 \Rightarrow 110 - \theta'_{co} = 67,1$$

$$\Rightarrow \theta'_{co} = 42,9^\circ\text{C}$$

$$B) \quad q = m_h \times r_h$$

$$208900 = m_h \times 2230 \times 10^3 \Rightarrow m_h = 0,093 \text{ kg/s} = 337,2 \text{ kg/h}$$

$$q' = m_c \times C_c (\theta'_{co} - \theta'_{ci}) = 2 \times 4178 \times (42,9 - 15) = 233130 \text{ W}$$

$$233130 = m'_h \times 2230 \times 10^3 \Rightarrow m'_h = 0,104 \text{ kg/s} = 376,4 \text{ kg/h}$$

5) Χαλυβδοσωλήνας Φ98/102 mm μεταφέρει νερό ψύξης παροχής  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  σε απόσταση 200m. Το νερό εισέρχεται στο σωλήνα με θερμοκρασία  $7^\circ\text{C}$ . Ο σωλήνας βρίσκεται ελεύθερος και αμόνωντος σε αέρα περιβάλλοντος θερμοκρασίας  $35^\circ\text{C}$  και ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την επιφάνεια του σωλήνα στον αέρα εκτιμάται ότι έχει τιμή  $15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Λόγω της μεγάλης ταχύτητας του νερού μέσα στο σωλήνα ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής μπορεί να θεωρηθεί πολύ μεγάλος. Δίδεται η ειδ. θερμότητα νερού (στους  $7^\circ\text{C}$  περίπου)  $4,2 \text{ kJ/kgK}$ .

Ζητούνται:

A. Η θερμική ισχύς που απορροφά το νερό κατά τη διαδρομή του, με την παραδοχή ότι έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία ( $7^\circ\text{C}$ ).

B. Η θερμική ισχύς που πραγματικά απορροφά το νερό κατά τη διαδρομή του, αφού πρώτα βρεθεί η ακριβής θερμοκρασία εξόδου του από το σωλήνα.

Λύση :

$$\theta_{ci} = 7^\circ\text{C} \quad \theta_h = 35^\circ\text{C} \quad l = 200 \text{ m} \quad V_c = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$d_o = 102 \text{ mm} = 0,102 \text{ m} \quad d_i = 98 \text{ mm} = 0,098 \text{ m} \quad h_i = h_o = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$C_c = 4,2 \text{ kJ/kg K} = 4200 \text{ J/kg K}$$

$$d_m = \frac{102+98}{2} = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$q = \frac{(\theta_o - \theta_i)l}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{\pi h_o d_o}} = \frac{(35-7)200}{\frac{1}{2\pi \cdot 58} \ln \frac{102}{98} + \frac{1}{\pi \cdot 0,102 \times 15}} = 26900 \text{ W}$$

Το  $h_i$  το βγάζουμε επειδή είναι πολύ μεγάλο

$$U_m = \frac{1}{d_m \left( \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_o}{d_i} + \frac{1}{h_o d_o} \right)} = \frac{1}{0,1 \left( \frac{1}{2 \times 58} \ln \frac{102}{98} + \frac{1}{0,102 \times 15} \right)} = 15,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$q = U_m \times A_m \times \Delta\theta_m = m_c \times C_c (\theta_{co} - \theta_{ci}) \Rightarrow$$

$$15,3 \pi 0,1 \times 200 \frac{\theta_{co} - \theta_{ci}}{\ln \frac{\theta_h - \theta_{ci}}{\theta_h - \theta_{co}}} = 12,5 \times 4200 (\theta_{co} - \theta_{ci}) \Rightarrow$$

Γίνεται απαλοιφή των  $\theta_{co} - \theta_{ci}$  και το  $\theta_{co}$

$$V_c = 45 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow m_c = V_c \rho = 45 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1000 \text{ Kg/m}^3 = \frac{45000 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} = 12,5 \text{ Kg/s}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{35-7}{35-\theta_{co}} = \frac{15,3 \pi \cdot 0,1 \times 200}{12,5 \times 4200} \ln \frac{35-7}{35-\theta_{co}} = 0,01831 \Rightarrow$$

$$\frac{35-7}{35-\theta_{co}} = e^{0,01831} \Rightarrow \frac{35-7}{35-\theta_{co}} = 1,018 \Rightarrow \theta_{co} = 7,5^\circ\text{C}$$

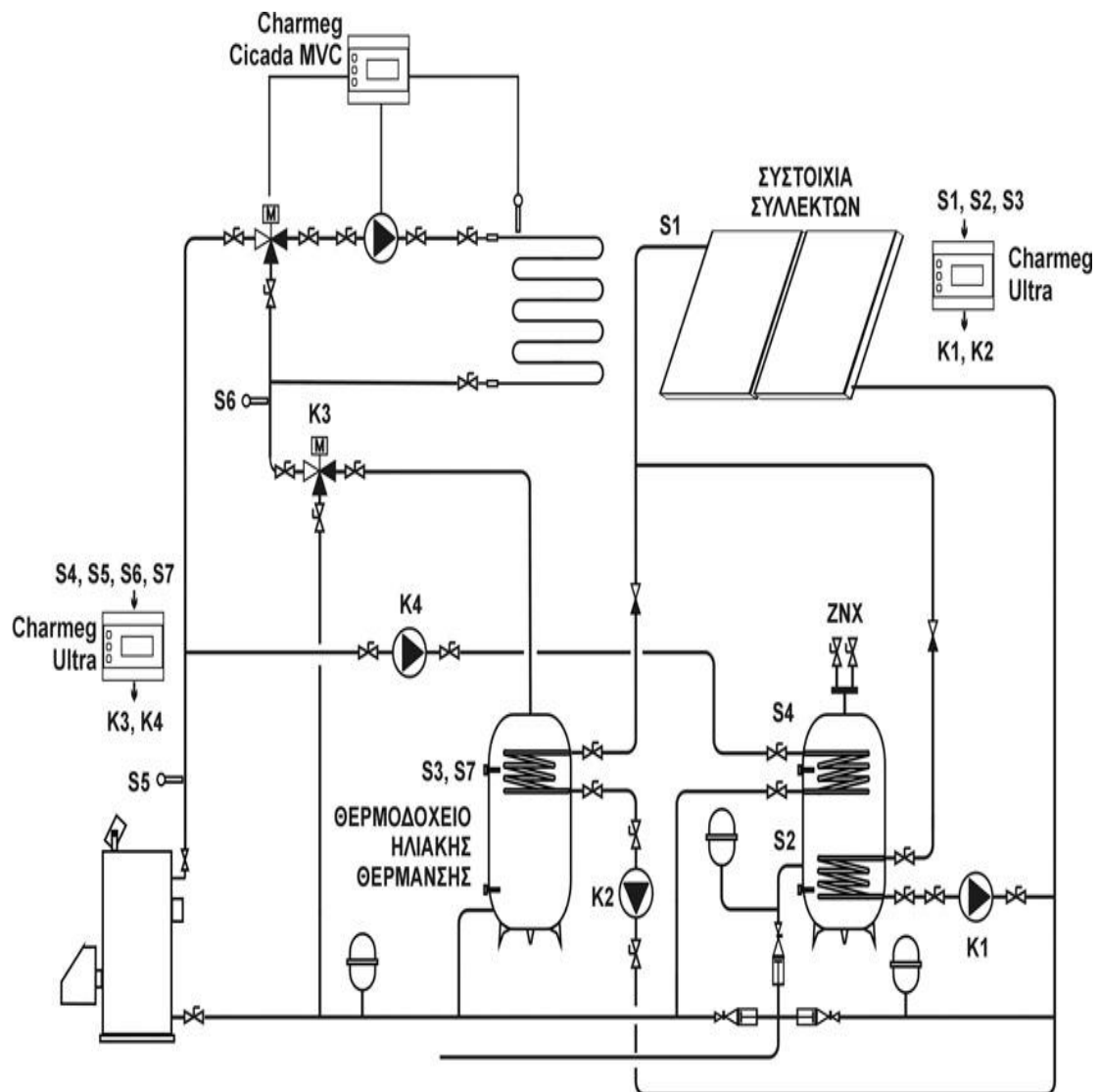
$$q = m_c \times C_c (\theta_{co} - \theta_{ci}) = 12,5 \times 4200 (7,5 - 7) = 26250 \text{ W}$$

## 8.2 Παραδείγματα επιλογής εναλλάκτη σε κατοικία και ξενοδοχειακό συγκρότημα



Στις δύο εικόνες βλέπουμε που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας εναλλάκτης σε σπίτι αλλά και πως συνδέεται στην εγκατάσταση. Στο σχήμα στη θέση ΖΝΧ έχουμε εναλλάκτη-boiler με δύο σερπαντίνες.

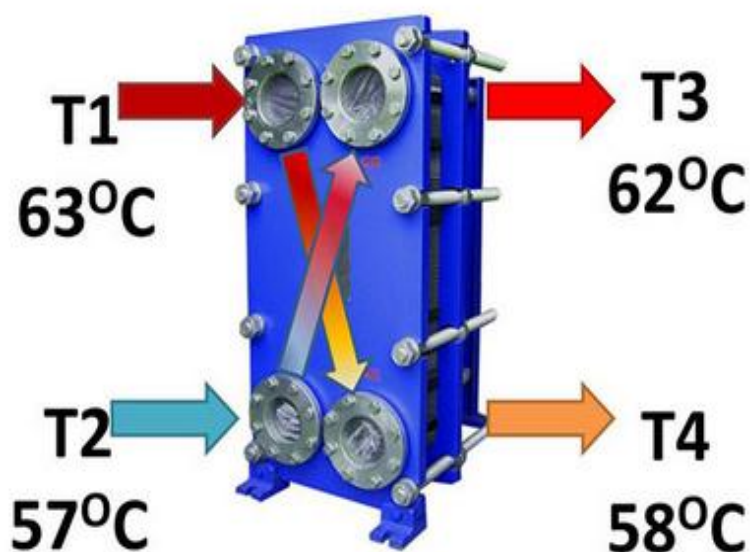
Συνδέεται με ηλιακό συλλέκτη, λέβητα και στοιχείο σωληνώσεων, που ας πούμε ότι είναι ενδοδαπέδια θέρμανση. Βέβαια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε όποιο είδος εναλλάκτη θέλουμε, στα παραδείγματα μας θα έχουμε πλακοειδή.



Η επιλογή ενός εναλλάκτη διαφέρει αρκετά στη φιλοσοφία της από την επιλογή ενός boiler. Κι αυτό γιατί ο συντελεστής θερμικής εναλλαγής (K) είναι σημαντικά μεγαλύτερος, ενώ ο υπολογισμός της θερμικής επιφάνειας του εναλλάκτη δεν έχει καμιά πρακτική σημασία. Δηλαδή για να επιλέξουμε έναν εναλλάκτη από την υφιστάμενη τυποποίησή τους, δεν αναζητούμε την θερμαντική επιφάνεια των πλακών (στοιχείων) του εναλλάκτη.

Αυτός ο χαρακτηριστικός αριθμός των πλακών, συνήθως (15-20 τεμ.) για μια σύγχρονη κατοικία, μπορεί πολύ απλά να υπολογισθεί από τους πίνακες των διαφόρων κατασκευαστών του είδους, αρκεί να γνωρίζουμε τη μέγιστη κατανάλωση νερού της κατοικίας ανά ώρα, καθώς και τη διαφορά θερμοκρασίας του κρύου νερού του δικτύου (εισαγωγή πρωτεύοντος κυκλώματος) με το ζεστό νερό χρήσης (εξαγωγή δευτερεύοντος κυκλώματος).

### Σύνδεση πλακοειδούς εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας – Δοχεία ZNX



**T1:** Είσοδος από ανάκτηση θερμότητας      **T2:** Αναρρόφηση από θερμοδοχεία

**T4:** Επιστροφές προς ανάκτηση θερμότητας      **T3:** Προσαγωγή θερμοδοχείων

Στην εικόνα παραπάνω έχουμε παράδειγμα σύνδεσης πλακοειδούς με δοχεία ZNX. Βλέπουμε από που είναι οι δύο εισοδοί και που πάνε οι δύο έξοδοι. Στα δικά μου παραδείγματα θα χρειαστούν κάποιες συνήθειες παραδοχές σχεδίασης πλακοειδούς. Για κατοικία έχουμε, πρωτεύον κύκλωμα εναλλάκτη (είσοδος T1 από προσαγωγή λέβητα 80°C, έξοδος T4 προς επιστροφή λέβητα 60°C). Δευτερεύων κύκλωμα εναλλάκτη (είσοδος T3 από κρύου νερού δικτύου 15°C, έξοδος T2 ζεστό νερό χρήσης 46°C). Γίνεται παραδοχή 46°C για κατοικία και 50°C για ξενοδοχείο, αυτή είναι η μόνη διαφορά στις εισόδους-εξόδους ανάμεσα στα δύο παραδείγματα.

