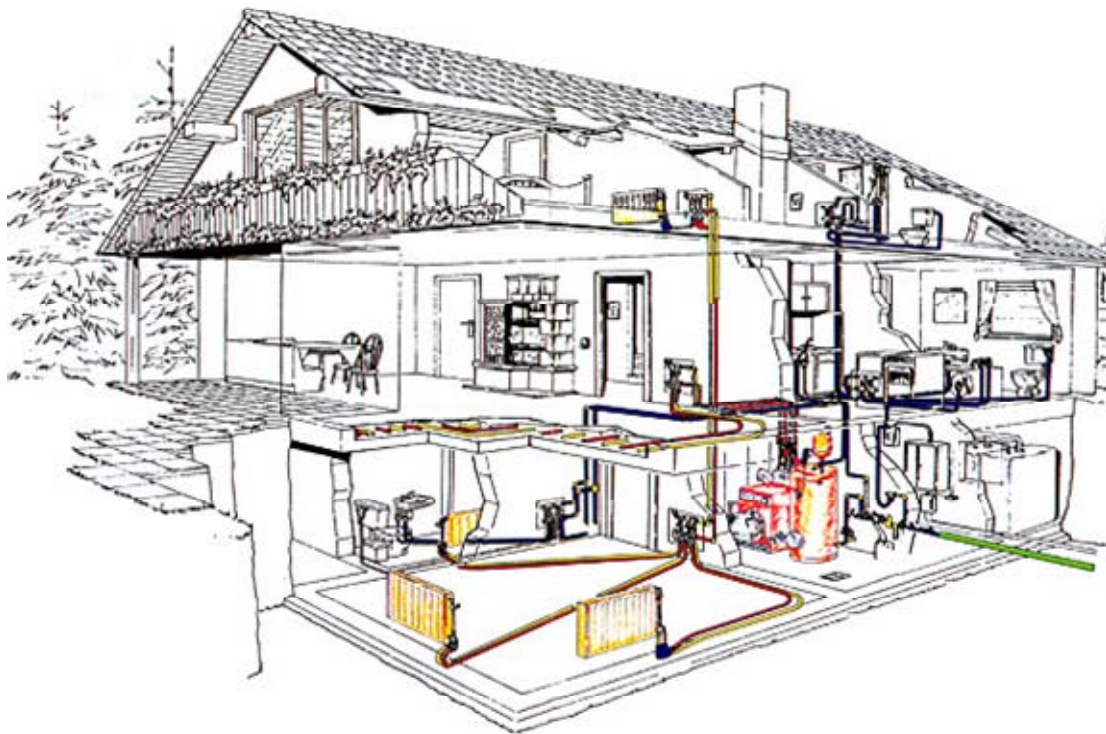


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ



ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : κ. Αναστάσιος Μωυσιάδης

ΟΝΟΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : Πασχάλης Πρασσάς  
Α.Ε.Μ. : 4392

Σέρρες 2009



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

σελίδα

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»</b> .....	9
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	9
1.1.1. Τοπικές και Κεντρικές Θερμάνσεις .....	9
1.1.2. Η Γενική Δομή της Εγκατάστασης Κεντρικής Θέρμανσης .....	10
1.1.3. Λεβητοστάσια Κεντρικής Θέρμανσης .....	10
1.2. ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΩΝ.....	10
1.2.1. Με κριτήριο το χρησιμοποιούμενο καύσιμο .....	10
1.2.2. Με κριτήριο το φορέα της θερμότητας .....	11
1.2.3. Με κριτήριο τον τρόπο κυκλοφορίας του φορέα .....	13
1.2.4. Με κριτήριο το είδος του ασφαλιστικού συστήματος.....	15
1.3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ (ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ) .....	17
1.3.1. Ως προς το είδος του καυσίμου.....	17
1.3.2. Ως προς το φορέα της θερμότητας .....	18
1.3.3. Ως προς το ασφαλιστικό σύστημα .....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ «ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ»</b> .....	21
2.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	21
2.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΑ .....	23
2.2.1. Μέγεθος λεβητοστασίου και αρχές χωροθετήσεως εξοπλισμού.....	23
2.2.2. Αποστάσεις από τον λέβητα.....	25
2.2.3. Τοίχοι, οροφές, δάπεδα .....	26
2.2.4. Έξοδοι, πόρτες, παράθυρα .....	27
2.2.5. Σιδερένιοι εξώστες και σκάλες λεβητοστασίου.....	27
2.3.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ.....	28
2.3.1. Φωτισμός λεβητοστασίου.....	28
2.3.2. Ύδρευση – αποχέτευση λεβητοστασίου.....	28
2.3.3. Αερισμός λεβητοστασίου.....	29
2.4. ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ.....	30

2.5. ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ .....	31
2.5.1. Μικρά λεβητοστάσια .....	31
2.5.2. Μεγάλα λεβητοστάσια .....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ «ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΑ».....</b>	<b>36</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	36
3.2 ΚΑΥΣΙΜΑ .....	38
3.2.1. Στερεά Καύσιμα .....	39
3.2.2. Υγρά Καύσιμα .....	39
3.2.3. Αέρια Καύσιμα.....	41
3.2.4. Φυσικό Αέριο .....	47
3.2.4.1. Σχηματισμός Φ.Α.....	47
3.2.4.2. Τα Παγκόσμια Αποθέματα και η Κατανάλωση .....	48
3.2.4.3. Το Φ.Α. στην Ελλάδα .....	50
3.2.4.4. Πλεονεκτήματα του Φ.Α.....	52
3.2.4.5. Η Καύση του Φ.Α.....	52
3.2.4.6. Ο Αερισμός των Χώρων Καύσης και Αποβολή των Προϊόντων της .....	54
3.2.4.7. Συσκευές Κλειστής Εστίας Καύσης.....	54
3.2.4.8. Συντήρηση Εγκατάστασης Φ.Α.....	55
3.2.5. Καύσιμα και Προστασία Περιβάλλοντος.....	55
3.3. Η ΚΑΥΣΗ.....	57
3.3.1. Στοιχεία από τη Θεωρία της Καύσης.....	59
3.3.2. Ο Έλεγχος της Καύσης.....	68
3.3.3. Το σημείο Δρόσου των Καυσαερίων .....	73
3.3.4. Ανάμειξη - Έναυση - Αυτανάφλεξη .....	77
3.3.5. Ταχύτητα Μετάδοσης της Καύσης.....	77
3.3.6. Το Φαινόμενο της Καύσης.....	80
3.4. ΚΑΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΠΡΟΑΝΑΜΕΙΞΗ.....	81
3.4.1. Αντιδράσεις καύσεως .....	82
3.4.2. Χημικές Αντιδράσεις πριν από τη Φλόγα.....	84
3.4.3. Διαδικασία Έναυσης .....	84
3.4.4. Ταχύτητα Καύσης.....	85
3.5. ΚΑΥΣΗ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ .....	89
3.5.1. Καύση Αερίων με Διάχυση .....	89
3.5.2. Καύση Υγρών με Διάχυση.....	91
3.5.3. Καύση Στερεών με Διάχυση.....	93

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ «ΛΕΒΗΤΕΣ»</b> .....	98
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	98
4.2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ .....	98
4.3. Η ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ .....	99
4.4. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	100
4.5. ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ.....	100
4.5.1. Χυτοσίδηροι λέβητες .....	100
4.5.2. Χαλύβδινοι λέβητες .....	112
4.5.3. Διμεταλλικοί λέβητες .....	116
4.5.4. Λέβητες "εναλλασσόμενης" καύσης.....	118
4.5.5. Λέβητες αερίων καυσίμων .....	119
4.5.6. Λέβητες ατομικής θέρμανσης .....	122
4.5.7. Λέβητες σκουπιδιών - πυρόλυσης .....	124
4.5.8. Αερολέβητες .....	124
4.5.9. Ατμολέβητες .....	126
4.5.10. Επίτοιχοι λέβητες (Φ.Α.).....	127
4.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ .....	129
4.7. ΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ.....	129
4.7.1. Υποχρεωτική αναγραφή πληροφοριών .....	129
4.7.2. Προαιρετικές πληροφορίες .....	129
4.7.3. Πρόσθετες πληροφορίες .....	130
4.7.4. Εκλογή μεγέθους και αριθμό λεβήτων.....	130
4.7.5. Έδραση των λεβήτων .....	132
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ «ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ»</b> .....	133
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	133
5.2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ.....	133
5.3. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΚΟΝΙΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	134
5.4. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	134
5.4.1. Κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά καυστήρων υγρών καυσίμων.....	135
5.4.2. Καυστήρες Εξάτμισης .....	143
5.4.3. Καυστήρες Διασκορπισμού.....	143
5.4.4. Καυστήρες Περιστροφής .....	149

5.4.5. "Οικολογικοί" Καυστήρες πετρελαίου .....	150
5.4.6. Συγκρίσεις και χρήσεις.....	150
5.4.7. Υπολογισμός καυστήρων πετρελαίου.....	151
5.5. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΩΝ .....	152
5.5.1. Καυστήρες αερίου με φλόγα διάχυσης.....	155
5.5.2. Πιεστικοί καυστήρες αερίου.....	156
5.5.3. Εκλογή καυστήρα αερίου.....	164
5.6. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	171
5.7. ΣΗΜΑΝΣΗ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ .....	172
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ «ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ».....</b>	<b>173</b>
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	173
6.2. ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	173
6.3. ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	176
6.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	177
6.4.1. Μικρές Ορθογωνικές Δεξαμενές Πετρελαίου.....	179
6.4.2. Χαλύβδινες Δεξαμενές Πετρελαίου Κυκλικής Διατομής.....	180
6.4.3. Υπόγειες Χαλύβδινες Δεξαμενές Υγρών Καυσίμων.....	181
6.4.4. Δεξαμενές Πετρελαίου Από Πλαστικό .....	181
6.4.5. Γενικές Παρατηρήσεις Για Δεξαμενές Πετρελαίου Σε Εγκαταστάσεις Λεβητοστασιών Κ.Θ.....	182
6.5. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	183
6.6. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ.....	184
6.6.1. Ασφάλεια Δεξαμενών Υγραερίου .....	186
6.6.2. Εξαρτήματα Δεξαμενής Υγραερίου.....	187
6.6.3. Εξαρτήματα Εγκατάστασης Υγραερίου.....	187
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ «ΑΠΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ - ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ»....</b>	<b>188</b>
7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	188
7.2. ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ.....	189
7.2.1. Λειτουργία Της καπνοδόχου.....	189
7.2.2. Υπολογισμός Της Καπνοδόχου.....	192

7.2.2.1. Υπολογισμός Διατομής Καπνοδόχου Κατά DIN 4705.....	192
7.2.2.2. Υπολογισμός Καπνοδόχου Σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 447.....	194
7.2.3. Τεχνικές Προδιαγραφές και Περιορισμοί.....	207
7.2.4. Καπνοδόχοι Τεχνητού Ελκυσμού .....	210
7.2.5. Θέση και Μορφή Του Υπερυψωμένου Τμήματος Της Καπνοδόχου .....	211
7.3. ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΣ .....	211
7.4. ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ ΚΑΙ ΑΙΘΑΛΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ.....	213
7.5. ΑΠΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	215
7.6. ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΙ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ - ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ.....	217
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ «ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ» .....</b>	<b>219</b>
8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	219
8.2. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ.....	223
8.2.1. Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	223
8.2.2. Χαρακτηριστικά Στοιχεία.....	224
8.2.3. Συγκρίσεις και Χρήσεις.....	225
8.2.3.1. Από πλευράς ανάπτυξης.....	225
8.2.3.2. Από πλευράς υλικών .....	228
8.2.4. Τοποθέτηση Κατακόρυφων Στηλών.....	229
8.2.5. Υπολογισμός και Επιλογές .....	231
8.2.5.1. Για στοιχειώδες κύκλωμα .....	231
8.2.5.2. Για κεντρικές γραμμές .....	239
8.2.5.3. Για τα υπόλοιπα κυκλώματα .....	241
8.3. ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ - ΔΙΑΝΟΜΕΙΣ .....	244
8.4. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.....	245
8.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	248
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ «ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ».....</b>	<b>251</b>
9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	251
9.2. ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ.....	254
9.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ .....	257

9.3.1. Λειτουργικά Χαρακτηριστικά των Κυκλοφορητών.....	257
9.3.2. Λίπανση των Κυκλοφορητών .....	262
9.3.3. "Παράλληλη" και "Εν Σειρά" Σύνδεση Κυκλοφορητών .....	264
9.3.4. Στάθμη Θορύβου Λειτουργίας Κυκλοφορητών .....	266
9.3.4.1. Θόρυβοι κραδασμών .....	267
9.3.4.2. Θόρυβοι αέρα .....	268
9.3.4.3. Θόρυβος λειτουργίας.....	268
9.3.4.4. Θόρυβος ροής .....	270
9.3.4.5. Θόρυβος εξαιτίας του φαινομένου της σπηλαίωσης.....	270
9.3.4.6. Προστασία από τους θορύβους .....	270
9.4. ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ.....	273
9.4.1. Πλεονεκτήματα των Υδρολίπαντων Κυκλοφορητών.....	273
9.4.2. Κυκλοφορητής Υψηλής Απόδοσης .....	274
9.4.3. Η Ανάπτυξη των Κινητήρων των Κυκλοφορητών .....	274
9.4.4. Στάδια Ανάπτυξης .....	275
9.4.5. Τεχνολογίες Κινητήρων .....	275
9.4.6. Αρχή Λειτουργίας της ECM-Τεχνολογίας .....	276
9.4.7. Περιστροφική Κίνηση του Μόνιμου Μαγνήτη-Ρότορα.....	277
9.4.8. Πλεονεκτήματα των Ηλεκτρονικά Ελεγχόμενων Κυκλοφορητών με ECM-Τεχνολογία.....	278
9.4.9. Χρόνος Απόσβεσης.....	278
9.5. ΑΝΤΛΙΕΣ ΞΗΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ (ΕΛΑΙΟΛΙΠΑΝΤΕΣ).....	280
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ «ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-ΕΛΕΓΧΟΥ- ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ» .....</b>	<b>282</b>
10.1. Η ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	282
10.2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-ΕΛΕΓΧΟΥ-ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ .....	283
10.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ.....	284
10.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ.....	285
10.4.1. Δοχείο Ανοιχτού Τύπου.....	287
10.4.2. Δοχείο Κλειστού Τύπου .....	288
10.4.2.1. Αυτόματος πλήρωσης .....	299
10.4.2.2. Βαλβίδα ασφαλείας ή εκτόνωσης.....	301
10.4.3. Άλλες Ασφαλιστικές Διατάξεις.....	303
10.4.3.1. Υδροστάτης κυκλοφορητή.....	303
10.4.3.2. Θερμοστάτης καυστήρα.....	304
10.4.3.3. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου.....	304
10.4.3.4. Θερμοστάτες χώρου.....	305
10.4.3.5. Φωτοηλεκτρικός αισθητήρας φλόγας (φωτοκύτταρο).....	306



10.5. ΒΑΝΕΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ.....	307
10.6. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ.....	314
10.6.1. Αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας .....	314
10.6.2. Δίοδος ηλεκτροκίνητη βάννα αυτονομίας .....	315
10.6.3. Ωρομετρητής - Θερμιδομετρητής - Ογκομετρητής.....	316
10.6.4. Βαλβίδα σταθερής διαφορικής πίεσης.....	317
10.7. ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ.....	318
10.8. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ.....	319
10.9. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ.....	320
10.10. ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ ΑΝΑ ΔΩΜΑΤΙΟ - ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ.....	322
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>324</b>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»

#### 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

##### 1.1.1. Τοπικές και Κεντρικές Θερμάνσεις

Η πιο σημαντική συνθήκη «άνεσης» για την παραμονή ή τη δραστηριοποίηση των ανθρώπων σε ένα χώρο είναι η θερμοκρασία του. Για τους ψυχρούς καιρούς, σε ένα δωμάτιο κατοικίας, για παράδειγμα, η τιμή της θερμοκρασίας του θα πρέπει να είναι 20°C περίπου

Εξαιτίας όμως της χαμηλότερης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, έχουμε μια ροή θερμικών φορτίων του χώρου προς αυτό, με τους διάφορους τρόπους μετάδοσης της θερμότητας. Αποτέλεσμα της ροής αυτής είναι η συνεχής μείωση της θερμοκρασίας του χώρου με τάση να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η θέρμανση επιδιώκει την αντιμετώπιση αυτής της απώλειας θερμότητας με την απόδοση στο χώρο ισοδύναμων ποσοτήτων θερμότητας (μετρημένων πάντα σε κάποια μονάδα χρόνου), ώστε αρχικά να επιτυγχάνεται και στη συνέχεια να διατηρείται η τιμή της επιθυμητής θερμοκρασίας του χώρου.

Για τη θέρμανση χώρων κατοικίας, εργασίας, αποθήκευσης και πολλών άλλων δραστηριοτήτων, είναι απαραίτητη η μετατροπή ενέργειας, που διατίθεται σε κάποια άλλη μορφή, σε θερμότητα. Οι πιο συνηθισμένες τέτοιες μορφές είναι η χημική ενέργεια των διάφορων καυσίμων (στερεών, υγρών ή αερίων) και η ηλεκτρική ενέργεια.

Η μετατροπή γίνεται με τη βοήθεια κάποιων συσκευών ή διατάξεων, όπως είναι οι διάφορες θερμάστρες, τα τζάκια, οι διάφοροι καυστήρες, οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές κ.τ.λ. Στη μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών η μετατροπή αυτή γίνεται με την **καύση** κάποιου καυσίμου και ο χώρος της ονομάζεται **εστία** της εγκατάστασης.

Όταν η μετατροπή αυτή γίνεται στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί, η θέρμανση ονομάζεται "**τοπική**". Όταν όμως γίνεται σε έναν ανεξάρτητο χώρο και θερμαίνονται διάφοροι άλλοι, η θέρμανση ονομάζεται "**κεντρική**".

Ο ανεξάρτητος χώρος της εστίας, κατά κανόνα, βρίσκεται μέσα στο κτίριο των χώρων που θα θερμανθούν (συνήθως στο υπόγειο). Μπορεί όμως να βρίσκεται και εκτός αυτού, ακόμα και σε μεγάλη απόσταση, σ' έναν ανεξάρτητο χώρο από το κτίριο. Όταν πρόκειται για κοινή θέρμανση πολλών κτιρίων, τότε έχουμε "**τηλεθέρμανση**".

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Κεντρικών Θερμάνσεων ως προς τις Τοπικές είναι τα εξής:

- Περιορίζεται ο αριθμός των εστιών και των καπνοδόχων τους και προκύπτουν οικονομικότερες κατασκευές.
- Γίνεται μεγάλη οικονομία στην κατανάλωση του καυσίμου και επιβαρύνεται λιγότερο το περιβάλλον με καυσαέρια.
- Η εγκατάσταση είναι πιο καθαρή και εξυπηρετική για τους θερμαινόμενους χώρους (μικροί όγκοι, καθαρό περιβάλλον από οσμές και καπνούς, απλούστερη χρήση).

Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτά μεγιστοποιούνται στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης.

### 1.1.2. Η Γενική Δομή της Εγκατάστασης Κεντρικής Θέρμανσης.

Όπως ήδη αναφέραμε, το βασικό χαρακτηριστικό της Κεντρικής Θέρμανσης είναι το ότι η θερμότητα 'παράγεται' (δηλαδή προέρχεται από μετατροπή άλλης μορφής ενέργειας) σε διαφορετικό χώρο από αυτούς που πρόκειται να θερμανθούν. Υπάρχει λοιπόν ανάγκη μεταφοράς και διανομής από το σημείο 'παραγωγής' της (εστία) στα σημεία χρήσης της. Δεδομένου όμως ότι η θερμότητα δεν έχει υλική υπόσταση, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός υλικού "**φορέα**" της, που συνήθως είναι κάποιο **ρευστό** (υγρό ή αέριο) και ενός κατάλληλου **δικτύου** για την κυκλοφορία του ρευστού αυτού.

Επομένως, για να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει μια εγκατάσταση Κ.Θ., πρέπει να υπάρχουν τα εξής βασικά στοιχεία:

- **Η εστία** "παραγωγής" της θερμότητας και η διάταξη μετάδοσής της στο φορέα της θερμότητας.
- **Το δίκτυο κυκλοφορίας** του φορέα.
- **Τα μέσα απόδοσης** της θερμότητας από το φορέα στους χώρους που πρόκειται να θερμανθούν.

Βέβαια η εγκατάσταση ολοκληρώνεται με τις διατάξεις αποθήκευσης του καυσίμου – τροφοδοσίας της εστίας, απαγωγής των καυσαερίων, πλήρωσης του δικτύου με το ρευστό φορέα, ασφάλειας της λειτουργίας της και διάφορων αυτοματισμών ελέγχου και ρυθμίσεών της.

### 1.1.3. Λεβητοστάσια Κεντρικής Θέρμανσης

Η παραγωγή θερμικής ενέργειας που είναι απαραίτητη για την λειτουργία των εγκαταστάσεων Κ.Θ. πραγματοποιείται σε ειδικούς χώρους οι οποίοι ονομάζονται **λεβητοστάσια**.

Έτσι λοιπόν **λεβητοστάσιο Κ.Θ.** είναι ένα λειτουργικό σύστημα εγκαταστημένων μηχανημάτων, συσκευών, οργάνων και διατάξεων που διαμορφώνουν ένα σύνολο παραγωγής, θερμικής ενέργειας, με σκοπό την επίτευξη και διατήρηση – ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας, στους χώρους διανομής της, για ορισμένες χρονικές περιόδους. (σχήμα 1. 1.)

## 1.2. ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΩΝ Κ.Θ.

Τα πιο σημαντικά γενικά κριτήρια κατάταξης των λεβητοστασιών Κ.Θ. είναι ανάλογα με το είδος του καυσίμου, το είδος του εργαζόμενου ρευστού, τον τρόπο κυκλοφορίας και διανομής του και το είδος του ασφαλιστικού συστήματος.

Έχουμε λοιπόν τις εξής εγκαταστάσεις λεβητοστασιών Κ.Θ.:

### 1.2.1. Με κριτήριο το χρησιμοποιούμενο καύσιμο:

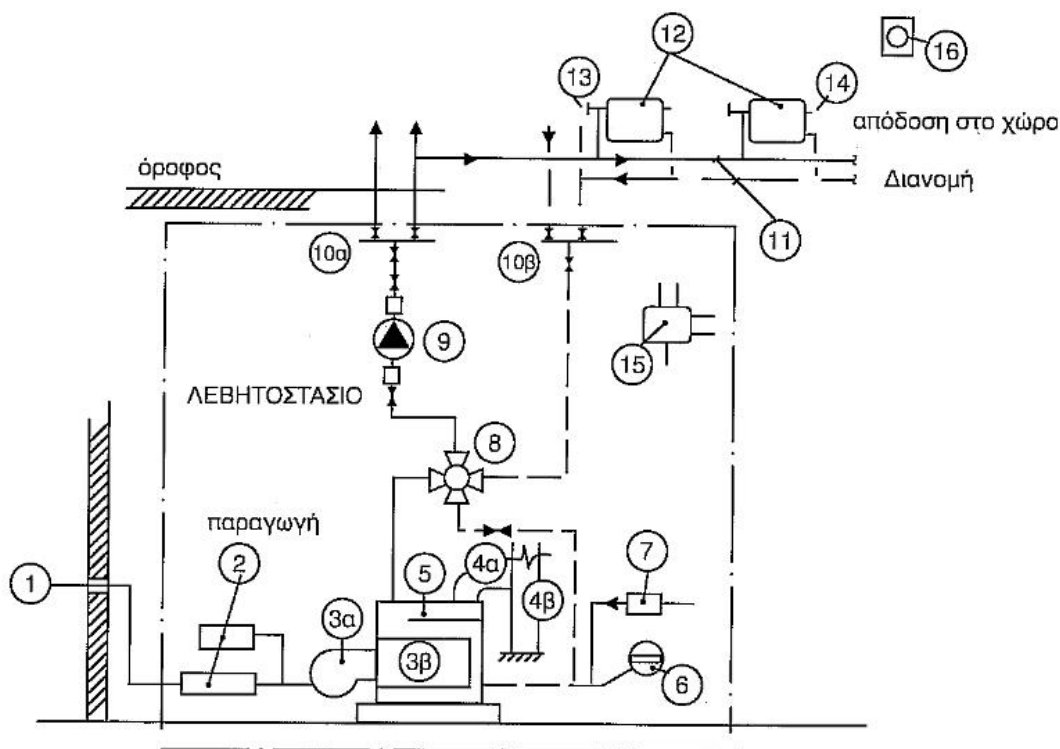
Στις εγκαταστάσεις λεβητοστασίων Κ.Θ. που η παραγωγή της θερμότητας γίνεται με καύση χρησιμοποιούνται στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα.

Μπορούμε λοιπόν να διακρίνουμε εγκαταστάσεις:

α) **Στερεών καυσίμων**, που είναι συνήθως ξύλα, διάφορα είδη άνθρακα (ανθρακίτης, λιγνίτης), καθώς και παράγωγα διάφορων αποβλήτων και καταλοίπων (π.χ. ελαιοπυρήνες).

β) **Υγρών καυσίμων**, που είναι, κατά βάση, πετρελαιοειδή διάφορων ποιοτήτων. Το πιο συνηθισμένο σήμερα στις πόλεις είναι το πετρέλαιο θέρμανσης.

γ) **Αερίων καυσίμων**, που είναι τα λεγόμενα αέρια πόλεων (προϊόντα εξαερίωσης υγρών και στερεών καυσίμων), τα φυσικά αέρια (κυρίως μεθάνιο) και τα υγραέρια (κυρίως βουτάνιο και προπάνιο).



- |                                 |   |                                   |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1. Παροχή καυσίμου              | 6. Δοχείο διαστολής                                 | 11. Γραμμές Διανομής              |
| 2. Διάταξη τροφοδοσίας καυστήρα | 7. Διάταξη πλήρωσης εγκατάστασης (από δίκτυο πόλης) | 12. Θερμαντικά σώματα             |
| 3α. Καυστήρας                   | 8. Τετράοδη βάνα                                    | 13. Ρυθμιστικός διακόπτης σώματος |
| 3β. Εστία λέβητα                | 9. Κυκλοφορητής                                     | 14. Εξαεριστικό σώματος           |
| 4α. Καπναγωγός                  | 10α. Διανομέας                                      | 15. Πίνακας ελέγχου               |
| 4β. Καπνοδόχος                  | 10β. Συλλέκτης                                      | 16. Θερμοστάτης χώρου             |
| 5. Υδροστάτης                   |   |                                   |

**Σχήμα 1.1:** ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

### 1.2.2. Με κριτήριο το φορέα της θερμότητας.

α) Εγκαταστάσεις με φορέα **το νερό**.

β) Εγκαταστάσεις με φορέα **τον ατμό**.

γ) Εγκαταστάσεις με φορέα **τον αέρα**.

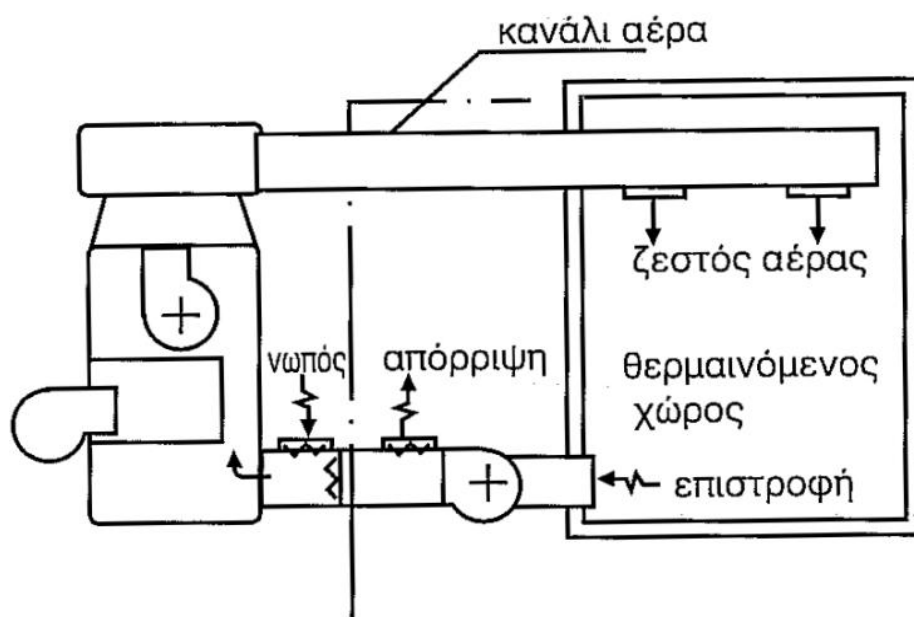
δ) Εγκαταστάσεις **συνδυασμού των παραπάνω ρευστών**.

ε) Εγκαταστάσεις με φορέα **υπέρυθρη ακτινοβολία**.

Οι εγκαταστάσεις με φορέα το νερό διακρίνονται σε ζεστό και υπέρθερμου νερού. Του ζεστού χρησιμοποιούν νερό που η θερμοκρασία του φθάνει πρακτικά μέχρι  $90^{\circ}\text{C}$ . Του υπέρθερμου νερού η θερμοκρασία κυμαίνεται από  $120^{\circ}\text{C}$  έως και σπάνια  $200^{\circ}\text{C}$ . Σ' αυτή την περίπτωση για να μην ατμοποιηθεί το νερό στις θερμοκρασίες αυτές, πρέπει οι αντίστοιχες πιέσεις να είναι τουλάχιστον 2 έως 26 bar (200 έως 1600 kPa).

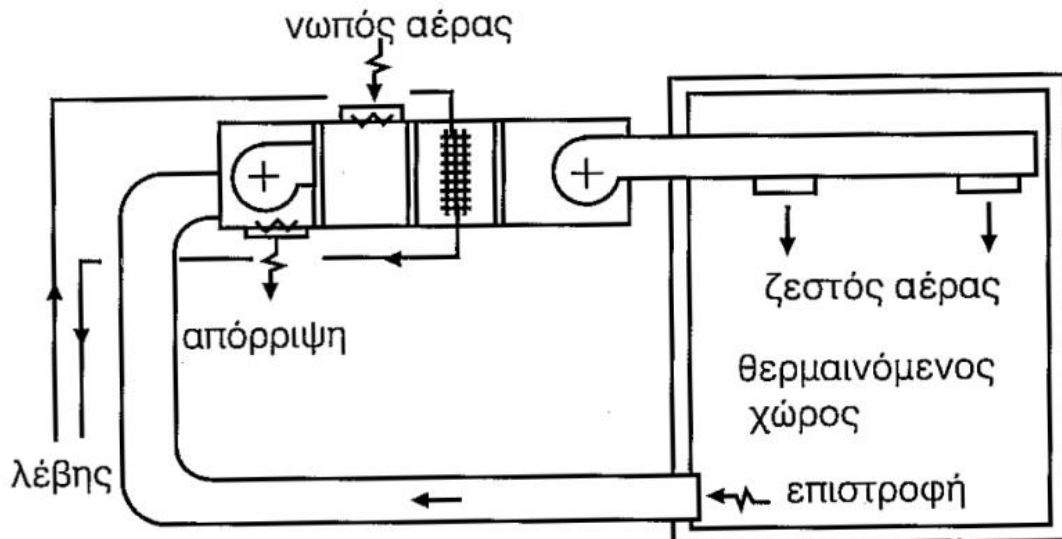
Οι εγκαταστάσεις με φορέα τον ατμό διακρίνονται, ανάλογα με την πίεση του, σε χαμηλής πίεσης, μέσης πίεσης, υψηλής πίεσης και εγκαταστάσεις κενού. Στα δύο πρώτα είδη η υπερπίεση λειτουργίας κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 5 bar, το δε όριο μεταξύ χαμηλής και μέσης πίεσης είναι περίπου το 1 bar (100 kPa). Σε περιπτώσεις δικτύων πολύ μεγάλου μήκους ή αξιοποίησης (για τη θέρμανση) ατμού που παράγεται για βιομηχανικές χρήσεις, η υπερπίεση μπορεί να φθάσει και τα 15 bar. Στις εγκαταστάσεις κενού, με τη βοήθεια αντλίας, δημιουργείται υποπίεση στους αγωγούς επιστροφής των συμπυκνωμάτων (υγροποιημένου ατμού).

Οι εγκαταστάσεις με φορέα τον αέρα διακρίνονται σε άμεσης και έμμεσης θέρμανσης. Στις άμεσης η θέρμανση του αέρα γίνεται σε ειδικούς αερολέβητες (με καύση ή ηλεκτρισμό), ενώ στις έμμεσης γίνεται σε εναλλάκτες με τη βοήθεια συνήθως ζεστού νερού ή ατμού.



Σχήμα 1.2: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Κ.Θ. ΜΕ ΑΜΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Οι εγκαταστάσεις συνδυασμού κατατάσσονται με βάση τα ρευστά που συνεργάζονται. Έτσι έχουμε συνήθως συστήματα νερού – αέρα ή ατμού – αέρα και ατμού – ζεστού νερού ή υπέρθερμου νερού – ζεστού νερού. Το πρώτο μέσο παραλαμβάνει τη θερμότητα από την εστία και μέσω εναλλάκτη την αποδίδει στο δεύτερο το οποίο τη μεταφέρει στους χώρους που πρόκειται να θερμανθούν.



Σχήμα 1. 3: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Κ.Θ. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ - ΑΕΡΑ

### 1.2.3. Με κριτήριο τον τρόπο κυκλοφορίας του φορέα.

Οι διακρίσεις που ακολουθούν αναφέρονται σε εγκαταστάσεις με φορέα της θερμότητας το ζεστό νερό.

#### 1. Ανάλογα με την αιτία της κυκλοφορίας σε:

- α) εγκαταστάσεις **φυσικής** και
- β) **εξαναγκασμένης** κυκλοφορίας

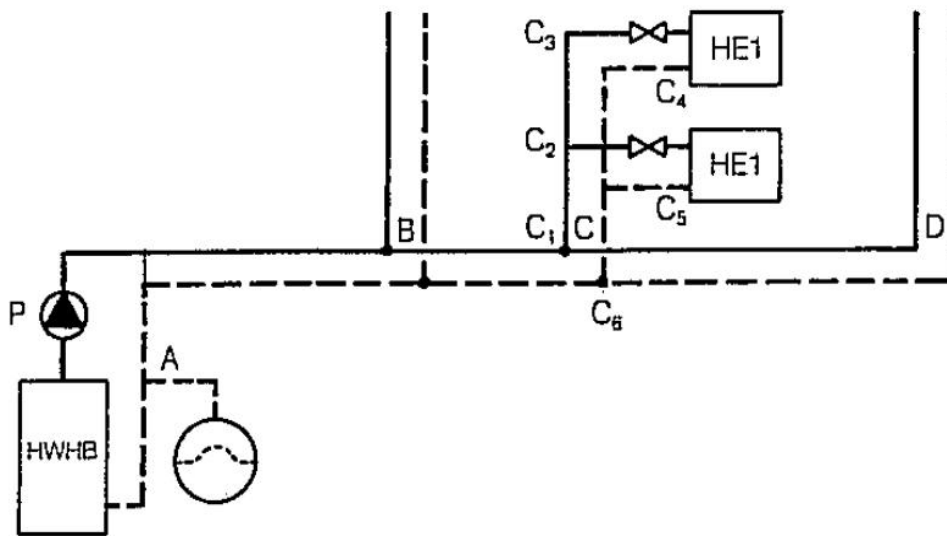
Στις εγκαταστάσεις φυσικής κυκλοφορίας, η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται με τη μείωση του ειδικού βάρους του, λόγω της θέρμανσής του και κατά συνέπεια της τάσης του να προχωρήσει προς τα ψηλότερα σημεία του δικτύου, λόγω διαφοράς πίεσης.

Στις εγκαταστάσεις εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται με την βοήθεια φυγοκεντρικής αντλίας που έχει την μορφή του υδρολιπαντικού κυκλοφορητή.

#### 2. Ανάλογα με τον τρόπο διανομής στα στοιχεία απόδοσης της θερμότητας στους χώρους σε:

- α) εγκαταστάσεις με **δισωλήνιο** (σχ. 1.4) και
- β) με **μονοσωλήνιο** σύστημα διανομής (σχ. 1.6)

Στις εγκαταστάσεις με δισωλήνιο σύστημα διανομής ο κάθε θερμοπομπός συνδέεται με ιδιαίτερο δίκτυο σωλήνων με τις κατακόρυφες στήλες προσαγωγής και επιστροφής. Πρόκειται για μια 'παράλληλη' σύνδεση των θερμοπομπών, με κοινό στοιχείο την (περίπου) ισοδύναμη διαφορά πίεσης εισόδου – εξόδου, που προκαλεί την κυκλοφορία του νερού.

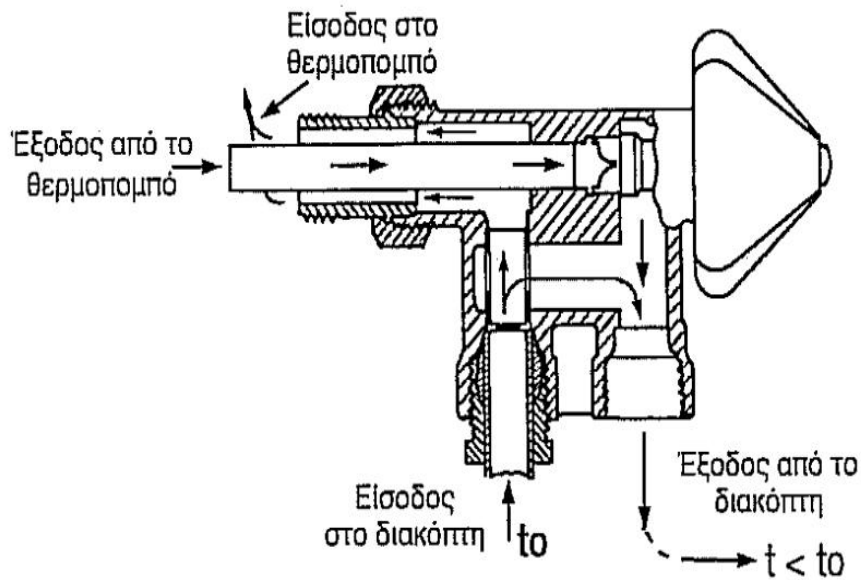


Σχήμα 1.4: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΙΣΩΛΗΝΙΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

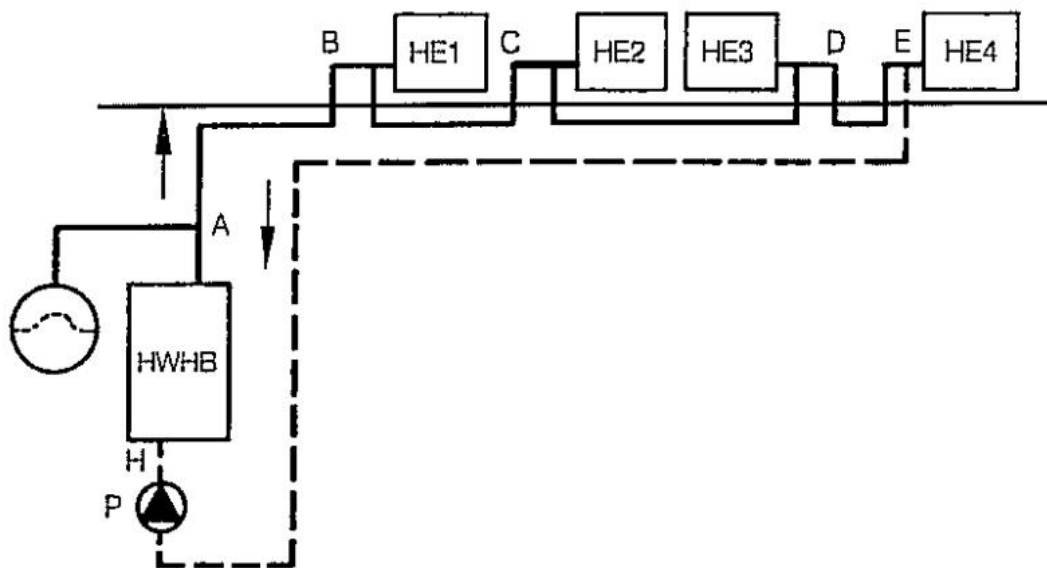
Στις εγκαταστάσεις με μονοσωλήνιο σύστημα διανομής, ομάδες 2 έως 4 (συνήθως) θερμοπομπών αποτελούν κυκλώματα (βρόχους) ενός σωλήνα, με άκρα τις συνδέσεις του με κατάλληλους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής. Ο σωλήνας διακόπτεται τοπικά, για να συνδεθεί ο κάθε θερμοπομπός, και συνεχίζεται για τον επόμενο. Συνήθως, στην πράξη η σύνδεση αυτή γίνεται με την βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων (τετράοδοι διακόπτες) (σχ. 1.5.) που μπορούν να ρυθμιστούν, ώστε μέσα από το θερμοπομπό να μην περνάει όλη η ποσότητα του νερού αλλά ένα ποσοστό της. Η υπόλοιπη τον παρακάμπτει και συνεχίζει για το επόμενο θερμοπομπό.

Πρόκειται για μια σύνδεση των θερμοπομπών σε 'σειρά' και κοινό στοιχείο είναι η παροχή.





Σχήμα 1.5: ΤΕΤΡΑΟΔΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ



Σχήμα 1.6.: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

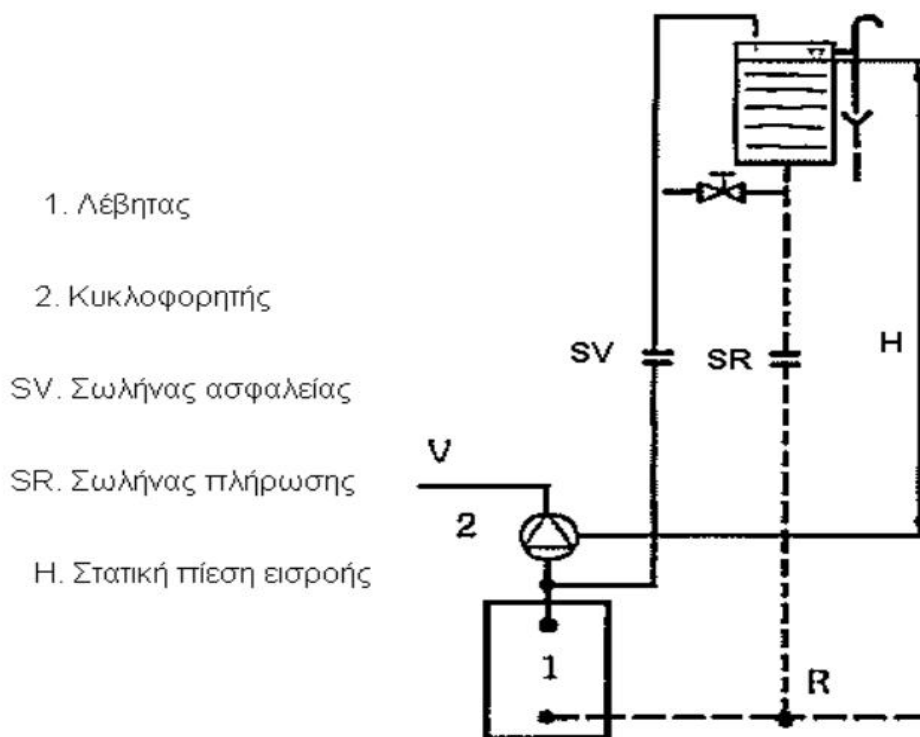
#### 1.2.4. Με κριτήριο το είδος του ασφαλιστικού συστήματος

Για τις εγκαταστάσεις ζεστού νερού έχουμε:

- α) Με **ανοιχτό δοχείο** διαστολής (σχ. 1.7) και
- β) Με **κλειστό δοχείο** διαστολής. (σχ. 1.8)

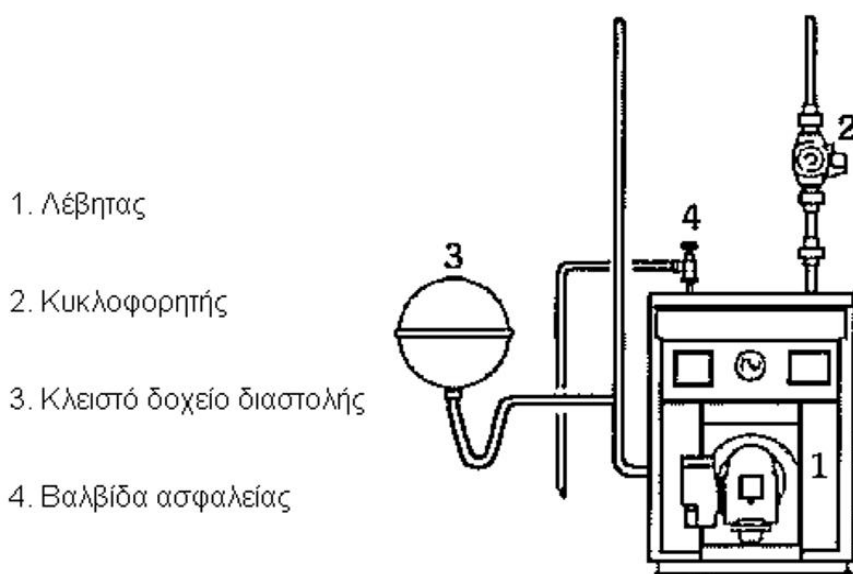
Η εγκατάσταση του λεβητοστασίου Κ. Θ. είναι ουσιαστικά ένα κλειστό κύκλωμα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαστολής του νερού κατά τη θέρμανσή του και των υπερπίεσεων που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν, είναι απαραίτητο ένα σύστημα παραλαβής του επιπλέον όγκου. Αυτό είναι το ασφαλιστικό σύστημα και κύριο στοιχείο του είναι το δοχείο διαστολής.