### Παράδειγμα κατοικίας με ταυτόχρονη λειτουργία:

Ενός ντους, ενός νιπτήρα, ενός νεροχύτη κουζίνας.

| Χρήσεις νερού κατανάλωσης<br>Είδος λήψης | Αριθμός λήψεων | Απαιτούμενη κατανάλωση για 1 χρήση | Κατανάλωση νερού (Mx)ανά ώρα | Ανύψωση θερμοκρασίας νερού (Δt) | Απαιτούμενη ισχύς(Qx) (Kcal/h) |
|--|----------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Ντους                                    | 1              | 45 lt/10 min                       | 270 lt/h                     | 46-15=31 °C                     | 8370                           |
| Νιπτήρας                                 | 1              | 20 lt/10 min                       | *120 lt/h                    | 46-15=31 °C                     | 3720                           |
| Νεροχύτης                                | 1              | 20 lt/5 min                        | **240 lt/h                   | 46-15=31°C                      | 7440                           |
| <b>Σύνολα</b>                            | <b>3</b>       |                                    | <b>630 lt/h</b>              |                                 | <b>19530</b>                   |

Απαιτούμενη ισχύς λέβητα (εκλογή τυποποιημένου μεγέθους) =20000 Kcal/h

### Λύση

Λέβητας ισχύος 20000 Kcal/h.

\* Στο νιπτήρα μπάνιου τα 120lt/h θερμοκρασίας 46°C αν τα αναμείξουμε με κρύο νερό, μπορούμε να πάρουμε 25lt/10 min (149 lt/h) θερμοκρασίας 35°C.

\*\* Στο νεροχύτη κουζίνας τα 240lt/h θερμοκρασίας 46°C αν τα αναμείξουμε με κρύο νερό, μπορούμε να πάρουμε 23lt/5min (275lt/h) θερμοκρασίας 40°C.

### Παράδειγμα ξενοδοχειακού συγκροτήματος με ταυτόχρονη λειτουργία:

104 ντους δωματίων, 52 νιπτήρων δωματίων, 5 νεροχύτων κουζίνας.

| Χρήσεις νερού κατανάλωσης<br>Είδος λήψης | Αριθμός λήψεων | Απαιτούμενη κατανάλωση για 1 χρήση | Κατανάλωση νερού (Mx)ανά ώρα | Ανύψωση θερμοκρασίας νερού (Δt) | Απαιτούμενη ισχύς(Qx) (Kcal/h) |
|--|----------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Ντους                                    | 104            | 50lt/10 min                        | 31200lt/h                    | 50-15=35 °C                     | 1092000                        |
| Νιπτήρας                                 | 52             | 15lt/10 min                        | 4680lt/h                     | 35-15=20 °C                     | 93600                          |
| Νεροχύτης                                | 5              | 30lt/5 min                         | 1800lt/h                     | 45-15=30°C                      | 54000                          |
| <b>Σύνολα</b>                            | <b>161</b>     |                                    | <b>37680 lt/h</b>            |                                 | <b>1239600</b>                 |

Κατά συνέπεια η ισχύς του εναλλάκτη καθώς και του λέβητα  $Q_A$  θα πρέπει να είναι:

$$Q_A = Q_1 + Q_2 + Q_3 = m_1 \times c \times \Delta t_1 + m_2 \times c \times \Delta t_2 + m_3 \times c \times \Delta t_3 =$$

$$c \times (m_1 \times \Delta t_1 + m_2 \times \Delta t_2 + m_3 \times \Delta t_3)$$



Δεδομένου ότι για το νερό  $c=1\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}=1\text{Kcal/l}^\circ\text{C}$  έχουμε:

$$Q_A = (1\text{Kcal/l}^\circ\text{C}) \times (m_1 \times Dt_1 + m_2 \times Dt_2 + m_3 \times Dt_3) =$$

$$31200 \times 35 + 4680 \times 20 + 1800 \times 30 =$$

$$= 1092000 \text{ Kcal/h} + 93600 \text{ Kcal/h} + 54 \text{ Kcal/h} \Rightarrow Q_A = 1239000 \text{ Kcal/h}$$

Βάσει των παραπάνω δεδομένων έχουμε τις παρακάτω εναλλακτικές λύσεις:

### **A' Λύση**

#### Επιλογή από τον μελετητή

Λέβητα και εναλλάκτη ισχύος 1250000 Kcal/h και οι δύο, για ανταπόκριση ακόμη και προς όλο το φορτίο αιχμής.

Απαιτούμενη ποσότητα νερού κατανάλωσης / ώρα θερμοκρασίας 36-50°C = 37680 lt/h  
Παραγόμενη ποσότητα νερού / ώρα θερμοκρασίας 50°C = (\*\*\*)35417lt/h (\*\*\*)1239600  
Kcal/h διαιρούμενες δια της  $\max \Delta T(50-15=35^\circ\text{C}) = 35417\text{lt/h}$  Απαιτούμενη ισχύς  
λέβητα (εκλογή τυποποιημένου μεγέθους) = 1250000 Kcal/h

### **B' Λύση**

#### Επιλογή από τον μελετητή

1. Λέβητα ισχύος 1000000 Kcal/h, ανάλογα με το φορτίο αιχμής = 80% του συνολικού φορτίου
2. Θερμοδοχείου ανάλογα με το φορτίο βάσης = 20% του συνολικού φορτίου
3. Εναλλάκτη για συμπλήρωση του φορτίου αιχμής

Απαιτούμενη ποσότητα νερού κατανάλωσης / ώρα θερμοκρασίας 35-50°C = 37680lt/h  
(η θερμοκρασία 50°C) = 35417lt/h

Παραγόμενη ποσότητα νερού / ώρα (θερμοκρασίας 50°C = (\*\*\*)28571lt/h (\*\*\*)  
1000000 Kcal/h διαιρούμενες δια της  $\max \Delta T(50-15=35^\circ\text{C}) = 28571\text{lt/h}$  Απαιτούμενη  
ισχύς λέβητα (επιλογή τυποποιημένου μεγέθους) = 1000000 Kcal/h Απαιτούμενη  
αποθηκευμένη ποσότητα νερού (θερμοκρασίας 50°C) σε θερμοδοχείο: 35417 lt/h -  
28571lt/h = 6840 lt περίπου 7000 lt (Απαιτούμενη - Παραγόμενη παροχή) Αυτή η  
αποθηκευμένη ποσότητα νερού 7000 lt (θερμοκρασίας 50°C) μπορεί να καλύψει  
αιχμή διάρκειας 1 ώρας. Συνήθως αυτός ο χρόνος είναι και ο μέγιστος των αιχμών.

## Γ' Λύση

### Επιλογή από τον μελετητή

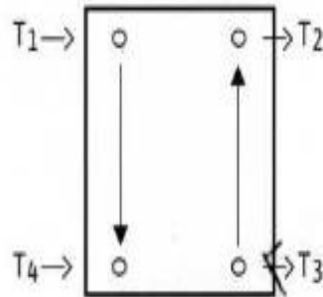
1. Χρησιμοποίηση υφιστάμενου λέβητα εγκαταστάσεως, μικρότερης ισχύος π.χ. 800000 Kcal/h, ανάλογα με το φορτίο αιχμής = 65% του συνολικού φορτίου
2. Θερμοδοχείου ανάλογα με το φορτίο βάσης = 35% του συνολικού φορτίου
3. Εναλλάκτη για συμπλήρωση του φορτίου αιχμής

Απαιτούμενη ποσότητα νερού κατανάλωσης / ώρα θερμοκρασίας 35-50°C = 37680lt/h  
(η θερμοκρασία 50°C) = 35417lt/h Παραγόμενη  
ποσότητα νερού / ώρα (θερμοκρασίας 50°C = (\*\*)) 22857lt/h (\*\*)) 800000 Kcal/h  
διαιρούμενες δια της  $\max \Delta T (50-15=35^\circ\text{C}) = 22857\text{lt/h}$  Υπάρχουσα ισχύς λέβητα  
= 800000 Kcal/h Απαιτούμενη αποθηκευμένη ποσότητα νερού (θερμοκρασίας 50°C)  
σε θερμοδοχείο: 35417 lt/h - 22857lt/h = 12560lt περίπου 5000 lt + 5000 + 2500 =  
12500lt (Απαιτούμενη - Παραγόμενη παροχή) Αυτή η αποθηκευμένη ποσότητα νερού  
12500lt (θερμοκρασίας 50°C) μπορεί να καλύψει αιχμή διάρκειας 1 ώρας. Συνήθως  
αυτός ο χρόνος είναι και ο μέγιστος των αιχμών.

### **Από τα στοιχεία κατανάλωσης νερού ανά ώρα-απαιτούμενης ισχύς και από τους πίνακες των κατασκευαστών επιλέγουμε τον αριθμό των πλακών του εναλλάκτη.**

Έχουμε λοιπόν παρακάτω έναν πίνακα από κατάλογο κατασκευαστή. Άρα για τα δύο παραδείγματα μας (κατοικίας-ξενοδοχείου) επιλέγουμε τους εξής εναλλάκτες:

1. Στην κατοικία έχουμε κατανάλωση νερού 630lt/h και απαιτούμενη ισχύς 19530Kcal/h, άρα αναλογικά με τον πίνακα θα επιλέξουμε πλακοειδή εναλλάκτη με 2πλάκες.
2. Στο ξενοδοχειακό συγκρότημα έχουμε κατανάλωση νερού 37680lt/h και απαιτούμενη ισχύς 1239600Kcal/h, άρα αναλογικά με τον πίνακα θα επιλέξουμε πλακοειδή εναλλάκτη με 72 πλάκες.



| Αριθμός πλακών<br>ORW 100 | Πρωτεύον Κύκλωμα<br>Απαιτούμενη θερμική ισχύς (Kcal/h) | Δευτερεύον Κύκλωμα<br>Μέγιστη παραγωγή εξόδου (lt/h) | Τιμή σε €<br>Ανοξειδωτοι Εναλλάκτες | Τιμή σε €<br>Εναλλάκτες Τιτανίου* |
|---------------------------|--|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 35                        | 630.000  | 21.120   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 37                        | 670.000  | 22.130   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 39                        | 700.000  | 23.470   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 41                        | 740.000  | 24.810   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 43                        | 770.000  | 25.820   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 45                        | 810.000  | 27.160   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 47                        | 840.000  | 28.160   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 49                        | 870.000  | 29.170   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 51                        | 900.000  | 30.180   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 53                        | 940.000  | 31.520   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 55                        | 970.000  | 32.520   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 57                        | 1.000.000  | 33.530   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 59                        | 1.030.000  | 34.530   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 61                        | 1.060.000  | 35.540   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 63                        | 1.090.000  | 36.550   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |
| 65                        | 1.120.000  | 37.550   | Τιμές κατόπιν ζήτησης               |                                   |

Πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας ORAN-KonoR

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραδείγματα του 8 κεφαλαίου και στο σύνολο της πτυχιακής βλέπουμε τον σημαντικό ρόλο που παίζουν οι εναλλάκτες στις διάφορες εγκαταστάσεις, στα σπίτια, σε κτήρια ή μέχρι σε βιομηχανίες. Οι περισσότεροι εναλλάκτες μπορούν να λειτουργήσουν με διάφορους συνδυασμούς ρευστών. Οπότε σε κάθε πρόβλημα μας, σίγουρα δε θα μας δίνει τη λύση μόνο ένας. Αυτοί που είναι πιο διαδεδομένοι και έχουν πολλές φορές την μεγαλύτερη απόδοση, είναι οι πλακοειδείς εναλλάκτες. Η απόδοση-ποσότητα εναλλασσόμενης θερμότητας είναι από τα βασικά κριτήρια επιλογής. Η ποσότητα εναλλασσόμενης θερμότητας εξαρτάται από την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας, από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο ρευστών και από τον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Η τιμή του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα των ρευστών μέσα στον εναλλάκτη. Για να αποφύγουμε την πτώση πίεσης λόγω των μεγάλων ταχυτήτων, χαμηλώνουμε την ταχύτητα των ρευστών, τόσο ώστε να έχουμε μια ικανοποιητική εναλλαγή θερμότητας. Για να έχουμε την επιθυμητή απόδοση στην εγκατάσταση μας, πρέπει πρώτα να γίνει μελέτη και έπειτα η επιλογή του καταλληλότερου. Τέλος στην εποχή μας, των φυσικών καταστροφών λόγω της κλιματικής αλλαγής και της λειψυδρίας σε πολλά μέρη, μας δείχνει ακόμα περισσότερο τη σημαντικότητα των εναλλακτών για τη χρησιμοποίησή τους. Με τη σωστή ενεργειακή διαχείριση και τεχνολογική ανάπτυξη τους, παίζεται καθοριστικός ρόλος στη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών δεικτών, που αναφέρονται στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, των καύσιμων υλών και του νερού.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

## Πλακοειδής εναλλάκτες



**ΠΛΑΚΟΕΙΔΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ SWEP ΝΕΡΟΥ-ΝΕΡΟΥ 20KW/30KW/40KW  
mod.E8THx30**

**Τιμή:** 195,12 €

**Τιμή με ΦΠΑ:** 240 €

**Εταιρεία:** SWEP

### **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ 20KW:**

Θερμοκρασία εισόδου νερού από το τζάκι :90OC

Θερμοκρασία εξόδου νερού προς το τζάκι :40OC

Κυβικά νερού /Ωρα:**0,3506 m3/h**

Πτώση πίεσης max:50,00kra

Αριθμός πλακών:30

Βάρος:2,64kg

Διαστάσεις:315 x 73 x 65 mm

Διατομή στομίου F1/P1:16 mm

Διατομή στομίου F2/P2:16 mm

Διατομή στομίου F3/P3:16 mm

Διατομή στομίου F4/P4:16 mm

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ 30KW:**

Θερμοκρασία εισόδου νερού από το τζάκι :90OC

Θερμοκρασία εξόδου νερού προς το τζάκι :40OC

Κυβικά νερού /Ωρα:**0,5206 m3/h**

Πτώση πίεσης max:50,00kra

Αριθμός πλακών:30

Βάρος:2,64kg

Διαστάσεις:315 x 73 x 65 mm

Διατομή στομίου F1/P1:16 mm

Διατομή στομίου F2/P2:16 mm

Διατομή στομίου F3/P3:16 mm

Διατομή στομίου F4/P4:16 mm

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ 40KW:**

Θερμοκρασία εισόδου νερού από το τζάκι :90OC

Θερμοκρασία εξόδου νερού προς το τζάκι :40OC

Κυβικά νερού /Ωρα:**0,7013 m3/h**

Πτώση πίεσης max:50,00kra

Αριθμός πλακών:30

Βάρος:2,64kg

Διαστάσεις:315 x 73 x 65 mm

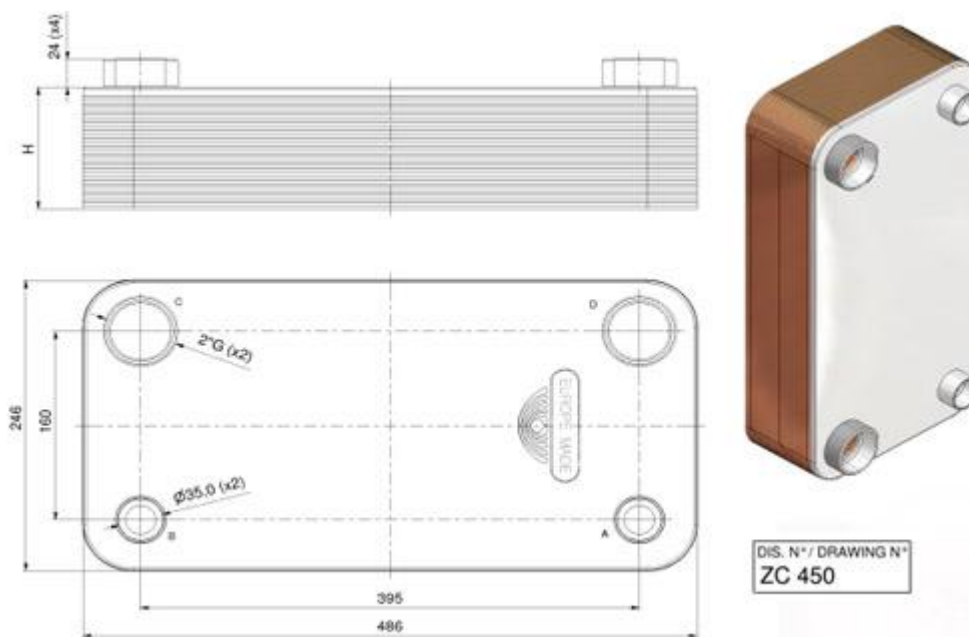
Διατομή στομίου F1/P1:16 mm

Διατομή στομίου F2/P2:16 mm

Διατομή στομίου F3/P3:16 mm

Διατομή στομίου F4/P4:16 mm

## Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC450 150 Σειρών



### Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC450

#### *Τεχνικά Χαρακτηριστικά:*

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξειδωτος χάλυβας 2 x 2" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 28,7 - 35 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 150                          |

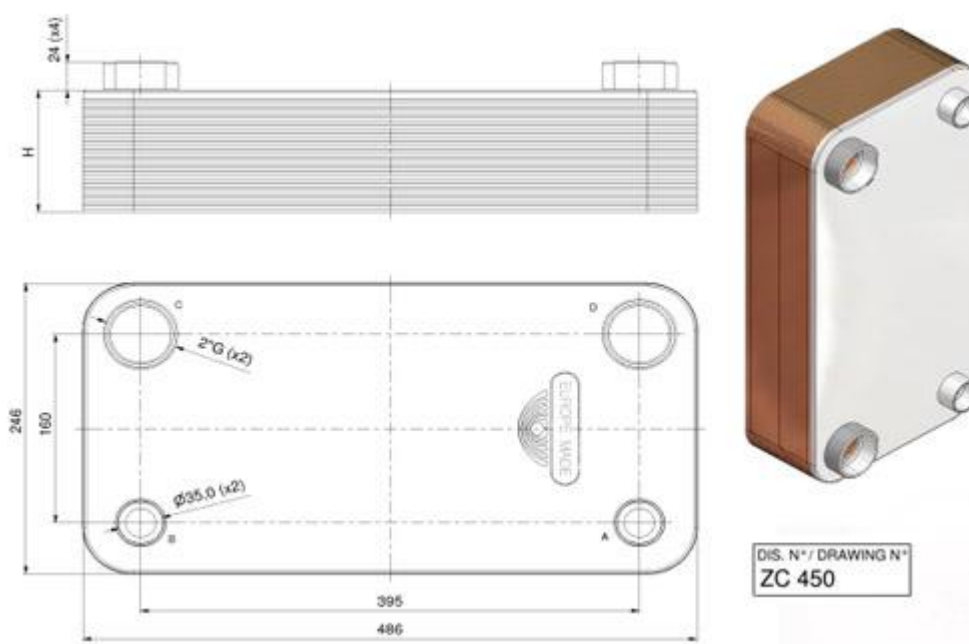
#### *Διαστάσεις και Βάρος:*

|   |        |
|---|--------|
| Μήκος   | 487 mm |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς μήκους)  | 395 mm |
| Πλάτος  | 247 mm |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς πλάτους) | 160 mm |
| Ύψος  | 393 mm |
| Βάρος   | 81 kg  |
| Προέλευση   | Ευρώπη |

**Τιμή: 1.600,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 1.968,00

## Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC450 80 Σειρών



### Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC450

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξειδωτος χάλυβας 2 x 2" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 28,7 - 35 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 80                           |

#### Διαστάσεις και Βάρος:

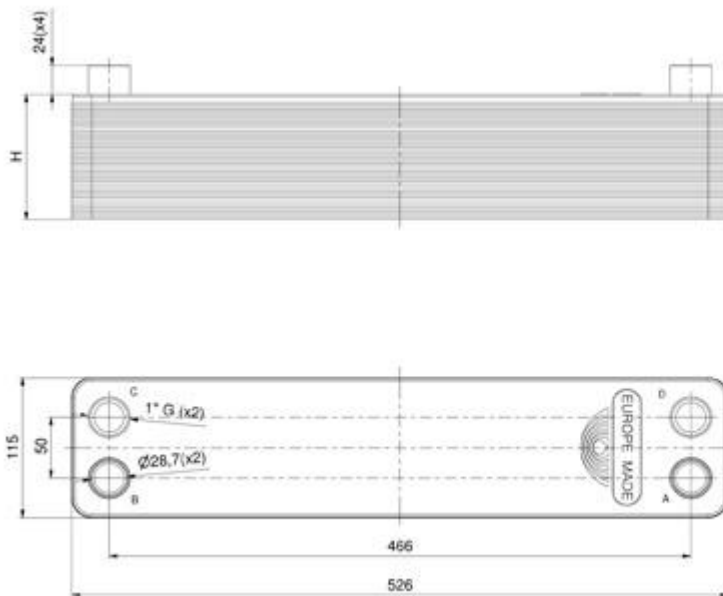
|   |          |
|---|----------|
| Μήκος   | 487 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς μήκους)  | 395 mm   |
| Πλάτος  | 247 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς πλάτους) | 160 mm   |
| Ύψος  | 213,8 mm |
| Βάρος   | 45,3 kg  |
| Προέλευση   | Ευρώπη   |

**Τιμή: 940,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 1.156,20



## Πλακοειδής Εναλλάκτης ΖC500 40 Σειράς



DIS. N° / DRAWING N°  
ZC 500

### Πλακοειδής Εναλλάκτης ΖC500

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξείδωτος χάλυβας 2 x 1" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 16 - 28.7 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 40                           |

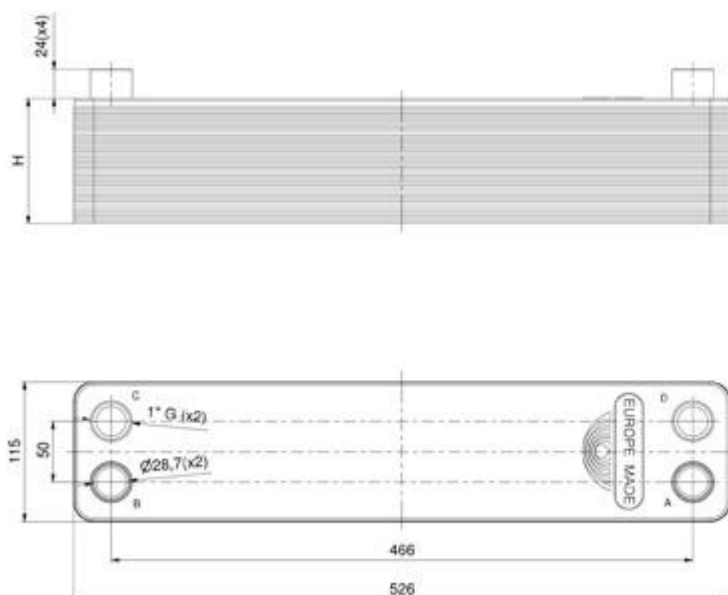
#### Διαστάσεις και Βάρος:

|   |          |
|---|----------|
| Μήκος   | 526 mm   |
| Απόσταση μεταξύ συνδέσεων (από πλευράς μήκους)  | 466 mm   |
| Πλάτος  | 115 mm   |
| Απόσταση μεταξύ συνδέσεων (από πλευράς πλάτους) | 50 mm    |
| Ύψος  | 111.4 mm |
| Βάρος   | 12.1 kg  |
| Προέλευση                                       | Ευρώπη   |

**Τιμή: 260,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 319,80

## Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC500 50 Σειρών



DIS. N° / DRAWING N°  
ZC 500

### Πλακοειδής Εναλλάκτης ZC500

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξείδωτος χάλυβας 2 x 1" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 16 - 28.7 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 50                           |

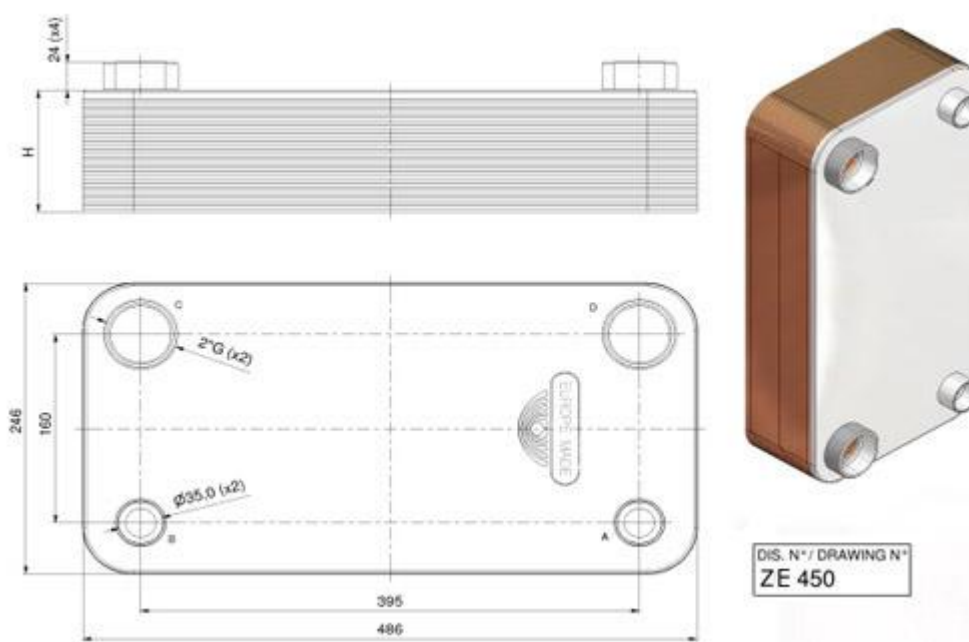
#### Διαστάσεις και Βάρος:

|   |         |
|---|---------|
| Μήκος   | 526 mm  |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς μήκους)  | 466 mm  |
| Πλάτος  | 115 mm  |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς πλάτους) | 50 mm   |
| Ύψος  | 137 mm  |
| Βάρος   | 14.5 kg |
| Προέλευση   | Ευρώπη  |