Στο σύστημα με ανοιχτό δοχείο διαστολής πρόκειται για ένα δοχείο με διέξοδο προς την ατμόσφαιρα, που τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο του δικτύου (συνήθως στην ταράτσα του κτιρίου). Συνδέεται με το δίκτυο μέσω σωλήνα κατάλληλης διατομής (σωλήνας ασφαλείας), χωρίς την παρεμβολή διακοπών. Παράλληλα συνδέεται και σωλήνας συμπλήρωσης του δικτύου με νερό (σωλήνας πλήρωσης), προβλέπεται δε και διάταξη συμπλήρωσης του δοχείου με νερό από το δίκτυο ύδρευσης μέσω πλωτήρα.



**Σχήμα 1.7:** ΑΝΟΙΧΤΟ ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Στο σύστημα με κλειστό δοχείο διαστολής πρόκειται για ειδικής κατασκευής κλειστά δοχεία, που τοποθετούνται στο λεβητοστάσιο μαζί με ασφαλιστικά εξαρτήματα και διάταξη πλήρωσης του δικτύου.



**Σχήμα 1.8:** ΚΛΕΙΣΤΟ ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

### 1.3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ

Κατά την αρχική φάση του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης λεβητοστασίου Κ.Θ. πρέπει να γίνουν ορισμένες βασικές επιλογές όσον αφορά το είδος του φορέα της θερμότητας, το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί, το είδος του ασφαλιστικού συστήματος και άλλα χαρακτηριστικά της. Οι σωστές επιλογές προϋποθέτουν τη σύγκριση των διάφορων δυνατοτήτων που υπάρχουν και την πρόκριση των πιο κατάλληλων για το είδος και το μέγεθος της εγκατάστασης που σχεδιάζεται.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

##### 1.3.1. Ως προς το είδος του καυσίμου

###### α) Υγρά καύσιμα

Τα υγρά καύσιμα (κυρίως το πετρέλαιο θέρμανσης) έχουν θερμογόνο δύναμη πολύ ανώτερη από τα στερεά. Η σύγκριση με τα αέρια δίνει διάφορα αποτελέσματα ανάλογα με το είδος του αερίου. Με την πλήρη καύση 1 Kg πετρελαίου παράγεται θερμικό ποσό περίπου 10.000 Kcal, (42.000 KJ). Οι αντίστοιχες τιμές για τα στερεά κυμαίνονται μεταξύ 3.500 και 7.000 Kcal, με τις κατώτερες τιμές για τα ξύλα και τις ανώτερες για τα παράγωγα του άνθρακα.

Για τα αέρια οι τιμές δίνονται ανά μονάδα όγκου και συγκεκριμένα ανά Nm<sup>3</sup>. Για το φωταέριο και το φυσικό αέριο οι μέσες τιμές κυμαίνονται αντίστοιχα στα επίπεδα των 4.000 και 8.000 Kcal (16.800 και 33.600 KJ), ενώ για τα υγραέρια, προπάνιο και βουτάνιο, φθάνουν αντίστοιχα τα 22.000 και 30.000 Kcal (92.400 και 126.000 KJ) ανά Nm<sup>3</sup>.

Η χρήση τους, σε σύγκριση με τα αέρια, παρουσιάζει μικρότερους κινδύνους και έτσι οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διανομής τους είναι απλούστερες και με λιγότερο αυστηρές προδιαγραφές.

Η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια τους, με την προϋπόθεση της σωστής ρύθμισης και συντήρησης, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των στερεών αλλά μεγαλύτερη από αυτή των αερίων καυσίμων.

Έτσι, σήμερα χρησιμοποιούνται στη μεγάλη πλειοψηφία στις εγκαταστάσεις λεβητοστασίων Κ.Θ. με μια τάση υποχώρησης στο μέλλον υπέρ των αερίων καυσίμων και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

###### β) Αέρια καύσιμα

Έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα άλλα καύσιμα και σημαντικά μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Εξαίρεση είναι τα υγραέρια που δεν χρειάζονται αποθηκευτικούς χώρους. Όμως τα δίκτυα διανομής τους απαιτούν αυστηρές κατασκευαστικές και ασφαλιστικές προδιαγραφές λόγω της αυξημένης επικινδυνότητάς τους.

### **γ) Στερεά καύσιμα**

Υστερούν από τα άλλα καύσιμα ως προς την απόδοση, τη ρύπανση και την ευχέρεια στη χρήση. Γι' αυτό η χρησιμοποίησή τους στον τομέα της Κ.Θ. είναι περιορισμένη σε ειδικές περιπτώσεις. Αξίζει να σημειωθεί η ανεξαρτησία τους από το ηλεκτρικό δίκτυο, στοιχείο που τα κάνει αξιόλογα για μικρές εγκαταστάσεις (σε συνδυασμό με δίκτυα φυσικής κυκλοφορίας).

#### **1.3.2. Ως προς το φορέα της θερμότητας**

##### **α) Ζεστό νερό**

Δεν είναι τυχαίο το ότι στη μεγάλη πλειοψηφία των μικρού και μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεων Κ.Θ. χρησιμοποιείται ως φορέας της θερμότητας το ζεστό νερό. Τα πλεονεκτήματά του σε σύγκριση με τα άλλα ρευστά είναι τα εξής:

- Οι θερμοκρασίες στα επίπεδα των οποίων εργάζεται (συνήθως 70 – 90°C) είναι ικανοποιητικές από πλευράς μεταφοράς θερμότητας.
- Οι πιέσεις των δικτύων του ποικίλλουν, σε σχέση και με το μέγεθος των κτιρίων, είναι σε επίπεδα της τάξης των 2 – 4 bar που δε δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα αντοχής και αντιμετωπίζονται ικανοποιητικά με τα υλικά και τα εξαρτήματα που υπάρχουν στην αγορά.
- Τα δίκτυα διανομής έχουν δυνατότητες ευέλικτης ανάπτυξης και ανταποκρίνονται με επιτυχία σε μεγάλη ποικιλία λειτουργικών και αισθητικών απαιτήσεων. Η κατασκευή τους είναι απλή και η λειτουργία τους καθαρή, χωρίς θορύβους, επιδέχονται δε πολλών ειδών ρυθμίσεις και αυτοματισμούς.

##### **β) Υπέρθερμο νερό**

Η θερμοκρασία ατμοποίησης του νερού εξαρτάται από την πίεση του χώρου όπου συντελείται. Έτσι για πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική, οι θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες από 100°C.

Το υπέρθερμο νερό, εξαιτίας των μεγαλύτερων διαφορών των θερμοκρασιών λειτουργίας από το ζεστό, έχει μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς θερμότητας ανά μονάδα μάζας και κατά συνέπεια με μικρότερες παροχές μπορεί να μεταφέρει μεγαλύτερα θερμικά φορτία. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα για περιπτώσεις εγκαταστάσεων πολύ μεγάλης ισχύος και μεγάλου μήκους δικτύου, αφού επιτρέπει μικρότερες διατομές σωληνώσεων.

Οι μεγάλες όμως πιέσεις επιβάλλουν άλλα επίπεδα κατασκευαστικών και ασφαλιστικών προδιαγραφών. Τυχόν διαρροή σε ατμοσφαιρικό περιβάλλον θα έχει σαν αποτέλεσμα άμεση ατμοποίηση και διασκορπισμό του με πιθανή πρόκληση εγκαυμάτων. Άλλωστε η μεγάλη θερμοκρασία του, λόγω της μείωσης της σχετικής υγρασίας που θα προκαλούσε στον αέρα, δεν είναι ευνοϊκή για συνθήκες άνεσης των χώρων.

Έτσι, χρησιμοποιείται κυρίως ως φορέας θερμότητας από την εστία της εγκατάστασης σε εναλλάκτες, όπου θερμαίνεται το νερό που μεταφέρει τη θερμότητα στους χώρους. Συναντάται σε συγκροτήματα κτιρίων με ανεξάρτητα κτίρια λεβητοστασίων, όπως Πανεπιστημιούπολεις, Στρατώνες, Νοσοκομειακά συγκροτήματα κλπ.

### γ) Ατμός

Ισχύουν και εδώ οι παρατηρήσεις για την πίεση και την θερμοκρασία που αναπτύχθηκαν για το υπέρθερμο νερό.

Στην ικανότητα μεταφοράς θερμότητας, ο ατμός έχει το μεγάλο πλεονέκτημα της αξιοποίησης της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης. Κατά την συμπύκνωσή του στους εναλλάκτες ή τους θερμοπομπούς αποδίδεται και αυτό το θερμικό ποσό.

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος αυτού του πλεονεκτήματος, στον πίνακα 1.1 δίνονται μερικές ενδεικτικές τιμές για την κατανομή του συνολικού θερμικού περιεχομένου κορεσμένου ατμού σε διάφορες συνθήκες.

**Πίνακας 1.1**

ΠΙΕΣΗ Bar	ΘΕΡ/ΣΙΑ °C	ΑΙΣΘ.ΘΕΡΜ/ΤΑ KJ/Kg (Kcal/Kp)	ΛΑΝΘ.ΘΕΡΜ/ΤΑ KJ/Kg (Kcal/Kp)	ΣΥΝΟΛΟ KJ/Kg (Kcal/Kp)
1	100	419 (100)	2257 (540)	2676 (640)
2	120	504,5 (120)	2201,5 (527)	2706 (647)
3	152	640 (152)	2107,5 (505)	2747,5 (657)

Παρά το πλεονέκτημα αυτό, καθώς και εκείνο της γρήγορης ανταπόκρισης της εγκατάστασης στο ζητούμενο θερμικό αποτέλεσμα, το θέμα των μεγάλων πιέσεων κάνει τον ατμό ακατάλληλο για συνήθη κτίρια. Άλλωστε για την ατμοπαραγωγή επιβάλλεται η συνεχής επίβλεψη της εγκατάστασης από ειδικευμένο προσωπικό. Έτσι η χρήση του περιορίζεται σε ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. σε βιομηχανικούς χώρους (που ο ατμός μπορεί να εξυπηρετεί κυρίως παραγωγικές διαδικασίες), Νοσοκομεία (που εξυπηρετούνται και άλλες λειτουργίες όπως πλυντήρια – σιδερωτήρια, αποστείρωση) κλπ.

Πρέπει να επισημανθεί ότι τα δίκτυα ατμού έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από του νερού, λόγω των δυσμενέστερων συνθηκών λειτουργίας τους.

### δ) Αέρας

Ο αέρας, ως φορέας της θερμότητας, έχει τα πλεονεκτήματα της γρήγορης και ομοιόμορφης θέρμανσης των χώρων, της χαμηλής θερμοκρασίας προσαγωγής (του επιπέδου των 40°C), που δε μειώνει σημαντικά τη σχετική υγρασία και της δυνατότητας ανανέωσης του αέρα του χώρου. Επίσης οι τερματικές του συσκευές (στόμιο εισόδου – εξόδου) δεν καταλαμβάνουν ωφέλιμους χώρους, παρά μόνο μικρά ανοίγματα στους τοίχους.

Τον συναντάμε όμως μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, διότι η ανάπτυξη δικτύου αεραγωγών δεν είναι εφικτό ή εύκολο (εξαιτίας και του όγκου τους) σε συνήθη κτίρια κατοικιών.

Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι, όταν απαιτείται και κεντρικός θερινός κλιματισμός, λόγω των ιδιοτήτων του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο δίκτυο διανομής.

### **1.3.3. Ως προς το ασφαλιστικό σύστημα**

#### **α) Ανοιχτό δοχείο διαστολής**

Το ανοιχτό δοχείο διαστολής είναι μια απλή και φθηνή κατασκευή και δεν απαιτεί ειδικά ασφαλιστικά εξαρτήματα και ρυθμίσεις. Προϋποθέτει όμως τη διάθεση κατάλληλου χώρου για την εγκατάστασή του, κατακόρυφους σωλήνες και τις σχετικές εργασίες ανάπτυξής τους για την σύνδεσή του με το δίκτυο. Στην περίπτωση πολύ ψυχρών κλιμάτων απαιτείται και προστασία από παγετό.

#### **β) Κλειστό δοχείο διαστολής**

Τα μειονεκτήματα του ανοιχτού δοχείου διαστολής, έχουν συντελέσει στη μεγάλη διάδοση του κλειστού δοχείου σε εγκαταστάσεις κάθε είδους και μεγέθους. Προϋπόθεση βέβαια για την ασφαλή λειτουργία του είναι η σωστή επιλογή του (καθώς και του κυκλοφορητή της εγκατάστασης) και η σύνδεσή του σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές.

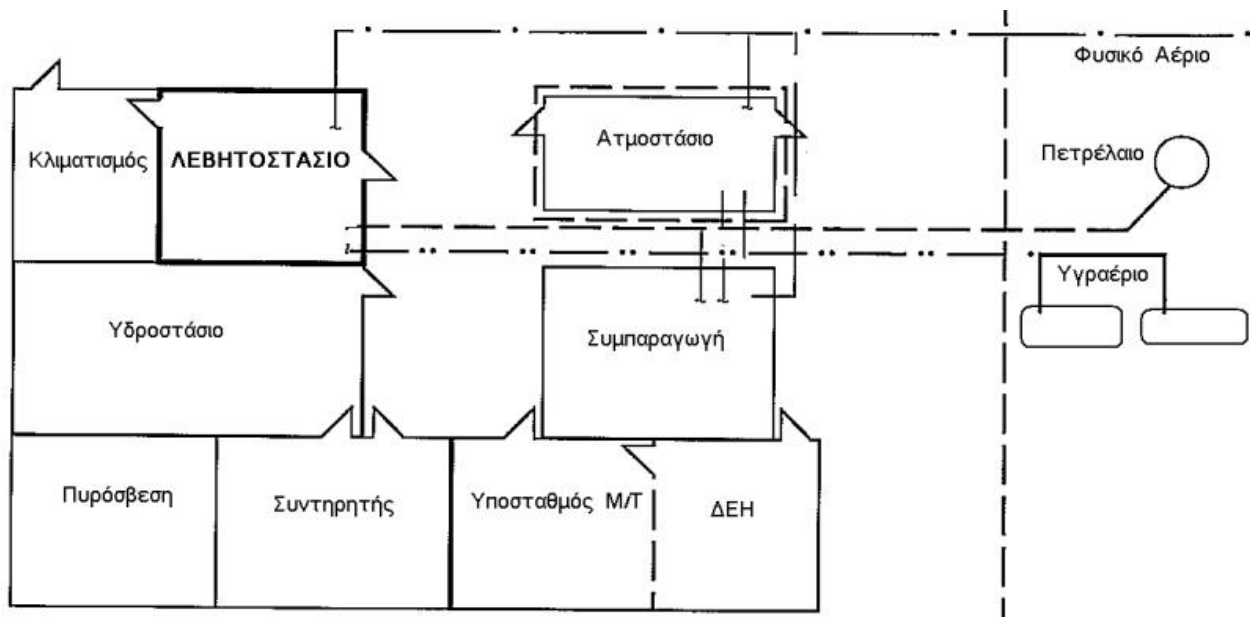
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ «ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ»

### 2.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Χαρακτηρίζουμε **Λεβητοστάσιο** ένα χώρο, μέσα σε κτίριο ή σε παράρτημα κτιρίου, στον οποίο εγκαθιστούμε μηχανήματα, συσκευές, όργανα και διατάξεις που εξυπηρετούν αποκλειστικά την εγκατάσταση Κεντρικής Θέρμανσης.

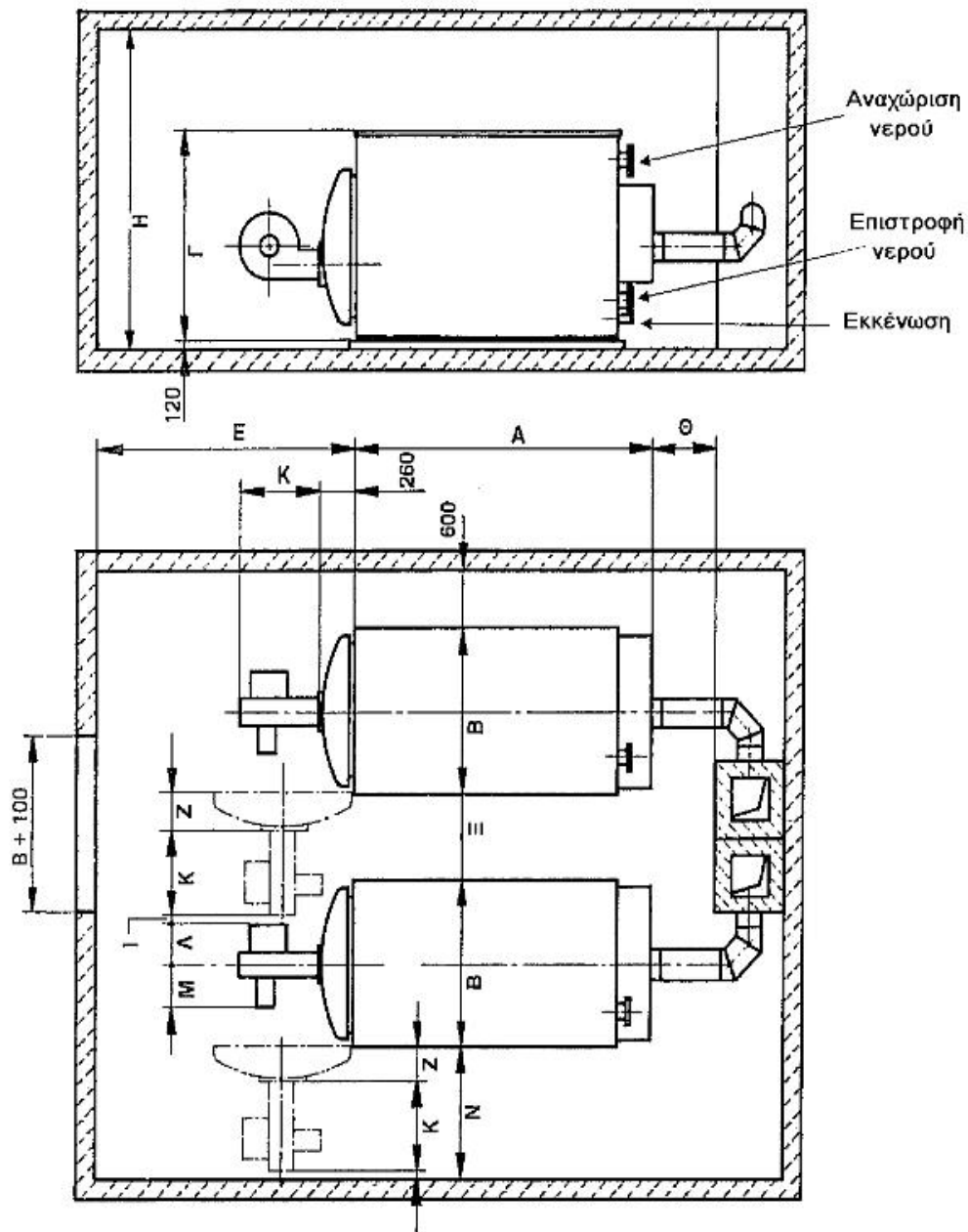
Για απλές οικοδομές, όπως είναι μια πολυκατοικία, ένα κτίριο επαγγελματικής στέγης, μια εκκλησία ή ένα μικρό σχολείο είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός σαφώς διαμορφωμένου χώρου για το λεβητοστάσιο, που καθορίζεται από δική του τοιχοποιία, κατασκευασμένη από υλικά άκαυστα και ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Η επικοινωνία του με το κτίριο που εξυπηρετεί γίνεται μέσα από μη κατοικήσιμη διαδρομή.

Σε κτίρια μεγαλύτερης σημασίας και με περισσότερες λειτουργίες, όπως είναι ένα Νοσοκομείο ή ένα Πανεπιστήμιο, εγκαθιστούμε το λεβητοστάσιο σε χώρο που αποτελεί τμήμα ενός μεγαλύτερου ειδικού χώρου, ο οποίος ονομάζεται Μηχανοστάσιο. Σε αυτά τα κτίρια, το λεβητοστάσιο είναι εκείνο το τμήμα του Μηχανοστασίου στο οποίο εγκαθιστούμε στοιχεία που αφορούν μόνο την εγκατάσταση της Κεντρικής Θέρμανσης.



**Σχήμα 2.1:** ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ)

Η θέση ενός λεβητοστασίου μέσα στο κτίριο ορίζεται από τον Αρχιτέκτονα. Το μέγεθος του χώρου, καλό είναι να αποφασίζεται σε συνεργασία του Αρχιτέκτονα με το Μηχανολόγο – μελετητή της Κ.Θ. Οι διαστάσεις του καθορίζονται από κανόνες που περιέχονται στο Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (ΓΟΚ) και στους κανονισμούς του ΕΛΟΤ, της Ε.Ε. και του ISO. Βασικά όμως καθορίζονται από τον αριθμό και τις διαστάσεις των λεβήτων που προβλέπεται να εγκατασταθούν στο χώρο αυτό.



Παρατήρηση:

Κατά τους Ελληνικούς κανονισμούς για λεβητοστάσια (Γ.Ο.Κ., Ν.Δ.8 ΦΕΚ Α' 124 της 9/8/73, Άρθρο 103), ισχύουν τα εξής:

1. Για Q έως 250.000 Kcal/h

E: πάνω από 1, 50 m

Για Q πάνω των 250.000 Kcal/h

E: πάνω από 2, 0 m

$\Theta = E/2$

2. Για Q έως 60.000 Kcal/h

H: πάνω από 2, 20 m

Για Q από (60.000 -200.000 Kcal/h)

H: πάνω από 2, 40 m

Για Q πάνω από 200.000 Kcal/h

H: πάνω από 3,0 m

3. Ξ: πάνω από 0.60 m

Q: εγκαταστημένη ισχύς του λέβητα

Σημείωση: 1. Οι διαστάσεις K, Λ, Μ, ορίζονται ανάλογα με τον τύπο του καυστήρα.

2. Διαστάσεις σε mm  $N = Z + K + I$  ,  $\Xi = Z + K + I + \Lambda = B/2$

**Σχήμα 2.2:** ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΩΝ



Το λεβητοστάσιο εγκαθίσταται συνήθως στο υπόγειο της οικοδομής, τόσο γιατί ο απαιτούμενος χώρος εμφανίζει μικρότερο κόστος, όσο και γιατί διευκολύνεται η κυκλοφορία του ζεστού νερού (ροή από κάτω προς τα επάνω).

Η ακριβής θέση του εξαρτάται από την θέση της καπνοδόχου, τις δυνατότητες ανανέωσης του αέρα και τα πιθανά πλεονεκτήματα στη διάταξη των σωληνώσεων διανομής και επιστροφής του θερμού νερού.

Σε ειδικές μόνο περιπτώσεις και κτίρια ειδικών χρήσεων, το λεβητοστάσιο μπορεί να τοποθετηθεί στη στέγη ή στο δώμα.

Όταν το λεβητοστάσιο τοποθετηθεί στο δώμα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου, μειώνονται οι απώλειες στην καπνοδόχο, μειώνονται τα μήκη των σωλήνων πληρώσεως και ασφάλειας (SV, SR).

Τα προβλήματα όμως που χρειάζονται να μελετηθούν προσεκτικά πριν τοποθετηθεί το λεβητοστάσιο στο δώμα, είναι η αυξημένη καταπόνηση της δομικής κατασκευής, τα προβλήματα από τους θορύβους λειτουργίας, και τη μετάδοση ήχων όπως και τα προβλήματα μεταφοράς και του εξοπλισμού της εγκαταστάσεως κατά τη φάση της κατασκευής (και συντηρήσεως ή πιθανής επισκευής). Ένα ακόμη πρόβλημα είναι η αποθήκευση και η προσαγωγή του καυσίμου.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν αποφασιστικά τη θέση του λεβητοστασίου, όταν αυτό τοποθετείται μέσα σ' ένα κτίριο ή ένα συγκρότημα κτιρίων, μπορούν να αξιολογηθούν και να ταξινομηθούν συνοπτικά:

**α:** Η κατάλληλη θέση καπνοδόχου, με δεδομένο ότι πρέπει να καταλήγει στο υψηλότερο τμήμα του κτιρίου ή το υψηλότερο τμήμα όλων των γειτονικών κτιρίων, τα οποία θα συνδεθούν στο λεβητοστάσιο.

Η καπνοδόχος πρέπει απαραίτητα να καταλήγει στο ανώτατο τμήμα του κτιρίου, ώστε με οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες και διευθύνσεις πνοής του ανέμου να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη απομάκρυνση των καπναερίων.

Επίσης, από την θέση και την κατασκευή, πρέπει να αποκλείονται δυσμενείς επιπτώσεις ή προβλήματα στους γείτονες.

Όπου υπάρχουν επιπλέον ειδικοί κανονισμοί ή αστικές διατάξεις για την καθαρότητα του αέρα, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη.

Οι αγωγοί και οι σωλήνες καπναερίων, μεταξύ εστίας και κατακόρυφου τμήματος της καπνοδόχου, δεν πρέπει να έχουν μήκος μεγαλύτερο από το  $\frac{1}{4}$  του ύψους της καπνοδόχου.

**β:** Η δυνατότητα τοποθέτησεως του δοχείου διαστολής στην υψηλότερη θέση της εγκαταστάσεως. Ο περιορισμός αυτός δεν ισχύει σε μικρές εγκαταστάσεις όταν χρησιμοποιείται κλειστό δοχείο διαστολής.

Για λόγους ασφάλειας (έναντι πιθανού βρασμού στο λέβητα) οι σωλήνες ασφάλειας πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κατακόρυφοι, με μικρού μήκους οριζόντια τμήματα.

Εάν τα οικοδομικά δεδομένα αποκλείουν την τοποθέτηση του δοχείου διαστολής (ή των δοχείων διαστολής) στη στέγη, σε περίπου κατακόρυφη θέση ως προς το λεβητοστάσιο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κλειστά δοχεία διαστολής στο λεβητοστάσιο, εφ' όσον πληρούνται οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό.

**γ:** Η κατάλληλη θέση για την τοποθέτηση της αποθήκης καυσίμων.

**δ:** Η ευκολία προσαγωγής του καυσίμου.

**ε:** Η ανάγκη προστασίας του κτιρίου από τους θορύβους του λεβητοστασίου. Πρέπει δηλαδή να εξασφαλίζεται επαρκής προστασία έναντι μεταδόσεως θορύβων, που θα μεταφέρονται από τον αέρα ή δομικά στοιχεία ή λειτουργικά στοιχεία της οικοδομής στους γειτονικούς χώρους.

**στ:** Η κατά το δυνατόν κεντροβαρική θέση ως προς τους θερμαινόμενους χώρους.

## 2.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΑ

### 2.2.1 Μέγεθος Λεβητοστασίου και Αρχές Χωροθετήσεως Εξοπλισμού

Το μέγεθος του λεβητοστασίου εξαρτάται κυρίως από τις διαστάσεις του λέβητα. Στην περίπτωση περισσοτέρων του ενός λεβήτων, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και οι μεταξύ τους αναγκαίες αποστάσεις.

Η μεγάλη ποικιλία των διαστάσεων των λεβήτων της αγοράς, επιβάλλει την έγκαιρη επιλογή του λέβητα που θα χρησιμοποιηθεί (ή των λεβήτων), ώστε να καθοριστεί το απαραίτητο μέγεθος του λεβητοστασίου.

Πάντως είναι σκόπιμο να μην καθορίζεται η επιφάνεια και το μέγεθος των λεβητοστασίων έχοντας σαν βάση λέβητες πολύ μικρών διαστάσεων, γιατί μελλοντικά θα είναι ίσως πολύ δύσκολη η αντικατάστασή τους.

Κατά τον καθορισμό των διαστάσεων του λεβητοστασίου, αν για ορισμένους τοπικούς ή λειτουργικούς λόγους οι ιδιοκτήτες ζητήσουν εφεδρικό λέβητα πρέπει να προβλεφθεί ο απαραίτητος χώρος με αναπροσαρμογή των διαστάσεων.

Στη Γερμανική βιβλιογραφία αναφέρεται, και χρησιμοποιείται από πολλούς μελετητές στη χώρα μας, ο Πίνακας 2.1, με ενδεικτικές τιμές (διαστάσεις) για το λεβητοστάσιο, με βάση τον όγκο του κτιρίου. Με τα σημερινά δεδομένα οι τιμές αυτές του πίνακα πρέπει να θεωρούνται κάπως υπερβολικές (κυρίως για μεσαίες και μεγάλες εγκαταστάσεις) γιατί αναφέρονται και σε λέβητες στερεών καυσίμων, όπως και σε παλαιότερους λέβητες, μικρότερων των σημερινών επιδόσεων.

ΟΓΚΟΣ ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (σε m <sup>3</sup> )	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ή ΕΜΒΑΔΟΝ ΔΑΠΕΔΟΥ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ (σε m ή m <sup>2</sup> αντίστοιχα)
Ελάχιστο επιτρεπόμενο	2,2 x 1,5 m
2000 έως 5000	3 έως 5 m <sup>2</sup> ανά 1000 m <sup>3</sup> όγκου του κτιρίου
6000 έως 12000	1,5 έως 2,5 m <sup>2</sup> ανά 1000 m <sup>3</sup> όγκου του κτιρίου

Πίνακας 2.1: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ Κ.Θ.

Το λεβητοστάσιο σαν σύνολο, πρέπει να επιτρέπει την άνετη μετακίνηση και εργασία του συντηρητή, όπως και την αποσυναρμολόγηση και μεταφορά εντός του λεβητοστασίου κάθε μηχανήματος ή συσκευής που χρειάζεται επισκευή ή αντικατάσταση.

Υπενθυμίζεται εδώ ότι ένα σύνηθες λεβητοστάσιο κεντρικής θερμάνσεως περιλαμβάνει:

- Τον ή τους λέβητες παραγωγής θερμού νερού ή ατμού, με τα απαραίτητα μηχανήματα και συσκευές, όπως καυστήρες, αντλίες, καπναγωγούς κ.λπ.
- Το σύστημα προσαγωγής και πιθανώς και αποθηκεύσεως του καυσίμου.
- Το ηλεκτρολογικό δίκτυο και τα όργανα που απαιτούνται για την τροφοδότηση με ηλεκτρικό ρεύμα των καυστήρων, των αντλιών (κυκλοφορητών), των αυτοματισμών και γενικά των συστημάτων ελέγχου και ασφάλειας που χρειάζονται ηλεκτρική παροχή.
- Το σύστημα ασφαλούς λειτουργίας του λέβητα, συμπληρώσεως νερού κ.λπ.
- Το σύστημα πυρανιχνεύσεως και πυροσβέσεως.

## 2.2.2 Αποστάσεις Από Τον Λέβητα

Οι διαστάσεις του λεβητοστασίου και η τοποθέτηση των στοιχείων, συσκευών και μηχανημάτων που εξασφαλίζουν την παραγωγή και διανομή της θερμότητας πρέπει να επιτρέπουν την επιθεώρηση των λεβήτων από όλες τις πλευρές τους. Ιδιαίτερη σημασία έχει η δυνατότητα εύκολου καθαρισμού και συντηρήσεώς τους.

Η απόσταση μεταξύ του ανοίγματος της εστίας και των απέναντι τοίχων, πρέπει να είναι:

- Για λέβητες μέχρι 300 kW (περίπου 250.000 kcal/h) τουλάχιστον 1,5 m.
- Για λέβητες άνω των 300 kW (περίπου 250.000 kcal/h) τουλάχιστον 2 m.

Πάντως συνιστάται η παραπάνω απόσταση να είναι μεγαλύτερη κατά 10 % από το μήκος του λέβητα.

Η απόσταση μεταξύ της πίσω πλευράς του λέβητα και της καπνοδόχου ή του αντίστοιχου τοίχου του λεβητοστασίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το ήμισυ της αποστάσεως που καθορίστηκε για την εμπρόσθια πλευρά του λέβητα. Αν στον τοίχο αυτό βρίσκονται δύο ή περισσότεροι καπναγωγοί, η απόσταση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη.

Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των πλευρών του λέβητα και των απέναντι τοίχων του λεβητοστασίου, καθώς και σε περίπτωση πολλών λεβήτων, η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,60 m.

Το ύψος του λεβητοστασίου:

- Για λέβητες μέχρι 70 kW (60.000 kcal/h) πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,20m.
- Για λέβητες από 70 – 230 kW (60.000 – 200.000 kcal/h) πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,40 m.
- Για λέβητες μεγαλύτερους των 230 kW (200.000 kcal/h) πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,0 m.

Τα ελάχιστα όρια που προαναφέρθηκαν, για αερολέβητες προσαυξάνονται κατά 50 cm.

Τα ελάχιστα απαιτούμενα ελεύθερα ύψη μεταξύ δαπέδου και οροφής, ή μεταξύ δαπέδου και κάτω παρειάς τυχόν υπάρχουσας δοκού πρέπει να εξασφαλίζουν ελεύθερο ύψος μεταξύ λέβητα και οροφής τουλάχιστον 0,80 m ή μεταξύ σωληνώσεων και οροφής 0,50 m.

Ειδικά για λέβητες που καθαρίζονται ή συντηρούνται από επάνω ή έχουν διαταγμένα τα όργανα διακοπής αμέσως πάνω από αυτούς, το καθαρό ύψος μεταξύ της πάνω ακμής του λέβητα και της κάτω ακμής της οροφής ή μιας δοκού πρέπει να είναι, ανάλογα με τη θερμική ισχύ του λέβητα.

- Πάνω από 125.000 kcal/h να είναι τουλάχιστον 1,50 m.
- Πάνω από 250.000 kcal/h τουλάχιστον 1,80 m και για
- Πάνω από 400.000 kcal/h να είναι τουλάχιστον 2,10 m.

Για λέβητες των οποίων η πάνω επίπεδη επιφάνεια είναι βατή κατά την λειτουργία τους, το καθαρό ύψος μεταξύ της βατής αυτής επιφάνειας και της κάτω ακμής της οροφής πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,20 m και να αφήνεται ελεύθερο ύψος διαβάσεως τουλάχιστον 1,80 m.

### **2.2.3 Τοίχοι, Οροφές, Δάπεδα**

Το λεβητοστάσιο δεν πρέπει να έχει ανοικτή (άμεση) επικοινωνία με χώρους που συχνάζουν άνθρωποι, εκτός των χώρων που ανήκουν λειτουργικά σ' αυτό. Είναι αυτονόητο ότι η τοποθέτηση διαμερισμάτων κατοικίας πολύ κοντά και στο ίδιο επίπεδο με λεβητοστάσιο, είναι κοινωνικά απαράδεκτη όσο και επικίνδυνη ενέργεια.

Οι τοίχοι, τα υποστυλώματα και οι δοκοί του λεβητοστασίου καθώς και η οροφή, πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά ανθεκτικά στην θερμότητα και στην πυρκαγιά για μια τουλάχιστον ώρα.

Το κονίαμα που θα χρησιμοποιηθεί στους τοίχους και την οροφή του λεβητοστασίου συνιστάται να στεγανωθεί ή με προσθήκη ασφαλιστικού των πόρων ή με αντίστοιχο επίχρισμα (π.χ. υδρύαλο). Υλικά επενδύσεως που θα χρησιμοποιηθούν για ηχητική μόνωση, πρέπει να μην είναι εύφλεκτά και να μην δίδουν δηλητηριώδη προϊόντα κατά την καύση.

Το δάπεδο του λεβητοστασίου πρέπει να κατασκευασθεί από πρακτικά άκαυστο υλικό.

Οι θέσεις διελεύσεως των σωλήνων ζεστού νερού ή άλλων σωληνώσεων, μέσα από τους τοίχους, τις οροφές ή τα δάπεδα, πρέπει να διαμορφώνονται κατά τρόπον που να αποκλείει την διείσδυση αερίων σε άλλους χώρους (π.χ. αρκούν στις θέσεις διόδου, σταθεροποιημένα σωληνωτά κελύφη, στα οποία ο κενός χώρος μεταξύ του κελύφους και της σωληνώσεως γεμίζεται με ταινία στεγανότητας, ανθεκτική στη θερμότητα, ή με κατάλληλη πλαστική ύλη).

Όλοι οι ανωτέρω περιορισμοί ισχύουν και για χώρους που βρίσκονται σε ανοικτή επικοινωνία με τα λεβητοστάσια.

## 2.2.4. Έξοδοι, Πόρτες, Παράθυρα

Λεβητοστάσια με λέβητες ολικής θερμικής ισχύος άνω των 300 kW (250.000 kcal/h) σκόπιμο είναι να έχουν δύο εξόδους που να μπορούν να χρησιμοποιούνται με ασφάλεια. Οι δύο αυτές εξοδοι καλό είναι να βρίσκονται η μία απέναντι της άλλης και η μία τουλάχιστον πρέπει να οδηγεί κατ' ευθείαν στο ύπαιθρο. Η έξοδος αυτή μπορεί να είναι κατάλληλα διαμορφωμένο παράθυρο. Για τη διευκόλυνση της εξόδου σε περίπτωση ανάγκης η έξοδος – παράθυρο πρέπει να διαθέτει στοιχειώδη τουλάχιστον σκάλα, με εντοιχιζόμενες μεταλλικές ράβδους.

Απαγορεύεται το λεβητοστάσιο να έχει οποιοδήποτε άνοιγμα προς το κλιμακοστάσιο (άνοιγμα κουφώματος, αεραγωγό, γρίλιες, κ.λπ.). Κατ' εξαίρεση επιτρέπεται πόρτα, που είναι αναγκαία για την πρόσβαση προς αυτό, εφόσον έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α. Είναι στο σύνολο της σιδερένια και, όπου έχει λαμαρίνα, το πάχος της είναι 1,5 mm.

β. Δεν έχει γρίλιες ή οποιοδήποτε άλλο άνοιγμα.

γ. Εφάπτεται σε πατούρες της κάσας σε πλάτος τουλάχιστον 25 mm.

δ. Έχει μηχανισμό επαναφοράς στην κλειστή θέση.

Εναλλακτικά η πόρτα αυτή αρκεί να έχει δείκτη πυραντιστάσεως τουλάχιστον μισής ώρας, όπως προκύπτει από πιστοποιητικό αναγνωρισμένου εργαστηρίου. Από τον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό απαιτείται από την πόρτα του λεβητοστασίου αντοχή στη φωτιά τουλάχιστον μια ώρα, και ακόμη,

- Οι πόρτες του λεβητοστασίου πρέπει να ανοίγουν προς την διεύθυνση εξόδου και να κλείνουν αυτόματα με ειδικό μηχανισμό.
- Οι πόρτες του λεβητοστασίου πρέπει να κλείνουν με κλειδί το οποίο να βρίσκεται σε ειδικό κουτί, έξω από το χώρο του λεβητοστασίου.
- Οι ιδιοσυσκευές για το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων πρέπει να βρίσκονται σε μέρος προσιτό και να λειτουργούν με εύκολους χειρισμούς.

## 2.2.5. Σιδερένιοι Εξώστες και Σκάλες Λεβητοστασίου

Σιδερένιοι εξώστες και σκάλες που μπορεί να χρειαστούν μέσα στο λεβητοστάσιο, τοποθετούνται όταν υπάρχουν όργανα σε ύψος τέτοιο, που δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν από το επίπεδο του δαπέδου.

Σε λέβητες που καθαρίζονται από την επάνω πλευρά τους, το κάλυμμα τους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εξώστης καθαρισμού, εφ' όσον το επιτρέπει ο κατασκευαστής τους.

Ο εξώστης και οι σκάλες πρέπει να είναι μεταλλικά και ενδείκνυται να είναι σταθερά στερεωμένα σε δομικά στοιχεία του λεβητοστασίου.

Συνιστάται το δάπεδο του εξώστη να κατασκευάζεται σε μορφή εσχάρας, στις περιοχές τουλάχιστον που υπάρχει κίνδυνος ανεπαρκούς αερισμού τμήματος του λεβητοστασίου, (π.χ. όταν ο εξώστης εκτείνεται πάνω από καπναγωγούς).

Ο εξώστης πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 0,70 m και να είναι εφοδιασμένος με κουπαστή ύψους τουλάχιστον 1,0 m. Η σκάλα που οδηγεί από το δάπεδο του λεβητοστασίου στον εξώστη, πρέπει να είναι πλάτους τουλάχιστον

0,70 m και η χρήση της να είναι απόλυτα ασφαλής (όχι ολισθηρή και να διαθέτει κουπαστή).

## **2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ**

### **2.3.1 Φωτισμός Λεβητοστασίου**

Το λεβητοστάσιο πρέπει να φωτίζεται μόνο από ηλεκτρικούς λαμπτήρες και πρέπει να εφαρμόζονται για τις ηλεκτρικές του εγκαταστάσεις αυτά που αναφέρονται στον Κανονισμό Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) για "πρόσκαιρα υγρούς χώρους".

Συνιστάται η τοποθέτηση του πίνακα του λεβητοστασίου κατά το δυνατόν μακριά από τον λέβητα και σε θέση εύκολου χειρισμού. Καλόν είναι ο γενικός διακόπτης της σχετικής ηλεκτρικής παροχής να βρίσκεται στο εξωτερικό του λεβητοστασίου.

Η στάθμη του φωτισμού σε ένα λεβητοστάσιο δεν είναι απαραίτητη να είναι υψηλή. Σύμφωνα με το ISO και το DIN μπορεί να είναι έως και 100 Lux.

Η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων πρέπει να επιτρέπει την καλή επιτήρηση και παρακολούθηση της λειτουργίας του λέβητα, των καπναγωγών, των ρυθμιστικών διατάξεων, των οργάνων μετρήσεων κ.λπ. Το φωτιστικό σώμα πρέπει να είναι καλά προστατευμένο (χελώνα κατά προτίμηση) και η θέση του να προσδιορίζεται προσεκτικά, μετά την αποπεράτωση της θερμικής εγκατάστασης.

Πέρα από το φωτιστικό σώμα απαιτείται η τοποθέτηση ρευματοδοτών (πριζών) για ρεύμα με Μ/Σ 220/220 V, ώστε να είναι δυνατή η χρήση εργαλείων με ασφάλεια.

### **2.3.2 Ύδρευση – Αποχέτευση Λεβητοστασίου**

Στο λεβητοστάσιο απαιτείται η ύπαρξη παροχής νερού, σε ποσότητα τέτοια ώστε να είναι δυνατή η τροφοδότηση του καζανιού σε μόνιμη βάση μέσω του συστήματος πλήρωσης.

Το λεβητοστάσιο επίσης θα πρέπει να διαθέτει και αποχέτευση του δαπέδου του, καθώς επίσης και των διάφορων συσκευών και μηχανημάτων που βρίσκονται μέσα σ' αυτό (λέβητας, συλλέκτης κ.λπ.)

Σε μεγάλα λεβητοστάσια με περισσότερους λέβητες, είναι σκόπιμο κατά μήκος του μακρύτερου τοίχου του λεβητοστασίου, να κατασκευάζεται ένα σκάμμα (φρεάτιο) για την συγκέντρωση του νερού που μπορεί να χυθεί. Τα νερά οδηγούνται με κλίση τουλάχιστον 1% σε απορροή και από εκεί στο δίκτυο αποχετεύσεως. Το φρεάτιο αυτό πρέπει να έχει διαστάσεις τέτοιες, ώστε να μπορεί να δεχθεί το 10% του νερού που περιέχει η εγκατάσταση, να είναι δε εξοπλισμένο με σχάρα και με αντλητικό συγκρότημα, ικανό να αποχετεύει το νερό του φρεατίου σε 10 λεπτά. Για να αποφευχθεί η εισχώρηση οσμών από τους αποχετευτικούς αγωγούς στο λεβητοστάσιο πρέπει να προβλεφθεί η τοποθέτηση κατάλληλης απορροής με οσμοπαγίδα, πριν από την αναχώρηση της αποχετεύσεως από το λεβητοστάσιο.

Για τη σύνδεση του συστήματος αποχετεύσεως του, με τον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό, πρέπει να τηρηθούν οι σχετικοί κανονισμοί και ο μελετητής πρέπει να αποκλείσει τον κίνδυνο διαρροής καυσίμου μέσα στο δίκτυο αποχετεύσεως.

Στις μεγάλες εγκαταστάσεις, στις οποίες το λεβητοστάσιο είναι μέρος του Μηχανοστασίου, το φρεάτιο προστατεύει το χώρο του λεβητοστασίου και τα νερά μεταφέρονται με φυσική ροή μέσω σωλήνωσης στο κεντρικό σύστημα απαγωγής υδάτων του Μηχανοστασίου.

### 2.3.3 Αερισμός Λεβητοστασίου

Τα λεβητοστάσια έχουν ανάγκη μιας σημαντικής ποσότητας αέρα για την καύση. Όμως έχουν ανάγκη και από μια επιπλέον ποσότητα για την ανανέωση του αέρα του χώρου.

Το σύνολο των ποσοτήτων του αέρα για την καύση (πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα) και τον εξαερισμό του χώρου αποτελεί την αναγκαία ποσότητα του αερισμού

Τα λεβητοστάσια πρέπει κατά το δυνατόν να αερίζονται ομοιόμορφα. Απαγορεύεται η ύπαρξη έντονου τεχνητού εξαερισμού στο λεβητοστάσιο. Τα ανοίγματα προσαγωγής και απαγωγής του αέρα πρέπει να διατηρούνται συνεχώς πλήρως ανοικτά και ο αερισμός τους κατά προτίμηση πρέπει να είναι φυσικός.