**Τιμή: 345,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 424,35

## Πλακοειδής Εναλλάκτης ZE450 40 Σειρών



### Πλακοειδής Εναλλάκτης ZE450

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξείδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξείδωτος χάλυβας 2 x 2" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 28,7 - 35 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 40                           |

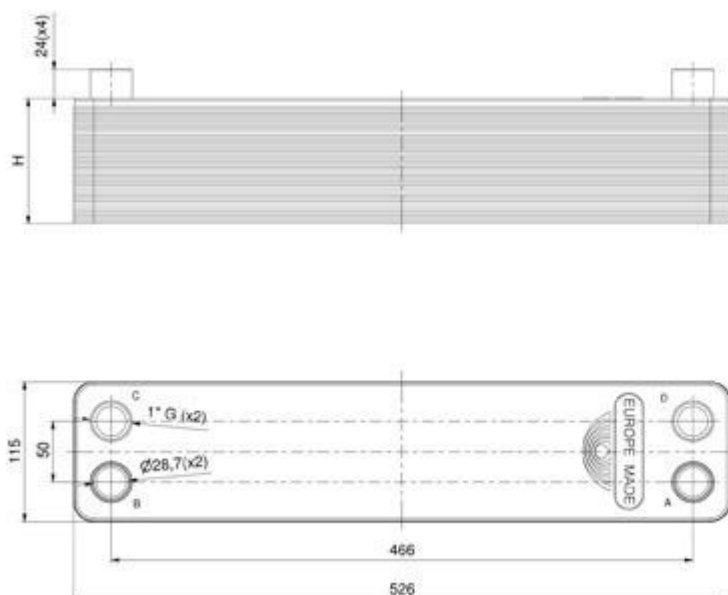
#### Διαστάσεις και Βάρος:

|   |          |
|---|----------|
| Μήκος   | 487 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς μήκους)  | 395 mm   |
| Πλάτος  | 247 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων (από πλευράς πλάτους) | 160 mm   |
| Ύψος  | 111.4 mm |
| Βάρος   | 12.1 kg  |
| Προέλευση   | Ευρώπη   |

**Τιμή: 546,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 671,58

## Πλακοειδής Εναλλάκτης ZE500 30 Σειρών



DIS. N° / DRAWING N°  
ZE 500

### Πλακοειδής Εναλλάκτης ZE500

#### Τεχνικά Χαρακτηριστικά:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Πιέσεις Λειτουργίας      | 30 bar - 45 bar              |
| Θερμοκρασίες Λειτουργίας | -50°C / +200°C               |
| Υλικό κατασκευής πλακών  | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Υλικό Συνδέσεων          | ανοξειδωτος χάλυβας 316 L    |
| Συνδέσεις νερού          | ανοξειδωτος χάλυβας 2 x 1" G |
| Συνδέσεις φρέον          | Ø 16 - 28.7 mm               |
| Υλικό συγκολλήσεων       | Χαλκός 99,9%                 |
| Σειρές                   | 40                           |

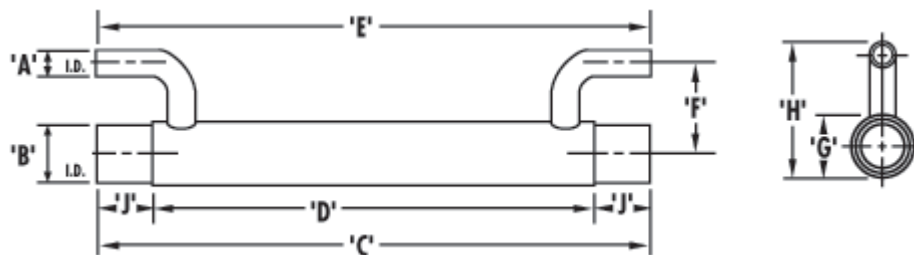
#### Διαστάσεις και Βάρος:

|  |          |
|--|----------|
| Μήκος  | 526 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων<br>(από πλευράς μήκους)  | 466 mm   |
| Πλάτος   | 115 mm   |
| Απόσταση μεταξύ των συνδέσεων<br>(από πλευράς πλάτους) | 50 mm    |
| Ύψος   | 111.4 mm |
| Βάρος  | 9.7 kg   |
| Προέλευση  | Ευρώπη   |
| Τιμή:  | 333,50 € |

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 410,21

## Απλοί ομοκεντρικοί εναλλάκτες

### Εναλλάκτης Θερμότητας HXR-50 3/8\*5/8"

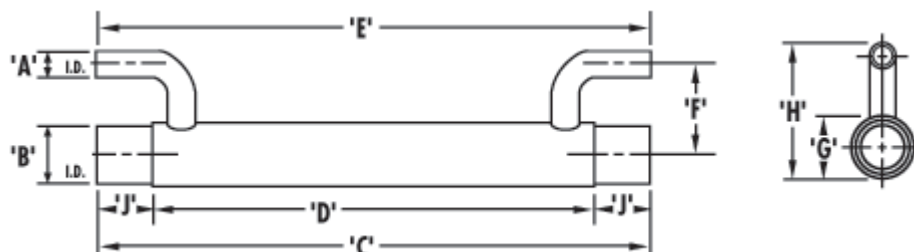


|                    |            |
|--------------------|------------|
| Προϊόν             | HXR-50     |
| Ονομαστική Ισχύς   | 1 HP       |
| Εσωτερικός σωλήνας | Ορείχαλκος |
| Εξωτερικός σωλήνας | Χαλκός     |
| Συνδέσεις          | Χαλκός     |
| Πίεση λειτουργίας  | 450 PSIG   |
| Οριακή πίεση       | 2250 PSIG  |
| A                  | 3/8        |
| B                  | 5/8        |
| D                  | 11         |
| E                  | 13         |
| F                  | 1-5/8      |
| G                  | 7/8        |
| H                  | 2-5/16     |
| J                  | 7/8        |
| C                  | 12-3/4     |

**Τιμή: 50,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 61,50

## Εναλλάκτης Θερμότητας HXR-150 1/2\*1.1/8"

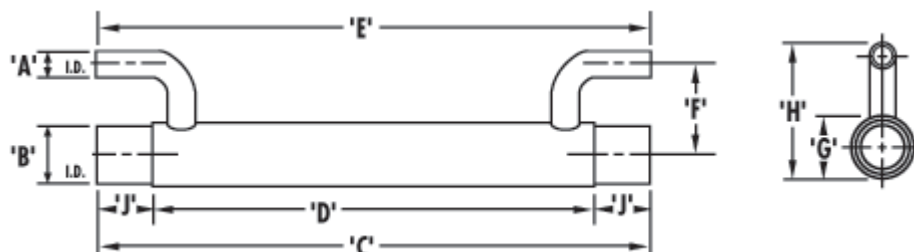


|                    |            |
|--------------------|------------|
| Προϊόν             | HXR-50     |
| Ονομαστική Ισχύς   | 1 HP       |
| Εσωτερικός σωλήνας | Ορείχαλκος |
| Εξωτερικός σωλήνας | Χαλκός     |
| Συνδέσεις          | Χαλκός     |
| Πίεση λειτουργίας  | 450 PSIG   |
| Οριακή πίεση       | 2250 PSIG  |
| A                  | 1/2        |
| B                  | 1.1/8      |
| D                  | 11         |
| E                  | 13-3/4     |
| F                  | 2          |
| G                  | 1.3/8      |
| H                  | 3          |
| J                  | 1.9/16     |
| C                  | 14.1/8     |

**Τιμή: 75,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 92,25

## Εναλλάκτης Θερμότητας HXR-250A 5/8\*1.3/8"

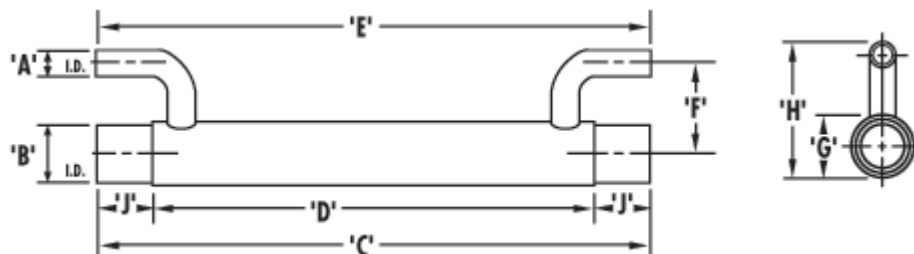


|                    |            |
|--------------------|------------|
| Προϊόν             | HXR-250A   |
| Ονομαστική Ισχύς   | 5 HP       |
| Εσωτερικός σωλήνας | Ορείχαλκος |
| Εξωτερικός σωλήνας | Χαλκός     |
| Συνδέσεις          | Χαλκός     |
| Πίεση λειτουργίας  | 400 PSIG   |
| Οριακή πίεση       | 2000 PSIG  |
| A                  | 5/8        |
| B                  | 1.3/8      |
| D                  | 11         |
| E                  | 14-1/4     |
| F                  | 2.3/8      |
| G                  | 1.5/8      |
| H                  | 3.9/16     |
| J                  | 1.5/8      |
| C                  | 14.1/4     |

**Τιμή: 100,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 123,00

## Εναλλάκτης Θερμότητας HXR-500 7/8\*2.1/8"



|                    |            |
|--------------------|------------|
| Προϊόν             | HXR-500    |
| Ονομαστική Ισχύς   | 10 HP      |
| Εσωτερικός σωλήνας | Ορείχαλκος |
| Εξωτερικός σωλήνας | Χαλκός     |
| Συνδέσεις          | Χαλκός     |
| Πίεση λειτουργίας  | 340 PSIG   |
| Οριακή πίεση       | 1700PSIG   |
| A                  | 7/8        |
| B                  | 2.1/8      |
| D                  | 12         |
| E                  | 13         |
| F                  | 2.15/16    |
| G                  | 2.5/8      |
| H                  | 4.5/8      |
| J                  | 2.5/8      |
| C                  | 17.1/4     |

**Τιμή: 150,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 184,50



## Εναλλάκτης Θερμότητας FRIGA-BOHN H-150



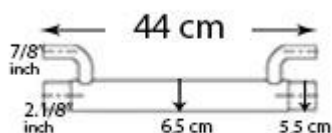
Εναλλάκτης Θερμότητας FRIGA-BOHN H-150

- Διαστάσεις: 3/8\*7/8"
- Πίεση λειτουργίας: 31 bars
- Εργάζεται με τα ψυκτικά υγρά: R12, R22, R507

**Τιμή: 50,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 61,50

## Εναλλάκτης Θερμότητας FRIGA-BOHN H-1000B



Εναλλάκτης Θερμότητας FRIGA-BOHN H-1000B

- Διαστάσεις: 7/8\*2.1/8"
- Πίεση λειτουργίας: 400 bars
- Εργάζεται με τα ψυκτικά υγρά: R404A, R507, R134A, R22, R502

**Τιμή: 165,00 €**

Αξία με Φ.Π.Α. (23,00%) 202,95

# Εναλλάκτες Αέρα-Αέρα SIVAR

## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα Σειράς HEU 1.000

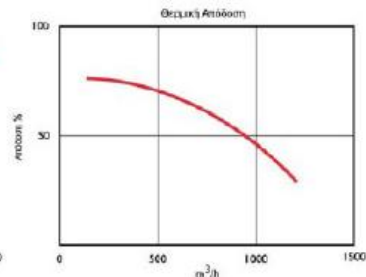
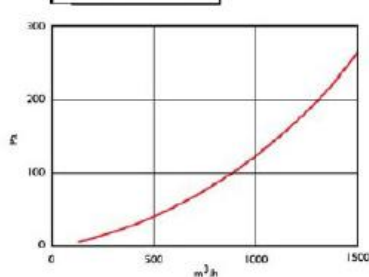
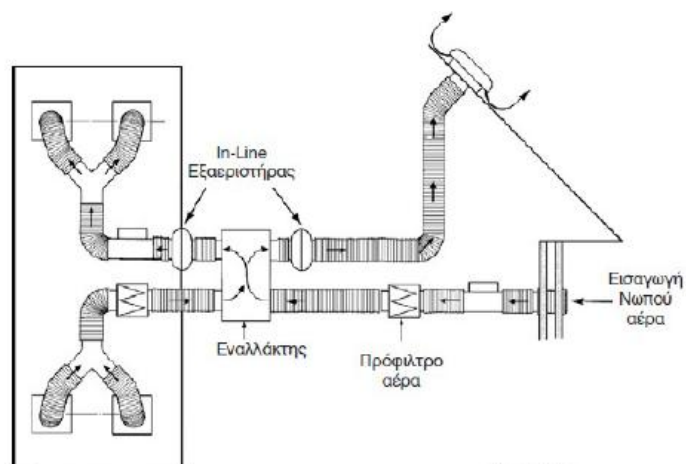
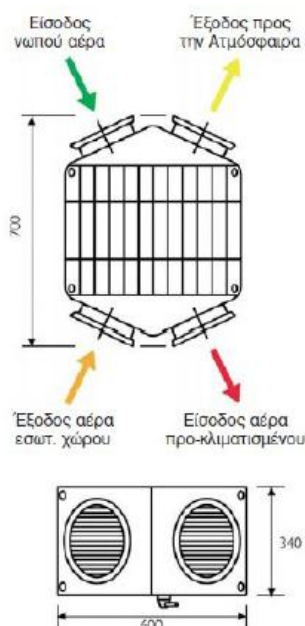


Vent-Axia

- Εναλλάκτης θερμότητας αέρα-αέρα χωρίς ανεμιστήρες.
- Ο εναλλάκτης μπορεί να συνεργαστεί με μια σειρά εξαεριστήρων, π.χ. διπλής αναρρόφησης, in-line κλπ. Συμβουλευτείτε το τεχνικό μας τμήμα για την επιλογή του κατάλληλου εξαεριστήρα.
- Συμπαγής κατασκευή, απλή στην τοποθέτησή της.
- Κατασκευασμένος από πολυμερές υλικό, εύκολος στον καθαρισμό.
- Ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και **70%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα.
- Εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας τον αέρα της εξαγωγής για να προ-κλιματίσει τον εισερχόμενο νωπό αέρα, περιορίζοντας έτσι το θερμικό-ψυκτικό φορτίο που απαιτείται στην εγκατάσταση κλιματισμού.
- Ιδανικός για χρήση σε σχολεία, γραφεία, καφετέριες κλπ.
- Ιδανικός για χρήση σε κλιματιζόμενους χώρους.
- Ο εναλλάκτης HEU, διαθέτει έξοδο συμπυκνωμάτων 22mm στη χαμηλότερη πλευρά του, και πρέπει να εγκαθίσταται με μια κλίση περίπου 3 μοιρών.

Σειρά HEU 1.000

| Τύπος     | Παροχή (m³/h) | Μήκος (mm) | Ύψος (mm) | Πλάτος (mm) | Βάρος (Kg) | Τιμή     |
|-----------|---------------|------------|-----------|-------------|------------|----------|
| HEU 1.000 | 1.000         | 700        | 340       | 600         | 10         | € 426,00 |



## Εναλλάκτες Αέρα - Αέρα Σειράς HR 30W & HR 100W

- Εναλλάκτης τοίχου που συνδυάζει τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Εύκολη τοποθέτηση.
- Σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία. Ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και **70%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, ελέγχοντας αποτελεσματικά την εσωτερική σχετική υγρασία.
- Η μονάδα διαθέτει φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ., βελτιώνοντας την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- Διαθέσιμες 2 επιλογές ταχύτητας (υψηλή - χαμηλή).
- Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός 50/60 Hz, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπανόμενα και διαθέτει θερμικό προστασίας.
- Φτερωτές κατασκευασμένες από πολυμερές υλικό δυναμικά ζυγοσταθμισμένες.
- Η μονάδα συνεργάζεται με μια σειρά από διακόπτες και αισθητήρες όπως: αισθητήριο υγρασίας, χρονοδιακόπτες κλπ.



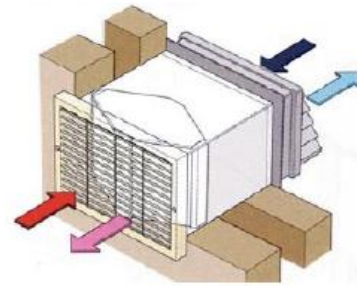
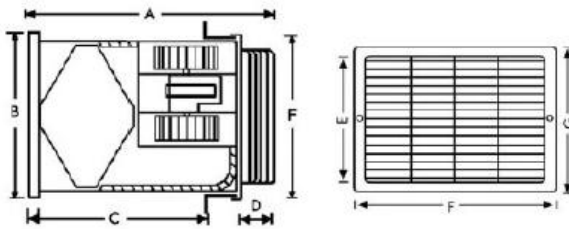
Vent-Axia

Σειρά HR 30W & HR 100W

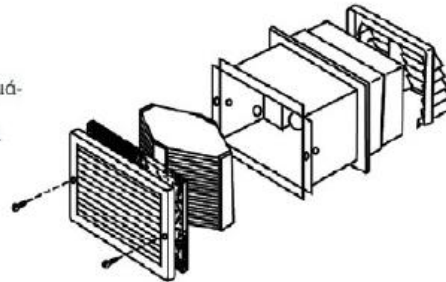
| Τύπος   | Παροχή Εισόδου (m <sup>3</sup> /h) |     | Παροχή Εξόδου (m <sup>3</sup> /h) |     | Watt |     | Στάθμη Θορύβου dB (A) |     | Τιμή     |
|---------|------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|------|-----|-----------------------|-----|----------|
|         | max                                | min | max                               | min | max  | min | max                   | min |          |
| HR 30W  | 50                                 | 35  | 40                                | 30  | 23   | 10  | 28                    | 28  | € 283,00 |
| HR 100W | 77                                 | 43  | 69                                | 38  | 31   | 12  | 30                    | 20  | € 276,00 |

Διαστάσεις Σειράς HR 30W & HR 100W

| Τύπος   | A    | B    | C       | D    | E    | F    | G    | Βάρος (Kg) |
|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------------|
|         | (mm) | (mm) | (mm)    | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |            |
| HR 30W  | 370  | 270  | 220-280 | 68   | 155  | 235  | 190  | 4,85       |
| HR 100W | 370  | 270  | 220-280 | 68   | 155  | 235  | 190  | 4,85       |



- Ο Εναλλάκτης **HR 30W** είναι κατάλληλος για εγκατάσταση σε υπνοδωμάτια με σχεδόν αθόρυβη βραδινή λειτουργία. Παράλληλα διαθέτει επιλογή για την αύξηση της απόδοσης την ημέρα.
- Ο Εναλλάκτης **HR 100W** είναι κατάλληλος για εγκατάσταση σε W.C. λουτρά κλπ. Αποτρέπει τη δημιουργία μούχλας και οσμών.



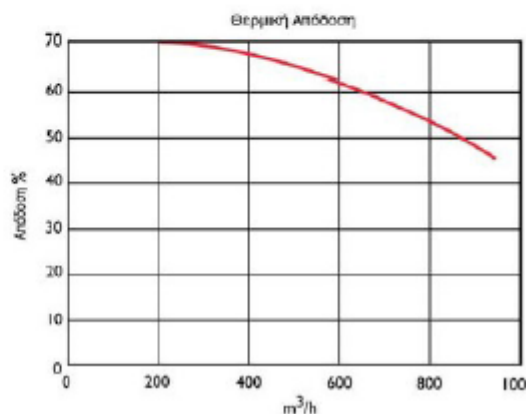
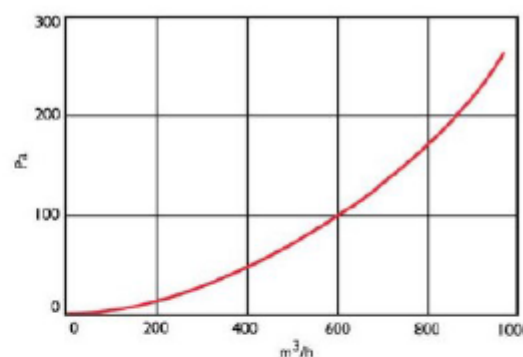
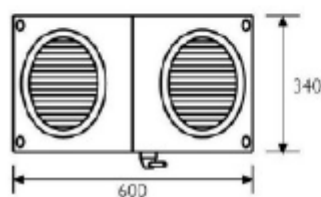
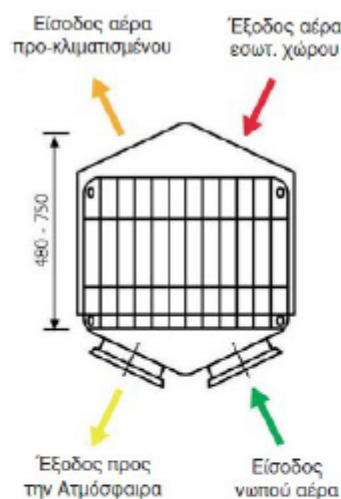
## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR2



Vent-Axia

- Εναλλάκτης θερμότητας αέρα-αέρα χωρίς ανεμιστήρα
- Ο εναλλάκτης μπορεί να συνεργαστεί με μια σειρά αναρρόφησης, in-line κλπ. Συμβουλευτείτε το τεχνικό επιλογή του κατάλληλου εξαεριστήρα.
- Συμπαγής κατασκευή, απλή στην τοποθέτησή της
- Κατασκευασμένος από πολυμερές υλικό, εύκολος στην εγκατάσταση
- Ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και 70% εξερχόμενο αέρα.
- Εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χάρη στην εξαγωγή για να προ-κλιματίσει τον εισερχόμενο αέρα, μειώνοντας το θερμικό-ψυκτικό φορτίο που απαιτείται στην εγκατάσταση.
- Ιδανικός για χρήση σε σχολεία, γραφεία, καφετέριες
- Ιδανικός για χρήση σε κλιματιζόμενους χώρους.
- Ο εναλλάκτης HR2, διαθέτει έξοδο συμπυκνωμάτων στην πλευρά του, και πρέπει να εγκαθίσταται με μια κλιματιστική μονάδα σε εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον μέσω αεραγωγών.

| Σειρά HR2 |                            |            |           |             |
|-----------|----------------------------|------------|-----------|-------------|
| Τύπος     | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Μήκος (mm) | Ύψος (mm) | Πλάτος (mm) |
| HR2       | 880                        | 480-750    | 340       | 600         |



## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR5

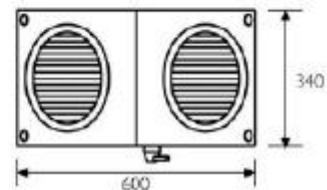
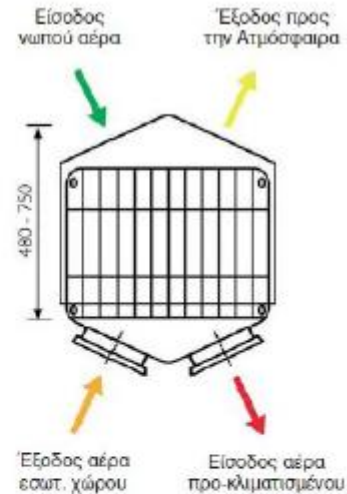
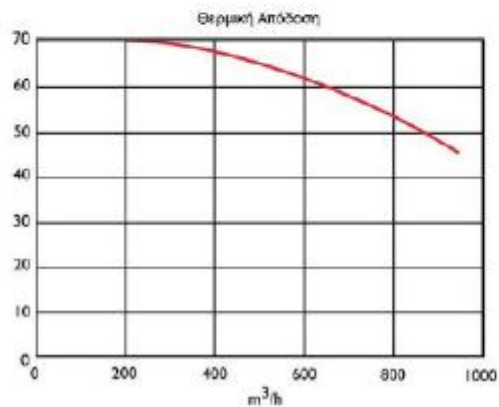
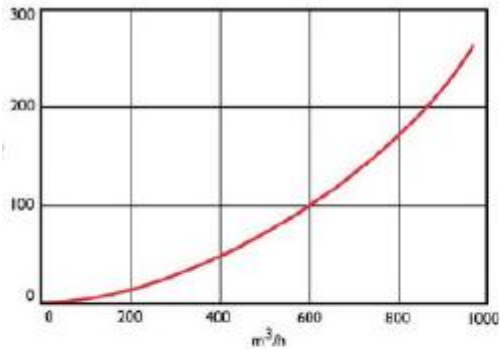
- Εναλλάκτης θερμότητας αέρα-αέρα χωρίς ανεμιστήρες.
- Ο εναλλάκτης μπορεί να συνεργαστεί με μια σειρά εξαεριστήρων, π.χ. διπλής αναρρόφησης, in-line κλπ. Συμβουλευτείτε το τεχνικό μας τμήμα για την επιλογή του κατάλληλου εξαεριστήρα.
- Συμπαγής κατασκευή, απλή στην τοποθέτησή της.
- Κατασκευασμένος από πολυμερές υλικό, εύκολος στον καθαρισμό.
- Ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και **70%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα.
- Εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας τον αέρα της εξαγωγής για να προ-κλιματίσει τον εισερχόμενο νωπό αέρα, περιορίζοντας έτσι το θερμικό-ψυκτικό φορτίο που απαιτείται στην εγκατάσταση κλιματισμού.
- Ιδανικός για χρήση σε σχολεία, γραφεία, καφετέριες κλπ.
- Ιδανικός για χρήση σε κλιματιζόμενους χώρους.
- Ο εναλλάκτης HR5, διαθέτει έξοδο συμπυκνωμάτων 22mm στη χαμηλότερη πλευρά του, και πρέπει να εγκαθίσταται με μια κλίση περίπου 3 μοιρών.
- Ο **Εναλλάκτης HR5 τοποθετείται σε εξωτερικό τοίχο** και επικοινωνεί με τον κλιματιζόμενο χώρο μέσω αεραγωγών.