#### 1. Φυσικός Αερισμός

Για τον φυσικό αερισμό του λεβητοστασίου πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα άνοιγμα προσαγωγής αέρα. Ο προσαγόμενος αέρας πρέπει κατά το δυνατόν να προέρχεται απ' ευθείας από το ύπαιθρο, αν το λεβητοστάσιο είναι υπέργειο ή μέσω σήραγγας αν είναι υπόγειο, από θέση που ν' απέχει τουλάχιστον 50 cm από ανοίγματα χώρων που διαμένουν άνθρωποι. Για αντίστοιχα ανοίγματα αερισμού κοντά σε χώρους που παρουσιάζουν κίνδυνο πυρκαγιάς, πρέπει να καθορίζεται μεγαλύτερη απόσταση.

Η ολική διατομή των ανοιγμάτων προσαγωγής αέρα, όταν χρησιμοποιείται πετρέλαιο, πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 50 % μεγαλύτερη της διατομής που προέκυψε από τους υπολογισμούς για την καπνοδόχο. Όταν χρησιμοποιείται αέριο, η επιφάνεια του ανοίγματος λήψης αέρα εξαρτάται από το είδος του καυστήρα (βλέπε Κεφ. 5). Αν ο καυστήρας είναι **ατμοσφαιρικός**, τότε η επιφάνεια  $A$  του ανοίγματος σε  $\text{cm}^2$  πρέπει να είναι  $A = 3,0 \times B$ , όπου  $B$  η ισχύς του καυστήρα σε kW (με βάση την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του αερίου). Αν ο καυστήρας είναι **πιεστικός**, τότε  $A = 1,0 \times B$ .

Σε λεβητοστάσια που έχουν λέβητες μικρότερους των 50 kW (43.000 kcal/h) εάν δεν είναι δυνατή η προσαγωγή αέρα απ' ευθείας από το ύπαιθρο, επιτρέπεται η προσαγωγή αέρα από διπλανό χώρο. Πρέπει να εξακριβωθεί ότι ο χώρος αυτός δεν μπορεί να τεθεί σε υποπίεση με αντίθετο εξαερισμό, λόγω της παρουσίας μιας άλλης συσκευής που λειτουργεί με στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα ή μιας συσκευής εξαερισμού.

## 2. Μηχανικός Αερισμός

Το πρόβλημα αερισμού γίνεται σοβαρό, αν δεν υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες για ικανοποιητικό φυσικό αερισμό. Τότε αναγκαστικά θα γίνει με χρήση ανεμιστήρα. Αλλά θα χρησιμοποιηθούν δύο αεραγωγοί, ένας εισαγωγής και ένας εξαγωγής του αέρα. Για το μηχανικό αερισμό εγκαθίσταται ανεμιστήρας στην προσαγωγή του αέρα. Η εγκατάσταση στην εισαγωγή μπορεί να προκαλέσει πιθανή υποπίεση στο χώρο και ανεπάρκεια στον αέρα καύσης.

Η συνολική ποσότητα του προσκομιζόμενου αέρα για την καύση πρέπει να είναι τουλάχιστον  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  για κάθε kW ισχύος του λέβητα. Ο αέρας για τον εξαερισμό πρέπει να είναι περίπου  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  για κάθε κυβικό μέτρο όγκου του λεβητοστασίου.

Για τους πιεστικούς καυστήρες η ταχύτητα του αέρα πρέπει να είναι το πολύ  $3 \text{ m/s}$  και για τους ατμοσφαιρικούς  $1 \text{ m/s}$ .

Στους χώρους που πρέπει να διακόπτεται η ροή του αέρα, όταν ο καυστήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας, πρέπει να υπάρχει σύστημα που να απαγορεύει το άνοιγμα του καυστήρα, όταν το σύστημα του αερισμού είναι κλειστό.

Η ολική διατομή των ανοιγμάτων ή φρεάτων απαγωγής αέρα, για φυσικό ελκυσμό, πρέπει να είναι ίση τουλάχιστον με το 25 % της καθαρής διατομής της καπνοδόχου, και τουλάχιστον  $200 \text{ cm}^2$ . Για ορθογώνιες διατομές των ανοιγμάτων ή φρεάτων απαγωγής αέρα πρέπει να τηρείται αναλογία μικρής προς μεγάλη πλευρά το πολύ 1 : 1,5.

Η λειτουργία των ανοιγμάτων δεν πρέπει να εμποδίζεται από σωληνώσεις ή άλλα εμπόδια. Τα ανοίγματα απαγωγής αέρα πρέπει να διατάσσονται όσο το δυνατόν κοντά στην οροφή και δεν πρέπει να καλύπτονται με πλέγματα.

Τα ανοίγματα απαγωγής αέρα πρέπει, όπως και οι καπνοδόχοι, να οδηγούνται επάνω από τη στέγη για να έχουν καλό ελκυσμό και να οδεύουν, αν είναι δυνατόν, σε επαφή με μία καπνοδόχο, χωρίς την παρεμβολή θερμομονωτικού υλικού μεταξύ καπνοδόχου και αγωγού απαγωγής αέρα.

### 2.4 ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

Τα κτίρια που ηχορυπώνονται από το λεβητοστάσιό τους γίνονται συνεχώς και περισσότερο.

Οι παράγοντες που προκαλούν ηχορύπανση είναι πολλοί.

**A.** Ο Αρχιτέκτονας αποδέχεται τις υποδείξεις του ιδιοκτήτη ή του κατασκευαστή για εξοικονόμηση χώρων που μπορούν αλλιώς να αξιοποιηθούν, αγνοώντας τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει ένα λεβητοστάσιο. Έτσι θεωρείται το λεβητοστάσιο σαν 'αναγκαίο κακό' και με κοινή σιωπηρή συμφωνία κατασκευάζονται λεβητοστάσια στριμωγμένα κάτω από κλιμακοστάσια ή μέσα σε χώρους που δεν πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές και συνθήκες.

**B.** Ο Μηχανολόγος δεν προβαίνει στην αναγκαία έρευνα για τις συνθήκες λειτουργίας του λεβητοστασίου.



Γ. Οι κατασκευαστές των μηχανημάτων και συσκευών κατασκευάζουν μηχανήματα, ώστε να λειτουργούν θερμικά όσο γίνεται καλύτερα αλλά όχι ηχητικά σωστά, μέσα σε κάθε χώρο.

Δ. Ο εγκαταστάτης και ο συντηρητής, που συνήθως είναι το ίδιο πρόσωπο, σπάνια εφαρμόζει σχολαστικά τις προδιαγραφές κατασκευής της εγκατάστασης, οι οποίες, συνήθως, δεν αναφέρονται καθόλου στην ηχορύπανση.

Οι θόρυβοι που προέρχονται από τα λεβητοστάσια Κ.Θ. οφείλονται σε:

1. Χαμηλές συχνότητες που παράγονται στο λέβητα.
2. Κραδασμούς που οφείλονται σε συντονισμό του λέβητα με το δάπεδο.
3. Μεσαίες συχνότητες του καυστήρα.

Οι χαμηλές συχνότητες παράγονται μέσα στο λέβητα κατά την καύση. Αυτές έχουν μεγάλο μήκος κύματος, διεγείρουν εύκολα τα τοιχώματα του λεβητοστασίου και διαδίδονται μέσα από αυτά. Όταν στην πορεία τους συναντούν ένα ελαφρύ δομικό υλικό (παράθυρο, πόρτες) παράγουν θορύβους.

Οι κραδασμοί μεταδίδονται από το λέβητα που συντονίστηκε στο δάπεδο. Αυτό μπορεί να ελαττωθεί με σωστή θεμελίωση.

Οι μεσαίες συχνότητες παράγονται από τον καυστήρα και είναι οι πιο έντονες. Γι' αυτό, συνήθως, μετά από τη συντήρηση του καυστήρα παρατηρείται ηχορύπανση.

Δυστυχώς για όλα τα παραπάνω δεν υπάρχουν ικανοποιητικές λύσεις. Η λύση είναι να παίρνουμε γενικής φύσης μέτρα:

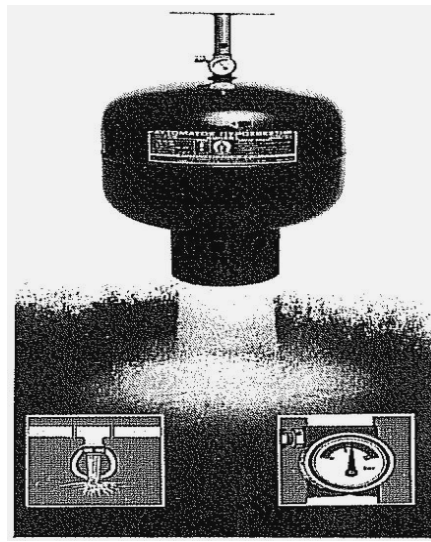
- Να κάνουμε σωστό δάπεδο (σταθερό), με υπολογισμένα τα φορτία που θα δεχτεί και να εγκαθιστούμε σωστά το λέβητα, τον καυστήρα και τον καπναγωγό με αντισεισμική θεμελίωση.
- Τα παράπλευρα τοιχώματα του λεβητοστασίου να κατασκευάζονται από 1½ συμπαγές τούβλο.
- Οι συνδέσεις των μηχανημάτων και συσκευών να γίνονται μέσω ηχοαπορροφητικών διατάξεων.

## **2.5 ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ**

Η αποτελεσματική πυροπροστασία των λεβητοστασίων επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός αυτόματου συστήματος κατασβέσεως, σε συνδυασμό φυσικά με ένα αυτόματο σύστημα ανιχνεύσεως της πυρκαγιάς. Το είδος του συστήματος κατασβέσεως εξαρτάται από το μέγεθος του λεβητοστασίου.

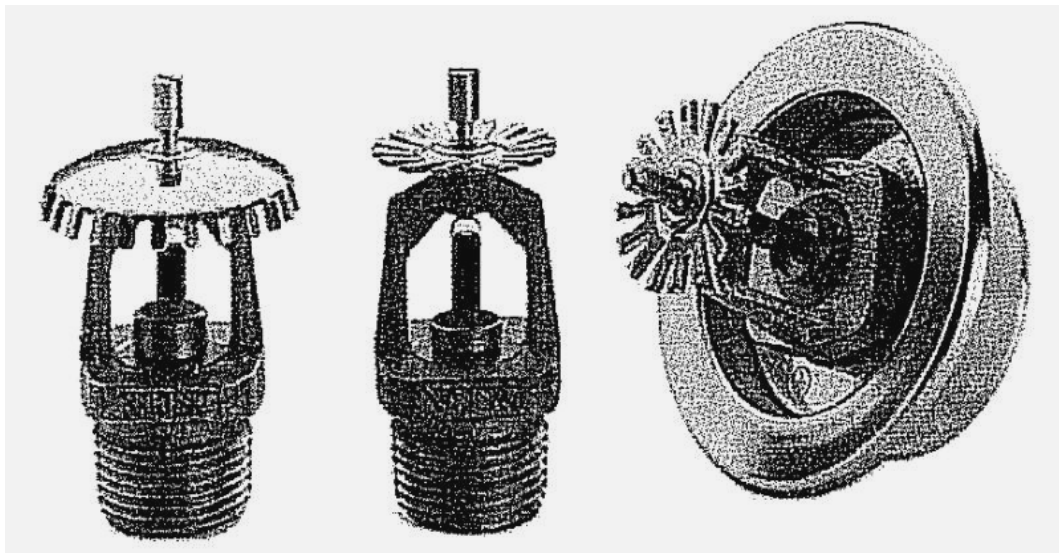
### **2.5.1 Μικρά Λεβητοστάσια**

Στα λεβητοστάσια αυτά, που περιλαμβάνουν μόνο τον λέβητα και τον καυστήρα, χρησιμοποιούνται οι αυτόνομοι πυροσβεστήρες (Εικ. 2.1) οι οποίοι παρέχουν τοπική πυροπροστασία στην περιοχή του καυστήρα και αναρτώνται σε απόσταση  $2 \div 2,5$  m επάνω από αυτόν.



Εικόνα 2.1: ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ

Οι πυροσβεστήρες αυτοί αποτελούνται συνήθως από ένα δοχείο, που περιέχει ξηρή σκόνη ή Hallon 1211 υπό πίεση, και ένα ενσωματωμένο ακροφύσιο με διάταξη καταιονητήρα (Sprinkler) (Εικ. 2.2), το οποίο λειτουργεί, αυτομάτως όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος γίνει 70°C περίπου.



Εικόνα 2.2: ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΙΟΝΗΤΗΡΩΝ (SPRINKLERS)

### 2.5.2 Μεγάλα Λεβητοστάσια

Στα μεγάλα λεβητοστάσια χρησιμοποιούνται συστήματα ολικής κατακλίσεως ξηρής σκόνης, Hallon 1301, CO<sub>2</sub> ή μηχανικού αφρού, τα οποία προστατεύουν ολόκληρο τον χώρο του λεβητοστασίου.

Στα συστήματα αυτά πρέπει να υπάρχουν οπωσδήποτε ορισμένες συμπληρωματικές διατάξεις, όπως η απαγωγή του Hallon ή του CO<sub>2</sub> από το χώρο μετά την κατάσβεση, η αυτόματη διακοπή της παροχής του ηλεκτρικού ρεύματος και του καυσίμου, τα φωτεινά και ηχητικά σήματα έξω από το χώρο αλλά και πριν από την κατάκλιση του CO<sub>2</sub> ή του Hallon, η αυτόματη ενεργοποίηση του συστήματος ύστερα από εντολή του συστήματος πυρανιχνεύσεως, η χειροκίνητη ενεργοποίηση κ.λπ.

Η απαιτούμενη ποσότητα της χρησιμοποιούμενης πυροσβεστικής ύλης και ο μέγιστος χρόνος κατακλίσεως, δίδονται στον Πίνακα 2.2, ενώ ο τρόπος αποθηκεύσεως διαφέρει σε κάθε σύστημα.

ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗ ΥΛΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ (kg/m <sup>3</sup> )	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (Sec)
Ξηρή σκόνη	0,25 ÷ 0,30	30
Μηχανικός αφρός	(*)	180 ÷ 240
Διοξείδιο του άνθρακα	0,80 ÷ 1,15 (**)	60
Hallon 1301	0,33	10

**Πίνακας 2.2:** ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΕΩΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΩΝ

**Σημείωση:** Η ελάχιστη ποσότητα της πυροσβεστικής ύλης αναφέρεται στον ελεύθερο όγκο του λεβητοστασίου, δηλαδή εκτός των μόνιμων μηχανημάτων.

(\*) Ο αφρός πρέπει να καλύψει σε ύψος 1,1 φορές το μέγιστο ύψος του προστατευόμενου αντικειμένου.

(\*\*) Εξαρτάται από το μέγεθος του ελεύθερου όγκου

- **Σύστημα ξηρής σκόνης**

Η ξηρή σκόνη αποθηκεύεται σε μονάδες με χωρητικότητα μέχρι 200 kg και σαν προωθητικό αέριο χρησιμοποιείται το CO<sub>2</sub> που διοχετεύεται από ξεχωριστή φιάλη.

Ο αριθμός των μονάδων της ξηρής σκόνης εξαρτάται από την επιφάνεια του λεβητοστασίου.

Ο διασκορπισμός της σκόνης γίνεται με τη βοήθεια ακροφυσίων, τοποθετημένων στα άκρα σωλήνων, οι οποίοι πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο μήκος, λόγω των μεγάλων τριβών που αναπτύσσονται κατά τη ροή της σκόνης. Το σύστημα αυτό είναι πάρα πολύ απλό από λειτουργική άποψη, ενώ παράλληλα η σκόνη δεν είναι διαβρωτική για να προκαλέσει ζημιές στα διάφορα μηχανήματα του λεβητοστασίου. Το μοναδικό λοιπόν πρόβλημα αποτελεί ο καθαρισμός του χώρου μετά την κατάσβεση της πυρκαγιάς.

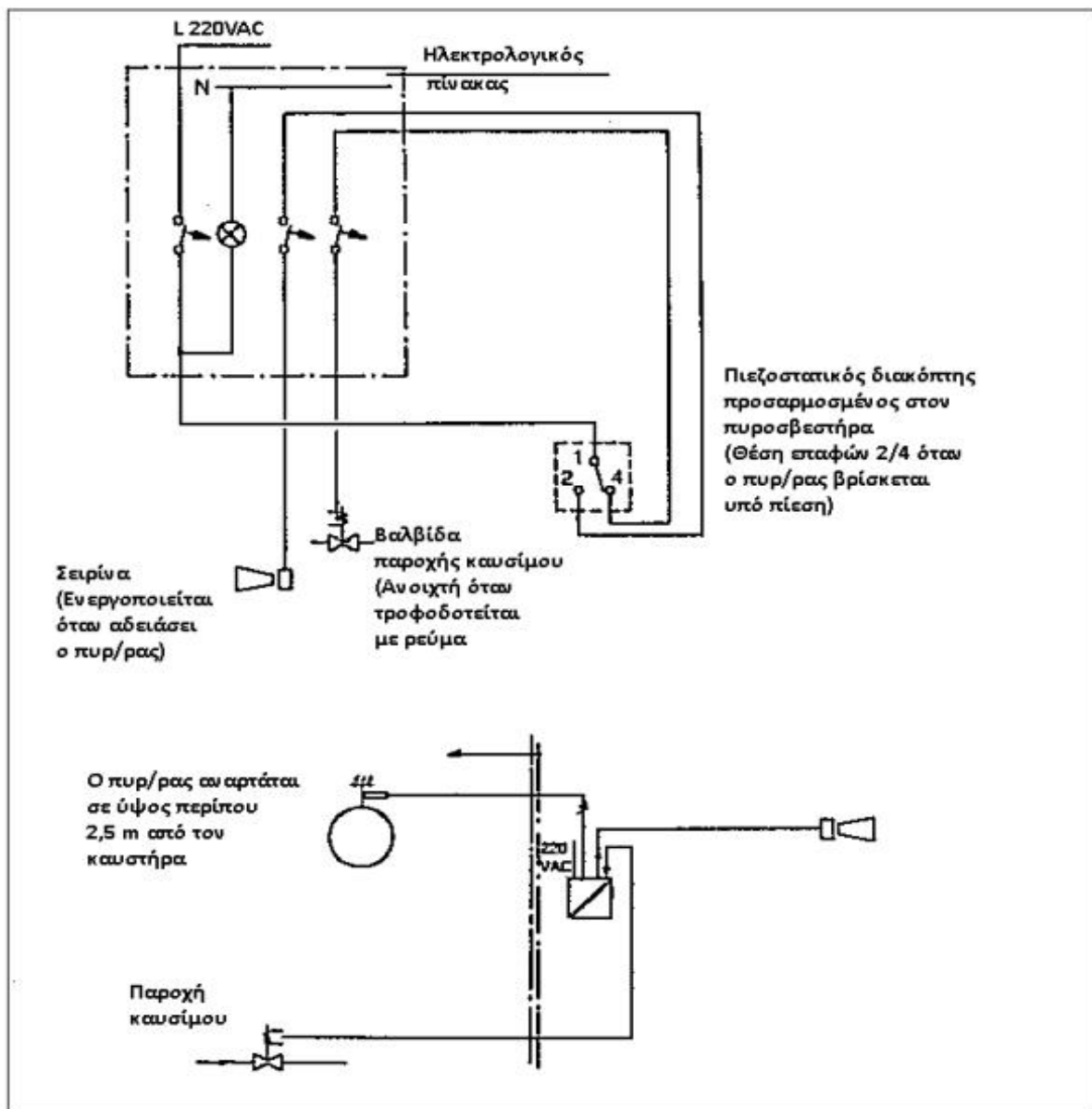
- **Σύστημα μηχανικού αφρού**

Στο σύστημα αυτό το διάλυμα του νερού με 3 ÷ 6 % περίπου αφροποιητικό υγρό, διοχετεύεται στην αφρογεννήτρια, όπου αναμειγνύεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα και διογκώνεται. Οι αφρογεννήτριες μεσαίου μεγέθους παράγουν αφρό 140 ÷ 200 m<sup>3</sup>/min σε παροχή νερού 200 lt/min και πίεση 5 ÷ 8 bar, ενώ από ένα λίτρο διαλύματος μπορούμε να λάβουμε μέχρι και χίλια λίτρα αφρού. Ο αφρός διασκορπίζεται τις περισσότερες φορές από ισχυρό ρεύμα αέρα, το οποίο συνήθως παράγεται από την αφρογεννήτρια.

Από λειτουργική άποψη, το σύστημα αυτό παρουσιάζει την ίδια απλότητα με το αντίστοιχο της ξηρής σκόνης, ενώ παράλληλα ο μηχανικός αφρός δεν είναι διαβρωτικός για διάφορα μηχανήματα του λεβητοστασίου.

- **Σύστημα διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>**

Το CO<sub>2</sub> αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες υψηλής πίεσεως που τοποθετούνται έξω από το λεβητοστάσιο, και με τη βοήθεια ενός δικτύου σωληνώσεων και ακροφυσίων διασκορπίζεται στο προστατευόμενο χώρο.



Σχήμα 2.3: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

- **Σύστημα Hallon 1301**

Το Hallon 1301 αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες, που συνδέονται σε κοινό συλλέκτη, από τον οποίο αρχίζει το δίκτυο των σωληνώσεων με τα ακροφύσια (όπως το CO<sub>2</sub>), ή σε μονάδες, με χωρητικότητα μέχρι 50 kg υπό πίεση αζώτου, με ενσωματωμένο ακροφύσιο και ηλεκτροβάννα.

Το Hallon, όπως και το CO<sub>2</sub>, δεν αφήνει κανένα υπόλειμμα μετά την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Έχει όμως το μειονέκτημα να είναι εισαγόμενο προϊόν και κατά συνέπεια ακριβότερο από το CO<sub>2</sub>.

- **Σύγκριση συστημάτων**

Εκτός από το σύστημα της ξηρής σκόνης που παρουσιάζει αισθητά μικρότερο κόστος εγκαταστάσεως, το κόστος των άλλων τριών συστημάτων εξαρτάται από τοπικές συνθήκες και το μέγεθος της εγκαταστάσεως. Αντίθετα, για το κόστος της αναγομώσεως μπορούμε να πούμε ότι αυξάνεται με την εξής σειρά: Ξηρή σκόνη – Μηχανικός αφρός – CO<sub>2</sub> – Hallon 1301.

Ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός συνιστά την τήρηση των πυροσβεστικών διατάξεων και προτείνει την τοποθέτηση σε κάθε λεβητοστάσιο δύο πυροσβεστήρων 6 kg (ενός ξηρής σκόνης και ενός CO<sub>2</sub>).

Διευκρινίζεται ότι ανάλογες προδιαγραφές πυροπροστασίας (περισσότερο αυστηρές και λειτουργικές), ισχύουν για τις δεξαμενές καυσίμου (μέσα ή έξω από το λεβητοστάσιο).

Μια εξελιγμένη μορφή ενός αυτόνομου πυροσβεστήρα, φαίνεται στο σχήμα 2.3. με την ενεργοποίηση του πυροσβεστήρα δίδεται συγχρόνως ηχητικό σήμα και κλείνει αυτόματα η βαλβίδα παροχής καυσίμου.

Εάν μέσα στο λεβητοστάσιο δεν βρίσκονται συσσωρευμένα άλλα εύφλεκτα υλικά και η πιθανή έναρξη πυρκαγιάς εντοπίζεται μόνο στην περιοχή των καυσίμων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρά συστήματα αυτόματης πυροσβέσεως που προστατεύουν μόνον την περιοχή των καυστήρων.

Ένα τέτοιο τυπικό σύστημα αποτελείται από ανιχνευτές θερμότητας, τον πίνακα ελέγχου με εφεδρική τροφοδοσία, τη μονάδα πυροσβέσεως που περιέχει ξηρά σκόνη ή CO<sub>2</sub>, και τον σωλήνα διανομής με τα ακροφύσια, που διατάσσονται γύρω από την περιοχή του καυστήρα. Ως ανιχνευτές χρησιμοποιούνται συνήθως εκείνοι του τύπου εύτηκτου συνδέσμου, οι οποίοι δεν απαιτούν ηλεκτρική καλωδίωση, αλλά συνδέονται μεταξύ τους με λεπτό συρματόσχοινο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ **«ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΑ»**

### **3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Συνήθως με τον όρο 'καύση' περιγράφουμε τη χημική δράση κατά την οποία άνθρακας (C), υδρογόνο (H) και θείο (S) ενώνονται με το οξυγόνο (O), παράγοντας θερμική ενέργεια. Η ταχύτητα καύσεως εξαρτάται κυρίως από την επιφάνεια επαφής και τη θερμοκρασία καυσίμου και αέρα (από τον οποίο παραλαμβάνεται συνήθως το οξυγόνο).

Στη γενικότητα του όρου 'καύση' περιλαμβάνεται μια πολύ πλατειά τάξη φαινομένων των οποίων κοινό χαρακτηριστικό είναι η ταχεία οξείδωση μιας ουσίας, με εξώθερμη αντίδραση, δηλαδή με έκλυση ποσοτήτων θερμότητας.

Για να υπάρξει καύση είναι απαραίτητο η οξείδωση να είναι ταχεία, οπότε η θερμοκρασία των ουσιών που οξειδώνονται ανέρχεται γρήγορα, γιατί οι μηχανισμοί μεταδόσεως της θερμότητας (αγωγιμότητα, συναγωγή, ακτινοβολία) δεν προλαβαίνουν να απομακρύνουν την παραγόμενη θερμότητα.

Με ανάλογη ευρύτητα πρέπει να αντιμετωπίζεται η έννοια της λέξεως "**καύσιμο**", δοθέντος ότι πλήθος ουσιών, φυσικής ή τεχνητής προελεύσεως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα. Η βιομάζα π.χ. είναι το αρχαιότερο καύσιμο και το πλέον διαδεδομένο στον πλανήτη γη.

Ακόμη υπάρχει μια σχετικότητα στον όρο 'καύσιμο'. Ενώ π.χ. τα μέταλλα (πλην του μαγνησίου) δεν καίγονται, υπάρχουν αρκετά μέταλλα τα οποία, σε μορφή αιωρούμενης σκόνης, οξειδώνονται με ταχείς ρυθμούς, επομένως καίγονται.

Ειδικότερα για τις καύσεις στο χώρο του λεβητοστασίου, η ταχύτητα καύσεως εξαρτάται από τη μορφή, τις διαστάσεις και τη θερμοκρασία του θαλάμου καύσης, τη μορφή και το μέγεθος της καπνοδόχου, το είδος και την αναλογία καυσίμου - αέρα και τον τρόπο ανάμειξής τους.

Δηλαδή, η διαδικασία της καύσεως, συνδέεται άμεσα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καυσίμου, την επάρκεια οξυγόνου, τη μορφή και τα θερμικά χαρακτηριστικά του θαλάμου καύσης.

Κατά τη μελέτη του φαινομένου της καύσης, ουσιώδης παράμετρος είναι η ταχύτητα με την οποία εξελίσσεται η καύση. Όταν η οξείδωση του καυσίμου είναι ταχεία, παρατηρείται τοπική άνοδος της θερμοκρασίας, η οποία είναι απαραίτητη για την συντήρηση της καύσης και της οποίας την κύρια ποσότητα "αντλούμε", προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση των χώρων.

Η φυσική μορφή, η χημική σύσταση και η περιεκτικότητα σε καύσιμες ύλες, κάθε καυσίμου (στερεού, υγρού ή αερίου) επιδρά ουσιωδώς στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η καύση και τα αναγκαία ή κατάλληλα χαρακτηριστικά του χώρου καύσης. Γι' αυτό τον λόγο η καύση εξετάζεται χωριστά για τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια καύσιμα.

Κατά την καύση, απελευθερώνεται (εξώθερμες αντιδράσεις) χημική ενέργεια, μετατρέπόμενη σε θερμική και μερικές φορές, και σε ηλεκτρική ή σε μηχανική.

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ		
		Υδρογονάνθρακες	Υπόλοιπες ουσίες
ΑΕΡΙΑ	Κυρίως μία Ουσία	CH <sub>4</sub> , φυσικά αέρια C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , υγραέρια	Αεριογόνο (CO + N <sub>2</sub> )
	Μειγμάτα ουσιών		Ανθρακαέριο (H <sub>2</sub> + CH <sub>4</sub> ) Υδραέριο (CO + H <sub>2</sub> )
	Κυρίως μία Ουσία		Μεθανόλη, CH <sub>3</sub> OH
ΥΓΡΑ	Μειγμάτα ουσιών	Αργό πετρέλαιο Αποστάγματα, όπως π.χ. Βενζίνες, κηροζίνες κ.λπ.	
ΣΤΕΡΕΑ	Κυρίως μία Ουσία	Άνθρακες Ανθρακίτης Λιθάνθρακες Λιγνίτης κ.λπ.	Κωκ (κυρίως C)
	Μειγμάτα ουσιών		ξύλα και διάφορα στερεά απόβλητα κ.λπ.

**Πίνακας 3.1:** ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Από τη χημική σκοπιά διακρίνουμε τα καύσιμα απλών συστατικών (δηλαδή σχεδόν καθαρών ουσιών) και τα καύσιμα μειγμάτων. Ο διαχωρισμός αυτός είναι σημαντικός, γιατί ο μηχανισμός της καύσης των καθαρών ουσιών διαφέρει από τον μηχανισμό καύσης των μειγμάτων.

Για την τεχνολογία όμως της καύσεως, η πλέον βασική διάκριση των καυσίμων είναι σε στερεά, υγρά και αέρια. Η διάκριση αυτή επηρεάζει καθοριστικά τον τρόπο της ανάμιξης του καυσίμου με τον αέρα, χαρακτηρίζοντας έτσι μια σειρά από διαδικασίες και ενέργειες, όπως:

- Προσαγωγή και πιθανή (προσωρινή) αποθήκευση του καυσίμου στο λεβητοστάσιο ή κοντά σ' αυτό.
- Διαδικασία παροχής (σε συνεχή ροή) του καυσίμου στον ειδικό χώρο καύσης (φλογοθάλαμος του λέβητα), έναυση, απόδοση της παραγόμενης θερμότητας και απομάκρυνση των παραπροϊόντων (καπναέρια και ειδικά για στερεά καύσιμα της τέφρας).
- Εκλογή κατάλληλου εξοπλισμού.

Ιδιαίτερης σημασίας χαρακτηριστικό των καυσίμων είναι η θερμογόνο δύναμη (H), δηλαδή, η ποσότητα θερμικής ενέργειας την οποία αποδίδει η μονάδα ποσότητας (συνήθως 1 kg για τα στερεά καύσιμα, 1 lt για τα υγρά και 1 m<sup>3</sup> για τα αέρια), και μετριέται σε KJ/kg ή Kcal/Kg. Ειδικά για τα αέρια καύσιμα μετριέται και ανά μονάδα όγκου (kJ/m<sup>3</sup> ή Kcal/Kg).

Ενδεικτικές τιμές για τη θερμογόνο δύναμη των περισσότερο χρησιμοποιούμενων καυσίμων δίδονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΗΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ (%)						ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ	
	C	H	O + N	S	H <sub>2</sub>	Τέφρα	KJ/kg	Btu/lb
Ανθρακίτης	83-87	3,5-4,0	3,0-4,7	0,9	1-3	4-6	32.500-34.000	14.000-14.500
Ημιανθρακίτης	63-76	3,5-4,8	8-10	0,5-1,8	5-15	4-14	26.700-32.500	11.500-14.000
Παχύς γαιάν- θρακας	46-56	3,5-5,0	9-16	0,2-3,0	18-32	2-10	17.000-23.250	7.300-10.000
Λιγνίτης	37	7	13,5	0,5	37	5	16.300	7.000
Τύρφη	38-49	3,0-4,5	19-28	0,2-1,0	16-29	1-9	13.800-25.500	5.500-8.800
Κώκ	80-90	0,5-1,5	1,5-1,5	0,5-1,5	1-5	5-12	28.000-31.000	12.000-13.500
Ξυλάνθρακας	84	1	-	-	12	3	29.600	12.800
Ξύλο	35-45	3,5-5,0	34-42	-	7-22	0,3-3,0	14.400-17.400	6.200-7.500
Αέριο πόλεως	26	56	18	-	-	-	18.600	500
Φυσικό αέριο	75	25	-	-	-	-	37.200	1000
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	82	18	-	-	-	-	93.900	2520
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	83	17	-	-	-	-	130.000	3490
Πετρέλαιο	86,2	13,0	-	0,8	-	-	38.000	164.000
Αεριέλαιο	85,5	10,8	-	3,8	-	-	41.200	177.000

Πίνακας 3.2: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

### 3.2. ΚΑΥΣΙΜΑ

Η θερμική ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται στα συστήματα θέρμανσης παράγεται, στο συντριπτικό ποσοστό της, από οργανικής προέλευσης καύσιμα, στερεά, υγρά ή αέρια. Τα οργανικά καύσιμα κατά την καύση παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μονοξείδιο (CO), οξείδια του θείου (SO<sub>2</sub>), του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και αιθάλη ή τέφρα.

Όλα τα παραπροϊόντα της καύσης είναι ρύποι, των οποίων όμως οι επιπτώσεις στο περιβάλλον διαφέρουν σημαντικά. Το CO<sub>2</sub> π.χ. στο οποίο οφείλεται σε ποσοστό 60% το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι αναπόφευκτος ρύπος και ο μόνος τρόπος περιορισμού του είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου (εξοικονόμηση, ισχυρή θερμομόνωση, βοηθητική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας). Αντίθετα το CO είναι όχι μόνο ρύπος αλλά και "πιστοποιητικό" σπατάλης ενέργειας. Το SO<sub>2</sub>, το οποίο ευθύνεται για την εμφάνιση όξινης βροχής, είναι ρύπος που εξαρτάται μόνο από το καύσιμο, ενώ τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) είναι σοβαρές πηγές ανάπτυξης φωτοχημικού νέφους, που μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με κατάλληλη προσαρμογή των συνθηκών της καύσης.

Η αιθάλη και η τέφρα είναι ενοχλητικά κατάλοιπα, των οποίων η παρουσία και η ποσότητα εξαρτάται από το είδος του καυσίμου και τις συνθήκες της καύσης.

Είναι λοιπόν φανερό ότι η προσπάθεια οικονομικής και οικολογικής λειτουργίας μιας εγκατάστασης παραγωγής θερμότητας με καύση, προϋποθέτει πλήρη γνώση του είδους και της συμπεριφοράς του καυσίμου το οποίο θα χρησιμοποιηθεί.



### 3.2.1. Στερεά Καύσιμα

Τα στερεά καύσιμα είναι τελικά προϊόντα της ανάπτυξης των φυτών ή καλύτερα της βιομάζας, η οποία αποτελεί συσσώρευση στοιχείων του εδάφους και χημικής ενέργειας, με κύρια πηγή την ηλιακή ενέργεια. Η βιομάζα ανάλογα με τον βαθμό ενανθρακώσεως και την προέλευσή της περιέχει εκτός του άνθρακα και άλλα χημικά στοιχεία, όπως H, O, N, S, τέφρα και υγρασία.

Τα πλέον γνωστά και χρησιμοποιούμενα στερεά καύσιμα είναι ο λιγνίτης, ο φαιάνθρακας και ο λιθάνθρακας. Τα ορυκτά αυτά καύσιμα προέρχονται από φυσικό – χημική δράση εκατομμυρίων ετών σε εγκλωβισμένα σε σημαντικό βάθος αποθέματα βιομάζας. Σε μικρές εγκαταστάσεις μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν περισσότερο "φτωχά" καύσιμα όπως ξύλα, ξυλοκάρβουνα, τύρφη και ξυλώδη απορρίμματα της βιομηχανίας. Ο ανθρακίτης είναι αρκετά σπάνιο ορυκτό στερεό καύσιμο υψηλής απόδοσης.

Ιδιαίτερης σημασίας χαρακτηριστικό των καυσίμων, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι η 'θερμογόνο δύναμη', H (kJ/kg). Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά των στερεών καυσίμων είναι η υγρασία που περιέχουν, η περιεκτικότητά τους σε C, H, O, N, S, και τέφρα τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΙΔΟΣ	ΥΓΡΑΕΡΙΟ	H (kJ/kg)	ΠΤΗΤΙΚΑ	C %	H %	O %	N %	S %
Ξύλα	12-35	4,3	>70	50	6	43	--	--
Τύρφη	20-35	4,2	70	59	6	34	1,6	0,4
Λιγνίτης	12-35	1,5-2	55					1,3
Φαιάνθρ.	42-54	2,4	58	68,5	5	25	1,0	0,5
Λιθάνθρ.	3-5	8,8	16-35	90	4,4	3,0	1,4	1,0
Ανθρακίτ.	1-3	9,0	10	90,5	4,0	3,1	1,3	1,1

Πίνακας 3.3: ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

### 3.2.2. Υγρά Καύσιμα

Τα υγρά καύσιμα είναι βαριά κλάσματα απόσταξης του αργού πετρελαίου, το οποίο αντλείται από τις πετρελαιοπηγές. Όπως και τα στερεά ορυκτά καύσιμα, προέρχονται από τη φυσικό – χημική επίδραση εκατομμυρίων ετών σε αποθέματα βιομάζας.

Το πετρέλαιο είναι μείγμα υδρογονανθράκων και άλλων οργανικών ενώσεων. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί περιλαμβάνουν συνήθως μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), αιθάνιο (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), προπάνιο (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) κ.λπ. στα διυλιστήρια γίνεται κλασματική απόσταξη και λαμβάνονται διαδοχικά κλάσματα πετρελαίου όπως π.χ. το υγραέριο (μείγμα κυρίως προπανίου και βουτανίου), ελαφρά και βαριά βενζίνη, diesel ή πετρέλαιο θέρμανσης, μαζούτ, λιπαντικά έλαια, παραφίνες κ.α.

Κατά την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου, τα διάφορα αποστάγματα διαχωρίζονται με βάση τη διαφορετική θερμοκρασία βρασμού (ή ζέσεως ή ατμοποίησης).

Ανάλογα με την προέλευση του το αργό πετρέλαιο περιέχει περισσότερο ή λιγότερο Θείο (S). Το S αυτό μπορεί κατά τη διύλιση ν' απομακρυνθεί, αλλά μόνο στις μονάδες διάσπασης υδρογονανθράκων (Hydro cracking), όπου με τη βοήθεια ειδικού καταλύτη και υδρογόνου, σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση, το S μετατρέπεται σε H<sub>2</sub>S, απομακρύνεται και οξειδώνεται με O<sub>2</sub> για να δώσει καθαρό S.

Εάν το S παραμείνει στα κλάσματα πετρελαίου π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο θέρμανσης, μαζούτ, κ.λπ., τότε κατά την καύση μετατρέπεται σε SO<sub>2</sub> και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα, γιατί με τη βροχή δημιουργείται θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) με επακόλουθο τη λεγόμενη "όξινη βροχή".

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πετρελαίων που ενδιαφέρουν την τεχνολογία της καύσης, είναι:

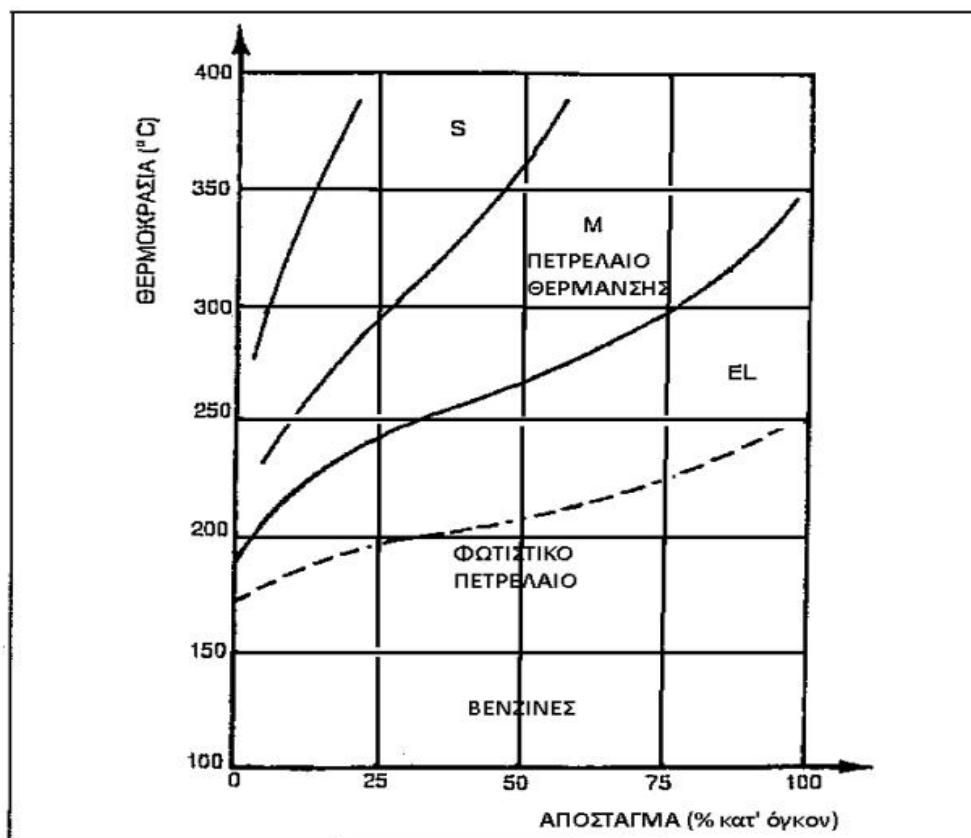
- Η **πυκνότητα ρ** (σε g/cm<sup>3</sup>), η οποία στους 15 °C είναι περίπου 0,98 g/cm<sup>3</sup>, στους 50 °C είναι 0,96 g/cm<sup>3</sup> και στους 100 °C είναι 0,93 g/cm<sup>3</sup> (περίπου).
- Το **σημείο ανάφλεξης**, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία οι ατμοί αναφλέγονται, αν γίνει προσέγγιση εξωτερικής φλόγας, χωρίς όμως να ανάβει η μάζα του πετρελαίου. Το σημείο ανάφλεξης είναι χαρακτηριστικός δείκτης για τον κίνδυνο πυρκαγιάς, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία καύσης (30 - 40 °C μεγαλύτερη όπου αναφλέγεται και η μάζα του πετρελαίου), δίνει μέτρο σύγκρισης για το πόσο ευανάφλεκτο είναι ένα είδος πετρελαίου.
- Η **συνεκτικότητα**, η οποία χαρακτηρίζει τη ρευστότητα και ενδιαφέρει άμεσα για την άντληση και τον υπολογισμό των δικτύων πετρελαίου, όπως και (κυρίως) τον σωστό διασκορπισμό του πετρελαίου στον θάλαμο καύσης (εστία) του λέβητα. Η δυναμική συνεκτικότητα  $\eta$  και η κινηματική συνεκτικότητα  $\nu$  συνδέονται με τη σχέση  $\nu = \eta/\rho$ .

Για τη δυναμική συνεκτικότητα  $\eta$ , στο S.I. χρησιμοποιείται η μονάδα Poise (= 10<sup>-1</sup> kg/m s) και για την κινηματική συνεκτικότητα  $\nu$  το Stokes (= 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s).

Περισσότερο γνωστή όμως είναι η μονάδα Engler (E), που είναι ο λόγος του χρόνου εκροής 200 cm<sup>3</sup> πετρελαίου δεδομένης θερμοκρασίας, προς τον αντίστοιχο χρόνο εκροής 200 cm<sup>3</sup> αποσταγμένου νερού θερμοκρασίας 20 °C.

- Το **σημείο πήξεως**, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία σταματά η ροή, πράγμα που ενδιαφέρει ιδιαίτερα την άντληση πετρελαίου.
- Δείκτης ή δοκιμή **Conrad son**, ο οποίος υποδηλώνει την τάση δεδομένης ποιότητας πετρελαίου για σχηματισμό κοκ (3 - 12%).
- Αδιάλυτες προσμείξεις και υλικά, τα οποία όταν υπάρχουν, μπορούν εύκολα να βουλώσουν τα φίλτρα ή τα μπεκ των καυστήρων.
- Η περιεκτικότητα σε **τέφρα**, η οποία στα πετρέλαια είναι μικρή (τάξεως 0,05 έως 0,075 %), αλλά αρκετή για να δημιουργήσει μαζί με την αιθάλη και το ιπτάμενο κοκ σοβαρά προβλήματα επικαθήσεων.

- Το **ειδικό βάρος**, το οποίο συνήθως δίδεται σε kg/lt και είναι ενδεικτικό του μεγέθους των μορίων (σε ευθεία αναλογία).
- Η **ειδική θερμότητα**  $C_p$  (σε kcal/kg K) των υγρών καυσίμων, είναι δείκτης της μεταβολής της πυκνότητας του πετρελαίου, για τις συνήθεις θερμοκρασίες της πράξεως, κυμαίνεται από 0,4 μέχρι 0,5 kcal/kg K, με μεγαλύτερες τιμές για τα ελαφρά προϊόντα.
- Η **θερμότητα ατμοποίησης**  $r$  (σε kcal/kg)
- Ο συντελεστής **θερμικής αγωγιμότητας**, ο οποίος για θερμοκρασίες μεταξύ 0 και 100 °C κυμαίνεται από  $\lambda = 0,12$  έως 0,135 kcal/m h K.