Vent-Axia

Σειρά HR5

| Τύπος | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Μήκος (mm) | Ύψος (mm) | Πλάτος (mm) | Βάρος (Kg) | Τιμή     |
|-------|----------------------------|------------|-----------|-------------|------------|----------|
| HR5   | 880                        | 480-750    | 340       | 600         | 10         | € 487,00 |



## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR 200WK

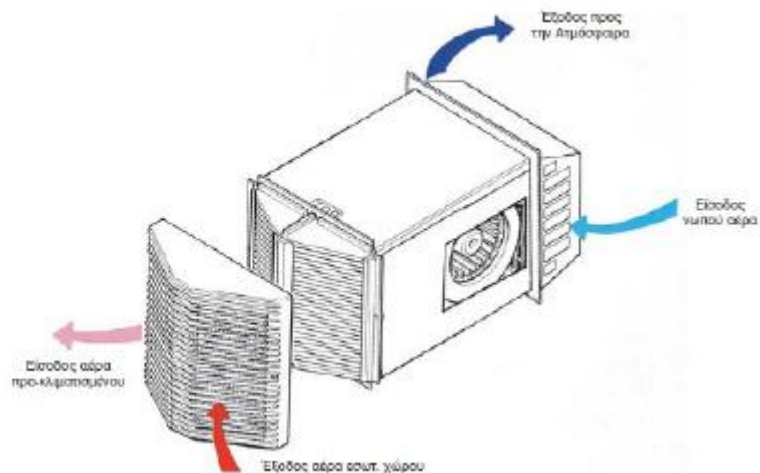
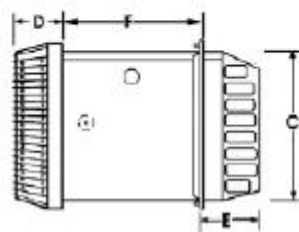
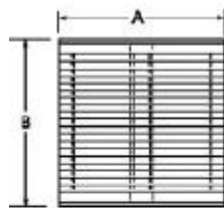


Vent-Axia

- Εναλλάκτης τοίχου που συνδυάζει τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Κατάλληλος για εγκατάσταση σε κουζίνες, δωμάτια γενικής χρήσης κλπ., καθώς και σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους.
- Εύκολη τοποθέτηση.
- Σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και 75% της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, ελέγχοντας αποτελεσματικά την εσωτερική σχετική υγρασία.
- Η μονάδα διαθέτει πλεονόμμο φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για την συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ.
- Διαθέσιμες 3 επιλογές ταχύτητας.
- Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός 50 Hz, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπαινόμενα και διαθέτει θερμικό προστασίας.
- Φτερωτές κατασκευασμένες από πολυμερές υλικό δυναμικά ζυγοσταθμισμένες.
- Η μονάδα συνεργάζεται με μία σειρά από διακόπτες και αισθητήρες όπως: Διακόπτης 3 ταχυτήτων, αισθητήριο υγρασίας, χρονοδιακόπτες κλπ.

| Σειρά HR 200WK |          |                                    |                                   |            |                       |          |
|----------------|----------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|----------|
| Τύπος          | Ταχύτητα | Παροχή Εισόδου (m <sup>3</sup> /h) | Παροχή Εξόδου (m <sup>3</sup> /h) | Ισχύς Watt | Στόθμη Θορύβου dB (A) | Τιμή     |
| HR 200WK       | 1        | 60                                 | 50                                | 25         | 19                    | € 634,00 |
|                | 2        | 110                                | 100                               | 60         | 33                    |          |
|                | 3        | 220                                | 200                               | 140        | 46                    |          |

| Διαστάσεις Σειράς HR 200WK |        |        |        |        |        |         |            |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|
| Τύπος                      | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | F (mm)  | Βάρος (Kg) |
| HR 200WK                   | 270    | 270    | 245    | 85     | 68 min | 335 max | 9,7        |



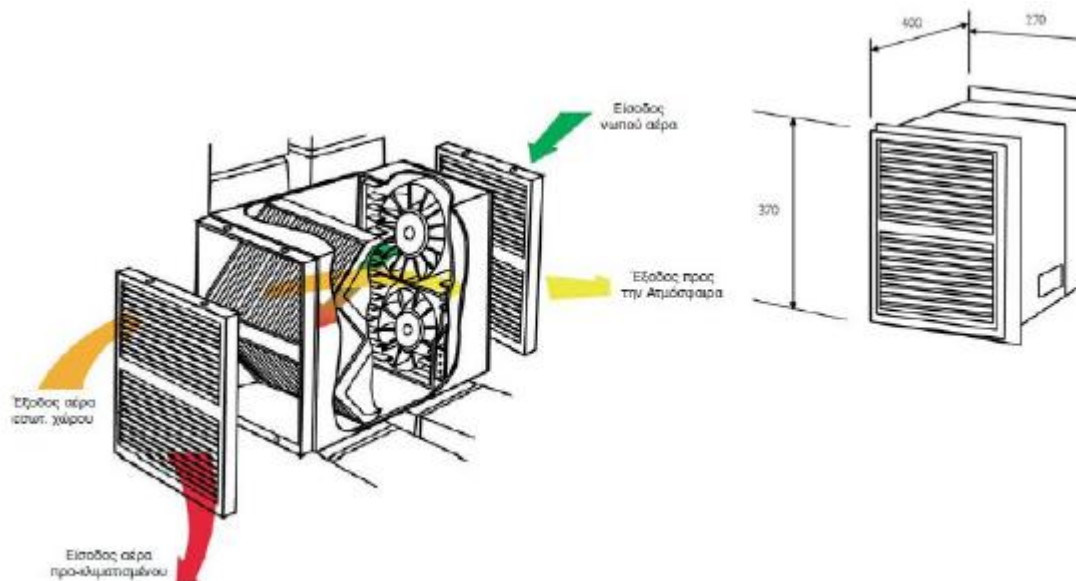
## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR 300

- Εναλλάκτης τοίχου που συνδυάζει τον εξερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Κατάλληλος για εγκατάσταση σε χώρους συνάθροισης, γραφεία, σχολεία, βιβλιοθήκες κλπ., καθώς και σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους.
- Εύκολη τοποθέτηση.
- Σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και 70% της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, ελέγχοντας αποτελεσματικά την εσωτερική σχετική υγρασία.
- Η μονάδα διαθέτει πλενόμενο φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για την συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ.
- Διαθέσιμες 3 επιλογές ταχύτητας.
- Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός 50 Hz, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπαινόμενα και διαθέτει θερμικό προστασία.
- Φτερωτές κατασκευασμένες από πολυμερές υλικό δυναμικά ζυγοσταθμισμένες.
- Η μονάδα συνεργάζεται με μία σειρά από διακόπτες και αισθητήρες όπως: Διακόπτες 3 ταχυτήτων, αισθητήριο υγρασίας, χρονοδιακόπτες κλπ.
- Βάρος 11 Kg.



Vent-Axia

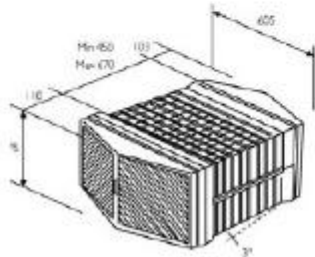
| Σειρά HR 300 |          |                                    |                                   |            |                       |          |
|--------------|----------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------|----------|
| Τύπος        | Ταχύτητα | Παροχή Εισόδου (m <sup>3</sup> /h) | Παροχή Εξόδου (m <sup>3</sup> /h) | Ισχύς Watt | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Τιμή     |
| HR 300       | 1        | 75                                 | 70                                | 108        | 37                    | € 608,00 |
|              | 2        | 210                                | 190                               | 108        | 40                    |          |
|              | 3        | 300                                | 270                               | 108        | 44                    |          |



## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR 500



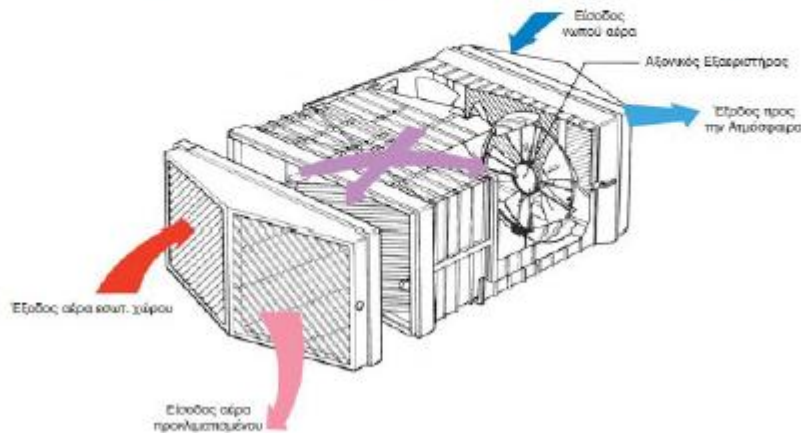
Vent-Axia



- Εναλλάκτης τοίχου που συνδυάζει τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Κατάλληλος για εγκατάσταση σε χώρους συνάθροισης, γραφεία, σχολεία, βιβλιοθήκες, αίθουσες υπολογιστών, γυμναστήρια κλπ., καθώς και σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους.
- Απλή τοποθέτηση, εύκολος καθαρισμός.
- Η μονάδα μπορεί να λειτουργήσει σαν εναλλάκτης αέρα-αέρα με απόδοση έως και **550 m<sup>3</sup>/h** προ-κλιματισμένου αέρα, ή σαν εξαεριστήρας με απόδοση **900 m<sup>3</sup>/h** χρησιμοποιώντας και τους 2 εξαεριστήρες για απαγωγή αέρα.
- Σχεδιασμένος για συνεχή λειτουργία ο εναλλάκτης μπορεί να ανακτήσει μέχρι και **70%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, ελέγχοντας αποτελεσματικά την εσωτερική σχετική υγρασία.
- Η μονάδα διαθέτει πλενόμενο φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ.
- Διαθέσιμες 3 επιλογές ταχύτητας.
- Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός 50 Hz, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπανόμενα και διαθέτει θερμικό προστασίας.
- Οι φτερωτές είναι κατασκευασμένες από πολυμερές υλικό δυναμικά ζυγοσταθμισμένες.
- Η μονάδα συνεργάζεται με μία σειρά από διακόπτες και αισθητήρες όπως: Αισθητήριο υγρασίας, χρονοδιακόπτες κλπ.
- Βάρος 16 Kg.
- Ο τύπος HR 500X διαθέτει ηλεκτρονικά ανοιγόμενες περσίδες.

Σειρά HR 500

| Ταχύτητα | Παροχή Εισόδου (m <sup>3</sup> /h) | Παροχή Εξόδου (m <sup>3</sup> /h) | Παροχή Μόνο Εξαερισμού (m <sup>3</sup> /h) | Ισχύς Watt | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Τύπος   | Τιμή       |
|----------|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------|-----------------------|---------|------------|
| 1        | 320                                | 350                               | 600  | 200 max    | 53 max                | HR 500  | € 1.100,00 |
| 2        | 410                                | 450                               | 750  |            |                       |         |            |
| 3        | 500                                | 550                               | 900  |            |                       | HR 500X |            |



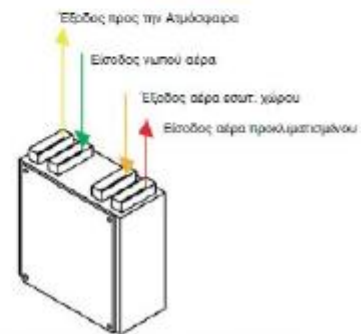


## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR 800

- Διατίθεται σε 2 τύπους : **HR 800 H** (Οριζόντια τοποθέτηση)  
**HR 800 V** (Κατακόρυφη τοποθέτηση).
- Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Κατάλληλοι για εγκατάσταση σε κατοικίες (υπνοδωμάτια, κουζίνες), γραφεία, κλπ., καθώς και σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους.
- Οι διαστάσεις τους, τους καθιστούν ιδανικούς σε εφαρμογές όπου ο χώρος είναι περιορισμένος (οι εναλλάκτες μπορούν να τοποθετηθούν ακόμα και σε ένα ντουλάπι κουζίνας).
- Απλοί στην τοποθέτηση και εύκολα πλενόμενοι.
- Σχεδιασμένοι για συνεχή λειτουργία οι εναλλάκτες μπορούν να ανακτήσουν μέχρι και **70%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα, ελέγχοντας αποτελεσματικά την εσωτερική σχετική υγρασία.
- Οι εναλλάκτες διαθέτουν πλενόμενο φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ.
- Διαθέσιμες 9 επιλογές ταχύτητας (επιλέγουμε 3 ταχ. κατά την εγκατάσταση).
- Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός 50 Hz, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπανόμενα και διαθέτει θερμικό προστασίας.
- Φτερωτές κατασκευασμένες από πολυμερές υλικό δυναμικά ζυγοσταθμισμένες.
- Η μονάδα συνεργάζεται με μία σειρά από διακόπτες και αισθητήρες όπως: Διακόπτες 3 ταχυτήτων, αισθητήριο υγρασίας, χρονοδιακόπτες κλπ.
- Ο εναλλάκτης **HR 800 V** είναι για **κάθετη τοποθέτηση** και διαθέτει έξοδο συμπτυκνωμάτων  $\Phi 15\text{mm}$  στη χαμηλότερη πλευρά του. Ο εναλλάκτης **HR 800 H** είναι για **οριζόντια τοποθέτηση** και διαθέτει ενσωματωμένη αντλία συμπτυκνωμάτων.

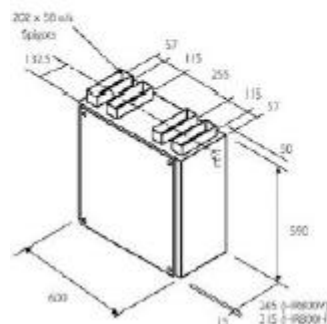


Vent-Axia

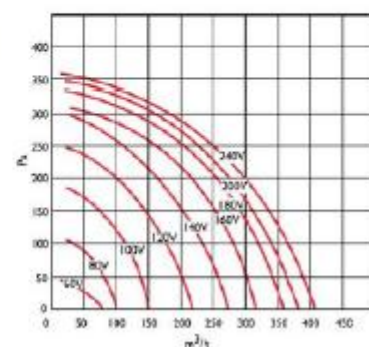


Σειρά HR 800

| Τύπος    | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Μήκος (mm) | Ύψος (mm) | Πλάτος (mm) | Βάρος (Kg) | Τιμή       |
|----------|----------------------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|
| HR 800 H | 410                        | 600        | 590       | 265         | 23,9       | € 1.942,00 |
| HR 800 V | 410                        | 600        | 590       | 315         | 23,9       | € 2.358,00 |



| HR 800   |           |            |                          |
|----------|-----------|------------|--------------------------|
| Ταχύτητα | Τάση Volt | Ισχύς Watt | Παροχή m <sup>3</sup> /h |
| 1        | 60        | 30         | 75                       |
| 2        | 80        | 53         | 110                      |
| 3        | 100       | 78         | 150                      |
| 4        | 120       | 107        | 220                      |
| 5        | 140       | 135        | 275                      |
| 6        | 160       | 164        | 320                      |
| 7        | 180       | 188        | 370                      |
| 8        | 200       | 214        | 390                      |
| 9        | 240       | 265        | 410                      |



## Εναλλάκτες Θερμότητας Αέρα - Αέρα Σειράς HRE 350

**NEO !**



- Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- **Ανάκτηση θερμότητας** έως και 95% ελέγχοντας συγχρόνως την υγρασία του χώρου.
- Ελάχιστο κόστος λειτουργίας με 2 ηλεκτροκινητήρες **Lo-Watt DC** εξοικονόμησης ενέργειας.
- Εσωτερικός ψηφιακός ελεγκτής ταχύτητας.
- Φίλτρα σύμφωνα με τις προδιαγραφές **EU4**, πλεονόμεσα.
- Εύκολη τοποθέτηση με τη χρήση αεραγωγών (διαθέτει 4 στόμια Φ150 X 45 mm).
- Δυνατότητα προσαρμογής στο υπάρχον δίκτυο αεραγωγών.
- Στάθμη θορύβου **33,4 - 48,8 dB**.
- Κατά παραγγελία βαλβίδα **Summer By-Pass**.

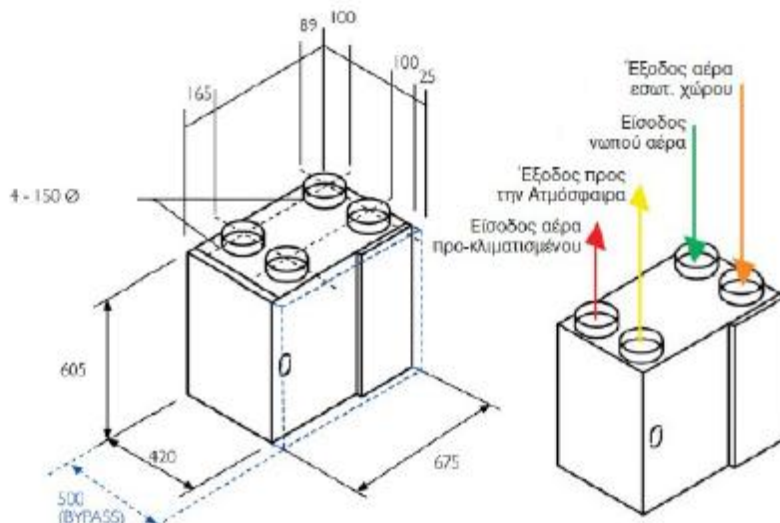
Σειρά HRE 350

| Τύπος    | Παροχή (m³/h) | Βέρος (Kg) | Τιμή       | Ταχύτητα | Παροχή (m³/h) | Ισχύς (Watt) | Στάθμη Θορύβου dB (A) |
|----------|---------------|------------|------------|----------|---------------|--------------|-----------------------|
| HRE 350  | 300           | 31         | € 3.742,00 | 1        | 100           | 16           | 33,9                  |
| HRE 350B | 300           | 31         | € 4.515,00 | 2        | 150           | 27           | 41,4                  |
|          |               |            |            | 3        | 225           | 40           | 48,8                  |

- Οι ηλεκτροκινητήρες είναι **Lo-Watt DC** εξοικονόμησης ενέργειας με ρουλεμάν, και έχουν λίπανση εσωτερικά εφ' όρου ζωής.
- Τάση λειτουργίας **240V / 50Hz**, με δυνατότητα λειτουργίας έως τους **40°C** θερμοκρασία περιβάλλοντος και διαθέτουν προστασία από υπερφόρτωση.
- Οι ηλεκτροκινητήρες **Lo-Watt DC** έχουν περισσότερο από διπλάσια διάρκεια ζωής σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες **AC** καταναλώνοντας παράλληλα την ελάχιστη δυνατή ενέργεια.
- Πλήρως μονωμένη κατασκευή με ενσωματωμένο στόμιο απορροής νερού, ειδικά σχεδιασμένη για νέας κατασκευής κατοικίες.
- Το στόμιο απορροής βρίσκεται κεντρικά στο κάτω μέρος της μονάδας.
- Ο εναλλάκτης είναι κατασκευασμένος από πλάκες ειδικού πολυμερούς πλαστικού **PETG**, διασταυρούμενης ροής.
- Η φτερωτή είναι φυγοκεντρικού τύπου με εμπρόσθια κλίση πτερύγια δυναμικά ζυγοσταθμισμένη.
- Μονάδες ικανές να καλύψουν πλήρως οικιακές εφαρμογές με εύκολη πρόσβαση στον κυβοειδή εναλλάκτη για αφαίρεση των φίλτρων.
- Αποκλειστικά κατακόρυφη τοποθέτηση.
- Το ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου παρέχει στη μονάδα ελεγχόμενη ροή αέρα έχοντας τη δυνατότητα επιλογής 3 ταχυτήτων μέσω τηλεχειρισμού.
- Ο τύπος **HRE 350** έχει 3 προρυθμισμένες ταχύτητες λειτουργίας **100, 150 και 225m³/h**, αλλά ο ψηφιακός ελεγκτής ταχύτητας έχει τη δυνατότητα ρύθμισης και για άλλες ταχύτητες λειτουργίας έως **300m³/h**.
- Ο τύπος **HRE 350B** έχει επιπλέον τη δυνατότητα προρύθμισης των ορίων θερμοκρασίας για αυτόματο έλεγχο της βαλβίδας **Summer By-Pass**.



Η Μονάδα συνοδεύεται με διακόπτη 3 ταχυτήτων.



## Εναλλάκτης Θερμότητας Αέρα - Αέρα HR204

Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).

Ανάκτηση θερμότητας έως και **70%** ελέγχοντας συγχρόνως την υγρασία του χώρου.

Κατάλληλοι για εγκατάσταση σε κατοικίες (μπνοδωμάτια, κουζίνες, γραφεία) κ.λ.π., καθώς και σε ποικίλους επαγγελματικούς χώρους.

Εξαιλείφει τη ανάπτυξη μούχλας.

Εμποδίζει την είσοδο εξωτερικού θορύβου.

Ελάχιστο κόστος συντήρησης.

Οι διαστάσεις τους, τους καθιστούν ιδανικούς σε εφαρμογές όπου ο χώρος είναι περιορισμένος.

**NEO!**



Σειρά HR 204

| Τύπος  | Παροχή (m³/h) | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Βάρος (Kg) | Τιμή       |
|--------|---------------|-----------------------|------------|------------|
| HR 204 | 185           | 29(min) - 55(max)     | 20,6       | € 1.149,00 |

Μέγιστη παροχή **185m³/h** με 6 διαθέσιμες ταχύτητες λειτουργίας.

Ο εναλλάκτης είναι κατασκευασμένος από πλάκες ειδικού πολυμερούς πλαστικού **PETG**, διασταυρούμενης ροής.

Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μονοφασικός **50Hz**, με ρουλεμάν κλειστού τύπου αυτολιπανόμενα και διαθέτει θερμικό προστασίας.

Η φτερωτή είναι φυγοκεντρικού τύπου με εμπρόσθια κλίση πτερώγια δυναμικά ζυγοσταθμισμένη.

Διαθέτει εσωτερικά μετασχηματιστή πολλαπλών λήψεων για επιλογή 6 ταχυτήτων με χειροκίνητη επιλογή ή αυτόμα-

τα μέσω αισθητήρων. Επίσης προσφέρεται και με τα δύο συστήματα.

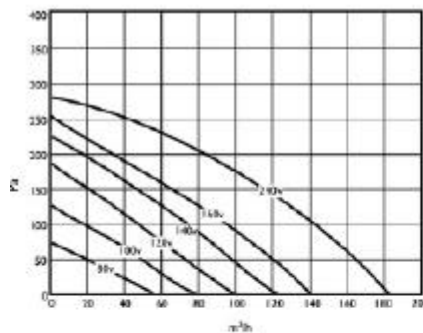
• Τα στόμια είναι **Φ100 X 40 mm** κατάλληλα για σύνδεση με αεραγωγό.

• Δυνατότητα προσαρμογής στο υπάρχον δίκτυο αεραγωγών.