Σχήμα 3.1: ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΒΡΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

### 3.2.3. Αέρια Καύσιμα

Τα αέρια καύσιμα είναι πολύ διαδεδομένα στις τεχνολογικά προηγμένες και σε αρκετές αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου, όπου υπάρχουν εθνικά και διεθνή δίκτυα διανομής. Σε κάθε πόλη, το αέριο καύσιμο θεωρείται απαραίτητο στοιχείο εξυπηρετικών εγκαταστάσεων των κτιρίων όπως π.χ. το νερό και το ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα αέρια καύσιμα μπορεί να προέρχονται από:

1. Την παραγωγή του μεταλλουργικού κοκ (περιορισμένη πηγή).
2. Εξαίωση του C από κάρβουνο ή πετρέλαιο (π.χ. μαζούτ, βενζίνη, κ.λπ.)
3. Φυσικά αέρια από γεωτρήσεις.
4. Υγραέρια από διύλιση αργού πετρελαίου.

Τα αέρια καύσιμα επομένως είναι ένα μείγμα από αέρια συστατικά που καίγονται (π.χ. CO, H<sub>2</sub>), υδρογονάνθρακες και αδρανή, όπως CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> κ.λπ.

Ανάλογα με την προέλευσή τους ή την παραγωγή τους, έχουν και διαφορετικές ιδιότητες. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- Η θερμογόνος δύναμη
- Η σχετική πυκνότητα ως προς τον αέρα

Τα αέρια καύσιμα είναι τυποποιημένα (κατά DIN) σε 3 μεγάλες κατηγορίες:

- **Αέρια πόλεως και αέρια διανομής σε μεγάλες αποστάσεις.** Αέρια τύπου **S**.

Πρόκειται για αέρια που προκύπτουν κατά την εξαερίωση, κυρίως από υγρούς (π.χ. βαριά βενζίνη) ή αέριους υδρογονάνθρακες (υγραέρια κ.λπ.). Τα αέρια αυτά περιέχουν μεγάλα ποσοστά υδρογόνου και είναι ελαφρότερα από τον αέρα. Έχουν θερμογόνο δύναμη **14.000 – 15.000 kJ/m<sup>3</sup>** και διανέμονται υπό πίεση **750 - 1000 Pa**.

Τα αέρια διανομής σε μεγάλες αποστάσεις είναι όμοια με τα αέρια πόλεως, έχουν όμως κάπως μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη **17.000 – 18.000 kJ/m<sup>3</sup>**. Η διανομή σε εθνικά δίκτυα γίνεται σε πίεση **750 -1.500 Pa**.

- **Φυσικά αέρια, γεαέρια.** Αέρια τύπου **N**.

Τα αέρια αυτά αποτελούνται κυρίως από CH<sub>4</sub> (Μεθάνιο) και περιέχουν ανάλογα με την προέλευσή τους CO<sub>2</sub> (Διοξείδιο του άνθρακα) ή N<sub>2</sub> (Αζωτο). Επειδή προέρχονται από τις ίδιες πηγές όπως και το αργό πετρέλαιο, περιέχουν πολλές φορές S, το οποίο όμως απομακρύνεται σε κατάλληλες μονάδες αποθιώσεως.

Η θερμογόνος δύναμη των φυσικών αερίων είναι **32.000 – 37.000 kJ/m<sup>3</sup>**. Η πίεση διανομής τους είναι 1.800 – 2.500 Pa.

- **Υγραέρια.** Αέρια τύπου **F**.

Είναι προϊόντα της διύλισης του πετρελαίου και αποτελούνται κατά 95% από προπάνιο ή βουτάνιο (ή μείγμα αυτών των δύο).

Τα αέρια αυτά υγροποιούνται (ή βράζουν) στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος όταν βρίσκονται κάτω από πίεση. Π.χ. το υγραέριο που παράγεται από την ΕΚΟ, στους 50 °C έχει πίεση 7 - 8 bar. Είναι βαρύτερα από τον αέρα, όταν έχουμε διαφυγές από τις φιάλες όπου αποθηκεύονται, σε υγρή κατάσταση, το αέριο συγκεντρώνεται κατά προτίμηση στα κατώτερα στρώματα και αναμειγνύεται με τον αέρα. Σε αναλογία που αντιστοιχεί περίπου στη στοιχειομετρία, το μείγμα αυτό είναι εκρηκτικό μείγμα. Ένας τυχόν σπινθήρας προκαλεί έκρηξη με τις γνωστές συνέπειες.

Η πίεση διανομής σε τοπικά δίκτυα είναι περίπου **5.000 Pa** και η θερμογόνος δύναμη 88.000 – 120.000 kJ/m<sup>3</sup>.

Τα υγραέρια δεν περιέχουν S, επομένως δεν συμβάλουν στη δημιουργία της όξινης βροχής.

Οι περισσότερες ενδιαφέρουσες ιδιότητες των αερίων καυσίμων είναι:

**α. Η πυκνότητα**, η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον υπολογισμό των διαστάσεων των αγωγών ροής και των δοχείων αποθήκευσης.

Ιδιαίτερα στα αέρια καύσιμα ενδιαφέρει, όχι μόνο η απόλυτη τιμή της πυκνότητας (σε kg/m<sup>3</sup>), αλλά και η σχετική πυκνότητα ως προς τον ξηρό αέρα:

$$d_r = \rho_{\text{αερίου}} / \rho_{\text{αέρα}}$$

Η σχετική πυκνότητα πρέπει να είναι γνωστή για τον προσδιορισμό του αριθμού Wobbe, μιας χαρακτηριστικής που χρησιμοποιείται στον καθορισμό της ισχύος των **καυστήρων αερίου**.

Ο αριθμός ή δείκτης Wobbe υπολογίζεται από τη σχέση:

$$W_o = \frac{H_o}{\sqrt{d_r}}$$

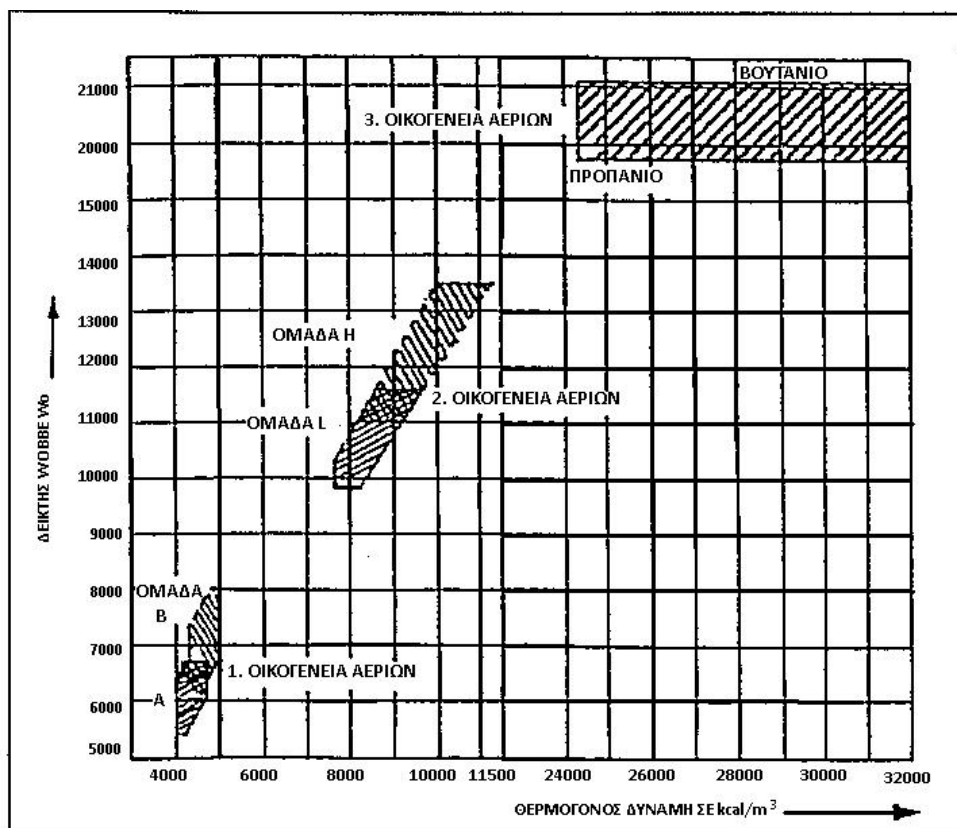
$$\text{ή } W_u = \frac{H_u}{\sqrt{d_r}}$$

όπου:

$H_o$  : είναι η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (όταν ο υδρατμός των καυσαερίων έχει υγροποιηθεί), και

$H_u$  : είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (όταν ο υδρατμός των καυσαερίων δεν έχει υγροποιηθεί).

Ο δείκτης Wobbe είναι χαρακτηριστική τιμή για την εναλλαξιμότητα των αερίων καυσίμων. Αέρια με τον ίδιο δείκτη Wobbe και ίδια καταστατικά μεγέθη (πίεση και θερμοκρασία), δίδουν μέσα σε μια οικογένεια αερίων, για τα ίδια ακροφύσια, την ίδια θερμική φόρτιση του καυστήρα.



Σχήμα 3.2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΙΘΜΩΝ WOBBE, ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Τα αέρια καύσιμα διακρίνονται σε τέσσερις οικογένειες:

- Η πρώτη οικογένεια περιλαμβάνει τα αέρια πόλεως.
- Η δεύτερη οικογένεια περιλαμβάνει τα φυσικά αέρια.
- Η τρίτη οικογένεια περιλαμβάνει τα υγραέρια.
- Η τέταρτη οικογένεια περιλαμβάνει μείγματα φυσικών αερίων ή υγραερίων με αέρα.

Χαρακτηριστικά		Ομάδα Α		
		kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe		6,4-7,8	23,0-28,1	5.504-6.708
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	Διακύμανση	4,5-5,5	16,6-19,8	3.956-4.730
	Ονομ. τιμή	4,9	17,6	4.214
Σχετική πυκνότητα		0,40-0,60		
Τύπος αερίου		Αέριο πόλεως κ.α.		

Χαρακτηριστικά		Ομάδα Β		
		kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe		7,8-9,3	28,1-33,5	6.708-7.998
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	Διακύμανση	5,5-5,9	18,0-21,2	4.300-5.074
	Ονομ. τιμή	5,5	19,8	4.730
Σχετική πυκνότητα		0,32-0,55		
Τύπος αερίου		Αέριο κωκερίας, τηλαέριο		

Πίνακες 3.4 & 3.5: 1<sup>η</sup> ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Χαρακτηριστικά		Ομάδα L		
		kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe	Διακύμανση	10,5-13,0	37,8-46,8	9.030-11.180
	Ονομ. Τιμή	12,4	44,6	10.664
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη		8,4-13,1 kWh/m <sup>3</sup> 30.0-47.2 MJ/m <sup>3</sup> 7.224-11.266 kcal/m <sup>3</sup>		
Σχετική πυκνότητα		0,55-0,70		
Τύπος αερίου		Φτωχά φυσικά αέρια & εναλλάξιμα		

Χαρακτηριστικά		Ομάδα Η		
		kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe	Διακύμανση	12,8-15,7	46,1-56,5	11.008-13.502
	Ονομ. Τιμή	15,0	54,0	12.900
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη		8,4-13,1 kWh/m <sup>3</sup> 30.0-47.2 MJ/m <sup>3</sup> 7.224-11.266 kcal/m <sup>3</sup>		
Σχετική πυκνότητα		0,55-0,70		
Τύπος αερίου		Πλούσια φυσικά αέρια & εναλλάξιμα		

Πίνακες 3.6 & 3.7: 2<sup>η</sup> ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Είδος αερίου	Σύμβολο	Κύρια συστατικά
Προπάνιο	$C_3H_8$	95% κατά μάζα ( $C_3H_8 + C_3H_6$ ) Κυρίως όμως $C_3H_8$
Βουτάνιο	$C_4H_{10}$	95% κατά μάζα ( $C_4H_{10} + C_4H_8$ ) Κυρίως όμως $C_4H_{10}$
Μείγμα	$C_3H_8 + C_4H_{10}$	60% κατά μάζα Υδρογονάνθρακες $C_4$ Κατά μέγιστον

**Πίνακας 3.8:** 3<sup>η</sup> ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Χαρακτηριστικά	Μείγμα υγραερίου – αέρα		
	kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe	6,8-7,0	24,5-25,2	5.848-6.020
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	7,5	27,0	6.450
Σχετική πυκνότητα	1,15-1,22		

Χαρακτηριστικά	Μείγμα φυσικού αερίου – αέρα		
	kWh/m <sup>3</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	kcal/m <sup>3</sup>
Δείκτης Wobbe	7,0	25,2	6.020
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	6,0-6,4	21,6-23,0	5.160-5.504
Σχετική πυκνότητα	1,15-1,22		

**Πίνακες 3.9 & 3.10:** 4<sup>η</sup> ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Από τα ανωτέρω αέρια, το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στην δεύτερη ομάδα η οποία περιλαμβάνει τα φυσικά αέρια.

Η δεύτερη οικογένεια περιλαμβάνει δύο ομάδες, την ομάδα H και την ομάδα L. Από τις δύο αυτές ομάδες μας ενδιαφέρει η ομάδα H, στην οποία αντιστοιχεί το ρωσικό φυσικό αέριο.

**β. Η θερμοκρασία φλόγας**, η οποία εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του καυσίμου, τη θερμογόνο δύναμή του, την περίσσεια αέρα που χρησιμοποιείται στην καύση και την προθέρμανση του αέρα καύσεως.

Συνήθως η αναμενόμενη θερμοκρασία φλόγας είναι:

- Αέριο πόλεως και καύση με φυσική κυκλοφορία αέρα 1550 °C
- Αέριο πόλεως και καύση με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα 1800 °C
- Γεαέριο και καύση με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα 1900 °C

#### **γ. Θερμοκρασία ανάφλεξης**

Η θερμοκρασία ανάφλεξης (ή έναρξης της καύσης ή έναυσης), είναι η θερμοκρασία κατά την οποία η προσέγγιση εξωτερικής φλόγας οδηγεί σε πλήρη ανάφλεξη, στην οποία το μέτωπο φλόγας εξαρτάται από την παροχή οξυγόνου (αέρα).

#### **δ. Όρια ανάφλεξης**

Είναι τα όρια τα οποία καθορίζουν μια περιοχή, όπου είναι δυνατό να γίνει ανάφλεξη ή έκρηξη σ' ένα μείγμα ατμών (ή αερίων) καυσίμου (ή καυσίμων) με αέρα. Τα όρια αυτά δίδονται σε ποσοστά % κατ' όγκο των ατμών (ή αερίου) καυσίμου στον αέρα.

Όσο πιο χαμηλά βρίσκονται τα όρια ανάφλεξης, τόσο πιο εύκολα μπορεί το μείγμα ατμών (αερίων) - αέρα να αναφλεγεί ή να εκραγεί. Επίσης, όσο πιο μεγάλη είναι η ευρύτητα των ορίων ανάφλεξης, τόσο πιο εύκολα μπορεί να επέλθει ανάφλεξη ή έκρηξη.

Η ανάφλεξη ή έκρηξη προϋποθέτει (σε συνήθεις συνθήκες) εξωτερική φλόγα, σπινθήρα ή υπερθέρμανση.

ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΟ	ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ (% ΚΑΤΑ ΟΓΚΟ)	ΑΝΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ (% ΚΑΤΑ ΟΓΚΟ)
Αιθάνιο	3,0	12,5
Αιθυλένιο	2,75	28,6
Υδρογόνο	4,0	75,0
Μεθάνιο	5,0	15,0
Αέριο πόλεως	6,0	35,0
Ακετυλένιο	2,5	81,0
Μονοξείδιο του άνθρακα	12,5	74,2
Προπάνιο	2,1	10,1
Βουτάνιο	1,86	8,41
Προπυλένιο	2,0	11,1
Βουτυλένιο	1,98	9,65
Υδρόθειο	4,3	45,5
Φορμαλδεΐδη	7,0	73,0

**Πίνακας 3.11:** ΟΡΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΜΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΑΕΡΑ



### 3.2.4. Φυσικό Αέριο

Το **Φυσικό Αέριο** αποτελεί μίγμα αερίων **υδρογονανθράκων**, το οποίο εξάγεται από τις υπόγειες κοιλότητες υπό υψηλή πίεση και μεταφέρεται προς τους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όπως είναι, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας. Είναι κατ' εξοχήν οικολογική ενέργεια, αφού δεν περιέχει ενώσεις θείου, που συγκαταλέγονται στις κύριες αιτίες περιβαλλοντικής ρύπανσης Η **καύση** του παράγει ουσιαστικά μόνο υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα, συνιστώντας, επομένως, την πλέον καθαρή και λιγότερο ρυπογόνο πρωτογενή πηγή ενέργειας που υπάρχει σήμερα. Είναι άχρωμο και άοσμο: η χαρακτηριστική οσμή του προσδίδεται στο στάδιο της διανομής, προκειμένου να γίνεται αντιληπτή η παρουσία του.

#### 3.2.4.1. Σχηματισμός Φυσικού Αερίου

Εκατομμύρια χρόνια πριν, κατά τη διάρκεια γεωλογικών καθιζήσεων, τεράστιες ποσότητες οργανικής ύλης βυθίστηκαν μέσα στη γη, συμβάλλοντας στο σχηματισμό πετρωμάτων. Συν τω χρόνο, οι υψηλές θερμοκρασίες και οι υψηλές πιέσεις που αναπτύχθηκαν από τις καθιζάνουσες μάζες γης, πυροδότησαν μια σειρά χημικών διεργασιών που είχαν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε υδρογονάνθρακες, οι οποίοι, αναρροφούμενοι από πορώδη πετρώματα, δημιούργησαν τα κοιτάσματα. Με μια διαδικασία που διήρκεσε εκατομμύρια έτη, το αέριο τμήμα των **υδρογονανθράκων**, διαχωριζόμενο από το βαρύτερο υγρό τμήμα (πετρέλαιο), τείνει να ανέρχεται προς την επιφάνεια της γης. Κατά την ανοδική του πορεία το φυσικό αέριο παγιδεύτηκε μέσα σε ειδικές δομές του υπεδάφους, σχηματίζοντας έτσι τις κοιλότητες Αερίου. Μια απαραίτητη προϋπόθεση για τη συσσώρευση του φυσικού αερίου είναι η παρουσία πορωδών πετρωμάτων, τα οποία να καλύπτονται από μη διαπερατά πετρώματα, δηλαδή πετρώματα με δομή που εμποδίζει τη διέλευση. Αυτή η γεωλογική διάταξη δεν παρατηρείται σε ολόκληρο τον γήινο φλοιό, παρά μόνο σε ορισμένες περιοχές και σε ορισμένα βάθη.

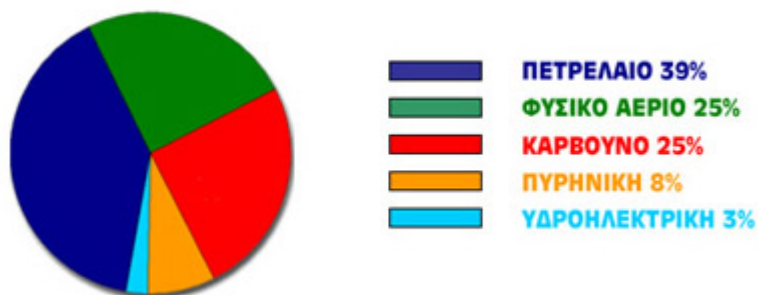
### 3.2.4.2. Τα παγκόσμια αποθέματα και η κατανάλωση

Το Φυσικό Αέριο σχηματίστηκε από τα θαμμένα αποθέματα φυτικών και θαλάσσιων ζωικών οργανισμών που έζησαν πριν από 200 και πλέον εκατομμύρια χρόνια. Κατά τη δημιουργία και την εναπόθεση της άμμου σε στρώματα, κάποιες φορές με πάχος χιλιάδων ποδών, δημιουργούνταν πίεση και ζέστη ώστε αυτά τα προϊόντα με την υψηλή ενεργειακή δύναμη αποσυντέθηκαν, αλλάξανε μορφή και μετασχηματίστηκαν σε υδρογονάνθρακες. Έτσι με την πάροδο του χρόνου συγκεντρώθηκαν στα στρώματα των υπογείων ιζηματογενών πετρωμάτων, με πορώδη κυρίως μορφή, που επέτρεπε την φυσική αποθήκευσή τους. Σήμερα, το φυσικό αέριο θεωρείται παγκοσμίως η πιο καθαρή μορφή ενέργειας λόγω της σύστασής του. Εν αντιθέσει το πετρέλαιο, το κάρβουνο και άλλα φυσικά καύσιμα, έχουν πολύπλοκη χημική σύσταση και κατά την καύση τους εκλύονται υψηλά ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα, ενώσεων θείου και αζώτου.

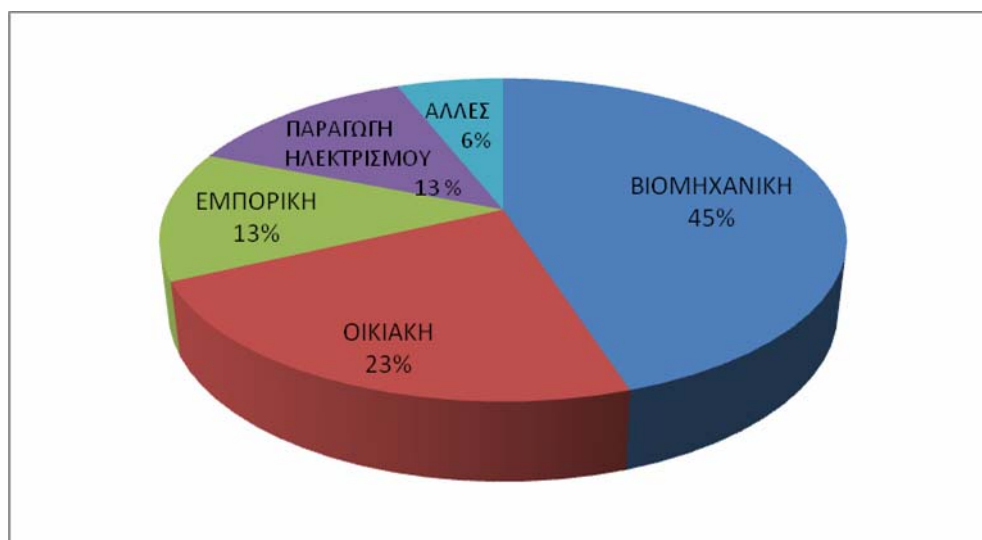
Τελευταία το φυσικό αέριο καλύπτει παγκοσμίως το ένα τέταρτο της κατανάλωσης ενέργειας από τον οικιακό, τριτογενή και βιομηχανικό τομέα. Στα επόμενα πενήντα χρόνια η κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί κατά 50 %. Σε αυτές τις προβλέψεις δεν θα πρέπει να ξεχνάμε και τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση του φυσικού αερίου σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας και συγκεκριμένα του πετρελαίου. Ένας από αυτούς, είναι η διαρκής αύξηση των τιμών του πετρελαίου λόγω των γενικότερων πολιτικοοικονομικών συνθηκών στην περιοχή εξόρυξής του. Η Ευρώπη ευνοείται περισσότερο από κάθε άλλη ήπειρο από την ύπαρξη του φυσικού αερίου: η γειτονικές περιοχές παραγωγής (Ρωσία, Αλγερία, Ολλανδία, Μέση Ανατολή και άλλες), καθώς και το πυκνό δίκτυο των διασυνδεόμενων αγωγών μεταφοράς εξασφαλίζουν παντού τη διαθεσιμότητά του.

Τα αποθέματα του φυσικού αερίου είναι εξίσου κατανομημένα παγκοσμίως με αυτά του πετρελαίου. Σύμφωνα με έρευνες τα αποθέματα φυσικού αερίου **κατά το τέλος του 2001 ανέρχονταν σε συνολικά 1669116 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα**, εκ των οποίων το **36,2%** βρίσκεται στην πρώην Σοβιετική Ένωση και το υπόλοιπο είναι κατανομημένο σε άλλες περιοχές του κόσμου. Αντίθετα το μεγαλύτερο ποσοστό των παγκοσμίων αποθεμάτων του πετρελαίου (**63,5%**) βρίσκεται στην Μέση Ανατολή.

Γενικά αποδεικνύεται ότι τα διαθέσιμα αποθέματα φυσικού αερίου κατά το 2001 επαρκούν για περισσότερα από εξήντα χρόνια με τους ρυθμούς παραγωγής του ίδιου έτους. Ενώ φαίνεται ότι κατά την εξαγωγή και την κατανάλωση τα αποθέματα λιγοστεύουν, οι τάσεις και η εμπειρία του παρελθόντος αποδεικνύουν ότι αυτά επανασυντίθενται εξίσου. Σε αυτό βεβαίως βοηθάει ιδιαίτερα η πρόοδος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την εύρεση και την εξαγωγή του φυσικού αερίου.



Στη δεκαετία του '60 η παγκόσμια διακίνηση φυσικού αερίου δεν ξεπερνούσε τα 29 δις κυβικά μέτρα ετησίως. Όμως, η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70 μετέβαλε άρδην το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο. Ο τομέας του φυσικού αερίου, που μέχρι τότε είχε αναπτυχθεί μόνο στις χώρες οι οποίες διέθεταν οι ίδιες αποθέματα, άρχισε στη συνέχεια να αναπτύσσεται παντού: με τους αγωγούς και τα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου δημιουργήθηκε ένα δίκτυο ικανό να μεταφέρει το φυσικό αέριο ακόμη και πολύ μακριά από τα σημεία εξαγωγής. Στις αρχές της δεκαετίας του '80 σημειώθηκαν συναλλαγές μεταξύ εξαγωγικών χωρών και χωρών αξιοποίησης του φυσικού αερίου ύψους 180 δις κυβικών μέτρων ετησίως. Το φυσικό αέριο αποτέλεσε κατά το διάστημα αυτό την ταχύτερα αναπτυσσόμενη πρωτογενή μορφή ενέργειας. Πράγματι, η παγκόσμια κατανάλωση το 1999 έφθασε τα 2.400 δις κυβικά μέτρα, καλύπτοντας το **23%** της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση χωρίζεται σε τέσσερις βασικούς τομείς. Ο οικιακός τομέας κατέχει το 23%, ο τριτογενής το 13% και ο βιομηχανικός το 45% ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό. Τέλος η παραγωγή ηλεκτρισμού κατέχει το **13%**.



Στην κατανάλωση φυσικού αερίου στις χώρες της Ευρώπης, ο οικιακός τομέας συμμετέχει με ποσοστό **35%**, ενώ ο τριτογενής με **5%**, η βιομηχανία με **40%** και η παραγωγή ηλεκτρισμού καταναλώνει **20%**. **Για τα επόμενα χρόνια, προβλέπεται σημαντική αύξηση αυτών των ποσοστών**, ιδιαίτερα στον ελλαδικό χώρο, όπου η εξάπλωση του φυσικού αερίου καθώς και η γνώση για μια τέτοια μορφή ενέργειας βρίσκεται ακόμα σε εμβρυϊκό στάδιο.

### 3.2.4.3. Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα

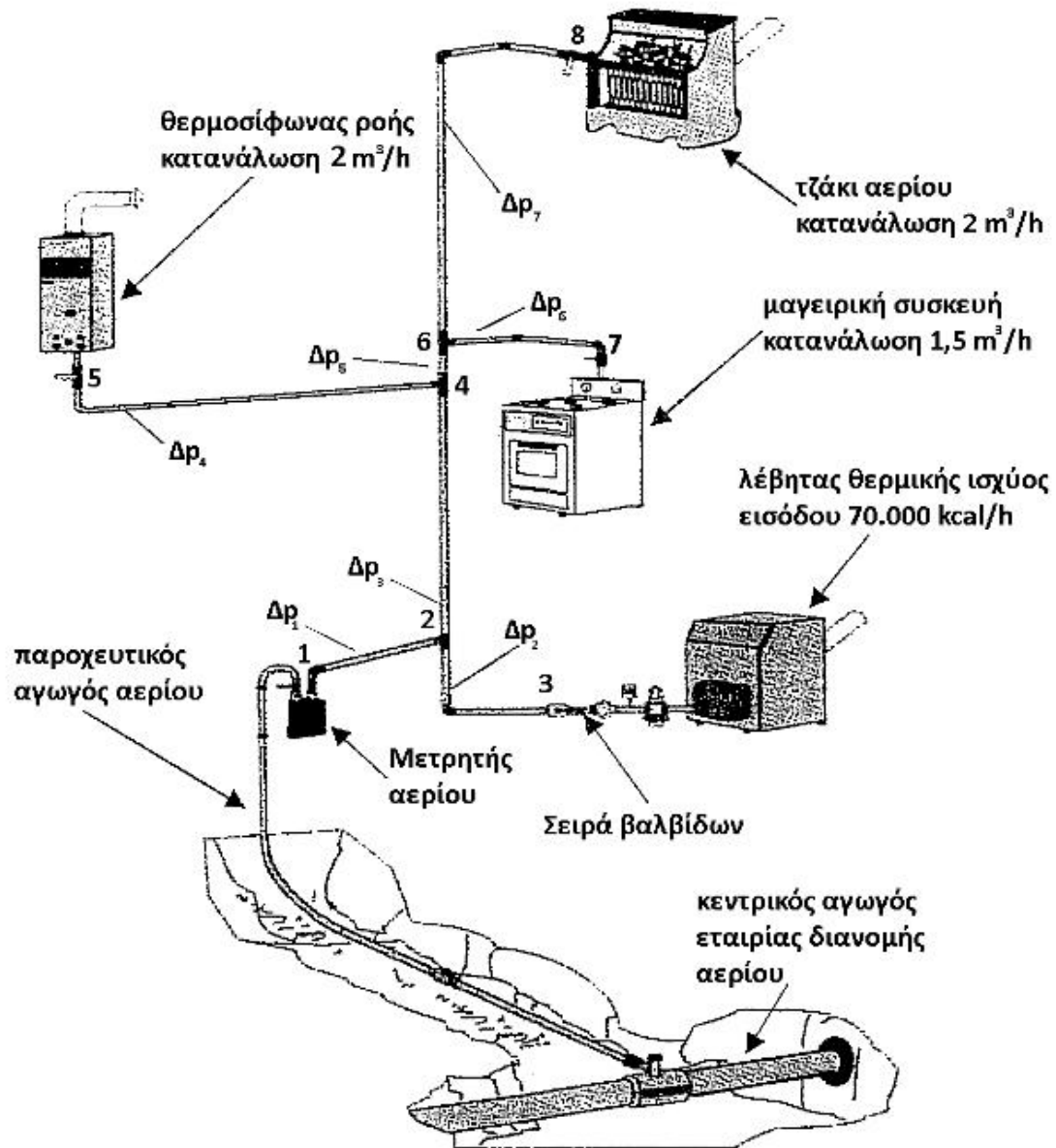
Η σύνθεση του φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα είναι 85 % Μεθάνιο και το υπόλοιπο 15 % Αιθάνιο, Βουτάνιο, Προπάνιο, Άζωτο και άλλα αέρια. Η ανωτέρα θερμογόνο δύναμή του ανέρχεται σε περίπου 9.500 kcal/m<sup>3</sup>. Η αγορά του φυσικού αερίου στην Ελλάδα παρουσιάζει έντονη τάση ανάπτυξης: σήμερα καλύπτει το 6% του εθνικού ενεργειακού ισοζυγίου με σημαντικές προοπτικές αύξησης. Η συνολική κατανάλωση ανήλθε σε 1,9 δισ. κυβικά μέτρα το έτος 2000, ενώ το έτος 2002 έφθασε τα 2 δισ. κυβικά μέτρα.

Το 74% περίπου του φυσικού αερίου που καταναλώνεται στην Ελλάδα προέρχεται από την Ρωσία. Το υπόλοιπο μεταφέρεται με πλοία από την Αλγερία σε υγροποιημένη μορφή (LNG) και εξαερώνεται εκ νέου σε ειδικές εγκαταστάσεις στη Ρεβουθούσα. Το σύστημα μεταφοράς απαρτίζεται από μια σειρά κύριων αγωγών υψηλής πίεσης (70 bar), που εκτείνονται από τα ελληνο-βουλγαρικά σύνορα μέχρι την Αττική, συνολικού μήκους 512 km και από διακλαδώσεις συνολικού μήκους 440 χλμ., με επίσης υψηλή πίεση, που μεταφέρουν το φυσικό αέριο στην Ανατολική Μακεδονία, τη Θράκη, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο και την Αττική.

Προ των πυλών της πόλης η πίεση μεταφοράς μειώνεται και αρχίζει το αστικό δίκτυο διανομής διαμέσου του οποίου το φυσικό αέριο μεταφέρεται στα νοικοκυριά, στους χώρους δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα και στις βιομηχανίες. Η ολοκλήρωση των αστικών δικτύων διανομής και η διάθεση του φυσικού αερίου για οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις, στις πρώτες τρεις εξυπηρετούμενες περιοχές, ανατέθηκε αποκλειστικά στις αντίστοιχες Εταιρίες Παροχής Αερίου (ΕΠΑ), την ΕΠΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ για το Νομό Θεσσαλονίκης, την ΕΠΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ για τη Θεσσαλία και την ΕΠΑ ΑΤΤΙΚΗΣ για το Νομό Αττικής, οι οποίες ανέλαβαν προσφάτως το υφιστάμενο δίκτυο της Δημόσιας Επιχείρησης Παροχής Αερίου (ΔΕΠΑ). Η ΔΕΠΑ έχει την ευθύνη της περαιτέρω ανάπτυξης του μεγάλου δικτύου μεταφοράς, προκειμένου να δώσει τη δυνατότητα και σε άλλες περιοχές να αξιοποιήσουν τα οφέλη αυτής της σύγχρονης πηγής ενέργειας.

Το φυσικό αέριο μπαίνει στα σπίτια μας με τρόπο πολύ διακριτικό: μέσω ενός σωλήνα σύνδεσης με τις οικιακές συσκευές. Στην Ελλάδα, η νομοθεσία προβλέπει ότι όλα τα νέα κτίρια - ήδη από κατασκευής τους - θα είναι πλέον προορισμένα ώστε να τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο. Η ευρεία γκάμα των συσκευών φυσικού αερίου παρέχει οπωσδήποτε τη δυνατότητα έγκυρων λύσεων στα πλέον ποικίλα προβλήματα εγκατάστασης. Ανάμεσα στις σύγχρονες συσκευές, ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πλευράς εξοικονόμησης παρουσιάζουν οι **"λέβητες συμπίκνωσης"**, λόγω των υψηλότερων αποδόσεών τους. Επιπλέον, οι λέβητες, οι θερμοσίφωνες και τα θερμαντικά σώματα **"κλειστής εστίας καύσης"**, χάρη στην ευελιξία της τοποθέτησής τους και στην ασφάλεια λειτουργίας τους, μπορούν να εγκατασταθούν ακόμη και σε κτίρια που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις για τη σύνδεση των παραδοσιακού τύπου συσκευών. Μια **λελογισμένη χρήση** του φυσικού αερίου, με τήρηση των κανόνων ασφαλείας, επιτρέπει την αξιοποίηση όλων των πλεονεκτημάτων του δίχως κίνδυνο για άτομα και πράγματα.

## Αξονομετρικό Διάγραμμα Δικτύου Φυσικού Αερίου σε πολυκατοικία



κλάδοι	σύνθεση	Επιτρεπόμενη πτώση
1-2	$\Delta\rho_1$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-3	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-4	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_3$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-4-5	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_3 + \Delta\rho_4$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-4-6	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_3 + \Delta\rho_5$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-4-6-7	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_3 + \Delta\rho_5 + \Delta\rho_6$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$
1-2-4-6-8	$\Delta\rho_1 + \Delta\rho_3 + \Delta\rho_5 + \Delta\rho_7$	$\leq 1,3 \text{ mbar}$



Σχήμα 3.3: ΔΙΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ Φ.Α. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

#### 3.2.4.4. Πλεονεκτήματα του Φ.Α.

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το φυσικό αέριο παρουσιάζει περιορισμένες ανάγκες συντήρησης, χάρη στα χαρακτηριστικά καύσης του, μια σωστή τακτική συντήρηση αρκεί για την εξασφάλιση της τέλει λειτουργίας των εγκαταστάσεων και μιας μεγαλύτερης διάρκειας ζωής των συσκευών χρήσης. Δεν απαιτεί δεξαμενή αποθήκευσης. Κατά την καύση του, δεν αφήνει ίχνη και υπολείμματα ούτε παράγει ενώσεις του θείου που συνιστούν μία από τις σημαντικότερες αιτίες ρύπανσης.

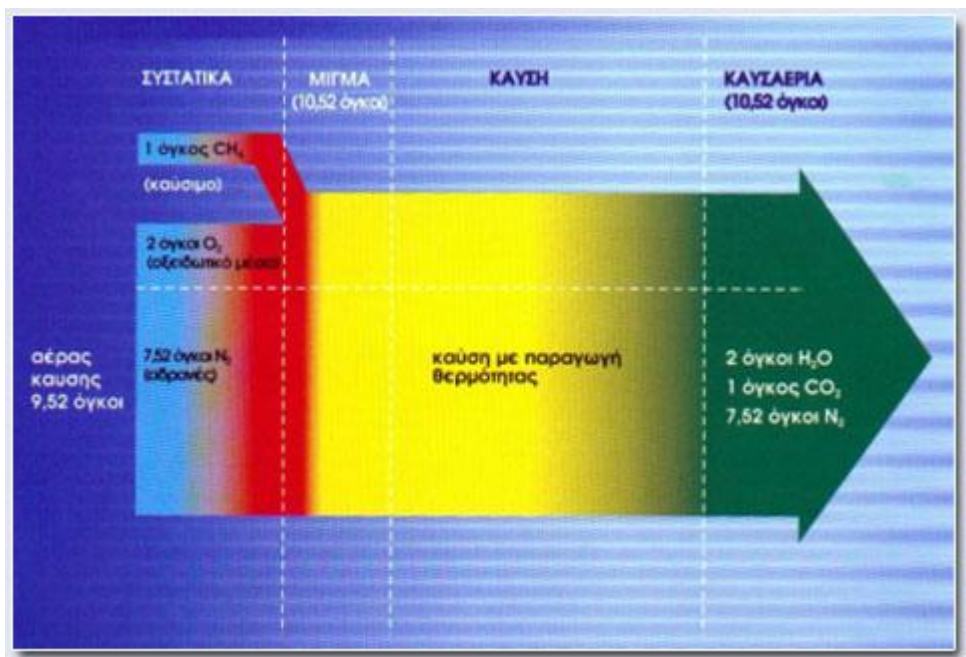
#### 3.2.4.5. Η καύση του Φ.Α.

Οι υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται κυρίως σαν καύσιμα. Η καύση αυτών των ουσιών στον αέρα ονομάζεται οξείδωση η οποία περιλαμβάνει την αντίδραση του οξυγόνου που βρίσκεται στη ατμόσφαιρα με το καύσιμο. Τα βασικά προϊόντα είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα. Η αντίδραση αυτή είναι εξώθερμη, δηλαδή παράγει στο περιβάλλον θερμότητα. Ο όρος τέλεια καύση σημαίνει ότι η αντίδραση λαμβάνει χώρα κάτω από συνθήκες περίσσειας αέρα όπου όλη η ποσότητα του άνθρακα μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο καίγεται με μια καθαρή μπλε φλόγα.

Α/Α	Συστατικό ή ιδιότητα	Ρωσικό Φ.Α.		Αλγερινό Φ.Α.		Τούρκικο Φ.Α.	
		min%	max%	min%	max%	min%	max%
1	Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	85,00	-	85,65	96,60	82,0	-
2	Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	-	7,00	3,2	8,50	-	12,0
3	Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	-	3,00	0	3,00	-	4,0
4	Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	-	2,00	0	0,70	-	2,5
5	Πεντάνιο (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	-	1,00	0	0,23	-	1,0
6	Διοξ. Του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	-	3,00	-	-	-	3,0
7	Άζωτο (N <sub>2</sub> )	-	5,00	0,2	1,40	-	5,5
8	O <sub>2</sub>	-	0,02	-	-	-	0,15
9	H <sub>2</sub> S	-	5mg/m <sup>3</sup>	-	0,83mg/m <sup>3</sup>	-	5,1mg/Scm
10	S μερκαπτανών	-	15mg/m <sup>3</sup>	-	2,3mg/m <sup>3</sup>	-	15,3mg/Scm
11	Ολικό Θείο	-	60mg/m <sup>3</sup>	-	30mg/m <sup>3</sup>	-	70mg/Scm
12	Α.Θ.Δ.	8.600 kcal/m <sup>3</sup>	9.200 kcal/m <sup>3</sup>	9.640 kcal/m <sup>3</sup>	10.650 kcal/m <sup>3</sup>	8.100 kcal/Scm	10.427 kcal/Scm
13	Δείκτης Wobbe	10.850	12.000	-	-	10.465 kcal/Scm	13.000 kcal/Scm
14	Σημείο δρόσου για υδρογονάνθρακες	-	0 °C	-	-	-	0 °C
15	Σημείο δρόσου Για νερό	-	-8 °C	-	-	-	0 °C

**Σημείωση:** Για το ρωσικό Φ.Α. το m<sup>3</sup> και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (Α.Θ.Δ.) ορίζονται στους 20 °C και η πίεση στα 1,01325 bar, για το αλγερινό Φ.Α. το m<sup>3</sup> και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη ορίζεται στους 0 °C και πίεση στα 1,01325 bar και για το τούρκικο Φ.Α. το m<sup>3</sup> και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη ορίζεται στους 15 °C και η πίεση στα 1,01325 bar.

**Πίνακας 3.12:** ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΡΩΣΙΚΟΥ, ΑΛΓΕΡΙΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥΡΚΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



**Σχήμα 3.4:** Η ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ Φ.Α.

### 3.2.4.6. Αερισμός των χώρων καύσης και αποβολή των προϊόντων της

Η κουζίνα είναι ασφαλώς ο χώρος της κατοικίας που συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο αριθμό συσκευών χρήσης: οι εστίες της κουζίνας, ο φούρνος, ο θερμαντήρας νερού και ορισμένες φορές ο λέβητας για την αυτόνομη θέρμανση. Στους χώρους όπου είναι τοποθετημένες συσκευές τροφοδοτούμενες με φυσικό αέριο, όπως ισχύει και για οποιοδήποτε άλλο καύσιμο, πρέπει να κυκλοφορεί ο αέρας που χρειάζεται για μια τέλεια καύση. Η καύση απαιτεί πράγματι την κατανάλωση οξυγόνου και, επομένως, αν η συσκευή βρίσκεται σε μη επαρκώς αεριζόμενο χώρο, προξενείτε μια προοδευτική μείωση του οξυγόνου που περιέχεται στον αέρα με συνακόλουθο κίνδυνο παραγωγής μονοξειδίου του άνθρακα (CO), άοσμου πλην τοξικού αερίου. Για τον λόγο αυτό η σύνδεση των συσκευών πρέπει να εκτελείται από επαγγελματίες αδειούχους τεχνικούς εγκατάστασης. Ο τεχνικός είναι υποχρεωμένος να τηρεί όλους τους κανονισμούς που διέπουν την κατασκευή μιας εγκατάστασης και τη σύνδεση των συσκευών, μεριμνώντας ιδιαίτερως για τον αερισμό των χώρων και την αποβολή των προϊόντων της καύσης.

Εκτός από τον αερισμό των χώρων, επιβάλλεται και η αποτελεσματική αποβολή των προϊόντων της καύσης, προκειμένου να εξασφαλισθεί μια κανονική και ασφαλής λειτουργία κάθε συσκευής φυσικού αερίου. Ο σωλήνας αποβολής των προϊόντων της καύσης (καπναγωγός) πρέπει να είναι συνδεδεμένος με καπνοδόχο αποτελεσματικής λειτουργίας (με σωστή έλξη) ή να εκβάλλει κατευθείαν στο εξωτερικό περιβάλλον μέσα από την ειδική απόληξη.

#### **ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

Οι σύγχρονες **συσκευές κλειστής εστίας καύσης** δεν απαιτούν εγκατάσταση σε χώρους που διαθέτουν επιφάνειες αερισμού. Η εισαγωγή του αέρα που χρειάζεται για την καύση και η αποβολή των προϊόντων της καύσης πραγματοποιούνται μέσω δύο ομόκεντρων αγωγών που συνδέουν τη συσκευή με το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, γεγονός που αποτελεί μεγάλη ευκολία.

### 3.2.4.7. Συσκευές κλειστής εστίας καύσης

Η τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο των συσκευών χρήσης φυσικού αερίου είναι αλματώδης. Οι κατασκευάστριες εταιρίες, εκμεταλλευόμενες δεκαετίες εμπειρίας, προωθούν στην αγορά συσκευές με ενδογενή ασφάλεια: πράγμα που σημαίνει πως αν παρουσιαστεί οποιαδήποτε ανωμαλία, είναι σε θέση να διακόπτουν την ροή του φυσικού αερίου σε περίπτωση τυχαίου σβησίματος της φλόγας.

Μια κατηγορία από αυτές, είναι οι λεγόμενες συσκευές "κλειστής εστίας καύσης" ή "ισορροπημένης ροής" οι οποίες είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία ανταλλαγή αέρα ή αερίου με το εσωτερικό περιβάλλον.

Αυτές οι συσκευές, στεγανές ως προς το περιβάλλον στο οποίο εγκαταστάθηκαν, συγκεντρώνουν τον απαραίτητο για την καύση αέρα και αποβάλλουν τα προϊόντα του μέσω δύο ομόκεντρων σωληνώσεων που συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό να εξασφαλίζουν την απόλυτη ασφάλεια.



### 3.2.4.8. Συντήρηση εγκατάστασης Φ.Α.

Είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται από επαγγελματίες αδειούχους τεχνικούς ορισμένες παρεμβάσεις συντήρησης των συσκευών που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο τουλάχιστον μια φορά τον χρόνο.

#### Ιδιαίτερως επιβάλλονται:

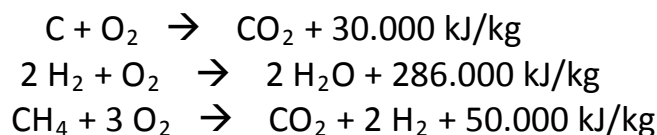
- Ο προσεκτικός καθαρισμός των καυστήρων και ενδεχομένως η ρύθμισή τους για την εξασφάλιση της καλής καύσης.
- Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας των συστημάτων/διατάξεων ασφαλείας, προκειμένου να αποκλεισθεί το ενδεχόμενο διαρροών αερίου σε περίπτωση που η φλόγα των εστιών σβήσει παρά τη θέλησή μας.
- Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας των επιφανειών αερισμού και των συστημάτων αποβολής των αερίων της καύσης.

Οι παρεμβάσεις αυτές πρέπει να ανατίθενται και να πραγματοποιούνται από έναν επαγγελματία αδειούχο τεχνικό εγκατάστασης: **μόνο** μια αποτελεσματική εγκατάσταση είναι μια ασφαλής εγκατάσταση.

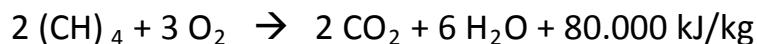
### 3.2.5. Καύσιμα και Προστασία Περιβάλλοντος

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η καύση είναι σοβαρή πηγή ρύπανσης για το περιβάλλον, με κύρια προβλήματα την απόδοση οξειδίων του θείου (SO<sub>2</sub>) και του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στην ατμόσφαιρα.

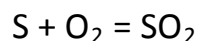
Οι καύσεις των ουσιών που περιέχονται στα καύσιμα είναι ισχυρά εξώθερμες χημικές αντιδράσεις:



Ενδεικτικά για υγρό καύσιμο:



Παράλληλα, αν το καύσιμο περιέχει και θείο, έχουμε και:



Επομένως, τα καυσαέρια στερεών ή υγρών καυσίμων περιέχουν CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και μικρές ποσότητες SO<sub>2</sub>. Περιέχουν όμως ακόμη σημαντικές ποσότητες αζώτου (N<sub>2</sub>), το οποίο συνοδεύει το οξυγόνο του αέρα που χρησιμοποιήθηκε στην καύση (για κάθε mol O<sub>2</sub> έχουμε και 3,76 mol N<sub>2</sub>).

Κατά τη διεργασία της καύσης παράγονται λοιπόν και μικρές ποσότητες NO<sub>x</sub>, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από το καύσιμο και τη θερμοκρασία καύσης (οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν την εμφάνιση NO<sub>x</sub>).

Στα αέρια καύσιμα, στα οποία δεν περιέχεται S, ο μοναδικός παραγόμενος ρύπος είναι τα NO<sub>x</sub> (με δεδομένο ότι το CO<sub>2</sub> είναι αναπόφευκτο).

Η σημασία της χρησιμοποίησης των καυσίμων αερίων σε οικολογικά βεβαρυσμένες περιοχές, οφείλεται κυρίως στην απουσία SO<sub>2</sub> αλλά και στο ότι παρέχουν την αναγκαία ποσότητα θερμικής ενέργειας με μικρότερη φόρτιση της ατμόσφαιρας σε CO<sub>2</sub>.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για την παραγωγή ποσότητας θερμότητας 10<sup>9</sup> kJ τα στερεά καύσιμα αποδίδουν στην ατμόσφαιρα 28 kg CO<sub>2</sub>, τα υγρά 24 kg CO<sub>2</sub> και τα αέρια 14 kg CO<sub>2</sub>.

Αυτό σημαίνει ότι η ρύπανση της ατμόσφαιρας με CO<sub>2</sub> με τις γνωστές συνέπειες, δηλαδή τη μελλοντική αύξηση της θερμοκρασίας της γης, είναι κατά περίπου 50% μικρότερη, εάν χρησιμοποιούμε αέρια καύσιμα ως πρωτογενή μορφή ενέργειας.

Πλέον αυτού, η χρησιμοποίηση αερίων καυσίμων στις οικιακές χρήσεις, δηλαδή μαγείρεμα, θερμό νερό και θέρμανση, αντί ηλεκτρισμού, έχει ακόμη ευνοϊκότερες επιπτώσεις. Όπως είναι γνωστό για την παραγωγή ηλεκτρισμού δαπανώνται 3 kWh θερμικής ενέργειας για την παραγωγή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό σημαίνει ότι η άμεση χρήση της θερμικής ενέργειας των αερίων καυσίμων, θα οδηγήσει σε επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με CO<sub>2</sub> ίση με το 1/3 από ότι η χρήση ηλεκτρισμού.

Ρύπος με την ευρεία έννοια θεωρείται το CO<sub>2</sub>, λόγω της βασικής εξάρτησης από αυτό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η ενιαία επομένως αντιμετώπιση των δύο προβλημάτων θεωρείται αναγκαία και με τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης των συστημάτων μετατροπής ενέργειας, μειώνεται αφενός το κόστος της ενέργειας και αφετέρου η συνολικά παραγόμενη ποσότητα ρύπων. Τα βασικά στοιχεία του συστήματος μετατροπής της ενέργειας των καυσίμων σε θερμότητα για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης είναι οι καυστήρες και οι λέβητες. Οι καυστήρες και οι λέβητες είναι ώριμα προϊόντα ευρείας κατανάλωσης και για το λόγο αυτό υπόκεινται ήδη σε Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (Ευρωπαϊκές Οδηγίες) και Τυποποίηση (πρότυπα). Οι καυστήρες και οι λέβητες πρέπει να έχουν σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και δοκιμαστεί κατάλληλα και αυτό πιστοποιείται με ειδική σήμανση (πχ. CE). Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης πρέπει να τεθούν σωστά σε λειτουργία, να λειτουργούν όπως πρέπει και να συντηρούνται κανονικά. Η θέση σε λειτουργία, η λειτουργία και η συντήρηση των καυστήρων και των λεβήτων γενικά πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών των καυστήρων και των λεβήτων και τους κανόνες της τεχνικής. Οι καυστήρες πετρελαίου κατά τη θέση σε λειτουργία τους πρέπει να ρυθμίζονται για την προβλεπόμενη ονομαστική (μέγιστη) θερμική ισχύ, η οποία δίνεται στην πινακίδα του λέβητα, εκτός εάν γίνει ρύθμιση για θερμική ισχύ μικρότερη από την ονομαστική. Η ρύθμιση της θερμικής ισχύος γίνεται με ρύθμιση της παροχής του καυσίμου.

Η αναγκαία παροχή καυσίμου  $m_B$  υπολογίζεται:

$m_B = 3600N / Hu \cdot \eta_L$  σε kg/h όπου:

N: η θερμική ισχύς του λέβητα σε kW

Hu: η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου,  $Hu = 42.000$  kJ/kg

$\eta_L$ : ο βαθμός απόδοσης του λέβητα (σε κλάσμα της μονάδας).

### 3.3. Η ΚΑΥΣΗ

Για να υπάρξει καύση χρειάζεται να συνυπάρξουν **καύσιμο, οξειδωτικό μέσον** και κατάλληλο **‘περιβάλλον’**.

Σαν οξειδωτικό μέσον λαμβάνεται συνήθως το μοριακό οξυγόνο ( $O_2$ ), που είναι ένα από τα συστατικά του αέρα. Δεν είναι όμως απαραίτητο το οξειδωτικό να είναι αέριο  $O_2$ , μπορεί να είναι υγρό ή στερεό, όπως π.χ. στα εκρηκτικά και προωθητικά. Στις συνήθειες καύσεις των υδρογονανθράκων σαν οξειδωτικό χρησιμοποιείται το  $O_2$  του αέρα.

Το "περιβάλλον" της καύσης καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο έρχονται σε επαφή το καύσιμο με το οξειδωτικό μέσο (προσαγωγή καθ' ενός και διαδικασία ανάμειξης), τη διαμόρφωση και έκταση του χώρου στον οποίο περιορίζονται και συντηρείται η καύση, και την παρουσία ή παραγωγή αδρανούς μέσου (φορέα) ο οποίος δεν καίγεται αλλά υποβοηθά την εξέλιξη της καύσης. Ο φορέας αυτός, λόγω της θερμοχωρητικότητάς του και της συνεχούς ροής στην οποία υποβάλλεται, παραλαμβάνει και απομακρύνει θερμότητα, ώστε να περιορίζεται η άνοδος της θερμοκρασίας

Το γνωστότερο αδρανές συστατικό είναι το  $N_2$  που περιέχει ο αέρας της καύσης. Άλλα αδρανή είναι η υγρασία και τα ευγενή αέρια που περιλαμβάνονται στον αέρα, καθώς και η τέφρα που περιέχουν οι άνθρακες και το πετρέλαιο. Ο όρος "αδρανές" δεν πρέπει να λαμβάνεται ακριβώς κατά λέξη.

Σε υψηλές θερμοκρασίες π.χ., ένα πολύ μικρό μέρος του  $N_2$  του αέρα αντιδρά με το  $O_2$  και δίνει ένα ή περισσότερα οξείδια του αζώτου, που είναι μεταξύ των πιο ενοχλητικών ρύπων της ατμόσφαιρας. Και άλλα αδρανή μπορούν να αντιδράσουν π.χ. το νερό σε υψηλές θερμοκρασίες διασπάται ή αντιδρά και δίνει με το CO τη χημική σύνθεση του υδραερίου κ.λπ.

Εάν χρησιμοποιείται περίσσεια αέρα κατά την καύση, τότε το  $O_2$  που δεν χρειάστηκε σαν οξειδωτικό, δρα επίσης σαν αδρανές αέριο.

Ο τρόπος που προσάγονται τα στοιχεία που μετέχουν στην καύση παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της αντιδράσεως. Η ανάμειξη των αντιδρώντων υλικών μέσων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, που χαρακτηρίζουν και τη διεργασία της καύσης. Οι διάφοροι τύποι καύσης συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα.

ΣΥΝΘΕΣΗ		ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΥΣΕΩΣ	
ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ	ΑΝΑΜΕΙΞΗ	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ
Αέριο	Αέριο	Φλόγα προαναμείξεως	Φλόγα διάχυσης
Υγρό	Αέριο	Φλόγα προαναμείξεως	Φλόγα διάχυσης
Υγρό	Υγρό	μονοπρωθητική καύση	-
Στερεό	Αέριο	-	Φλόγα διάχυσης
Στερεό	Στερεό	έκρηξη, προωθητική καύση	-

Πίνακας 3.13: ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΥΣΗΣ

Υπάρχουν κυρίως οι φλόγες προαναμείξεως και διάχυσης, η μονοπρωθητική καύση, η προωθητική καύση και η έκρηξη. Η ταξινόμηση γίνεται ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων ουσιών. Η προανάμειξη αναφέρεται στη μοριακή μορφή ανάμειξης.

Στην αρχική κατάσταση το καύσιμο είναι υγρό και το οξειδωτικό αέριο, π.χ. πετρέλαιο με αέριο. Το πετρέλαιο εκτοξεύεται στο χώρο της καύσης σε μορφή νέφους πολύ μικρών σταγονιδίων, για να διευκολύνει την καύση (μηχανική ανάμειξη). Εάν τα σταγονίδια έχουν επαρκή χρόνο να εξατμισθούν και οι παραγόμενοι ατμοί ν' αναμιχθούν με τον περιβάλλοντα αέρα προτού αρχίσει η καύση, τότε η διεργασία της καύσης γίνεται με προαναμειγμένη φλόγα. Εάν όμως η φλόγα περιβάλλει κάθε σταγονίδιο κατά την εκτόξευση και οι ατμοί καίγονται προτού αναμιχθούν με τον περιβάλλοντα αέρα, τότε η καύση γίνεται με φλόγα διάχυσης.

Η φλόγα, δηλ. η κυρίως αντίδραση καύσεως, τροφοδοτείται με διάχυση ατμών καυσίμου από σταγονίδια και οξυγόνο από τον περιβάλλοντα αέρα (διάχυση αντιρροής).

**Πρωθητικό** χαρακτηρίζεται ένα υγρό ή στερεό καύσιμο, που χρησιμοποιείται στην κίνηση κατευθυνόμενων βλημάτων. Ο όρος **μονοπρωθητικό** χρησιμοποιείται κυρίως για υγρό μείγμα καυσίμου και οξειδωτικού.

Τα **εκρηκτικά** είναι συνήθως μείγματα ουσιών, που περιέχουν το απαραίτητο για την καύση οξυγόνο στο μόριό τους. Με έναυση ή κρούση η αντίδραση καύσης εξελίσσεται ακαριαία και προκαλεί βίαιη εκτόνωση αερίων. Κάθε προαναμειγμένο καύσιμο αποτελεί ένα εκρηκτικό, όπως π.χ. μίγμα ατμών υγραερίου και αέρα ή ατμοί βενζίνης στον αέρα. Ο όρος εκρηκτικό περιορίζεται στην πράξη σε στερεές μόνον ουσίες, όπως π.χ. νιτροκυτταρίνη, πυρίτιδα κ.λπ. Η έκρηξη γίνεται με τη διεργασία της προαναμειγμένης φλόγας.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο που γίνεται η καύση, η κύρια αντίδραση είναι η ταχεία οξείδωση, δηλ. η λεγόμενη φλόγα. Εκτός από την ταχεία οξείδωση στην περιοχή της φλόγας γίνονται και άλλου είδους αντιδράσεις. Ο τρόπος που γίνεται η χημική αντίδραση καθώς και οι παράπλευρες αντιδράσεις δεν είναι αντικείμενο της θερμοδυναμικής αλλά της χημικής κινητικής. Επειδή διάφοροι όροι της χημικής κινητικής αναφέρονται συχνά σε κείμενα θερμοδυναμικής, παρακάτω δείχνεται σε συντομία μια απλή περιγραφή των παράπλευρων αντιδράσεων της καύσης.

Στις περιοχές πριν ή μετά τη φλόγα, γίνονται αντιδράσεις οξειδώσεως που διαφέρουν από την κυρίως καύση, γιατί γίνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες και τα προϊόντα που παράγονται είναι διάφορα οργανικά οξείδια.

Ο όρος **πυρόλυση**, χαρακτηρίζει μια σειρά από αντιδράσεις που γίνονται με απουσία οξυγόνου και αναφέρονται κυρίως σε αντιδράσεις του καυσίμου. Η πυρόλυση μπορεί να σημαίνει διάσπαση των μεγάλων μορίων του καυσίμου σε μικρότερα μόρια, αλλά και συμπύκνωση μικρών σε μεγάλα μόρια. Οι πυρολυτικές αντιδράσεις δημιουργούν συνήθως ρύπους, όπως π.χ. είναι τα στερεά σωματίδια του καπνού ή οι υδρογονάνθρακες στα καυσαέρια.

Η κύρια περιοχή της καύσης (περιοχή ταχείας οξείδωσης) χαρακτηρίζεται σαν φλόγα. Υπάρχουν και καύσεις όπου η φλόγα δεν εμφανίζεται στη γνωστή φωτεινή της μορφή που οφείλεται στην εκπομπή ακτινοβολίας από τα αιωρούμενα (πυρακτωμένα) σωματίδια. Η φλόγα χαρακτηρίζεται από ασυνέχεια θερμοκρασίας και περιεκτικότητας.

Τα κύρια προϊόντα της καύσης είναι το  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Λόγω της οξείδωσης σε χαμηλή θερμοκρασία και της πυρόλυσης εμφανίζονται, σε μικρές βέβαια ποσότητες, και προϊόντα καύσης, όπως π.χ.  $\text{CO}$ , φορμαλδεΐδη, οξέα κ.λπ.

Στα προϊόντα της καύσης περιλαμβάνονται επίσης και μεγαλομοριακοί υδρογονάνθρακες και στερεά σωματίδια (αιθάλη),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , μεταλλικά οξείδια κ.λπ. Στις υψηλές θερμοκρασίες παράγονται και οξείδια του αζώτου.

### 3.3.1. Στοιχεία από τη Θεωρία της Καύσης

Για να γίνουν κατανοητές οι βασικές διεργασίες της καύσης είναι ανάγκη να γίνει υπενθύμιση μερικών βασικών εννοιών και μερικών υπολογισμών:

- **Θερμογόνος δύναμη (H)**

Είναι το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την τέλεια καύση 1 kg καυσίμου. Μετριέται σε kcal/kg. Εάν οι παραγόμενοι υδρατμοί υγροποιηθούν μιλάμε για **ανώτερη** θερμογόνο δύναμη, εάν δεν υγροποιηθούν μιλάμε για **κατώτερη** θερμογόνο δύναμη. Δεδομένου, ότι οι υδρατμοί παράγονται, είτε από το ενυπάρχον υδρογόνο, είτε από την υγρασία του καυσίμου.

$$H_u = H_o - (9 h + w) 600 \text{ kcal/kg}$$

όπου:

$H_o$ ,  $H_u$ : η ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη του καυσίμου,

$h$  : η ποσοστιαία αναλογία του υδρογόνου, και

$w$  : η ποσοστιαία αναλογία της υγρασίας του καυσίμου.

Ο παράγοντας 600 είναι η θερμότητα ατμοποίησης του νερού υπό ατμοσφαιρική πίεση.

Με ικανοποιητική προσέγγιση, κυρίως για τα στερεά καύσιμα, μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμογόνο δύναμη από ημιεμπειρικές σχέσεις, όπως:

$$H_u \cong 8100 c + 29000 (h - 0/8) + 2500 s - 600 w \text{ (kcal/kg)}$$

ή

$$H_u \cong 8130 c + 24300 h + 1500 n + 4560 s - 2350 o - 600 w \text{ kcal/kg}$$

όπου c, h, o, s, n, w, η κατά βάρος αναλογία του άνθρακα, του υδρογόνου, του οξυγόνου, του θείου, του αζώτου και της υγρασίας.

Για τα διάφορα αέρια μείγματα δίνονται οι σχέσεις:

$$H_o = 3050 h_2 + 3020 co + 9250 ch_4 + 18050 c_n h_m \text{ (kcal/Nm}^3\text{)}$$

$$H_u = 2570 h_2 + 3020 co + 8550 ch_4 + 17000 c_n h_m \text{ (kcal/Nm}^3\text{)}$$

Όπου  $h_2$ , co,  $ch_4$ ,  $c_n h_m$  η κατά όγκο αναλογία ( $\text{Nm}^3/\text{Nm}^3$ ) υδρογόνου, μονοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και βαρέων υδρογονανθράκων.

#### • Έναυση

Για να γίνει δυνατή η καύση, πρέπει η θερμοκρασία του καυσίμου να υπερβεί μια δεδομένη τιμή, διαφορετική για κάθε καύσιμο, τη θερμοκρασία έναυσης σε περιβάλλον ατμοσφαιρικού αέρα. Η τιμή αυτή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων.

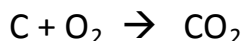
ΚΑΥΣΙΜΟ	ΘΕΡ/ΣΙΑ ΕΝΑΥΣΗΣ (°C)	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΘΕΡ/ΣΙΑ ΕΝΑΥΣΗΣ (°C)
Τύρφη αεροξηρανθείσα	225-280	Βενζόλιο	520-600
Γαιώδης φαιάνθρακας	230-240	Βενζίνη	350-460
Λιθάνθρακας	220-350	Υδρογόνο	600-630
Κοκ αποστάζων σε χαμηλή θερμοκρασία	300-400	Μονοξείδιο του άνθρακα	550-650
Κοκ υψικαμίνων	600-750	Ασετιλίνη	390
Πισσέλαια λιθανθράκων	520-600	Μεθάνιο	550-750
Πισσέλαια λιγνιτών	320-450	Φωταέριο	550-800
Μαζούτ και Αεριέλαιο	250-350		

Πίνακας 3.14: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΝΑΥΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

#### • Αναγκαία ποσότητα αέρα

Η ποσότητα αέρα η οποία χρειάζεται για την καύση υπολογίζεται με τη βοήθεια των αντίστοιχων χημικών εξισώσεων (καύση άνθρακα, υδρογόνου και θείου).

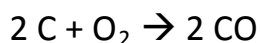
#### ΤΕΛΕΙΑ ΚΑΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ



$$\text{ή } 12 \text{ kg C} + 2 \cdot 16 \text{ kg O}_2 \rightarrow 44 \text{ kg CO}_2$$

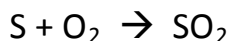
$$\text{ή } 1 \text{ kg C} + 2,7 \text{ kg O}_2 \rightarrow 3,7 \text{ kg CO}_2 + \mathbf{8080} \text{ kcal}$$

#### ΓΙΑ ΑΤΕΛΗ ΚΑΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ



$$\text{ή } 1 \text{ kg C} + 1,35 \text{ kg O}_2 \rightarrow 2,35 \text{ kg CO} + \mathbf{2440} \text{ kcal}$$

#### ΚΑΥΣΗ ΘΕΙΟΥ



$$1 \text{ kg S} + 1 \text{ kg O}_2 \rightarrow 2 \text{ kg SO}_2 + \mathbf{2210} \text{ kcal}$$

Για τα στερεά και υγρά καύσιμα, δεχόμαστε ότι το ενυπάρχον οξυγόνο είναι συνδεδεμένο μόνο προς υδρογόνο. Έτσι μιλάμε για διαθέσιμο υδρογόνο. Επειδή 1 kg H<sub>2</sub> είναι συνδεδεμένο με 8 kg O<sub>2</sub> το "**διαθέσιμο**" υδρογόνο είναι h - o/8.

Για στερεά και υγρά καύσιμα προκύπτει από τις εξισώσεις η **θεωρητικά** αναγκαία ποσότητα οξυγόνου:

$$O_2 = 8/3 c + 8 h - o + s \text{ kg/kg}$$

όπου c, h, o, s, οι αναλογίες των C, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> και S, σε kg/kg καυσίμου. Με διαίρεση με το ειδικό βάρος (1,312 kg/m<sup>3</sup> για 15 °C 735,5 Torr ή 1,429 kg/Nm<sup>3</sup> για 0 °C και 760 Torr) έχουμε τη θεωρητική ποσότητα οξυγόνου σε m<sup>3</sup>/kg ή Nm<sup>3</sup>/kg.

Λαμβανομένου υπ' όψη, ότι η κατά βάρος αναλογία του οξυγόνου στον αέρα είναι 23,2 %, ενώ η κατ' όγκο αναλογία 21 %, προσδιορίζουμε τη θεωρητική ποσότητα του αέρα από τις επόμενες σχέσεις:

$$L'_o = \frac{(8/3 c + 8 h - o + s)}{0,232} \quad \text{kg/kg καυσίμου}$$

$$L_o = \frac{(8/3 c + 8 h - o + s)}{(1,312 \cdot 0,21)} \quad \text{m}^3/\text{kg καυσίμου σε } 150 \text{ }^\circ\text{C και } 735,5 \text{ Torr}$$

$$L_o = \frac{(8/3 c + 8 h - o + s)}{(1,429 \cdot 0,21)} \quad \text{Nm}^3/\text{kg καυσίμου σε } 0 \text{ }^\circ\text{C και } 760 \text{ Torr}$$

Για την περίπτωση αερίων καυσίμων γίνεται ο υπολογισμός της θεωρητικής ποσότητας αέρα από τα στοιχεία του Πίνακα 3.15 και από την σχέση:

$$L_o = \frac{[(0,5 h_2 + 0,5 co + 2 ch_4 + 3 c_2h_4 + 2,5 c_2h_2 + 7,5c_6h_6 - o_2)]}{0,21} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

όπου  $h_2, co, ch_4, c_2h_2, c_6h_6, o_2$  αναλογίες κατ' όγκο σε  $\text{Nm}^3/\text{Nm}^3$  καυσίμου.

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΠΡΟΙΟΝ ΚΑΥΣΗΣ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΟΞΥΓΟΝΟΥ		ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	
		kg/kg καυσ.	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> καυσ.	kg/kg καυσ.	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> καυσ.
Άνθρακας (C)	CO <sub>2</sub>	2,67	-	11,54	-
Άνθρακας (C)	CO	1,33	-	5,77	-
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	H <sub>2</sub> O	8,0	0,5	34,6	2,39
Θείο (S)	SO <sub>2</sub>	1,0	-	4,33	-
Μονοξ. άνθρ. (CO)	CO <sub>2</sub>	0,57	0,5	2,47	2,39
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	CO <sub>2</sub> +2 H <sub>2</sub> O	4	2	17,35	9,57
Αιθυλένιο (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	2 CO <sub>2</sub> +2 H <sub>2</sub> O	3,43	3	-	-
Ασετιλίνη (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	2 CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	3,08	2,5	-	-
Βενζόλη (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	6 CO <sub>2</sub> +3 H <sub>2</sub> O	3,08	7,5	-	-
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	2 CO <sub>2</sub> +3 H <sub>2</sub> O	3,73	3,5	-	-

**Πίνακας 3.15:** ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ

Για τον υπολογισμό της πραγματικά αναγκαίας ποσότητας αέρα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι για την ικανοποιητική επαφή αέρα και καυσίμου είναι αναγκαίο να εξασφαλιστεί "**περίσσεια**" αέρα.

Η αναγκαία περίσσεια αέρα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο δυσκολότερη είναι η συνεχής εξασφάλιση της προσαγωγής αέρα στην καύσιμη ύλη, όσο απλούστερη είναι η εστία και όσο μεγαλύτερος είναι ο κόκκος του προσαγόμενου καυσίμου.

Περίσσεια ονομάζεται ο λόγος του πραγματικά χρησιμοποιούμενου αέρα (L), προς τον θεωρητικά αναγκαίο (L<sub>o</sub>):

$$\lambda = L/L_o$$



Στον παρακάτω Πίνακα δίνονται ενδεικτικές τιμές για την αναγκαία περίσσεια αέρα (λ), σε διάφορους τύπους εστιών.

ΕΣΤΙΑ & ΚΑΥΣΙΜΟ	λ
Σταθερή ή εσχάρα, τροφοδότηση με το χέρι λιθάνθρακας ή κοκ	1,5-2,0
Ομοίως, αλλά με μηχανική τροφοδότηση	1,4-1,7
Ατέρμονη εσχάρα με ζώνες αέρα, λιθάνθρακας	1,3-1,4
Εσχάρα προώσεως ή σκαφοειδής εσχάρα, γαιώδης φαιάνθρακας	1,3-1,5
Εστία κόνεως, ξηρή απομάκρυνση τέφρας, λιθάνθρακας	1,25
Ομοίως, τηκόμενης τέφρας	1,15
Κυκλωνική εστία, λιθάνθρακας	1,1
Εστία κόνεως ξηρή, λιγνίτης	1,25-1,3
Πετρέλαιο	1,07-1,15
Αέριο	1,05

Πίνακας 3.16: ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ (λ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΕΣΤΙΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ.

Στην πράξη για τον υπολογισμό του αέρα της στοιχειομετρικής καύσης ( $L_o$ ), χρησιμοποιούνται συχνά εμπειρικοί τύποι, οι οποίοι δίνουν ικανοποιητική προσέγγιση:

- Τύποι **Rosin** και **Fehling**  
για **στερεά καύσιμα**:

$$L_o = (1,01 H_u / 1000) + 0,5 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

για **πετρέλαια**:

$$L_o = (0,85 H_u / 1000) + 2 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

για αέρια με θερμογόνο δύναμη < 3000 kcal/kg

$$L_o = (0,85 H_u / 1000) \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

για αέρια με μεγάλη θερμογόνο δύναμη (φωταέριο πόλεως, φυσικό αέριο):

$$L_o = (1,09 H_u / 1000) - 0,25 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- Ανάλογους τύπους έχει δώσει και ο **Boie**, δηλαδή:  
για **στερεά καύσιμα** (με 6 % τέφρα):

$$L_{0,6} = (H_u + 550)/990 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

για **υγρά καύσιμα**:

$$L_o = (H_u - 1115)/808 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

- Ο **Rummel** δίνει τιμές για αέρια καύσιμα:

για **αέριο υψικαμίνων**:

$$L_o = (0,866 H_u - 61,4)/1000 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

για **φωταέριο**:

$$L_o = (1,088 H_u - 239)/1000 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

για **αέριο εξαερώσεως**:

$$L_o = (0,996 H_u - 173)/1000 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

για **φυσικό αέριο** ( $H_u \geq 7000 \text{ kcal}/\text{Nm}^3$ ) διάφοροι ερευνητές κατέληξαν στη σχέση:

$$L_o = (1,07 H_u / 1000) + 0,45 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- **Ποσότητα παραγόμενων καυσαερίων**

Από τις εξισώσεις της καύσης και τα στοιχεία του Πίνακα 3.15 μπορούν να υπολογιστούν τα καυσαέρια τα οποία θα προκύψουν από μια καύση.

Για τον υπολογισμό, με αφετηρία τη θεωρητική ποσότητα αέρα και για ξηρά (στεγνά) καυσαέρια, ισχύουν οι σχέσεις:

$$L_o' = 11,47 c + 34,48 (h - o/8) + 4,31 s \text{ kg/kg}$$

$$L_o = 8,89 c + 26,7 (h - o/8) + 3,33 s \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$G_{tr} = 12,47 c + 26,48 (h - o/8) + 5,31 s + n \text{ kg/kg}$$

$$V_{tr} = 8,89 c + 21,1 (h - o/8) + 3,33 s + 0,796 n \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Ο περιεχόμενος στα καυσαέρια υδρατμός θα είναι:

$$G_u = 9 h + w \text{ kg/kg}$$

$$V_u = 11,19 h + 1,244 w \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Τότε τα "**υγρά**" καυσαέρια θα είναι:

$$G_o = G_{tr} + G_u \text{ και } V_o = V_{tr} + V_u$$

$$G_o = 12,47 c + 35,48 h - 26,48 o/8 + 5,31 s + n + w \text{ kg/kg}$$

$$V_o = 8,89 c + 32,29 h - 21,1 o/8 + 3,33 s + 0,796 n + 1,244 w \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Για τον υπολογισμό της πραγματικής ποσότητας καυσαερίων:

$$G_R = G_o + (L' - L'_o) = G_o + (\lambda - 1) L'_o \text{ kg/kg}$$

ή

$$V_R = V_o + (L - L_o) = V_o + (\lambda - 1) L_o \text{ Nm}^3/\text{kg} (*)$$

Κατά τη στοιχειομετρική τέλεια καύση όλο το οξυγόνο εξαντλείται στην καύση των στοιχείων του καυσίμου (όλος ο C καίγεται προς  $\text{CO}_2$ ). Χρειαζόμαστε τότε, όπως είδαμε, για την καύση  $L_o \text{ Nm}^3/\text{kg}$  καυσίμου αέρα. Το οξυγόνο που περιέχει αυτός, το καλούμενο "ελάχιστο οξυγόνο", είναι:

$$O_{\min} = 0,21 L_o \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Στην περίπτωση της **πραγματικής** καύσης, με περίσσεια αέρα  $\lambda$ , θα υπάρχει σε αυτό ποσότητα οξυγόνου ίση προς:

$$O = \lambda O_{\min}$$

Εάν χρησιμοποιηθεί η τιμή του  $L_o$  έχουμε:

$$O_{\min} = 1,876 c + 5,6 (h - o/8) + 0,7 s \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

ή τελικά:

$$O_{\min} = 1,867 \cdot c \cdot \sigma \text{ (σε Nm}^3/\text{kg)}$$

\* Διεθνώς η ποσότητα των υγρών καπναερίων σε  $\text{Nm}^3/\text{kg}$  συμβολίζεται με  $V_R$  ή  $V_f$ .

όπου:

$\sigma$  : ο συντελεστής του καυσίμου

για άνθρακα

$$\sigma = 1$$

για γαιάνθρακες

$$\sigma = 1,1 - 1,2$$

για βαρέα έλαια

$$\sigma = 1,2$$

για ελαφρά έλαια

$$\sigma < 1,55$$

Και για τον προσεγγιστικό υπολογισμό των παραγόμενων καυσαερίων, υπάρχουν "πρακτικοί" τύποι:

Οι **Rosin** και **Fehling** προτείνουν:

- για **στερεά** καύσιμα:

$$V_o = (0,89 H_u / 1000) + 1,65 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

- για **πετρέλαια**:

$$V_o = 1,11 \cdot 10^{-3} \cdot H_u \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

- για **αέρια** ( $H_u < 3000 \text{ kcal/ Nm}^3$ ):

$$V_o = 0,725 \cdot 10^{-3} \cdot H_u + 1 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- για **φωταέριο** και **φυσικό αέριο**:

$$V_o = 1,14 \cdot 10^{-3} \cdot H_u + 0,25 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

Ο **Boie** για στερεά καύσιμα (με 6 % τέφρα), προτείνει:

$$V_{0,6} = (H_u + 1845)/1110 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

- για **υγρά** καύσιμα:

$$V_o = (H_u - 2662)/632 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Ο **Rummel**, προτείνει για **αέριο υψικαμίνων**:

$$V_o = (0,715 H_u + 929) 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- για **φωταέριο**:

$$V_o = (1,085 H_u + 486) 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- για **αέριο εξαερώσεως**:

$$V_o = (0,9026 H_u + 757,5) 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- για **φυσικό αέριο** ( $H_u \leq 7000 \text{ kcal/Nm}^3$ ):

$$V_o = (1,16 H_u/1000) + 0,6 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

- **Ειδικό βάρος καυσαερίων**

Το ειδικό βάρος των ξηρών καυσαερίων μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση:

$$\gamma_o = \sum \Gamma_i \cdot \Upsilon_i$$

όπου:

$\Gamma_i$  : η αναλογία του αερίου  $i$  σε  $\text{Nm}^3/\text{Nm}^3$

$\Upsilon_i$  : το ειδικό βάρος του αερίου σε  $\text{kg/Nm}^3$

Στον Πίνακα 3.17 δίνονται τα ειδικά βάρη διάφορων αερίων.

Για τα υγρά καπναέρια ο προσδιορισμός του ειδικού βάρους είναι δυνατόν να γίνει κατά προσέγγιση με την ίδια σχέση. Ακριβέστερος προσδιορισμός γίνεται με τη σχέση (για οποιαδήποτε θερμοκρασία):

ΑΕΡΙΟ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	
	kp/Nm <sup>3</sup> 15,5 °C, 760 Torr	kp/m <sup>3</sup> 15 °C, 735,5 Torr
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> )	1,429	1,31
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	1,25	1,147
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	0,0898	0,083
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1,25	1,147
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	1,977	1,814
Αέρας	1,293	1,186
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>4</sub> )	2,93	2,686
Βαρείς υδρογονάνθρακες (C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> )	≈ 1,252	≈ 1,146
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	0,717	0,656
Ασετιλίνη (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	1,17	1,074
Αιθυλένιο (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	1,26	1,156
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1,356	1,244
Ατμοί βενζολίου (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	3,48	3,193
Αέριο εξαερώσεως	1,12 - 1,18	1,02 - 1,08
Πτωχό αέριο	≈ 1,277	≈ 1,17
Υδαταέριο	≈ 0,69	≈ 0,633
Υδρατμός (H <sub>2</sub> O)	≈ 0,804	-

Πίνακας 3.17: ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ ΑΕΡΙΩΝ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΚΑΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ

$$\gamma_f = [(p - p_D)/10333] \gamma_o + [(p_D/10333) \gamma_{oD}] (273/T) \text{ σε } \text{kp/m}^3$$

όπου:

$\gamma_f$  : το ειδικό βάρος υγρών καπναερίων σε  $\text{kp/Nm}^3$

$\gamma_o$  : το ειδικό βάρος ξηρών καπναερίων σε  $\text{kp/Nm}^3$

$\gamma_{oD}$  : το ειδικό βάρος υδρατμών (= 0,804) σε  $\text{kp/Nm}^3$  για κανονικές συνθήκες

$p$  : η απόλυτη πίεση ίση προς τη βαρομετρική πίεση συν την υπερπίεση σε mm Σ.Ν.

$p_D$  : η μετρική πίεση του ατμού σε mm Σ.Ν και

$T$  : η απόλυτη θερμοκρασία σε K

Για κατά προσέγγιση υπολογισμούς, μπορούμε να πάρουμε το ειδικό βάρος των καπναερίων:

$$\gamma \approx 1,34 \text{ kp/m}^3$$

Ακριβέστερα, επειδή 1 Nm<sup>3</sup> ξηρών καπναερίων έχει CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> ≈ 19 σε κανονικές συνθήκες

- για περιεκτικότητα CO<sub>2</sub> = 8 %      γ = 1,332 kr/Nm<sup>3</sup>
- για περιεκτικότητα CO<sub>2</sub> = 10 %      γ = 1,343 kr/Nm<sup>3</sup>
- για περιεκτικότητα CO<sub>2</sub> = 12 %      γ = 1,354 kr/Nm<sup>3</sup>
- για περιεκτικότητα CO<sub>2</sub> = 14 %      γ = 1,365 kr/Nm<sup>3</sup>

Για τα υγρά καπναέρια θεωρούμε ότι αυτά είναι μείγμα ξηρών καπναερίων και υδρατμού με γ<sub>D</sub> = 0,804 kr/Nm<sup>3</sup>, οπότε διαπιστώνουμε, ότι το ειδικό τους βάρος είναι πολύ μικρότερο των ξηρών καπναερίων. Για φαιάνθρακα με 60 % υγρασία γ ≈ 1,25 kr/Nm<sup>3</sup>.

#### • Ειδική θερμότητα καυσαερίων

Η ειδική θερμότητα των καυσαερίων μπορεί να υπολογιστεί με αφετηρία το νόμο των αερίων μειγμάτων:

$$c_{p,m} = \sum r_i \cdot (c_p)_i$$

όπου:

r<sub>i</sub> : η αναλογία του αερίου i σε Nm<sup>3</sup>/ Nm<sup>3</sup> και

(c<sub>p</sub>)<sub>i</sub> : η ειδική θερμότητά του σε kcal/ Nm<sup>3</sup> °C.

Στους υπολογισμούς μπορούμε για 200 - 300 °C και για τα καπναέρια λιθανθράκων να δεχθούμε c<sub>p</sub> = 0,332 kcal/ Nm<sup>3</sup> °C και για τους φαιάνθρακες c<sub>p</sub> = 0,345 kcal/ Nm<sup>3</sup> °C.

Για τις θερμοκρασίες του φλογοθαλάμου, για λιθάνθρακες c<sub>p</sub> = 0,368 kcal/ Nm<sup>3</sup> °C και για φαιάνθρακες c<sub>p</sub> = 0,385 kcal/ Nm<sup>3</sup> °C. Ενδιάμεσες είναι περίπου οι τιμές του πετρελαίου τείνουσες προς τους γαιάνθρακες.

Για τον ακριβέστερο υπολογισμό της μέσης ειδικής θερμότητας των καπναερίων δίνονται στον παρακάτω Πίνακα τιμές της μέσης ειδικής θερμότητας των αερίων σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	ΑΕΡΑΣ	CO	H <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
0	0,387	0,312	0,311	0,310	0,311	0,306	0,425	0,356	0,368
100	0,412	0,315	0,311	0,311	0,311	0,309	0,445	0,358	0,419
200	0,434	0,319	0,313	0,313	0,313	0,310	0,464	0,363	0,477
300	0,452	0,324	0,314	0,315	0,315	0,311	0,480	0,367	0,542
400	0,467	0,330	0,317	0,318	0,318	0,311	0,495	0,372	0,596
500	0,483	0,335	0,319	0,321	0,321	0,312	0,507	0,378	0,651
600	0,496	0,339	0,322	0,324	0,325	0,313	0,518	0,384	0,698
700	0,507	0,343	0,325	0,328	0,328	0,313	0,527	0,390	0,741
800	0,517	0,347	0,328	0,331	0,332	0,315	0,535	0,397	0,776
900	0,526	0,351	0,331	0,334	0,335	0,316	0,543	0,404	0,813
1000	0,534	0,354	0,334	0,337	0,338	0,317	0,548	0,410	0,845
1200	0,548	0,359	0,340	0,343	0,344	0,321	0,559	0,422	
1400	0,559	0,364	0,345	0,347	0,349	0,325	0,567	0,434	
1600	0,569	0,368	0,349	0,352	0,353	0,328	0,573	0,445	
1800	0,577	0,372	0,353	0,355	0,356	0,332	0,579	0,455	

**Πίνακας 3.18:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ (σε kcal/Nm<sup>3</sup> °C)

- **Ενθαλπία των καυσαερίων**

Η ενθαλπία των καυσαερίων από την καύση 1 kg καυσίμου προκύπτει από την σχέση:

$$J_R = V_R \cdot c_{pm} \cdot t$$

όπου:

$V_R$  : η πραγματική ποσότητα των υγρών καυσαερίων σε  $Nm^3$  καυσίμου  $^{\circ}C$ ,

$c_{pm}$  : η μέση ειδική θερμότητα, σε  $kcal/Nm^3$ ,

$t$  : η θερμοκρασία σε  $^{\circ}C$ ,

$J_R$  : η ενθαλπία  $V_R Nm^3$  καυσαερίων, όσων προκύπτουν από ένα kg καυσίμου.

Εάν διαιρέσουμε το ποσόν αυτό της θερμότητας δια του όγκου των καυσαερίων 1 kg καυσίμου (του  $V_R$ ) λαμβάνουμε:

$$i_R = V_R / V_R c_{pm} \cdot t = c_{pm} \cdot t$$

που δίνει την ενθαλπία 1  $Nm^3$  καυσαερίων θερμοκρασίας  $t^{\circ}C$  σε  $kcal/Nm^3$ .

### 3.3.2. Ο Έλεγχος της Καύσης

Κατά τη στοιχειομετρική καύση, το σύνολο του οξυγόνου της θεωρητικής ποσότητας αέρα, καταναλώνεται στην καύση του καυσίμου.

Όπως προκύπτει και από τις εξισώσεις της καύσης για 1 kg απαιτούνται 32/12 kg  $O_2$ , τα οποία δίνουν 44/12 kg  $CO_2$ . Αλλά 44 kg  $CO_2$  είναι 1 kmol  $CO_2$ , το οποίο έχει όγκο 22,4  $m^3$ . Άρα 1 kg C καιόμενο προς  $CO_2$  δίνει 22,4/12 = 1,867  $Nm^3$   $CO_2$ . Επομένως η μέγιστη αναλογία στην οποία μπορεί να βρεθεί το  $CO_2$  στα υγρά καυσαέρια είναι:

$$k'_{max} = 1,867 c / V_o$$

Όταν η καύση γίνεται με περίσσεια αέρα, ο όγκος των καυσαερίων είναι  $V_R$  και η αναλογία του  $CO_2$  στα υγρά καυσαέρια γίνεται:

$$k' = 1,867 c / V_R$$

Επομένως,

$$k'_{max}/k' = V_R/V_o \approx \lambda$$

Όταν κάνουμε έλεγχο της καύσης με ανάλυση των καπναερίων με συσκευή **Orsat**, προσδιορίζουμε την περιεκτικότητα τους σε  $CO_2$ ,  $CO + H_2$ ,  $O_2$  και  $N_2$  (από διαφορά) επί των ξηρών καπναερίων, γιατί οι υδρατμοί υγροποιούνται στην αντλία αναρρόφησης η οποία λειτουργεί με νερό. Τότε θέτουμε:

$$k_{max} = 1.867 c / V_{tr}$$

$$k = 1,867 c / V_{Rtr}$$

Ο λόγος  $k_{max} / k = \lambda$ , δίνει την περίσσεια αέρα.

Σε περίπτωση πλήρους καύσης (τέλεια καύση) μπορούμε να εκφράσουμε την περιεκτικότητα σε  $CO_2$  των καυσαερίων με τη σχέση:

$$V_{CO_2} = 1,867 \cdot C$$

Ο όγκος του αζώτου κατά τη στοιχειομετρική καύση είναι:

$$V_{N_2} = 3,76 o_{\min}$$

Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο είναι:

$$q = [(\lambda - 1) o_{\min}] / [1,867 c + o_{\min} (4,76 \lambda - 1)] 100 \%$$

Οι πραγματικές όμως συνθήκες, υπό τις οποίες πραγματοποιείται η καύση, δεν εξασφαλίζουν πάντοτε την μετατροπή του C σε CO<sub>2</sub>. Συχνά ένα μικρό τμήμα του καίγεται προς CO. Η **ατελής** αυτή καύση δίνει περιεκτικότητα O<sub>2</sub> στα καυσαέρια:

$$q = (\lambda o_{\min} - \Omega_{\min}) / (1,867 c + 4,67 \lambda - o_{\min} - \Omega_{\min}) 100 \%$$

Όπου:

$\Omega_{\min}$  : η ελάχιστη ποσότητα οξυγόνου η οποία ενώνεται με τον άνθρακα και τα λοιπά στοιχεία, κατά την ατελή καύση και βρίσκεται από την σχέση:

$$\Omega_{\min} = 0,933 c + 5,56 [h - (o/8)] \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Μερικά συμπεράσματα:

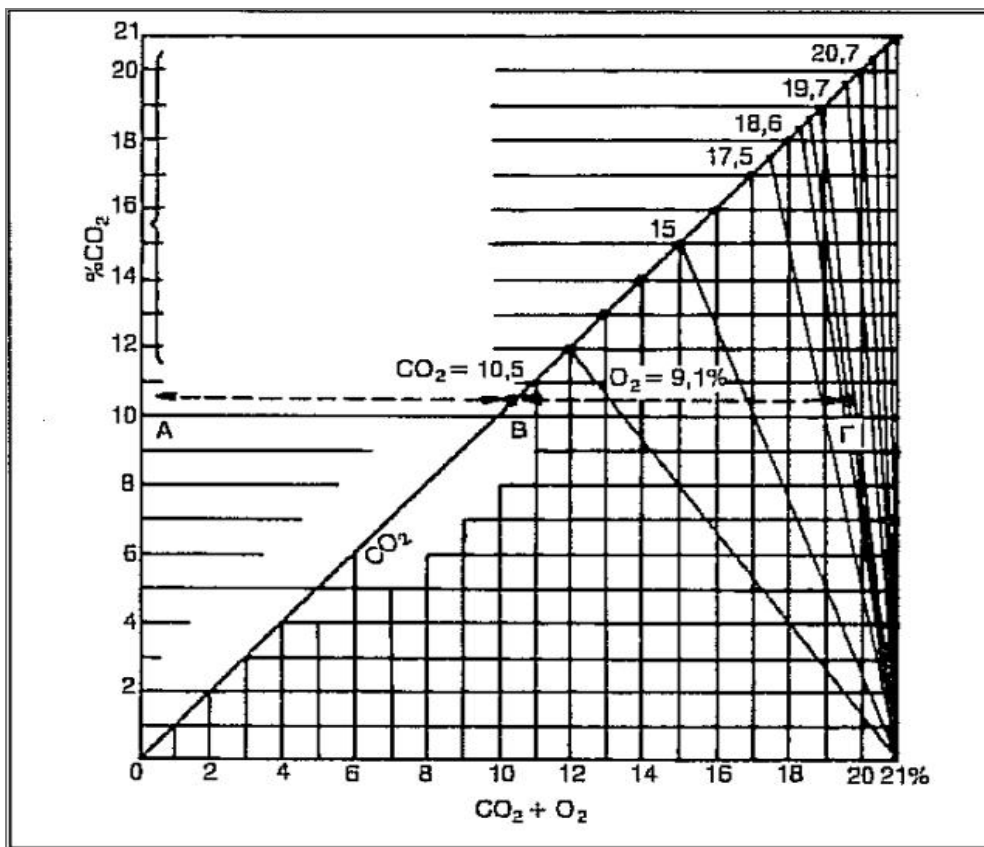
Κατά τη στοιχειομετρική καύση του άνθρακα C προς CO<sub>2</sub> καταναλώνεται όλο το οξυγόνο (0,21 L<sub>o</sub> Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>), άρα στα καυσαέρια διαπιστώνεται μέγιστη περιεκτικότητα 0,21 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> ανά Nm<sup>3</sup> καυσαερίων. Αυτό αποτελεί ένα όριο για όλα τα k<sub>max</sub> των καυσίμων, που πάντοτε είναι μικρότερα του 21 %.

- Σε περίπτωση καύσεως καυσίμου με περίσσεια λ αυξανόμενη συνεχώς, το άθροισμα CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> τείνει προς τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα σε O<sub>2</sub>, που έχει όριο το 21 % (αναλογία στον αέρα).
- Για το στοιχείο C καιόμενο με περίσσεια αέρα, το άθροισμα CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> είναι 21 %.
- Έχει διαπιστωθεί (με μικρές παραδοχές), ότι για οποιοδήποτε καύσιμο το άθροισμα CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> (k + q) της καύσεως με περίσσεια, είναι μεγαλύτερο του k<sub>max</sub> (δηλ. του CO<sub>2</sub> για λ = 1) και ότι αυξάνεται γραμμικά καθώς μειώνεται το k.

Ο Bunte απεικόνισε σε ορθογώνιες συντεταγμένες τις περιεκτικότητες k μέχρι 21 % (σχήμα 3.5). Επί της διχοτόμου σημείωσε τις τιμές των k<sub>max</sub> για διάφορα καύσιμα (12 - 21 %) και ένωσε τα σημεία αυτά με ευθείες με την οριακή τιμή 21 %. Θεωρητικά για κάθε k (CO<sub>2</sub>) κάποιου καυσίμου, αντιστοιχεί ένα q (O<sub>2</sub>), το οποίο βρίσκεται εύκολα στο τρίγωνο που σχηματίστηκε σαν οριζόντιο μήκος.

Για καύσιμο με k<sub>max</sub> = 18,8 % (π.χ.) και k = 10,5 % (μήκος AB) το q προκύπτει από το μήκος ΒΓ, δηλαδή:

$$ΒΓ = ΑΓ - ΑΒ = 19,6 - 10,5 = 9,1 \%$$



Σχήμα 3.5: ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΕΛΕΙΑΣ ΚΑΥΣΗΣ ( $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ), ΤΟΥ BUNTE

Τόσο όμως το  $k$  όσο και το  $q$  μπορούν να μετρηθούν στην εστία με συσκευή Orsat. Το μετρούμενο  $k + q$  πρέπει να ισούται με την τιμή η οποία προκύπτει από το διάγραμμα του παραπάνω σχήματος αν έχουμε τέλεια καύση. Αν η τιμή είναι μικρότερη τότε η καύση είναι ατελής.

ΚΑΥΣΙΜΟ	$k_{\max}$
Ξύλο	20,7
Κοκ	20,35
Ανθρακίτης	18,9-19
Παχύς λιθάνθρακας	18,7-18,8
Λιθάνθρακας φωταερίου	18,6
Λιθάνθρακας φλογοβόλος	18,6
Φαιάνθρακας γαιώδης	20
Φαιάνθρακας ξυλώδης	18,35
Πισσέλαια	17,5
Πετρέλαιο	15-15,5
Φωταέριο	12,0

Πίνακας 3.19: ΤΙΜΕΣ  $k_{\max}$  ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ



Οι τιμές του  $k_{\max}$  για διάφορα καύσιμα δίνονται στον παραπάνω Πίνακα, ενώ οι μέσες τιμές περιεκτικότητας των καυσαερίων σε  $\text{CO}_2$ , η περίσσεια αέρα και το άθροισμα  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ , δίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

ΚΑΥΣΙΜΟ	k ( $\text{CO}_2$ )	λ	$\text{CO}_2 + \text{O}_2$
Λιθάνθρακας επί επιπέδου εσχάρας, τροφ. με χέρι	11,5 - 9,5	1,7 - 1,96	19,6 - 19,8
ομοίως, τροφ. μηχανική	13,5 - 11	1,38 - 1,69	19,3 - 19,6
επί ατέρμονης εσχάρας	14 - 13	1,33 - 1,43	19,2 - 19,3
Φαιάνθρακας φτωχός επί μηχανικής εσχάρας	15 - 14	1,24 - 1,33	20,3 - 20,4
Σκόνη λιθάνθρακα	15,5 - 12,5	1,25 - 1,5	19 - 19,4
Σκόνη φαιάνθρακα	17 - 16	1,18 - 1,25	20,1 - 20,2
Βαρύ πετρέλαιο	15 - 14,5	1,05 - 1,10	16,5 - 16,9

**Πίνακας 3.20:** ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ  $\text{CO}_2$  ΚΑΙ  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  ΓΙΑ ΤΕΛΕΙΑ ΚΑΥΣΗ

Εάν σε μια καύση το μετρούμενο άθροισμα  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  συμπίπτει με τις εμπειρικές τιμές του πίνακα, τότε η λειτουργία είναι καλή. Εάν είναι μεγαλύτερο, έχουμε υπερβολική περίσσεια αέρα (αυξημένες θερμικές απώλειες), εάν είναι μικρότερο έχουμε ατελή καύση.

Αλλά και από μόνη την περιεκτικότητα σε  $\text{CO}_2$  μπορούμε περίπου να οδηγηθούμε, όχι όμως με απόλυτη ασφάλεια.

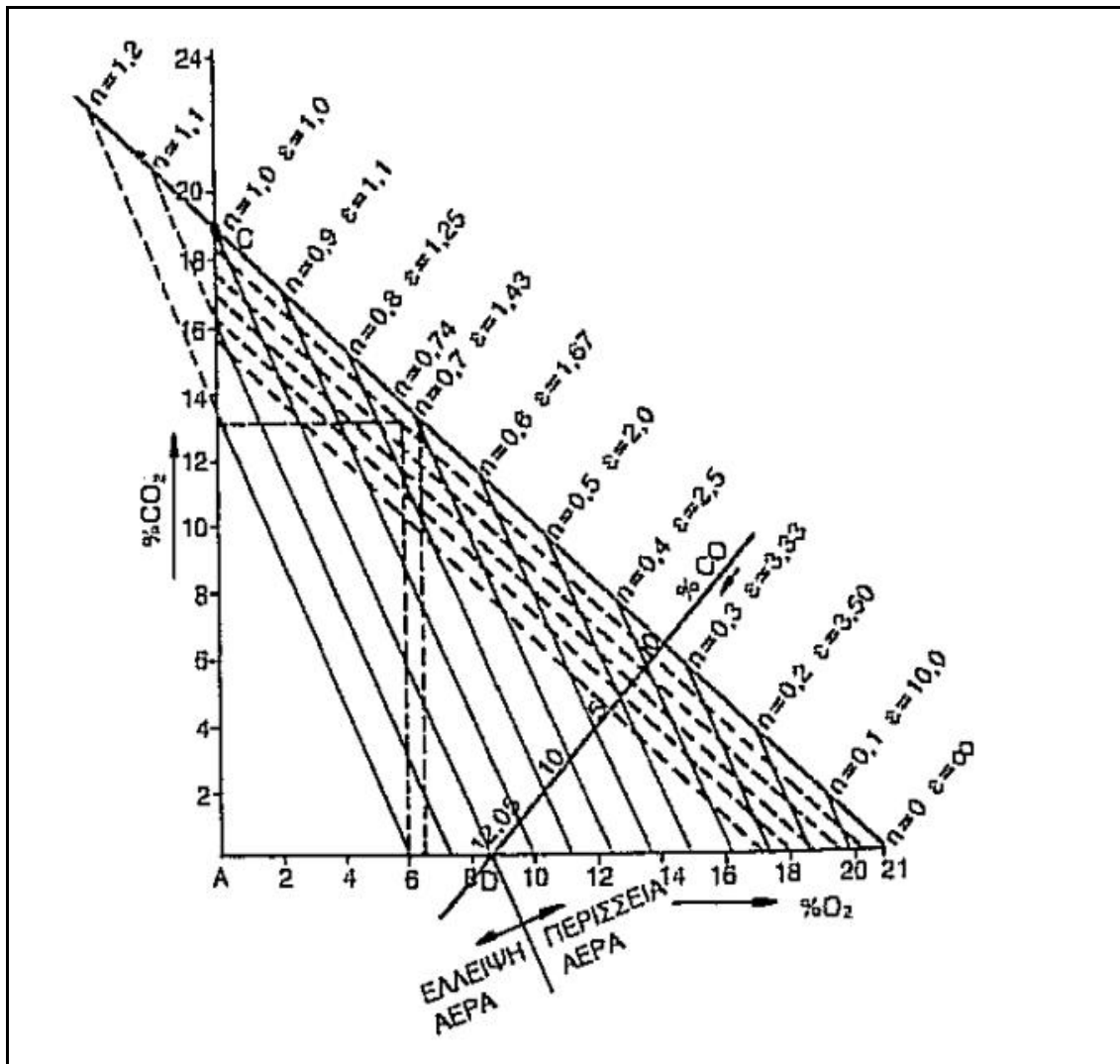
Αν η τιμή του πίνακα για το  $\text{CO}_2$  είναι μεγαλύτερη από εκείνη που μετράται στη πράξη, σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση. Αν αντίθετα η τιμή του πίνακα για το  $\text{CO}_2$  είναι μικρότερη της μετρούμενης, αυτό σημαίνει ότι έχουμε μεγάλη περίσσεια αέρα.

Περισσότερο γνωστός είναι ο έλεγχος της καύσης με τρίγωνα **Ostwald**. Τα τρίγωνα Ostwald επιτρέπουν τον έλεγχο της καύσης σε συνδυασμό με συσκευή Orsat, η οποία προσδιορίζει την σύνθεση των καυσαερίων.

Για τη σχεδίαση του τριγώνου Ostwald τοποθετούνται σε ορθογώνιο σύστημα στις τετμημένες, τιμές του  $q$ , και στις τεταγμένες, τιμές του  $k$ .

Για  $\lambda = 1$ ,  $\eta = 1$  και  $k = k_{\max}$  ορίζεται το σημείο C (σχήμα 3.6) για το οποίο  $q = 0$ . Για  $\lambda \Rightarrow (\eta = 1, \lambda = 0)$ ,  $k = 0$  και  $q = 21\%$  ορίζεται το σημείο B. Εάν υπολογιστούν διάφορες τιμές του  $\eta = 1$ ,  $\lambda$  (π.χ. 0,9, 0,8 ... 0,1) και σχεδιαστούν οι κάθετες προς τους άξονες  $k$  και  $q$ , βλέπουμε ότι οι τομές τους κείνται επί της BC και μάλιστα στο σημείο που αντιστοιχεί στο  $\eta$  για το οποίο έγιναν και οι υπολογισμοί.

Για  $\eta = 1$  (ατελής καύση, με τον αέρα ο οποίος αντιστοιχεί θεωρητικά στην τέλεια καύση) λαμβάνεται στον άξονα του  $q$  το σημείο D (γιατί  $k = 0$  αφού η καύση είναι ατελής).



Σχήμα 3.6: ΤΟ ΤΡΙΓΩΝΟ OSTWALD ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ

Αλλά το D, όπως και το C, ανήκουν στην ίδια ευθεία με  $\eta = 1$ , τη CD. Επομένως η ευθεία CD χωρίζει το τρίγωνο σε δύο τμήματα, το δεξιό με περίσσεια αέρα και το αριστερό με έλλειψη (ανεπάρκεια) αέρα. Τα μεταξύ C και D σημεία της ευθείας CD αντιστοιχούν σε καύση εν μέρει προς  $\text{CO}_2$  και εν μέρει προς CO.

Εάν τώρα στις αναλυτικές σχέσεις θέσουμε  $\eta = 0,9$   $0,8$   $0,7$  κ.ο.κ., λαμβάνουμε διάφορες τιμές του  $\eta$  και αντίστοιχα σημεία επί του άξονα των  $\eta$ . Αν τα ενώσουμε προς τα αντίστοιχα (με το ίδιο  $\eta$ ) σημεία της BC λαμβάνουμε τις ευθείες  $\eta = \text{const}$ . Το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και για τις τιμές  $\eta > 1$ , οπότε χαράσσουμε τα  $\eta = \text{const}$  και για το πεδίο της ελλείψεως αέρα. Οι τιμές αυτές έχουν μόνο μαθηματική έννοια, γιατί εδώ  $k > k_{\text{max}}$ . Οι ευθείες αυτές ( $\eta = \text{const}$ ) στα πρώτα τρίγωνα του Ostwald ήταν παράλληλες, οι εργασίες όμως των Kraemer, Ackermann και Kraus απέδειξαν ότι συναντώνται στο σημείο με συντεταγμένες  $k = 100\%$  και  $\eta = 200\%$ . Το σημείο όμως είναι τόσο μακριά, ώστε όταν χαράσσουμε τις γραμμές αυτές κατά τα προηγούμενα τις βλέπουμε σαν παράλληλες.

Εάν τώρα δεχθούμε κάποια σταθερή τιμή του  $\rho$ , για διάφορες τιμές του  $\eta$ , προσδιορίζουμε σημεία, που κείνται επί ευθείας παράλληλης προς την BC. Έτσι χαράσσουμε κατά περίπτωση καυσίμου και τις  $\rho = \text{const}$  έχοντας υπόψη, ότι το σημείο D προέκυψε για  $k = 0$  και  $\eta = 1$ . Έχοντας το σημείο D και την τιμή του  $\rho$  για  $\eta = 1$  (στο διάγραμμα 17,05 %) χαράσσουμε τις  $\rho = 1\%$ ,  $\rho = 2\%$  κ.ο.κ. εύκολα, εάν φέρουμε από το D την κάθετο προς την BC. Το τρίγωνο αυτό αφορά σε συγκεκριμένο καύσιμο στερεό ή υγρό. Με όμοιο τρόπο όμως μπορούμε να γράψουμε τρίγωνα και για αέρια καύσιμα.

Πάντως ο έλεγχος εστίας αερίου είναι δύσκολος, αν όχι αδύνατος, αφού θα πρέπει κατά τον έλεγχο των καυσαερίων να προσδιοριστούν συστατικά που περιέχονται στο καύσιμο. Γι' αυτό προτιμούμε να ελέγχουμε την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε  $\text{O}_2$ , η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3 %, χωρίς να υπάρχουν συγχρόνως άκαυστα αέρια.

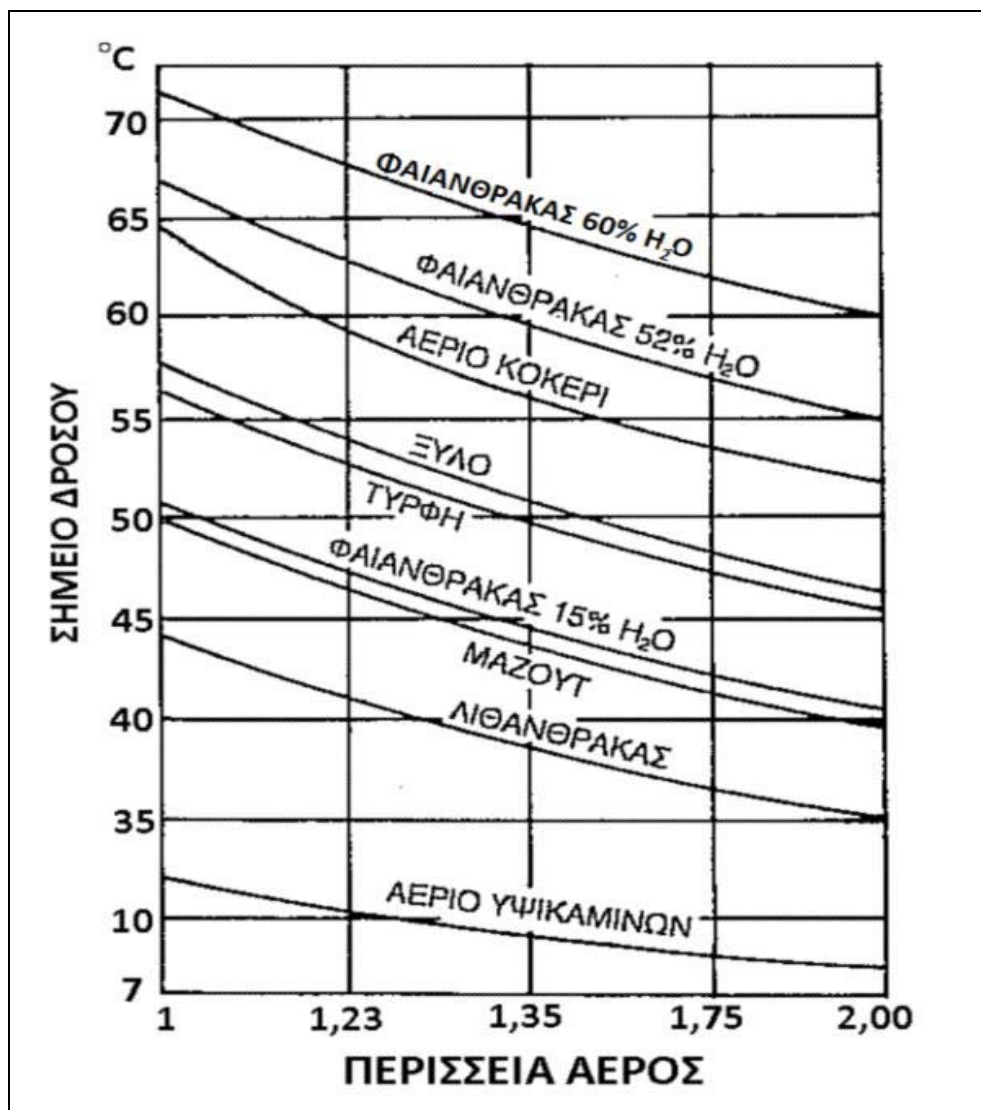
### 3.3.3. Το Σημείο Δρόσου των Καυσαερίων

Στα καυσαέρια περιλαμβάνονται συστατικά τα οποία υγροποιούνται μόλις η θερμοκρασία κατέλθει κάτω από την αντίστοιχη θερμοκρασία συμπύκνωσης των υδρατμών. Τη θερμοκρασία αυτή των καυσαερίων, για τους περιεχόμενους υδρατμούς, ονομάζουμε "**σημείο δρόσου**" (Dew Point).

Το φαινόμενο αυτό αφορά κυρίως στις επιφάνειες κάπως χαμηλότερης θερμοκρασίας (π.χ. επιφάνειες των προθερμαντήρων νερού και αέρα, τοιχώματα καπνοδόχων χωρίς μόνωση κ.α.)

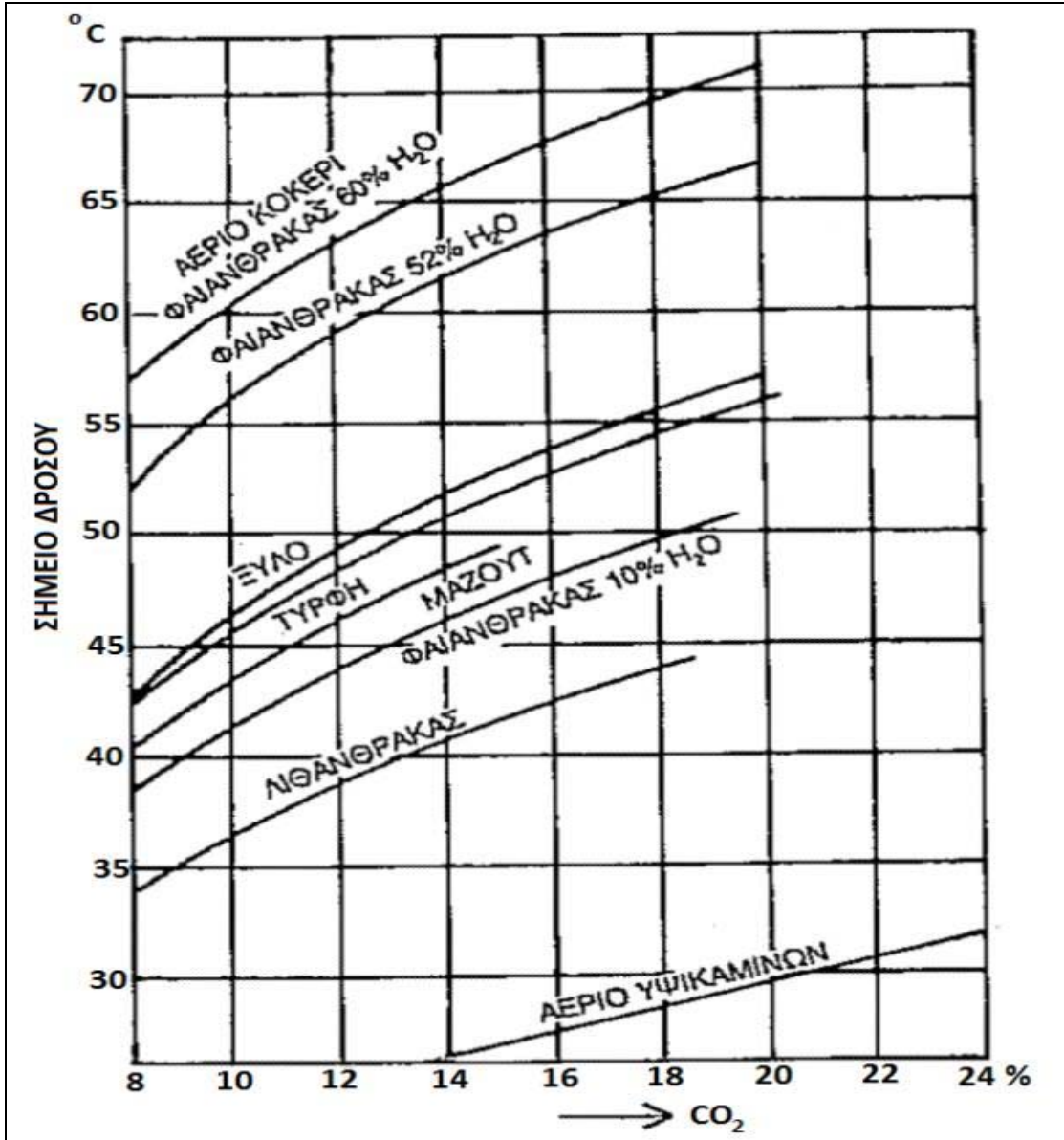
Εκτός όμως από τους υδρατμούς, υπάρχουν και όξινα συστατικά των καυσαερίων, όπως π.χ.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  και  $\text{P}_2\text{O}_5$  τα οποία με την επίδραση του  $\text{CO}_2$  δημιουργούν επικαθήσεις ιδιαίτερα διαβρωτικές. Για τα συστατικά αυτά υπάρχει ένα "σημείο δρόσου οξέων", το οποίο βρίσκεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από το σημείο δρόσου των υδρατμών.

Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται το σημείο δρόσου των υδρατμών για διάφορα καύσιμα, με αέρα καύσεως ο οποίος περιέχει σχετική υγρασία 80 %, σε συνάρτηση με την περίσσεια αέρα και για θερμοκρασία κορεσμού 20 °C.



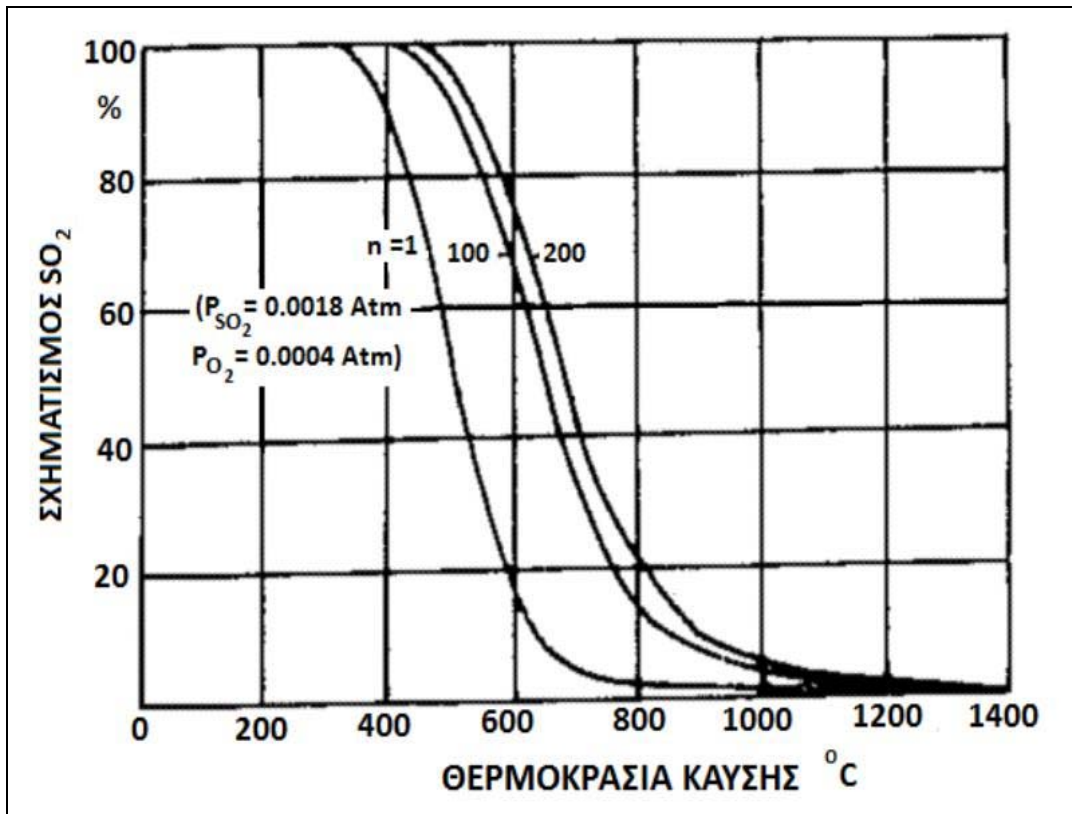
Σχήμα 3. 7: ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΔΡΟΣΟΥ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΑΕΡΑ.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επίδραση του CO<sub>2</sub> στις τιμές του σημείου δρόσου, για διάφορα καύσιμα.



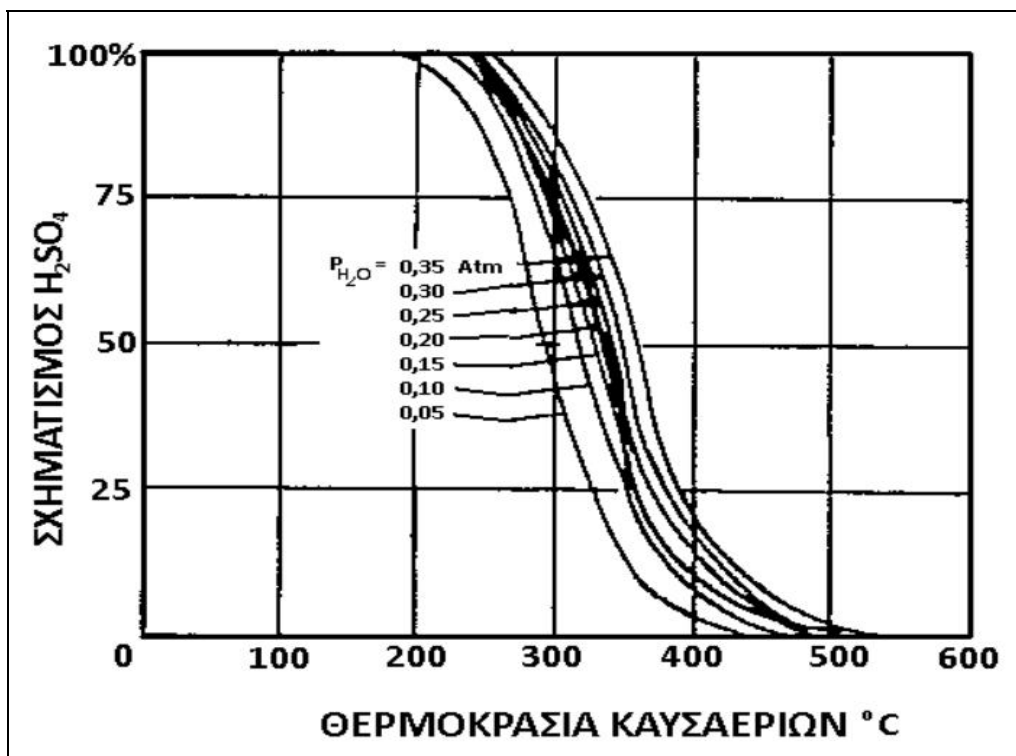
Σχήμα 3.8: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ CO<sub>2</sub>, ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΔΡΟΣΟΥ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ

Μεγάλη όμως επίδραση στο σημείο δρόσου των οξέων έχει ο ανυδρίας του θεικού οξέως (SO<sub>3</sub>) και το παραγόμενο θεικό οξύ. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας καύσης και της περίσσειας αέρα, στον σχηματισμό SO<sub>3</sub>.



Σχήμα 3.9: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΑΕΡΑ ( $n = i/\lambda$ ), ΣΤΟΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ  $SO_2$ .

Στο παρακάτω σχήμα (Bodestein - Καταζαμα) φαίνεται ότι κάτω των 200 % έχουμε 100 % μετατροπή του  $SO_3$  σε  $H_2SO_4$ .



Σχήμα 3.10: ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΘΕΙΚΟΥ ΟΞΕΩΣ ( $H_2SO_4$ ) ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΜΕΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΤΜΩΝ

Εάν είναι γνωστή η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε  $\text{SO}_3$  και  $\text{H}_2\text{O}$ , είναι δυνατόν να υπολογιστεί το σημείο δρόσου των καυσαερίων, τόσο με αναλυτικές σχέσεις, όσο και με διαγράμματα.

### 3.3.4. Ανάφλεξη - Έναυση - Αυτανάφλεξη

Η διαδικασία έναρξης της καύσης είναι μια πολύπλοκη διεργασία, η οποία εξαρτάται από πλήθος παραγόντων.

Μεταξύ των ιδιοτήτων των καυσίμων, υπάρχουν μερικές με βαρύνουσα επίπτωση στη συμπεριφορά τους κατά την έναρξη της καύσης και την καύση.

Στην επιφάνεια των υγρών καυσίμων δημιουργούνται ατμοί, οι οποίοι αναμιγνύονται με τον αέρα. Εάν στους ατμούς πλησιάσει μια φλόγα και η θερμοκρασία υπερβεί κάποιο όριο, προκαλείται προσωρινή ανάφλεξη των ατμών, χωρίς απαραίτητα να συνεχίζεται η καύση.

Τη θερμοκρασία αυτή, στην οποία αναφλέγονται οι ατμοί με την προσέγγιση φλόγας, χωρίς όμως να παρατηρείται και συνέχεια της καύσης, ονομάζεται **σημείο ανάφλεξης**. Εάν αυξηθεί περισσότερο η θερμοκρασία του καυσίμου, δημιουργούνται περισσότεροι ατμοί. Εάν προκληθεί από έξω - π.χ. με φλόγα - έναυση, παράγεται με την καύση των ατμών αρκετή θερμότητα, ώστε να παραχθούν και άλλοι ατμοί και να συνεχισθεί η καύση. Την θερμοκρασία του καυσίμου, στην οποία είναι δυνατό να συμβεί αυτό, ονομάζεται **σημείο καύσης**.

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα είναι δυνατόν ένα καύσιμο μίγμα να αυτανάφλεγεί, δηλ. να παρουσιάσει καύση χωρίς εξωτερικό αίτιο. Η θερμοκρασία αυτή καλείται **σημείο ή θερμοκρασία αυτανάφλεξης**.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι το σημείο ανάφλεξης δεν επαρκεί για να εξασφαλιστεί η συνέχεια της καύσης.

Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι σημαντική, γιατί αναφέρεται στην ασφάλεια αποθήκευσης.

Για την ασφαλή αποθήκευση στερεών καυσίμων, η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι σημαντικός παράγοντας. Για τα υγρά καύσιμα ενδιαφέρει όμως και το σημείο ανάφλεξης και διακρίνονται τρεις βαθμίδες επικινδυνότητας.

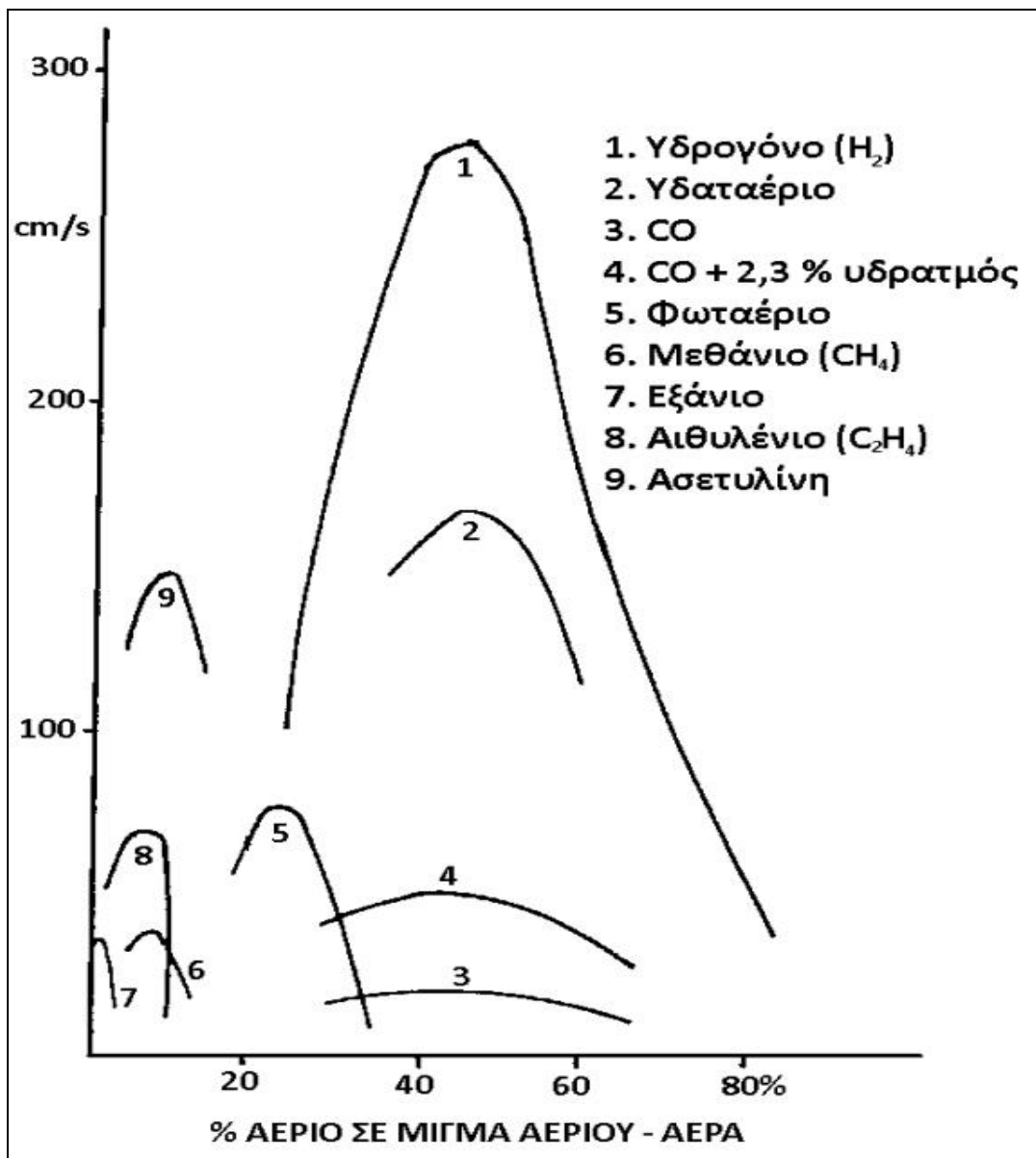
Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σημείου ανάφλεξης και σημείου καύσης, κυμαίνεται από μερικούς  $^{\circ}\text{C}$  (στις βενζίνες π.χ. είναι 2 - 6  $^{\circ}\text{C}$ ) μέχρι μερικές δεκάδες βαθμών.

### 3.3.5. Ταχύτητα Μετάδοσης της Καύσης

Όταν επιτευχθεί η έναυση του καυσίμου, η καύση συνεχίζεται αφ' εαυτής, προχωρώντας μέσα στο μείγμα με ορισμένη ταχύτητα. Η ταχύτητα αυτή, με την οποία προχωρεί το μέτωπο της καύσης μέσα στο καύσιμο μείγμα, ονομάζεται "κανονική ταχύτητα μετάδοσης της καύσης".

Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από τις φυσικό - χημικές ιδιότητες του μείγματος, κυρίως τη θερμογόνο δύναμη ή και τη θερμική αγωγιμότητα του μείγματος, τη διάχυση ενεργοποιημένων τεμαχιδίων (π.χ. ατόμων υδρογόνου), κ.α.

Ειδικά για τα αέρια η ταχύτητα μετάδοσης της καύσης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα του σχήματος 3.11.



**Σχήμα 3.11:** ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (στο μείγμα με τον αέρα) ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΥΣΗΣ.

Η ταχύτητα μετάδοσης της καύσης είναι συνάρτηση της αναλογίας του αέρα στο συνολικό μείγμα καυσίμου αερίου - αέρα, αλλά επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως π.χ. παρουσία ουδέτερων μορίων (π.χ.  $N_2$  και  $CO_2$ ). Για αέριο το οποίο ρέει είναι σημαντική η εξάρτηση και από τον αριθμό Reynolds. άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία του προσαγόμενου αέρα.

Μείωση στην ταχύτητα μετάδοσης της καύσης επιφέρει και η απομάκρυνση από την ευνοϊκή αναλογία καυσίμου αερίου - αέρα, που μπορεί να οδηγήσει μέχρι και σε διακοπή της καύσης.

Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται οι όροι "κατώτερο" και "ανώτερο" όριο έναυσης. Τα όρια αυτά, όπως και οι θερμοκρασίες αυτανάφλεξης, δίνονται για διάφορα αέρια στον παρακάτω πίνακα.

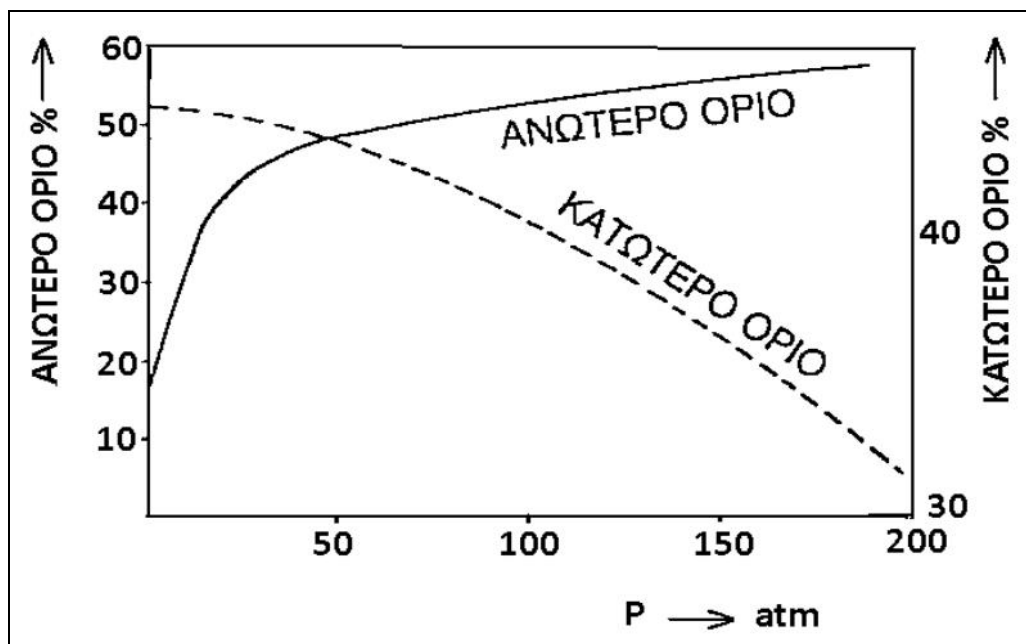


	ΟΡΙΟ ΕΝΑΥΣΗΣ (αέριο % του μείγματος αερίου - αέρα)		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΗΣ °C
	Κατώτερο	Ανώτερο	
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	4,1-10,0	60-80	585
Υδρογόνο με καθαρό O <sub>2</sub>	4,4-11,1	90,8-96,7	585
Μονοξείδιο του άνθρακα (με H <sub>2</sub> O)	12,5-16,7	70-80	650
Μεθάνιο CH <sub>4</sub>	5,3-6,2	11,9-15,4	650-750
Αιθάνιο C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,5-4,2	9,5-10,7	520-630
Πεντάνιο C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1,1-2,4	4,5-5,4	-
Ακετυλένιο C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,5-3,4	46-82	425
Αιθυλένιο C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,3-5,7	13,7-25,6	545
Αλκοόλη C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	2,6-4,0	12,3-13,6	350
Αιθέρας (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	1,6-2,7	6,9-7,7	400
Βενζίνη	1,4-2,4	4,0-5,0	415
Βενζόλη C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,3-2,7	6,3-7,0	570
Λιθάνθρακας			260
Σκόνη λιθάνθρακα			180
Φαιάνθρακα			215
Σκόνη φαιάνθρακα			160

**Πίνακας 3.21:** ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (% του μείγματος) ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΑΥΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Με καταλυτικές επιδράσεις είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά η ταχύτητα μετάδοσης της καύσης. Ακόμη, μεγάλη αύξηση της ταχύτητας της καύσης παρατηρείται όταν προηγηθεί ισχυρή τυρβώδης κίνηση του μείγματος.

Τα όρια της έναυσης επηρεάζονται σημαντικά από την πίεση. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η εξάρτηση των ορίων της έναυσης από την πίεση, για το φυσικό αέριο.



Σχήμα 3.12: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΕΝΑΥΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ

### 3.3.6. Το Φαινόμενο της Καύσης

Κατά τη σύγκρουση μορίων καυσίμου ύλης με μόρια οξυγόνου, μόνο μερικά μόρια, τα οποία διαθέτουν ειδικά αυξημένη ενέργεια, είναι σε θέση να προχωρήσουν σε χημική αντίδραση, δηλαδή σε καύση. Αυτή η έναρξη της αντιδράσεως πιθανόν να είναι σχάση του μορίου σε άτομα ή δημιουργία μιας ρίζας, κατά τρόπον ώστε να μπορούν να προκαλέσουν σειρά αντιδράσεων. Μιλάμε τότε για αλυσίδα αντιδράσεων ή αλυσωτές αντιδράσεις, που προκαλούνται από μία ή περισσότερες αρχικές αντιδράσεις.

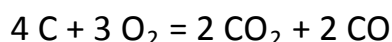
Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου βρεθεί ένα αίτιο, το οποίο θα προκαλέσει διακοπή της αλυσίδας. Γιατί, όπως είναι δυνατόν να "ενεργοποιούνται" τα μόρια, λαμβάνοντας περισσότερη ενέργεια, είναι επίσης δυνατόν να "απενεργοποιούνται", να χάνουν δηλαδή την επιπλέον ενέργεια, όπως συμβαίνει συχνά με την πρόσκρουση επί των τοιχωμάτων του δοχείου.

Πιο πολύπλοκα γίνονται τα πράγματα, όταν κατά την διάρκεια ανάπτυξης μιας αλυσίδας, δημιουργούνται και άλλες, των οποίων τα προϊόντα δημιουργούν νέες αλυσίδες αντιδράσεων και έτσι αυξάνει συνεχώς η ταχύτητα του φαινομένου (μέχρι πιθανώς και την έκρηξη). Αυτός ο ανταγωνισμός της δημιουργίας νέων αλυσωτών αντιδράσεων και τερματισμού άλλων, περιπλέκει εξαιρετικά την εικόνα της έναυσης, της συντηρήσεως της καύσης και της εκρήξεως των αερίων.

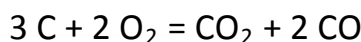
Η δυσκολία του προσδιορισμού των αλυσωτών αντιδράσεων βρίσκεται στον μικρό χρόνο που διατηρούνται, ώστε σπάνια δίνουν ικανοποιητική προσέγγιση οι αναλυτικές μέθοδοι. Πράγματι, στη φλόγα του λύχνου Bunsen, διάφοροι ερευνητές διαπίστωσαν μέσα στον κώνο της φλόγας, την ύπαρξη των ριζών OH, C<sub>2</sub> και CH, στον εξωτερικό δε κώνο μόνο OH. Δεν μπορεί όμως να υπάρχει βεβαιότητα, ότι δεν υπάρχουν και άλλα ενδιάμεσα προϊόντα.

Πολυπλοκότερα γίνονται τα πράγματα με τους υδρογονάνθρακες. Ήδη το μεθάνιο εμφανίζει την ιδιοτροπία να παρουσιάζει σχάση και μετατροπή προς βαρύτερους υδρογονάνθρακες, μεταξύ των οποίων πιθανόν και φορμαλδεΐδη, που αποσυντίθενται με απελευθέρωση υδρογόνου, ώστε τελικά να απομένει ένας σκελετός από άνθρακα, ο οποίος αποτελεί το αίτιο της φωτεινότητας της φλόγας.

Οι ίδιες ασάφειες υπάρχουν και για την καύση του άνθρακα. Δεν υπάρχουν σαφείς απαντήσεις για τα συμβαίνοντα. Φαίνεται, ότι πρωτογενώς παράγεται ένα επιφανειακό οξείδιο ή ένα σύμπλεγμα υπεροξειδίων, το οποίο ύστερα από ελάχιστο χρόνο ζωής διασπάται σε CO και CO<sub>2</sub>. Πιθανότατα είναι μόνον CO ή συγχρόνως CO και CO<sub>2</sub> στην επιφάνεια ή το εσωτερικό του τεμαχιδίου του άνθρακα. Παράγοντες που επηρεάζουν την κατεύθυνση είναι η θερμοκρασία, η σύνθεση των καπναερίων, η συγκέντρωση οξυγόνου, η παρουσία υδρατμών ή ατόμων υδρογόνου. Ειδικά θερμοκρασία μεταξύ 900 και 1200 °C οδηγεί στην αντίδραση:



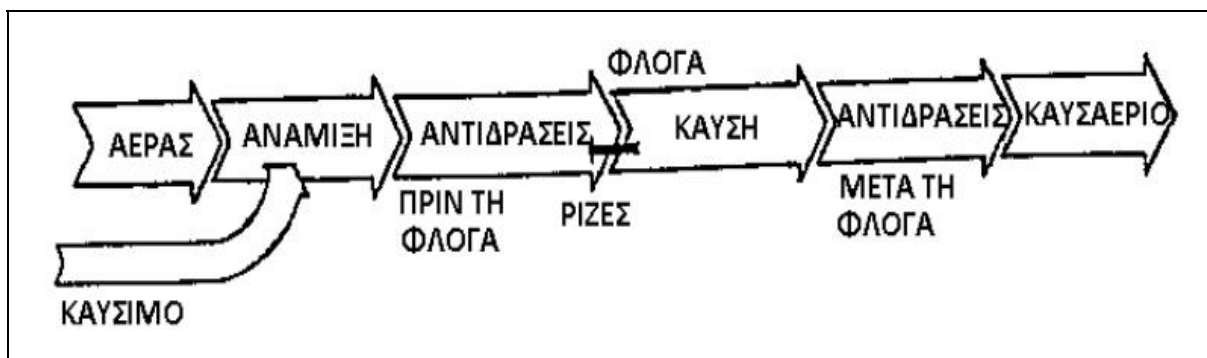
ενώ άνω των 1200 °C η αντίδραση είναι:



Οι αντιδράσεις αυτές γίνονται μέσω ενδιάμεσων παραγώγων, που επηρεάζονται από τους προαναφερθέντες παράγοντες.

### 3.4. ΚΑΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΠΡΟΑΝΑΜΕΙΞΗ

Συνήθως κατά την καύση αερίων έχουμε άριστη (μοριακή) ανάμειξη καυσίμου και οξειδωτικών μέσων. Η φλόγα η οποία προκύπτει ονομάζεται προαναμειγμένη φλόγα και η εξέλιξή της παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

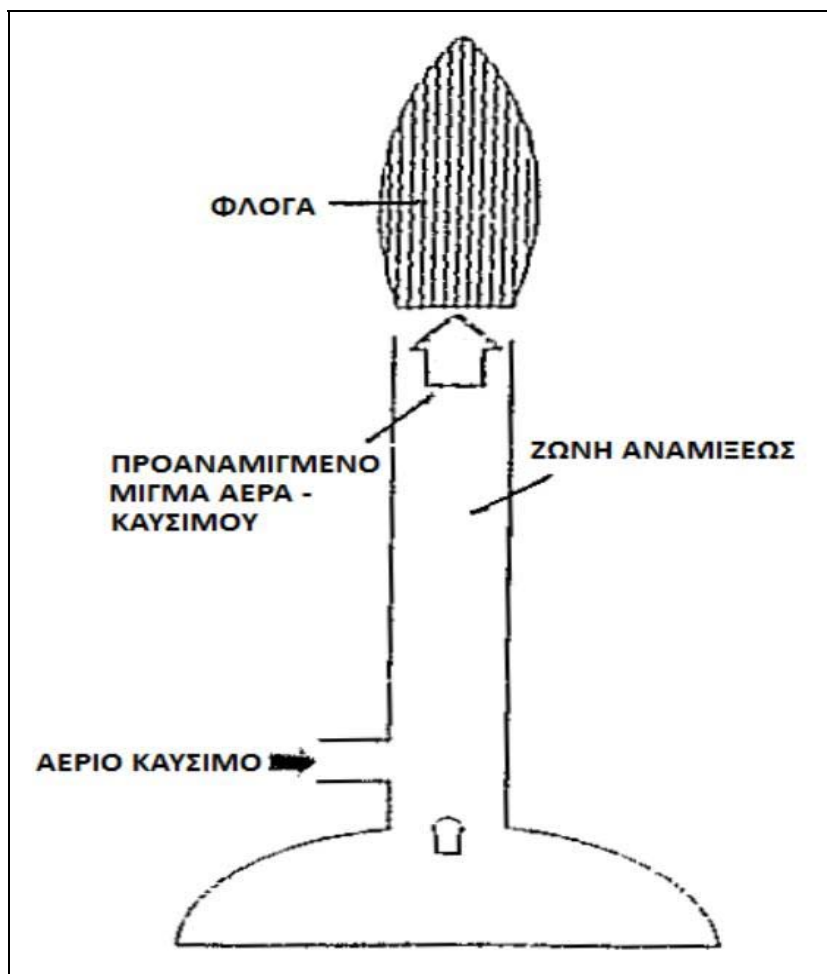


Σχήμα 3.13: ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΦΛΟΓΑΣ ΠΡΟΑΝΑΜΕΙΞΗΣ

Το μείγμα αερίου - καυσίμου υπόκειται σε μια σειρά από χημικές αντιδράσεις. Πρώτα γίνονται οι "αντιδράσεις προ της φλόγας", μετά ακολουθεί η ταχεία οξείδωση (φλόγα), όπου παράγονται τα προϊόντα της καύσης με την απόδοση θερμότητας. Τελικά ακολουθούν οι "αντιδράσεις μετά τη φλόγα".

Το διάγραμμα του σχήματος 3.13 παρουσιάζει τη διαδοχή των αντιδράσεων στον χώρο, όταν γίνεται σε ανοιχτό σύστημα, π.χ. σε σωλήνα, όπου το μείγμα ρέει. Εάν το μείγμα μέσα στον σωλήνα (ή σε δοχείο) είναι ακίνητο, τότε το διάγραμμα παρουσιάζει τη χρονική διαδοχή των αντιδράσεων.

Ένα παράδειγμα της καύσης με ροή και προαναμειγμένη φλόγα, είναι ο εργαστηριακός καυστήρας BUNSEN, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 3.14:** ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ BUNSEN.

Στην περιοχή πριν από την φλόγα, προσδίδεται θερμότητα στο προσαγόμενο καύσιμο. Η μάζα του καυσίμου εδώ είναι μία σειρά από "ενεργές ουσίες", όπως π.χ. ιόντα, άτομα, ρίζες κ.λπ. Οι χημικές αυτές ουσίες οδηγούν σε χημικές αντιδράσεις.

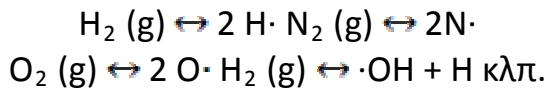
### 3.4.1. Αντιδράσεις Καύσεως

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.14, η φλόγα καλύπτει μόνο μια μικρή περιοχή και για να γίνει ταχεία οξείδωση είναι απαραίτητο το μείγμα να έχει αρχίσει να αντιδρά πριν φθάσει στην περιοχή της φλόγας.

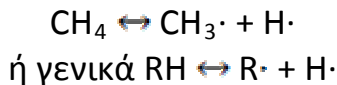
Η αντίδραση καύσης, δηλ. η φλόγα, χαρακτηρίζεται από υψηλή αδιαβατική θερμοκρασία. Σ' αυτή τη θερμοκρασία οι αντιδράσεις αλλά και η μετάδοση θερμότητας και η μεταφορά μάζας εξελίσσονται πολύ γρήγορα και η αποκατάσταση της θερμοδυναμικής ισορροπίας γίνεται άμεσα.

Τα προϊόντα οξείδωσης είναι κυρίως  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ , αλλά λόγω της διασπάσεως εμφανίζονται ακόμη  $\text{CO}$  και  $\text{H}_2$ . Στις υψηλές όμως θερμοκρασίες αρχίζει να εμφανίζεται διάσπαση των μορίων σε άτομα, ρίζες, κ.λπ.

Π.χ.



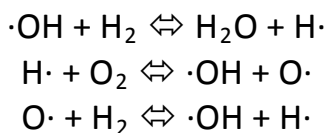
Ιδιαίτερα μερικοί υδρογονάνθρακες δεν οξειδώνονται πλήρως, αλλά διασπώνται σε ρίζες, όπως π.χ.



Οι τελείες-εκθέτες στα άτομα O·, H·, N·, και στις ρίζες OH·, CH<sub>3</sub>·, R· δείχνουν ότι στις υψηλές (αδιαβατικές) θερμοκρασίες της φλόγας, βάσει της κινητικής θεωρίας των αερίων, οι ουσίες αυτές έχουν μεγάλη θερμική ενέργεια, είναι δηλ. "ενεργές ουσίες".

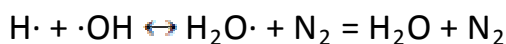
Όπως είναι γνωστό από τη χημική κινητική, τα ενεργά άτομα και οι ρίζες, παρ' ότι βρίσκονται σε μικρές ποσότητες, παίζουν τον κυριότερο ρόλο στην καύση. Η αντίδραση της καύσης δεν γίνεται με κρούσεις των μορίων, όπως π.χ. θεωρήσαμε στο νόμο δράσεως των μαζών, αλλά με **αλυσιδωτές** αντιδράσεις.

Ας πάρουμε σαν παράδειγμα τη καύση του H<sub>2</sub>. Η αντίδραση μπορεί να γίνεται π.χ. κατά το σχήμα:



Παρατηρούμε, ότι από μια υπάρχουσα ρίζα ·OH σχηματίζεται 1 μόριο H<sub>2</sub>O και δύο νέες ρίζες ·OH. Πρόκειται για εκθετική ταχύτητα αντίδρασης, η οποία οδηγεί προφανώς σε έκρηξη (κροτούν αέριο).

Εάν στο μείγμα αντί καθαρού O<sub>2</sub> υπάρχει αέρας, τότε μερικά ενεργά άτομα ή ρίζες συγκρούονται με τα αδρανή μόρια, π.χ. του N<sub>2</sub>, κατά την αντίδραση:



οπότε και η αλυσιδωτή αντίδραση σταματά. Η μέση διάρκεια ζωής του H<sub>2</sub>O· είναι 10<sup>-3</sup> s, δηλ. κατά πολλές τάξεις μεγέθους μικρότερη απ' ότι ο χρόνος μεταξύ δύο κρούσεων σε ιδανικά αέρια. Η ταχύτητα αντίδρασης είναι πολύ μεγάλη (ακαριαία).

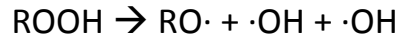
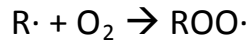
Παρατηρούμε ότι η αντίδραση της καύσης έχει μεγάλη ομοιότητα με την πυρηνική σχάση. Το αδρανές αέριο ενεργεί σαν "επιβραδυντής".

Η αύξηση της θερμοκρασίας στη φλόγα είναι της τάξεως, dT/dx = 10<sup>5</sup> °C/cm. Λόγω της διαφοράς της περιεκτικότητας σε ενεργές ουσίες, υπάρχει και μεταφορά μάζας προς την περιοχή πριν από τη φλόγα, η οποία εξαρτάται από την "κλίση" του πεδίου περιεκτικότητας dC<sub>α</sub> / dx και τον συντελεστή διάχυσης D<sub>α</sub>.

Η μετάδοση θερμότητας και μάζας οδηγούν στις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή πριν από τη φλόγα.

### 3.4.2. Χημικές Αντιδράσεις πριν από τη Φλόγα

Η περιοχή προ της φλόγας, χαρακτηρίζεται από την υψηλή περιεκτικότητα σε οξειδωτικό και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Οι αλυσιδωτές αντιδράσεις πριν από τη φλόγα είναι επομένως οξειδωτικής μορφής, όπως π.χ.

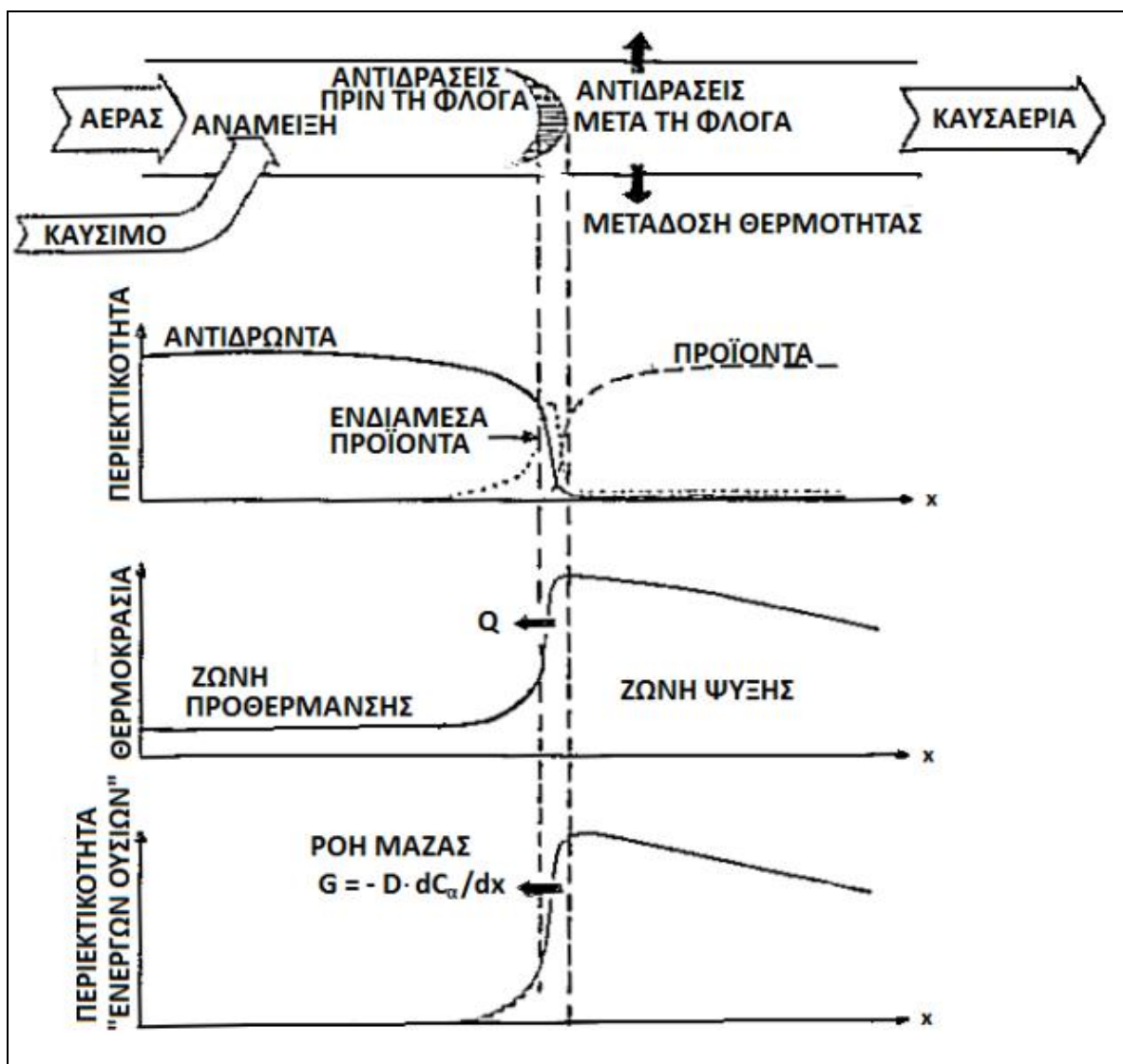


που οδηγούν στην "έναυση" του μείγματος.

Προτού αρχίσει η έναυση, δηλ. η αντίδραση της καύσης παράγονται παραπροϊόντα, όπως π.χ. αλδεΐδες, κετόνες, οξέα κ.ά.

### 3.4.3. Διαδικασία Έναυσης

Η έναυση του προσαγόμενου καυσίμου πραγματοποιείται στη διαχωριστική γραμμή (σχήμα 3.15) μεταξύ φλόγας και περιοχής πριν από τη φλόγα. Σε μόνιμη κατάσταση η έναυση είναι το αποτέλεσμα αλυσιδωτών αντιδράσεων που προέρχονται από τις "ενεργές ουσίες" τις φλόγας.



Σχήμα 3.15: ΚΑΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΑΝΑΜΕΙΞΗ ΣΕ ΜΕΙΓΜΑ ΠΟΥ ΡΕΕΙ ΣΕ ΣΩΛΗΝΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ - ΑΕΡΑ

Προκειμένου όμως να ξεκινήσει μια αντίδραση καύσης, θα πρέπει να γίνει έναυση από μια εξωτερική πηγή ενέργειας π.χ. άλλη φλόγα, σπινθήρα κ.λπ. Η έναυση με ηλεκτρικό σπινθήρα είναι γνωστή από τις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Εκτός από σπινθήρα ή φλόγα, έναυση μπορεί να προέλθει και από διάφορες άλλες αιτίες, όπως κατά την απότομη συμπίεση, σε αρκετά υψηλή πίεση, μείγματος αέρα και υγρού καυσίμου, οπότε η αποδιδόμενη θερμότητα προκαλεί έναυση, όπως π.χ. συμβαίνει στους κινητήρες Diesel. Έναυση μπορεί ακόμη να επιτευχθεί και από την τοπική αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλεί ένα κύμα πίεσης ή από την προσρόφηση καυσίμου επάνω σε "ενεργοποιημένη" επιφάνεια, όπου εξελίσσονται εξώθερμες αντιδράσεις (αυτανάφλεξη).

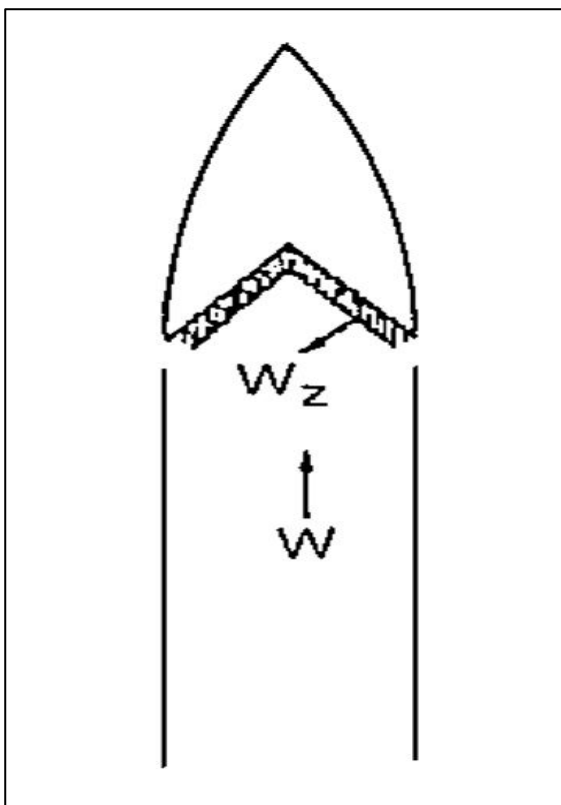
#### 3.4.4. Ταχύτητα Καύσης

Όταν το προαναμειγμένο μείγμα καυσίμου αέρα είναι ακίνητο, η έναυση έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία της φλόγας, η οποία όμως τώρα δεν είναι μόνιμη αλλά κινείται με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα έναυσης στο άκαυστο μείγμα.

Η ταχύτητα έναυσης, αυτή που είναι ίση με την ταχύτητα καύσης, παίζει μεγάλο ρόλο στις μηχανές εσωτερικής καύσης. Η ταχύτητα καύσης ονομάζεται και "κύμα καύσης" και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως π.χ. το είδος του καυσίμου, την αναλογία καυσίμου - αέρα, τη θερμοκρασία και γενικά τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του μείγματος, καθώς και το είδος της ροής (στρωτή, τυρβώδης), που επηρεάζουν τη μετάδοση θερμότητας και τη μεταφορά μάζας.

Η μέτρηση της ταχύτητας καύσης γίνεται εύκολα με τη βοήθεια του καυστήρα Bunsen. Το προαναμειγμένο καύσιμο ρέει μέσα από τον σωλήνα και η ταχύτητα ροής ρυθμίζεται, έτσι ώστε η φλόγα να παραμένει σταθερή.

Η ταχύτητα ροής είναι συνήθως μεγαλύτερη από την ταχύτητα καύσης (στρωτή ροή), γι' αυτό και η φλόγα σχηματίζει έναν κώνο (σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16: ΦΛΟΓΑ ΚΩΝΙΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΣΕ ΣΤΡΩΤΗ ΡΟΗ ΠΡΟΑΝΑΜΕΙΞΗΣ

Όταν ελαττωθεί η ταχύτητα ροής σε βαθμό ώστε η φλόγα να παρουσιάζει την τάση να οπισθοδρομήσει στον σωλήνα, η ταχύτητα ροής  $W$  είναι ίση με την ταχύτητα καύσης  $W_z$ .

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικές ενδεικτικές τιμές της ταχύτητας καύσης αερίων καυσίμων. Οι τιμές αυτές ισχύουν για στρωτή ροή, ατμοσφαιρική πίεση και στοιχειομετρικά μείγματα. Σε μη στοιχειομετρικά μείγματα η ταχύτητα καύσης λαμβάνει διαφορετικές τιμές, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.17. Η ταχύτητα καύσης είναι μέγιστη σε μείγμα με περίσσεια αέρα.

ΜΙΓΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΛΟΓΑΣ (σε °C)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΥΣΗΣ (σε m/s)
$H_2 + O_2$	2500	9 - 11
$CO + O_2(+H_2O)$	2925	0,72 - 1,08
$CH_4 + O_2$	2780	3,3 - 4,0
$H_2 + \text{Αέρας}$	2045	1,8
$CO + \text{Αέρας} (+H_2O)$	2000	0,18
$CH_4 + \text{Αέρας}$	1960	0,3 - 0,37
$C_2H_2 + \text{Αέρας}$	2250	1,45 - 1,7
$C_2H_4 + \text{Αέρας}$	1975	0,6 - 0,64
$C_2H_6 + \text{Αέρας}$	1895	0,4
$C_2H_8 + \text{Αέρας}$	1925	0,4
$C_2H_{10} + \text{Αέρας}$	1895	0,38

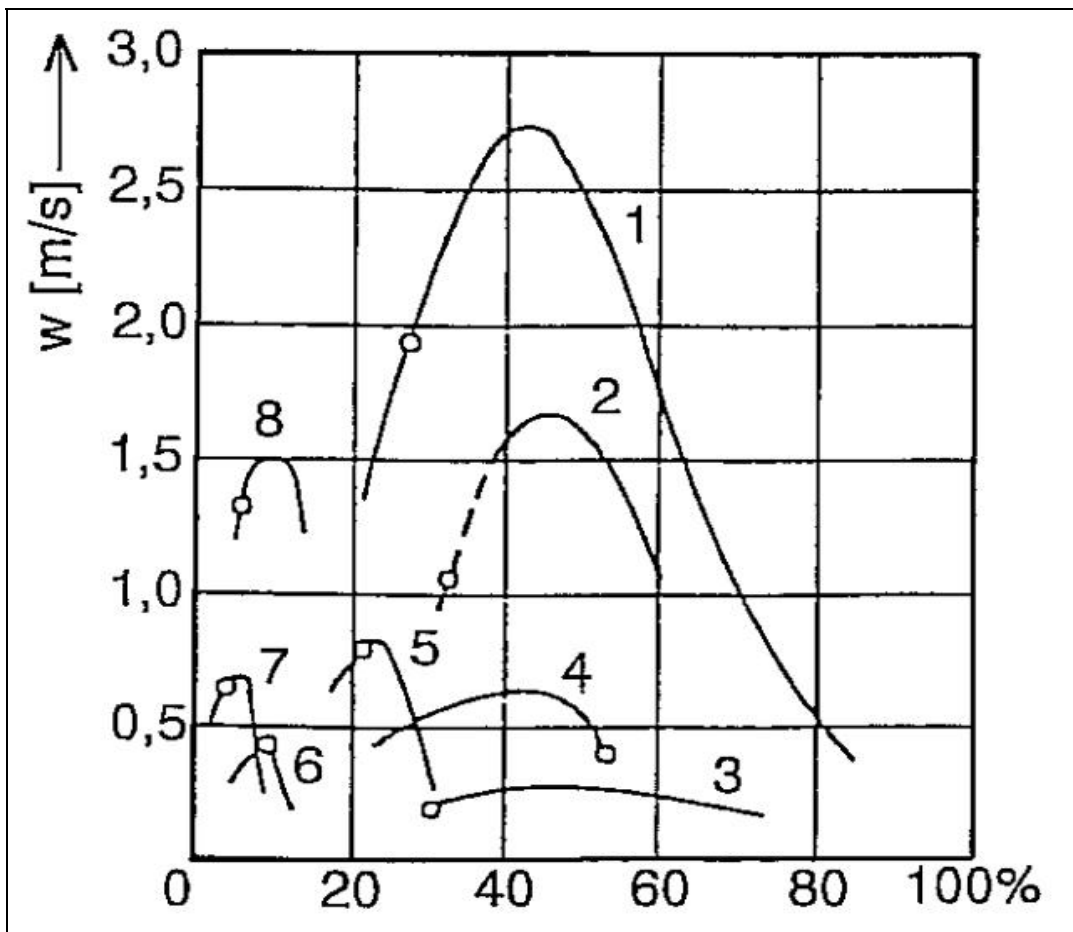
**Πίνακας 3.22:** ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΥΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΣΤΡΩΤΗ ΡΟΗ

Σε τυρβώδη ροή αυξημένη μετάδοση θερμότητας και μάζας έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της ταχύτητας καύσης.

Οι βιομηχανικοί καυστήρες λειτουργούν κυρίως με συνθήκες τυρβώδους ροής. Χωρίς την τυρβώδη ροή θα ήταν π.χ. αδύνατη η κατασκευή πολύστροφων μηχανών. Όσο όμως και να αυξηθεί το τυρβώδες της ροής, η ταχύτητα καύσης δεν μπορεί να αυξηθεί πέρα από ένα όριο και παραμένει πάντοτε μικρότερη από την ταχύτητα του ήχου. Υπάρχουν διεργασίες καύσης, στις οποίες η μετατόπιση της φλόγας γίνεται με υπερηχητική ταχύτητα. Σ' αυτή την περίπτωση ο μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας και μάζας είναι διαφορετικός. Πρόκειται για εκρηκτικό κύμα (Detonation). Η αντίδραση προχωρεί σαν κρουστικό κύμα (Shock - wave), το οποίο κινείται με υπερηχητική ταχύτητα. Η έναυση (με αύξηση της θερμοκρασίας) γίνεται με αδιαβατική συμπίεση.

Σε μείγμα υδρογόνου - οξυγόνου (κροτούν αέριο) η ταχύτητα του εκρηκτικού κύματος είναι 2800 m/s, στο μίγμα  $CO + \frac{1}{2} O_2$  είναι 1750 m/s. Το εκρηκτικό κύμα των εκρηκτικών υλών έχει ταχύτητα 6 - 8 km/s.





- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Υδρογόνο            | 5. Φωταερίου  |
| 2. CO + H <sub>2</sub> | 6. CH <sub>4</sub>  |
| 3. CO                  | 7. C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>                          |
| 4. CO + N <sub>2</sub> | 8. C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , στοιχειομετρική καύση. |

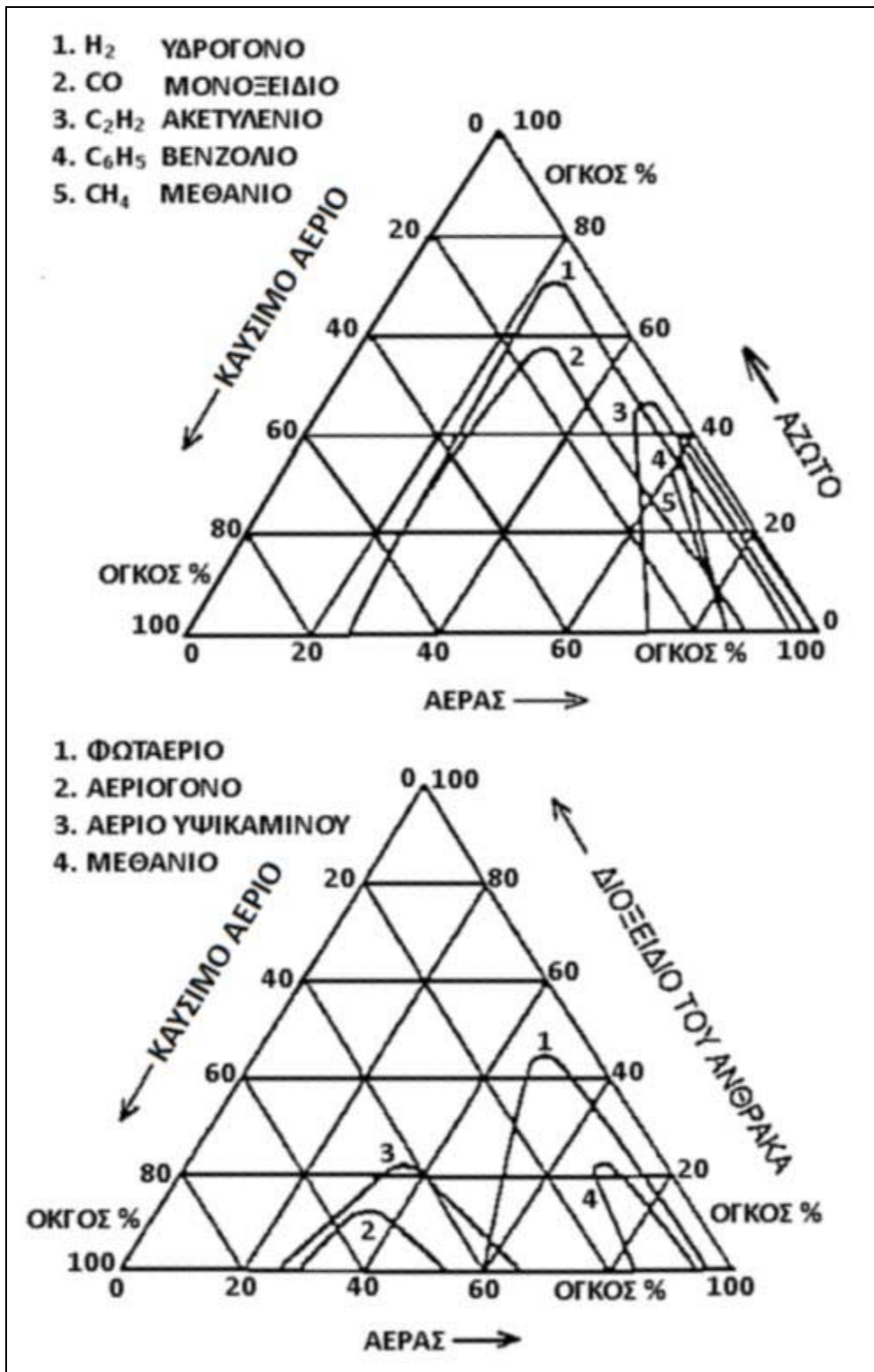
**Σχήμα 3.17:** ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΥΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ.

Σε κλειστούς χώρους, μια καύση που γίνεται σαν έκρηξη (αλυσιδωτή αντίδραση), μπορεί να προχωρήσει και να γίνει σαν εκρηκτικό κύμα, όπως π.χ. κατά τη καύση στους βενζινοκινητήρες. Η αύξηση του όγκου στην αρχή της καύσης συμπιέζει το άκαυστο μείγμα αδιαβατικά, οπότε αυξάνεται πολύ η θερμοκρασία του. Ανάλογα με το καύσιμο και την κατάσταση του μείγματος γίνεται ανάφλεξη. Παράγεται τότε ένα κύμα πίεσης μεγάλου πλάτους και απότομου μετώπου, το οποίο φθάνει στα τοιχώματα του κυλίνδρου και προκαλεί χαρακτηριστικό μεταλλικό θόρυβο.

Σε ανοικτούς χώρους σπάνια δημιουργούνται εκρηκτικά κύματα. Ακόμα και εάν η έναυση γίνει με εκρηκτικό κύμα, η συνέχεια της καύσης γίνεται με χαρακτήρα εκρήξεως (αλυσιδωτή αντίδραση).

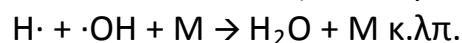
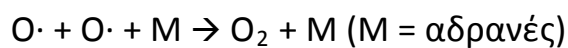
Η παρουσία αδρανών μορίων στο μείγμα καύσης οδηγεί σε διακοπή των αλυσιδωτών αντιδράσεων και επομένως της έναυσης και στη συνέχεια της καύσης. Η περίσσεια ενός συστατικού, ακόμη και καυσίμου ή οξυγόνου, έχει επίδραση ανάλογη με αδρανές αέριο. Όταν η ταχύτητα καύσης γίνει μηδέν, προκύπτει κατώτερο όριο έναυσης (περίσσεια οξυγόνου) ή ανώτερο όριο έναυσης (περίσσεια καυσίμου).

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται τα όρια έναυσης καυσίμων αερίων σε μείγματα αέρα N<sub>2</sub> ή αέρα και CO<sub>2</sub>.



Σχήμα 3.18: ΟΡΙΑ ΕΝΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΜΕΙΓΜΑ ΜΕ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΗ

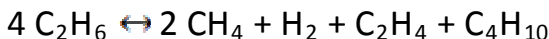
Οι αντιδράσεις μετά τη φλόγα μπορεί να είναι πολλών ειδών, π.χ.:  
 Επανασύνδεση ριζών:



Η οξειδωση μονοξειδίου του άνθρακα, φαίνεται στην εξίσωση:



Οι **πυρόλυσεις** είναι πολύπλοκες αντιδράσεις διασπάσεως ή πολυσυμπυκνώσεως μορίων του καυσίμου. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η πυρόλυση του  $\text{C}_2\text{H}_6$ .



Ο πολυμερισμός μπορεί να προχωρήσει σε βαθμό πολυσυμπυκνώσεως, οπότε παράγονται μεταξύ άλλων και καρκινογόνες ουσίες. Σε πολυσυμπύκνωση οφείλεται και ο σχηματισμός σωματιδίων, που ονομάζονται και πυρήνες καύσεως. Οι διάμετροι των σωματιδίων αυτών είναι τάξεως μεγέθους 0,01 - 0,04  $\mu\text{m}$  και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο. Στην ατμόσφαιρα οι πυρήνες καύσεως συνενώνονται και αποκτούν το τελικό μέγεθος 0,1 - 0,5  $\mu\text{m}$ . Είναι τα σωματίδια που προκαλούν την "θολότητα" της ατμόσφαιρας στις βιομηχανικές περιοχές.

Και στις τρεις περιοχές της καύσεως σχηματίζονται τα οξείδια του αζώτου, πιθανώς κατά τον ακόλουθο μηχανισμό:



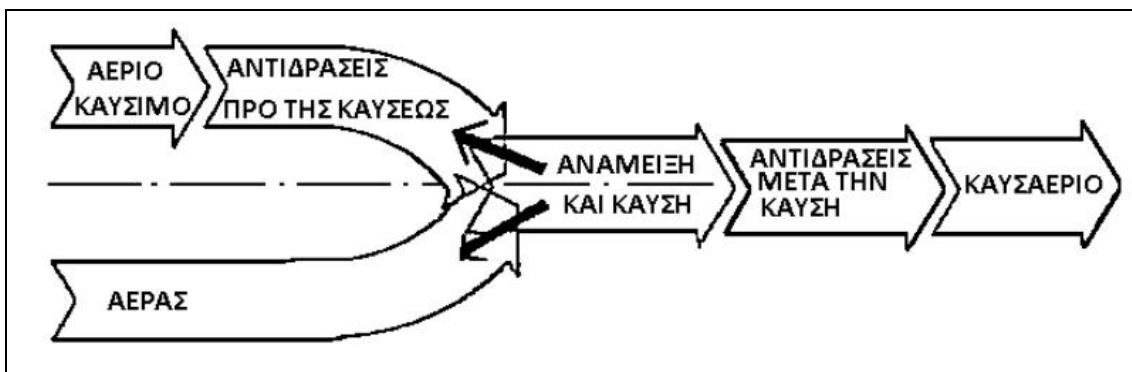
Τα οξείδια του αζώτου οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα και δίνουν ενώσεις του τύπου  $\text{NO}_x$ , που είναι γνωστές σαν ατμοσφαιρικοί ρύποι.

### 3.5. ΚΑΥΣΗ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ

Η καύση προαναμειγμένων καυσίμων αφορά τα αέρια καύσιμα ή υγρά τα οποία εξατμίζονται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η μεθοδολογία αυτή ακολουθείται σε εργαστήρια (π.χ. καυστήρες Bunsen) και τους βενζινοκινητήρες.

#### 3.5.1. Καύση Αερίων με Διάχυση

Στην περίπτωση καύσεως αερίων για θέρμανση, κυρίως για να επιτευχθεί αυξημένη ασφάλεια, συνηθίζεται η ανάμειξη καυσίμου αερίου και αέρα (οξειδωτικού μέσου) να πραγματοποιείται λίγο πριν ή στην περιοχή της καύσης (σχήμα 3.19).



Σχήμα 3.19: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ - ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ ΜΕ ΦΛΟΓΑ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Στην περιοχή πριν από τη φλόγα, οι χημικές αντιδράσεις εξελίσσονται λόγω της θερμοκρασίας, χωρίς την παρουσία του οξειδωτικού μέσου. Έχουν δηλαδή πυρολυτικό χαρακτήρα και παράγονται κυρίως πυρήνες καύσεως.

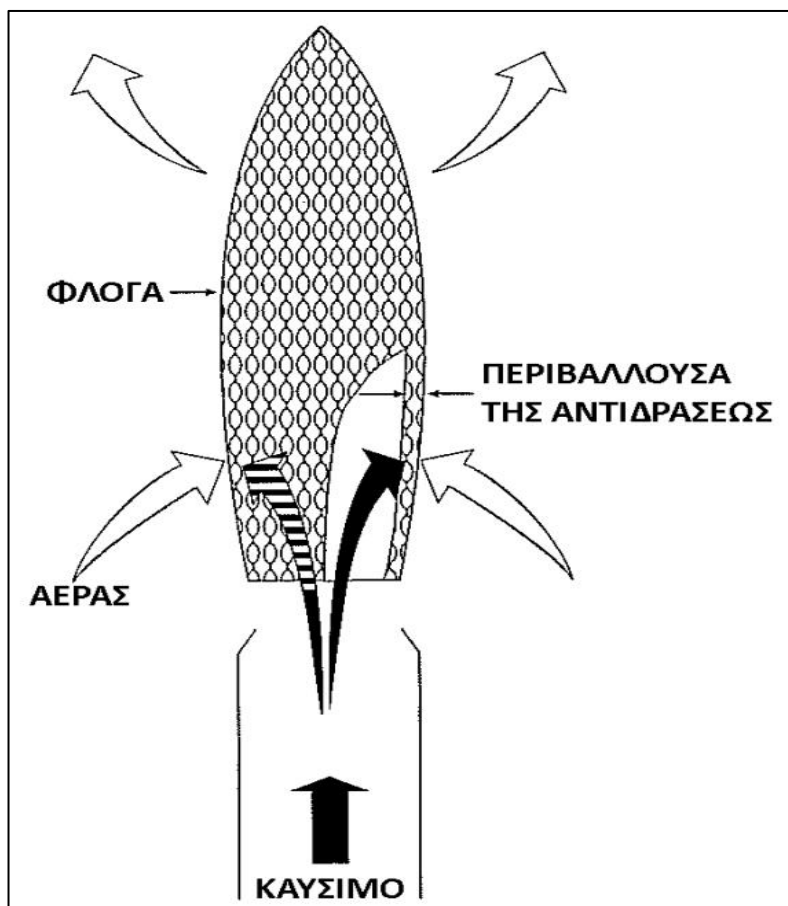
Όταν τα σωματίδια αυτά διέρχονται από την κυρίως περιοχή της καύσεως, πυρακτώνονται και ακτινοβολούν έντονα, πράγμα που επιτυγχάνει την πυρόλυση.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της καύσης με διάχυση, είναι ότι η έναυση της φλόγας καθορίζεται από φυσικές διεργασίες, όπως π.χ. είναι η ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα, που σχετίζεται με τη μορφή της ροής (στρωτή ή τυρβώδης) και τη γεωμετρία της περιοχής της καύσεως.

Καθοριστικό στοιχείο της καλής καύσης είναι η πληρότητα της ανάμειξης. Όταν η ανάμειξη είναι καλή επιτυγχάνεται ικανοποιητική εξέλιξη των πυρολυτικών αντιδράσεων, που οδηγεί σε παραγωγή μαύρου καπνού. Στο σχήμα 3.19 φαίνεται η γραμμική διάταξη των εξελίξεων στον χώρο της καύσης με φλόγα διάχυσης. Το καύσιμο και ο αέρας προσάγονται χωριστά και η ανάμειξη πραγματοποιείται στην περιοχή της φλόγας.

Έχει διαπιστωθεί ότι στις διάφορες περιοχές της φλόγας, είναι διαφορετικές οι αναλογίες καυσίμου - αέρα. Δηλαδή η συνολική αναλογία καυσίμου - αέρα διαφοροποιείται κατά περιοχές, πράγμα που οδηγεί σε διαφορετική εξέλιξη και των αντιδράσεων.

Μια τυπική μορφή της φλόγας διάχυσης, για αέρια καύσιμα, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η φλόγα περιορίζεται μόνο σ' ένα λεπτό στρώμα και οι αντιδράσεις της καύσης εξελίσσονται στο εσωτερικό της. Συμπληρωματική καύση παρατηρείται και επάνω από τη φλόγα, όπου ο θερμός αέρας, λόγω της άνωσης, παρασύρει προϊόντα της καύσης και άκαυστο μείγμα.



Σχήμα 3.20: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΟΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΜΕ ΦΛΟΓΑ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Η φλόγα διάχυσης είναι ασταθής και δεν εξαρτάται από την ταχύτητα ροής του καυσίμου. Ακόμη, δεν υπάρχει κίνδυνος επιστροφής (προς τα πίσω) της φλόγας, μια που δεν υπάρχει οξυγόνο στο σωλήνα προσαγωγής του καυσίμου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται αυξημένη ασφάλεια και γι' αυτό στις οικιακές συσκευές η καύση γίνεται με φλόγα διάχυσης.

### 3.5.2. Καύση Υγρών με Διάχυση

Για να επιτευχθεί η καύση ενός υγρού καυσίμου πρέπει να προηγηθεί εξάτμιση του (ή λεπτότατος διαχωρισμός σε νέφη σταγονιδίων) και ικανοποιητική ανάμειξη με οξειδωτικό μέσο.

Η ταχύτητα εξατμίσεως ή η δημιουργία νέφους σταγονιδίων αυξάνεται, όταν αυξάνει η επιφάνεια του υγρού. Η καύση επιτυγχάνεται και προχωρεί γρήγορα όταν το υγρό διασπάται, με τη βοήθεια κατάλληλων ακροφυσίων, σε μικρά σταγονίδια, μορφής "αεροζόλ", διαμέτρων 100 - 1000  $\mu\text{m}$ .

Η αναγκαία θερμική ενέργεια για την εξάτμιση, εξασφαλίζεται κυρίως από την ακτινοβολία της καύσης, προς την περιοχή διαμόρφωσης των υγρών σταγονιδίων.

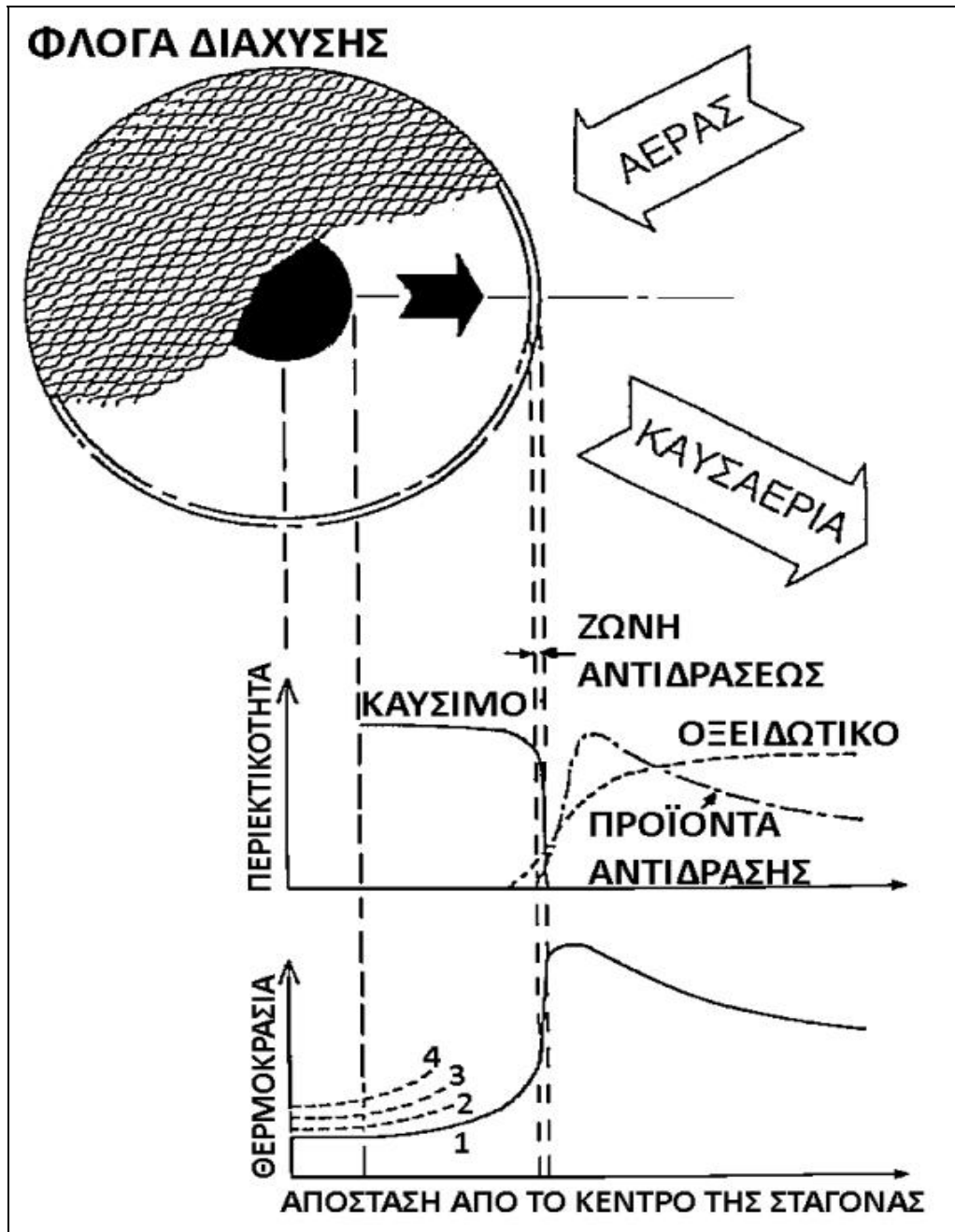
Σε καθαρές ουσίες, η εξάτμιση αρχίζει με μια καθορισμένη τιμή της θερμοκρασίας (σημείο ζέσεως). Σε μείγματα καυσίμων η εξάτμιση είναι συνεχής, γιατί πρώτα εξατμίζονται τα συστατικά με χαμηλό σημείο ζέσεως. Καθώς η εξάτμιση συνεχίζεται, η θερμοκρασία του μείγματος ανέρχεται και μπορεί να φθάσει σε μια τιμή που είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία διάσπασης. Τότε αρχίζουν οι αντιδράσεις πυρόλυσης και μεταξύ άλλων παράγονται οι πυρήνες της καύσης σε μεγάλη ποσότητα, ώστε να φαίνεται σαν αιθάλη (καπνιά).

Αφού το υγρό εξατμισθεί, θα πρέπει ν' αναμιχθεί με το οξειδωτικό για να αρχίσει η καύση. Η ανάμειξη με το  $\text{O}_2$  του αέρα γίνεται μέσω της διάχυσης, η οποία και καθορίζει και την ταχύτητα της καύσης.

Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις, όπου όλα τα σταγονίδια έχουν ήδη εξατμισθεί, προτού αρχίσει η καύση. Σ' αυτή την περίπτωση οι ατμοί μπορούν ν' αναμιχθούν μοριακά με τον αέρα, οπότε η καύση γίνεται με φλόγα προανάμειξης. Μια τέτοια περίπτωση είναι η καύση της βενζίνης στους βενζινοκινητήρες. Σε υγρά με υψηλό σημείο ζέσεως τα σταγονίδια δεν προφταίνουν να εξατμισθούν πριν από την καύση και έτσι έχουμε καύση με φλόγα διάχυσης, όπως π.χ. στους καυστήρες πετρελαίου.

Η διαδικασία της καύσης ενός σταγονιδίου με φλόγα διάχυσης, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το σταγονίδιο (μαύρος κύκλος) περιβάλλεται από ζώνη καύσης που έχει μορφή σφαιρικού στρώματος.

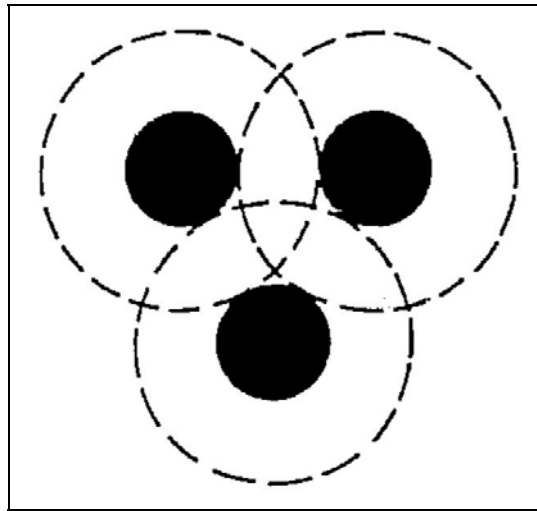
Έξω από την περιοχή της φλόγας εξελίσσονται οι αντιδράσεις πυρόλυσης. Η εξέλιξη της διεργασίας της καύσης καθορίζεται από την ταχύτητα της διάχυσης του  $\text{O}_2$  του αέρα προς τη φλόγα. Στο κάτω μέρος του σχήματος 3.21 έχει γίνει ενδεικτική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας και της αναλογίας των στοιχείων της καύσης (καύσιμο - αέρας).



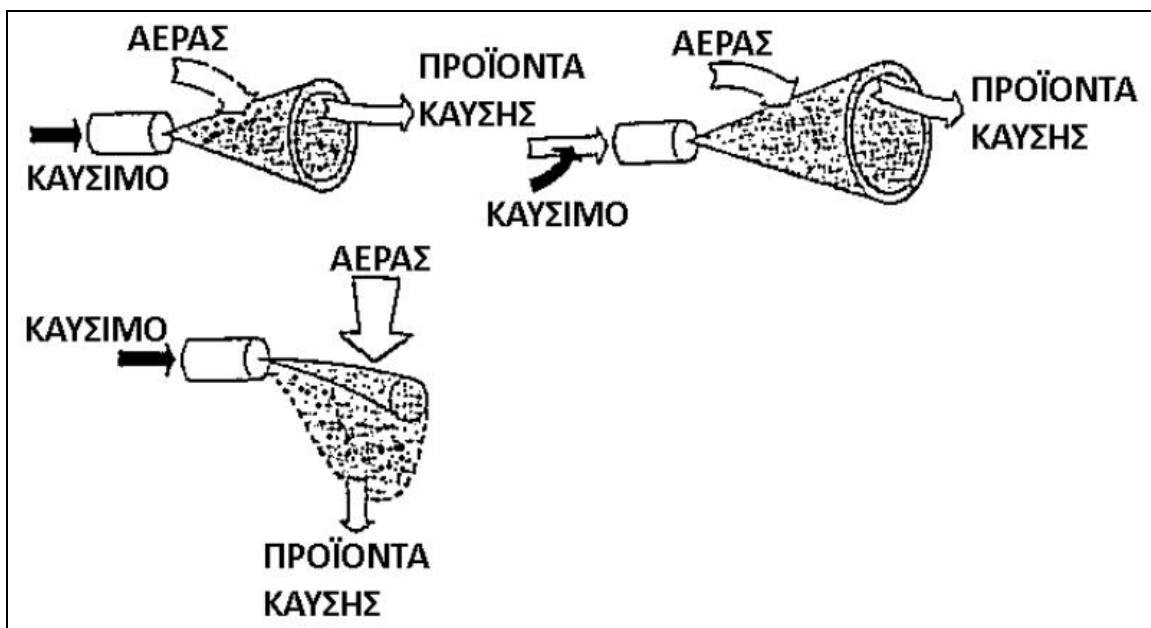
**Σχήμα 3.21:** ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΑΓΟΝΑΣ ΥΓΡΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΦΛΟΓΑ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Στην πραγματικότητα είναι έντονη η αλληλοεπίδραση των καιόμενων σταγονιδίων μεταξύ τους και υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στα οριακά τους στρώματα (σχήμα 3.22).

Στους καυστήρες των λεβήτων, όπου καίγεται το θερμαντικό πετρέλαιο, το καύσιμο προσάγεται με πίεση σ' ένα ακροφύσιο, απ' όπου και εκτοξεύεται στον χώρο της καύσης σε μορφή σταγονιδίων, σχηματίζοντας ένα "κώνο". Ο αέρας της καύσης εισάγεται εφαπτομενικά ή εγκάρσια, ώστε να δημιουργείται ισχυρό τυρβώδες ρεύμα, προκαλώντας έτσι καλή ανάμειξη και γρήγορη καύση. Ο χρόνος διάρκειας της καύσης είναι της τάξεως μερικών δευτερολέπτων (σχήμα 3.23).



Σχήμα 3.22: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

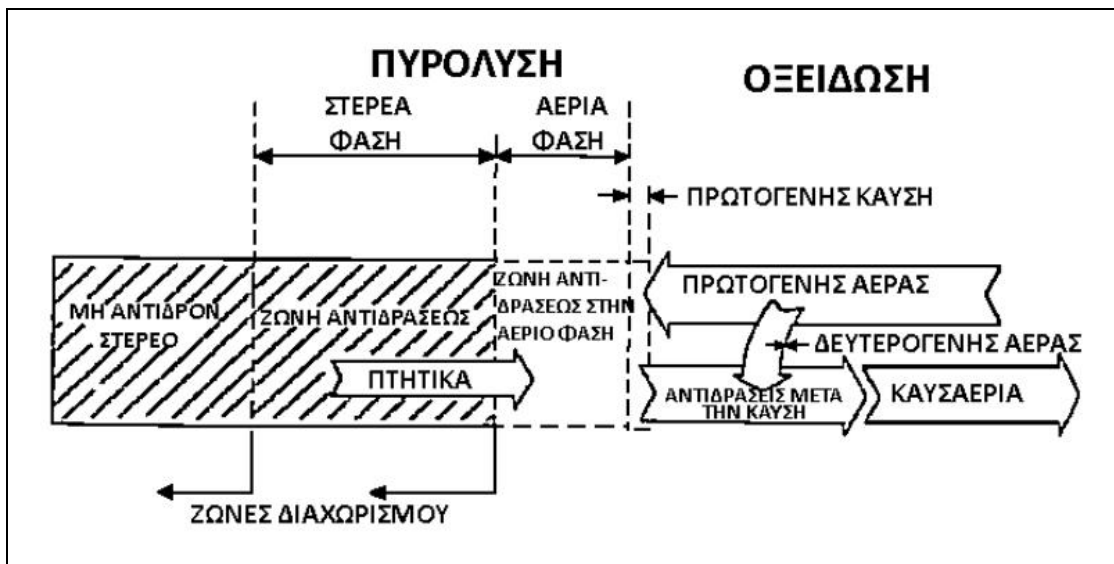


Σχήμα 3.23: "ΚΩΝΟΣ" ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ ΥΓΡΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΣΕ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΛΟΓΑΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

### 3.5.3. Καύση Στερεών με Διάχυση

Η καύση στερεών καυσίμων είναι περισσότερο πολύπλοκο φαινόμενο. Η διαδικασία και η εξέλιξη της καύσης εξαρτώνται από την περιεκτικότητα του στερεού καυσίμου σε πτητικές ουσίες, που περιέχουν άνθρακα. Είναι γνωστό ότι την ποιότητα ενός στερεού καυσίμου χαρακτηρίζει η περιεκτικότητα σε καύσιμα συστατικά, σε σχέση με τα αδρανή (υγρασία και ανόργανη τέφρα). Τα καύσιμα συστατικά διακρίνονται σε πτητικά και μη πτητικά, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.25).

Οι βασικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της καύσης στερεού καυσίμου με φλόγα διάχυσης, εμφανίζονται παραστατικά στο σχήμα (3.24). Το σχήμα αναφέρεται σε καύσιμο που διαθέτει πτητικά και οι αντιδράσεις εξελίσσονται τόσο στην στερεά όσο και στην αέρια φάση.



**Σχήμα 3.24:** ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΦΛΟΓΑ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

Τα πτητικά εξατμίζονται κατά την φάση της πυρόλυσης και σε αέρια φάση αναμιγνύονται με τον αέρα. Η φλόγα διάχυσης σχηματίζεται στον χώρο, όπου το καύσιμο και το οξειδωτικό μέσο σχηματίζουν εύφλεκτο μείγμα, τη ζώνη κύριας καύσης.



**Σχήμα 3.25:** ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ, "ΚΑΘΑΡΟΥ" ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Όπως και στα υγρά καύσιμα, παρατηρείται μια θερμική σύζευξη της φλόγας διάχυσης με τα συστατικά της αέριας φάσεως, που προέρχονται από εξάτμιση και των στοιχείων της στερεάς φάσης. Η περιοχή της αέριας φάσης περιέχει ελάχιστο η καθόλου  $O_2$ . Η θέρμανση της αέριας φάσης οδηγεί σε πυρολυτικές αντιδράσεις και επομένως την δημιουργία πυρήνων καύσεως, οι οποίοι πυρακτώνονται και δημιουργούν την φωτεινή φλόγα, καθώς περνούν από την ζώνη της κύριας καύσης. Η ακτινοβολία της φλόγας θερμαίνει το στερεό καύσιμο. Λόγω της μικρής αγωγιμότητας του στερεού καυσίμου, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιορίζεται μόνο σε μια μικρή επιφανειακή ζώνη, η οποία και πυρακτώνεται.



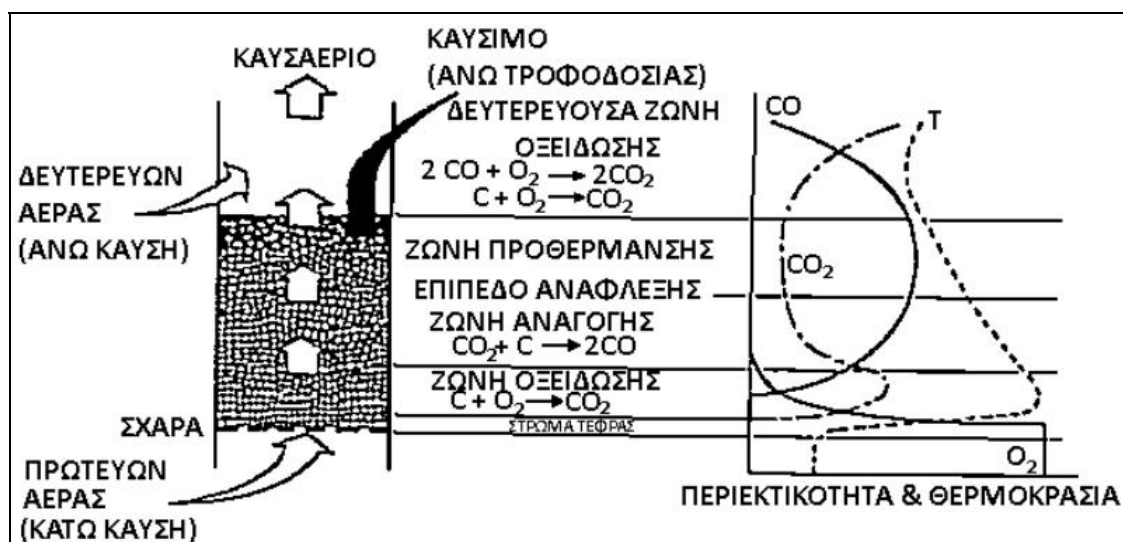
Αφού εξατμιστούν τα πτητικά από την επιφανειακή ζώνη του στερεού καυσίμου αρχίζει πλέον η απ' ευθείας οξείδωση του. Η αντίδραση της καύσης δεν είναι πλέον ομογενής αντίδραση αλλά ετερογενής δηλ. κατά την αντίδραση της καύσης υπάρχουν συγχρόνως η στερεά και η αέρια φάση. Η ταχύτητα αυτής της αντίδρασης καθορίζεται από την ταχύτητα διάχυσης του  $O_2$  προς την επιφάνεια του στερεού καυσίμου.

Η συνολική, λοιπόν, καύση περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: Παραγωγή αερίου καυσίμου λόγω εξατίσεως των πτητικών ουσιών, ανάμειξη των ατμών και του οξειδωτικού και καύση, με κατάληξη την αποπεράτωση της καύσης του στερεού καυσίμου. Εάν το τεμάχιο του στερεού καυσίμου είναι αρκετά μεγάλο, τότε το εσωτερικό του παραμένει ψυχρό. Μετά την αποτέφρωση του επιφανειακού στρώματος και απομάκρυνση της τέφρας, η όλη διεργασία επαναλαμβάνεται, έως ότου η όλη μάζα του στερεού να αποτεφρωθεί.

Στην περίπτωση κατά την οποία το καύσιμο προσάγεται στην εστία με τη μορφή μικρών κόκκων, η καύση γίνεται χωρίς επανάληψη των διαφόρων σταδίων. Η ταχύτητα της καύσης αυξάνεται σημαντικά, εάν οι κόκκοι βρεθούν σε τυρβώδη ροή.

Στις βιομηχανικές εστίες, π.χ., καύση κάρβουνου σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, είναι απαραίτητο το άλεσμα, έτσι ώστε να προκύψουν κόκκοι μικρής διαμέτρου. Στην περίπτωση αυτή η καύση γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και οι διαστάσεις του λέβητα κρατούνται σχετικά μικρές. Κατά την καύση του λιγνίτη πρέπει η ανάμειξη αέρα - λιγνίτη να γίνεται στο χώρο καύσης. Η μεταφορά της σκόνης λιγνίτη γίνεται με καυσαέριο. Αυτό οφείλεται στο ότι ο λιγνίτης σε κονιορτοποιημένη μορφή αυταναφλέγεται.

Σε εστίες λεβήτων μικρής ισχύος (π.χ. λέβητες κεντρικής θέρμανσης), το κάρβουνο προσάγεται σε μεγάλα τεμάχια, οπότε, λόγω των διαφόρων σταδίων που πρέπει να επαναληφθούν έως την τελική καύση όλης της μάζας του στερεού καυσίμου, η ταχύτητα της καύσης είναι σχετικά μικρή. Η προσαγωγή του στερεού καυσίμου γίνεται σε αντιρροή (άνω τροφοδότηση) ή ομορροή (κάτω τροφοδότηση) με τον αέρα της καύσης. Στο σχήμα 3.26 παρουσιάζεται σχηματικά η καύση στρώματος στερεού καυσίμου με "άνω" τροφοδότηση.



Σχήμα 3.26: ΚΑΥΣΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ "ΑΝΩ" ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

Εάν ο αέρας της καύσης ρέει με αρκετά μεγάλη ταχύτητα, από κάτω προς τα επάνω μέσα από το στρώμα του καυσίμου, εξασκεί μία δύναμη επάνω στα τεμάχια του καυσίμου:

$$F = A \cdot c \frac{\rho w^2}{2}$$

όπου:

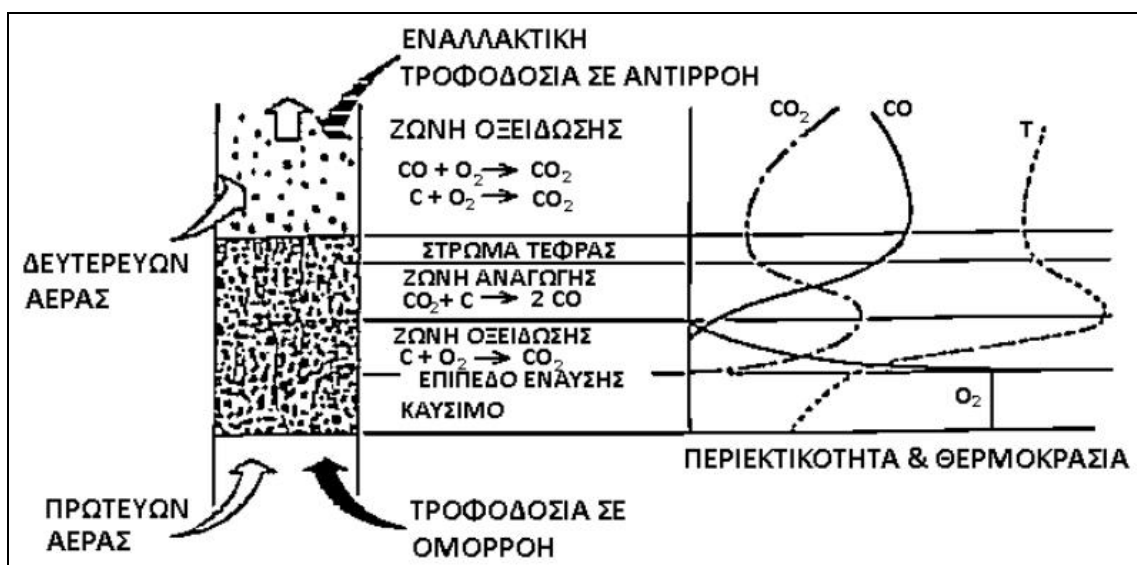
A = διατομή τεμαχίου

c = συντελεστής αντίστασης ροής

$\rho$  = πυκνότητα αερίου

w = ταχύτητα αερίου.

Καθώς η ταχύτητα ροής αυξάνει, αυξάνει και η δύναμη που εξασκείται από το αέριο στα τεμάχια του στερεού καυσίμου. Όταν η δύναμη F γίνει - κατά μέσο όρο - ίση με το βάρος των τεμαχιδίων, τότε το στρώμα έρχεται σε μία ιδιαίτερη κατάσταση και συμπεριφέρεται σαν ρευστό (ρευστοποιημένο στρώμα - fluidized bed). Τα σωματίδια δεν έχουν πλέον μια σταθερή θέση στο στρώμα αλλά μετακινούνται σε ακαθόριστη τροχιά, γύρω από μια μέση θέση. Η διάταξη της καύσης σε ρευστοποιημένο στρώμα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.27.



Σχήμα 3.27: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΣΕ "ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΤΡΩΜΑ".

Ο πρωτογενής αέρας της καύσης πρέπει να συντηρεί την κατάσταση του "ρευστοποιημένου στρώματος". Η ταχύτητα ροής παίζει εδώ ένα κρίσιμο ρόλο. Εάν η ταχύτητα ροής είναι πολύ χαμηλή, το στρώμα "κάθεται" και η καύση γίνεται όπως στην προηγούμενη περίπτωση (σχήμα 3.26). Εάν η ταχύτητα είναι πολύ μεγάλη, ένα μεγάλο μέρος άκαυστου υλικού παρασύρεται με τα καυσαέρια.

Το πρόβλημα της σωστής τιμής ταχύτητας ροής, είναι περισσότερο πολύπλοκο απ' ό τι φαίνεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μέγεθος των σωματιδίων δεν είναι εξ αρχής ομοιόμορφο και κατά τη διάρκεια της καύσης αλλάζει τόσο το βάρος, όσο και το σχήμα τους.

Το καύσιμο μπορεί να προσάγεται εκ των άνω, κάτω ή πλαγίως.

Η τυχαία κίνηση των τεμαχιδίων ευνοεί την καλύτερη διάχυση του  $O_2$  και επομένως τη γρήγορη καύση. Η καύση μπορεί να γίνει με μικρή περίσσεια αέρα (5 %, έναντι 30 % του σταθερού στρώματος). Επιτυγχάνεται οικονομία στα υλικά κατασκευής (μικρότεροι όγκοι), αλλά και αύξηση της θερμοκρασίας με παραγωγή  $NO$ . Η μέθοδος βρίσκεται σε τεχνολογική εξέλιξη.

Με προσθήκη αδρανών υλικών, όπως π.χ. κόκκων άμμου, επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας και δίνεται η δυνατότητα να καούν διαφόρων ειδών απόβλητα.

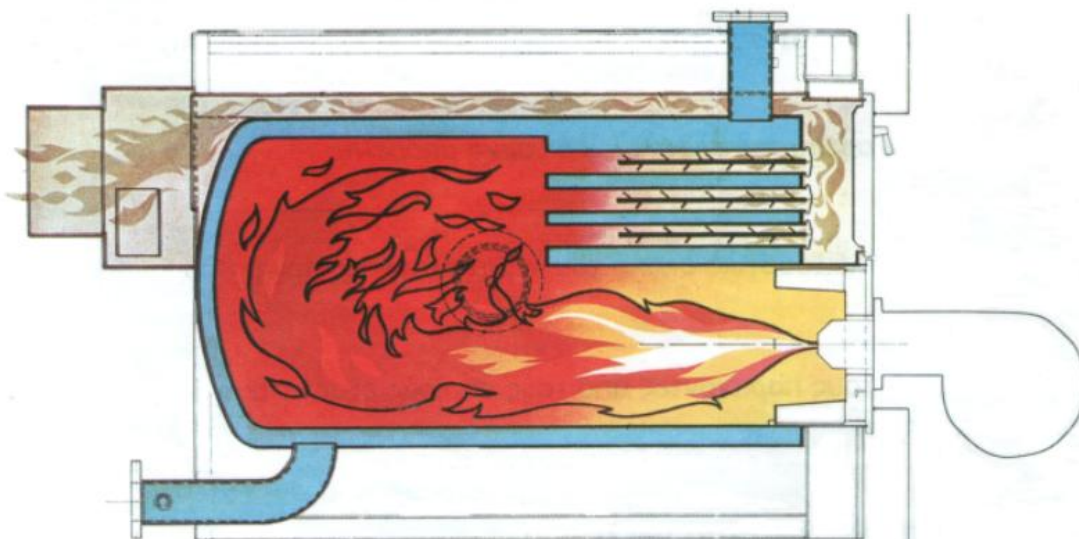
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### «ΛΕΒΗΤΕΣ»

#### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο λέβητας είναι μία από τις συσκευές που μετέχουν στην "παραγωγή" θερμότητας στο χώρο του λεβητοστασίου Κεντρικής Θέρμανσης.

Είναι ένα είδος εναλλάκτη θερμότητας, δηλαδή μια συσκευή στην οποία γίνεται συναλλαγή θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών. Τα δύο ρευστά είναι τα καυσαέρια της εστίας (θερμαντικό μέσο) και ο φορέας θερμότητας της εγκατάστασης (θερμαινόμενο). Τα ρευστά αυτά κυκλοφορούν, χωρίς να αναμιγνύονται, στο εσωτερικό και το εξωτερικό κατάλληλα διαμορφωμένων στοιχείων (αυλοί, κανάλια) και η μεταξύ τους εναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσα από τα τοιχώματα των στοιχείων αυτών. Έχουμε λοιπόν δύο ανεξάρτητα κύκλωμα: το κύκλωμα των καυσαερίων, που είναι "ανοιχτό" και το κύκλωμα του φορέα της θερμότητας (νερό ή ατμός), που είναι "κλειστό".



Σχήμα 4.1: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΜΗΣ ΛΕΒΗΤΑ

Το σχήμα της εικόνας δείχνει την αρχή λειτουργίας. Ο λέβητας ζεστού νερού είναι σαν ιδέα κάτι απλό. Η φλόγα και τα καυσαέρια που παράγονται μέσα στο θάλαμο καύσης, πριν φύγουν από τον καπναγωγό και την καπνοδόχο, ζεσταίνουν το νερό (φορέα της θερμότητας) που κυκλοφορεί.

#### 4.2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία λεβήτων, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, τη μορφή του θαλάμου καύσης και το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, το μέγεθός τους, τη διαδρομή των καυσαερίων, τη διαμόρφωση του υδροθαλάμου, ειδικά κατασκευαστικά και λειτουργικά στοιχεία κ.α.

Ειδικότερα:

- Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους οι λέβητες διακρίνονται σε **χυτοσιδηρούς** (ή μαντεμένιους), **χαλύβδινους** και **διμεταλλικούς**.
- Ανάλογα με το καύσιμο ή τα καύσιμα για τα οποία προορίζονται οι λέβητες, προκύπτει ειδική διαμόρφωση του θαλάμου καύσης, ενώ τα λειτουργικά του στοιχεία επηρεάζονται σημαντικά από το είδος (στερεό, υγρό, αέριο) και τη θερμική απόδοση (θερμογόνος δύναμη του καυσίμου), αλλά και από αναμενόμενα κατάλοιπα της καύσης, την ποσότητα, το είδος και τη θερμοκρασία των καυσαερίων.
- Ανάλογα με τη θερμική τους ισχύ, που βρίσκεται σε σχετική αναλογία και με τις γεωμετρικές τους διαστάσεις, οι λέβητες χωρίζονται σε κατηγορίες. Η θερμική ισχύς του λέβητα καθορίζεται σε kW ή kcal/h. Με κριτήριο την ισχύ, οι λέβητες διακρίνονται σε:
  - α. **Μικρούς** λέβητες, όταν η θερμική ισχύς τους είναι κατώτερη των 60 kW (52.000 kcal/h).
  - β. **Μεσαίους** μεγέθους λέβητες, όταν η θερμική τους ισχύς κυμαίνεται από 60 έως 350 kW (50.000 - 300.000 kcal/h).
  - γ. **Μεγάλους** λέβητες, όταν η θερμική τους ισχύ είναι μεγαλύτερη των 350 kW (300.000 kcal/h).

Σε πολλές περιπτώσεις το "μέγεθος" ή η θερμική ισχύς των λεβήτων, αναφέρεται σε (m<sup>2</sup>) θερμαινόμενης επιφάνειας (επιφάνειας εναλλαγής με το θερμό νερό).

Με αφετηρία τον φορέα της θερμότητας, οι λέβητες διακρίνονται σε λέβητες θερμού νερού υψηλών ή χαμηλών θερμοκρασιών, ατμού χαμηλής πίεσης και ατμού υψηλής πίεσης.

### 4.3. Η ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Η θερμική ισχύς των εναλλακτών εξαρτάται από τρεις παράγοντες, όπως φαίνεται και από τη σχέση της μετάδοσης θερμότητας με αγωγή και συναγωγή (μεταφορά):

$$Q = k \times A \times \Delta t$$

όπου:

Q: η θερμική ισχύς της συναλλαγής (W)

A: η επιφάνεια της εναλλαγής (m<sup>2</sup>)

Δt: η μέση θερμοκρασιακή διαφορά των δύο ρευστών (°C)

k: συντελεστής (W/m<sup>2</sup> °C).

Ο συντελεστής k εξαρτάται από τα είδη των δύο ρευστών, τα χαρακτηριστικά της ροής τους (φορές - ταχύτητες) και τα χαρακτηριστικά του διαχωριστικού τοιχώματος (μορφή - υλικό - πάχος).

Η ανά μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας θερμική ικανότητα ονομάζεται **ειδική φόρτιση** του λέβητα και είναι ένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε κατασκευαστικού τύπου.

## 4.4. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Βαθμός απόδοσης του λέβητα ονομάζεται ο λόγος της αποδιδόμενης ενέργειας προς την προσδιδόμενη.

$$n = \frac{\text{αποδιδόμενη ενέργεια}}{\text{προσδιδόμενη ενέργεια}}$$

Πιο απλά ένας λέβητας έχει απώλειες:

- α. Από την καύση (οι γνωστές απώλειες των καυσαερίων)
- β. Από την ακτινοβολία. Πρόκειται για τις απώλειες των τοιχωμάτων του λέβητα και τις απώλειες από τη θερμοκρασία λειτουργίας.
- γ. Από τα καυσαέρια. Αυτές εξαρτώνται από τη θερμοκρασία τους και το βάρος τους.

Για παράδειγμα αν από ένα καυστήρα καούν 5 κιλά πετρέλαιο με θερμογόνο δύναμη 10600 θερμίδες ανά κιλό, μέσα σ' ένα λέβητα θα έχουμε δημιουργία  $10600 \times 5 = 53.000$  θερμίδες. Επειδή όμως υπάρχουν οι απώλειες του λέβητα, θα αποδοθούν λιγότερες θερμίδες. Ειδικότερα, αν ο βαθμός απόδοσης του λέβητα είναι 90%, οι 53.000 θερμίδες θα γίνουν  $53.000 \times 90/100 = 47.700$ .

Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η απαιτούμενη φόρτιση ενός λέβητα είναι:

$$G = Q \times n \times \Theta.\Delta.$$

όπου:

Q: η ισχύς του λέβητα

n: ο βαθμός απόδοσης του λέβητα

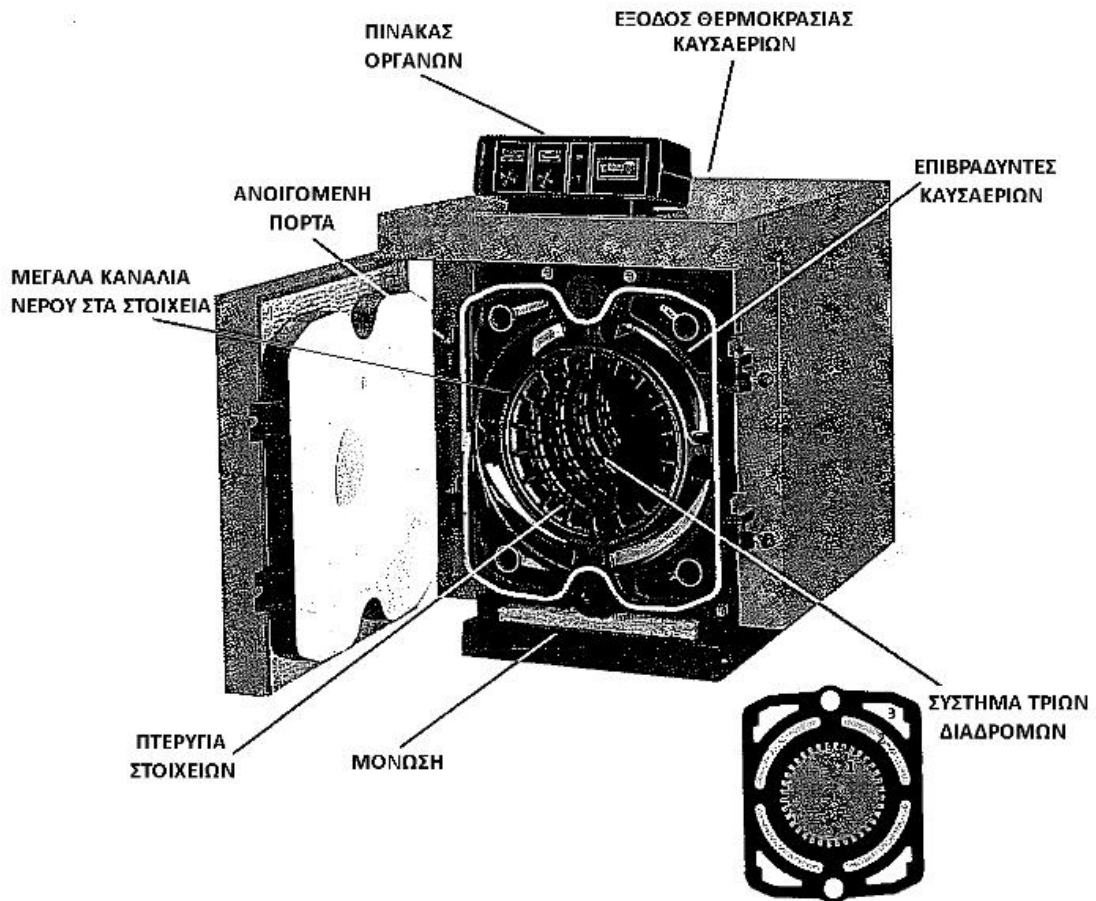
Θ.Δ: η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου.

## 4.5. ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ

### 4.5.1. Χυτοσίδηροι Λέβητες

Οι πρώτοι λέβητες που κατασκευάστηκαν ήταν από χυτοσίδηρο, έκαιγαν στερεά καύσιμα (κάρβουνο) και είχαν λειτουργικό μέσο το νερό. Με τη βελτίωση της ποιότητας των ελασμάτων από χάλυβα, των συγκολλήσεων και γενικά της τεχνολογίας διαμορφώσεως ελασμάτων χάλυβα, φάνηκε προς στιγμήν ότι οι χυτοσίδηροι λέβητες θα υποκατασταθούν πλήρως από τους χαλύβδινους.

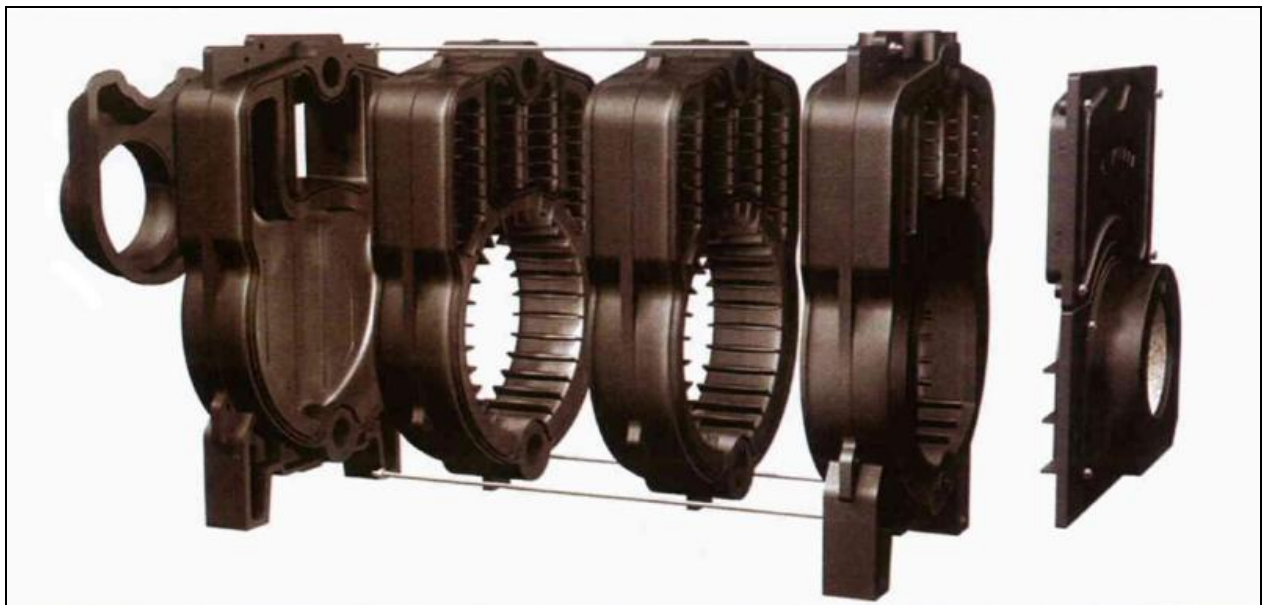
Σήμερα μπορεί να λεχθεί ότι υπάρχει μια σχετική ισορροπία και ένας σκληρός ανταγωνισμός. Οι κατασκευαστές κάθε κατηγορίας, προβάλλουν πλήθος πλεονεκτημάτων των κατασκευών τους και επισημάνουν αδυναμίες της άλλης πλευράς. Η αλήθεια είναι ότι κάθε κατηγορία παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, των οποίων η αξιολόγηση διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου εμφανώς είναι ενδεδειγμένη η χρησιμοποίηση χυτοσιδηρού λέβητα ή αντίστροφα, όπως υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η επιλογή μπορεί να αφεθεί στις υποκειμενικές προτιμήσεις του μελετητή ή του χρήστη.



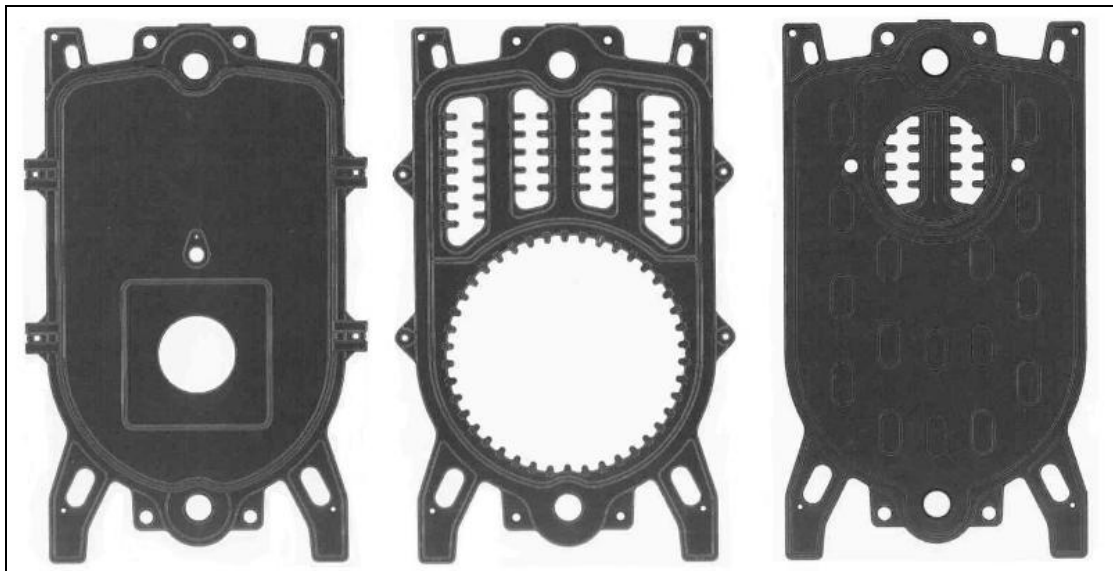
Εικόνα 4.1: ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΠΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ (ΜΑΝΤΕΜΕΝΙΟΣ)

Τα κύρια **πλεονεκτήματα** τα οποία προβάλλουν οι κατασκευαστές χυτοσιδηρών λεβήτων, είναι:

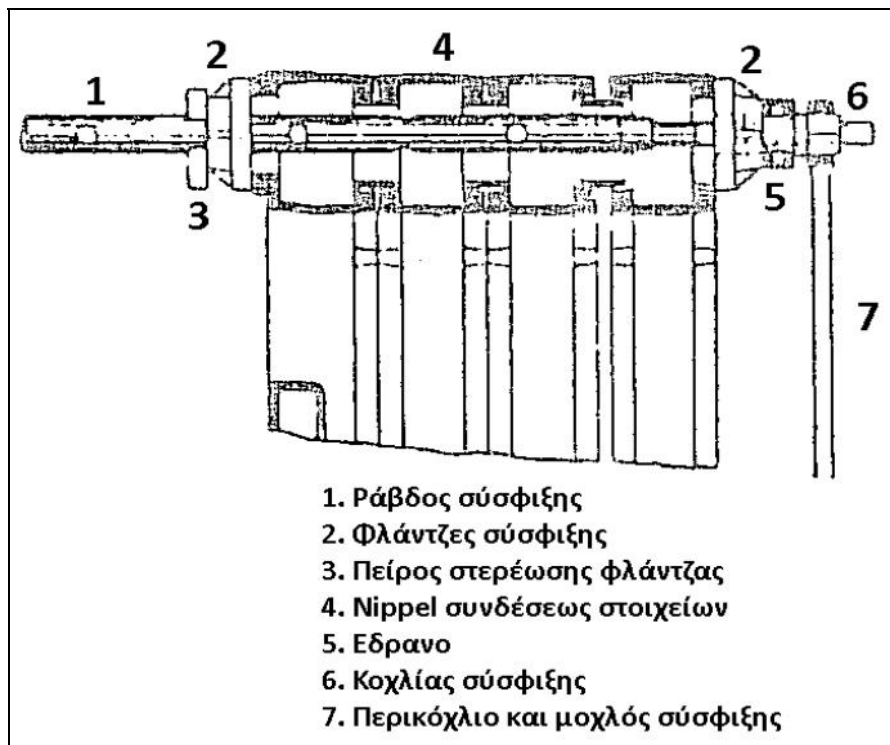
- Υψηλή αντοχή στη διάβρωση, με συνακόλουθο μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Συγκροτούνται από απλά στοιχεία, των οποίων η συναρμολόγηση μπορεί να γίνει μέσα στο λεβητοστάσιο. Με τον τρόπο αυτό απλοποιούνται σημαντικά τα προβλήματα μεταφοράς και διαδρομής μέχρι την τελική θέση που θα εγκατασταθούν.



Εικόνα 4.2: ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΛΕΒΗΤΑ