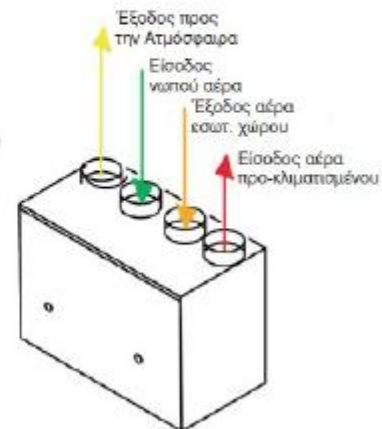
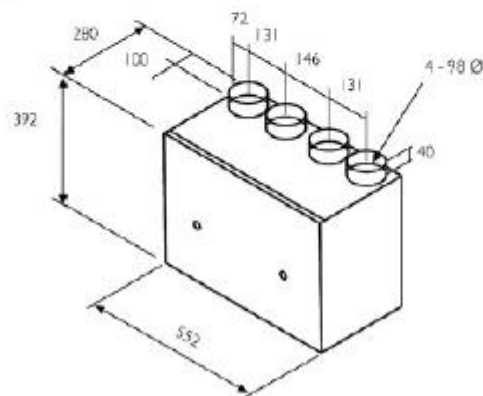
• Τα φίλτρα του συστήματος είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές **EU2**.

• Το στόμιο απορροής νερού είναι **Φ15** και είναι τοποθετημένο χαμηλά στην αριστερή πλευρά της μονάδας.

• Κατακόρυφη τοποθέτηση.



| Ταχύτητα | Παροχή (m³/h) | Ισχύς (Watt) |
|----------|---------------|--------------|
| 1        | 60            | 16           |
| 2        | 80            | 27           |
| 3        | 100           | 40           |
| 4        | 120           | 52           |
| 5        | 140           | 65           |
| 6        | 185           | 111          |



## Εναλλάκτες Θερμότητας Αέρα - Αέρα Σειράς VUT H

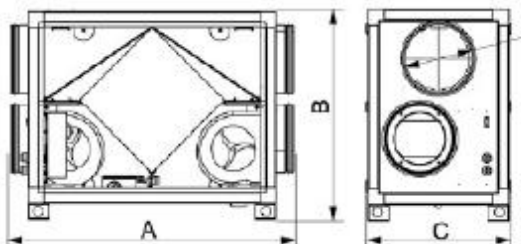
- Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Οι εναλλάκτες μπορούν να ανακτήσουν μέχρι και **88%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα.
- Εύκολη εγκατάσταση.
- Οι μονάδες διαθέτουν φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ., βελτιώνοντας την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- Θυρίδες επίσκεψης και στις **2** πλευρές.
- Οι εναλλάκτες διαθέτουν 2 ανεμιστήρες (εισαγωγής και εξαγωγής).
- Παροχές από **350 m<sup>3</sup>/h** έως **2.000 m<sup>3</sup>/h**.
- Μόνωση τύπου σάντουιτς.
- Οι μονάδες διαθέτουν χειριστήριο 3 ταχυτήτων.
- Η σειρά εναλλακτών **VUT H** είναι ειδικά σχεδιασμένη για τον εξερισμό διαμερισμάτων, κατοικιών, γραφείων, καφετεριών, χώρων μεσαίων διαστάσεων κλπ.
- Αποτρέπουν τη δημιουργία μούχλας και οσμών.

**NEO!**



### Σειρά VUT H

| Τύπος      | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Τάση (Volt) | Ισχύς Ανεμιστήρων (W) | Στροφές RPM | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Μέγιστη Θερμοκρασία °C | Τιμή       |
|------------|----------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------|
| VUT 350 H  | 350                        | 230         | 2 X 130               | 1.150       | 45                    | 55                     | € 1.897,00 |
| VUT 500 H  | 500                        | 230         | 2 X 150               | 1.100       | 47                    | 55                     | € 2.175,00 |
| VUT 530 H  | 530                        | 230         | 2 X 150               | 1.100       | 47                    | 55                     | € 2.263,00 |
| VUT 600 H  | 600                        | 230         | 2 X 195               | 1.350       | 48                    | 55                     | € 2.757,00 |
| VUT 1000 H | 1.000                      | 230         | 2 X 400               | 1.840       | 50                    | 45                     | € 4.211,00 |
| VUT 2000 H | 2.000                      | 230         | 2 X 490               | 1.100       | 55                    | 45                     | € 4.597,00 |



### Διαστάσεις Σειράς VUT H

| Τύπος      | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| VUT 350 H  | 730    | 555    | 415    | 125    |
| VUT 500 H  | 730    | 555    | 415    | 150    |
| VUT 530 H  | 730    | 555    | 415    | 160    |
| VUT 600 H  | 730    | 555    | 415    | 200    |
| VUT 1000 H | 920    | 911    | 520    | 250    |
| VUT 2000 H | 1.110  | 1.106  | 846    | 315    |

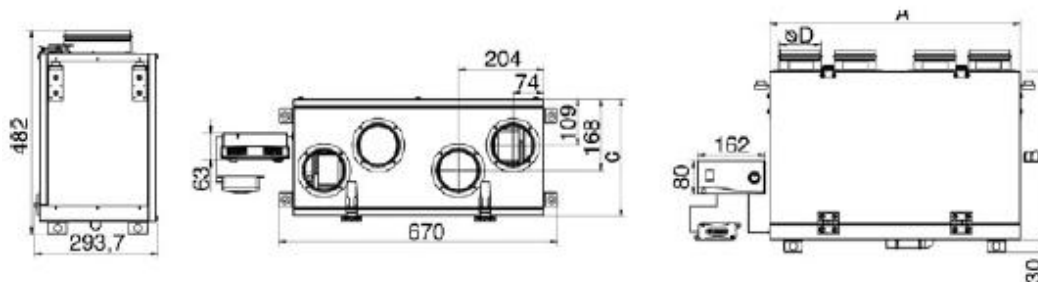
## Εναλλάκτες Θερμότητας Αέρα - Αέρα Σειράς VUT mini

**NEO!**



- Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Οι εναλλάκτες μπορούν να ανακτήσουν μέχρι και 85% της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα.
- Εύκολη εγκατάσταση.
- Οι μονάδες διαθέτουν φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ., βελτιώνοντας την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- Θυρίδες επίσκεψης και στις 2 πλευρές.
- Οι εναλλάκτες διαθέτουν 2 ανεμιστήρες (εισαγωγής και εξαγωγής).
- Παροχές από 200 m<sup>3</sup>/h έως 300 m<sup>3</sup>/h.
- Η σειρά εναλλακτών VUT H mini είναι ειδικά σχεδιασμένη για τον εξαερισμό διαμερισμάτων, κατοικιών, γραφείων, χώρων μικρών διαστάσεων κλπ.
- Αποτρέπουν τη δημιουργία μούχλας και οσμών.
- Τοποθέτηση οριζόντια (τύπος H) ή κατακόρυφη (τύπος V).

| Σειρά VUT mini |                            |             |                       |             |                       |                        |            |
|----------------|----------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------|
| Τύπος          | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Τάση (Volt) | Ισχύς Ανεμιστήρων (W) | Στροφές RPM | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Μέγιστη Θερμοκρασία °C | Τιμή       |
| VUT 200 H mini | 200                        | 230         | 2 X 70                | 2.400       | 55                    | 55                     | € 1.054,00 |
| VUT 200 V mini | 200                        | 230         | 2 X 70                | 2.400       | 55                    | 55                     | € 1.054,00 |
| VUT 300 H mini | 300                        | 230         | 2 X 75                | 2.500       | 55                    | 55                     | € 1.173,00 |
| VUT 300 V mini | 300                        | 230         | 2 X 75                | 2.500       | 55                    | 55                     | € 1.173,00 |



| Διαστάσεις Σειράς VUT mini |        |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Τύπος                      | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) |
| VUT 200 H mini             | 600    | 401    | 278    | 100    |
| VUT 200 V mini             | 600    | 401    | 278    | 100    |
| VUT 300 H mini             | 600    | 401    | 278    | 125    |
| VUT 300 V mini             | 600    | 401    | 278    | 125    |

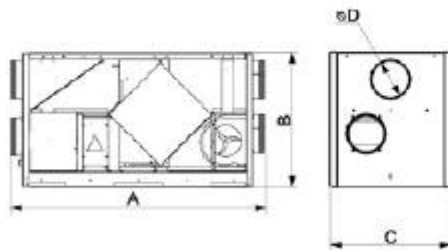
## Εναλλάκτες Θερμότητας Αέρα - Αέρα Σειράς VUT EH

- Εναλλάκτες που συνδυάζουν τον εξαερισμό ενός χώρου παράλληλα με την ανάκτηση τμήματος της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα (ψυχρό ή θερμό).
- Οι εναλλάκτες μπορούν να ανακτήσουν μέχρι και **88%** της θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα.
- Εύκολη εγκατάσταση.
- Οι μονάδες διαθέτουν φίλτρο αέρα υψηλής απόδοσης για τη συγκράτηση σκόνης, ρύπων κλπ., βελτιώνοντας την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- Θυρίδες επίσκεψης και στις 2 πλευρές.
- Οι εναλλάκτες διαθέτουν 2 ανεμιστήρες (εισαγωγής και εξαγωγής).
- Παροχές από **350 m<sup>3</sup>/h** έως **2.000 m<sup>3</sup>/h**.
- Μόνωση τύπου σάντουιτς.
- Οι μονάδες διαθέτουν χειριστήριο 3 ταχυτήτων.
- Η σειρά εναλλακτών **VUT EH** είναι ειδικά σχεδιασμένη για τον εξαερισμό διαμερισμάτων, κατοικιών, γραφείων, καφετεριών, χώρων μεσαίων διαστάσεων κλπ.
- Αποτρέπουν τη δημιουργία μούχλας και οσμών.
- Οι εναλλάκτες διαθέτουν διάταξη με θερμαντικά στοιχεία για την θέρμανση του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα.



Σειρά VUT EH

| Τύπος       | Παροχή (m <sup>3</sup> /h) | Τάση (Volt) | Θερμική Ισχύς (W) | Ισχύς Ανεμιστήρων (W) | Στροφές RPM | Στάθμη Θορύβου dB (A) | Μέγιστη Θερμοκρασία °C | Τιμή       |
|-------------|----------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------|
| VUT 350 EH  | 350                        | 230         | 2.000             | 2 X 130               | 1.150       | 45                    | 55                     | € 2.046,00 |
| VUT 500 EH  | 500                        | 230         | 3.000             | 2 X 150               | 1.100       | 47                    | 55                     | € 2.300,00 |
| VUT 530 EH  | 530                        | 230         | 4.000             | 2 X 150               | 1.100       | 47                    | 55                     | € 2.386,00 |
| VUT 600 EH  | 600                        | 230         | 4.000             | 2 X 195               | 1.350       | 48                    | 55                     | € 2.879,00 |
| VUT 1000 EH | 1.000                      | 400         | 9.900             | 2 X 400               | 1.840       | 50                    | 45                     | € 4.696,00 |
| VUT 2000 EH | 2.000                      | 400         | 18.000            | 2 X 490               | 1.100       | 55                    | 45                     | € 5.082,00 |



Διαστάσεις Σειράς VUT EH

| Τύπος       | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| VUT 350 EH  | 960    | 555    | 500    | 125    |
| VUT 500 EH  | 960    | 555    | 500    | 150    |
| VUT 530 EH  | 960    | 555    | 500    | 160    |
| VUT 600 EH  | 960    | 555    | 500    | 200    |
| VUT 1000 EH | 1.053  | 785    | 609    | 250    |
| VUT 2000 EH | 1.053  | 950    | 650    | 315    |

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.ΚτενιαδάκηςΙ.Μιχάλης (Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας)εκδ.ΖΗΤΗ. 2010
- 2.Θέρμανση Αερισμός Κλιματισμός Σ.Ν.ΛΕΓΓΑ Ν.Ι.ΠΑΡΙΚΟΥ εκδ.ΙΩΝ
- 3.BrendaMunzBrienza, Judith B. Gandy, and Lynne (Heat Exchanger Design Handbook)
- 4.Φαινόμενα Μεταφοράς 2, Μεταφορά Θερμότητας και Μάζας, Εναλλάκτες Θερμότητας, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- 5.[https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_exchanger](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_exchanger)
- 6.<http://www.monachos.gr/forum/content.php/345-Εναλλάκτες-θερμότητας>
- 7.[ODIGOS THERMOMONOSIS KTIRIWN 2H EKDOSI ...](#)
- 8.[http://www.multiclimate.gr/?section=3304&language=el\\_GR&itemid1634=3338&detail1634=1](http://www.multiclimate.gr/?section=3304&language=el_GR&itemid1634=3338&detail1634=1)
- 9.<http://www.tepse.gr/70DB5B1B.el.aspx>
- 10.<http://www.sivar.gr/gr/products/Air-to-Air-Heat-Exchangers/427>
- 11.Σημειώσεις μαθημάτων Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις και Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός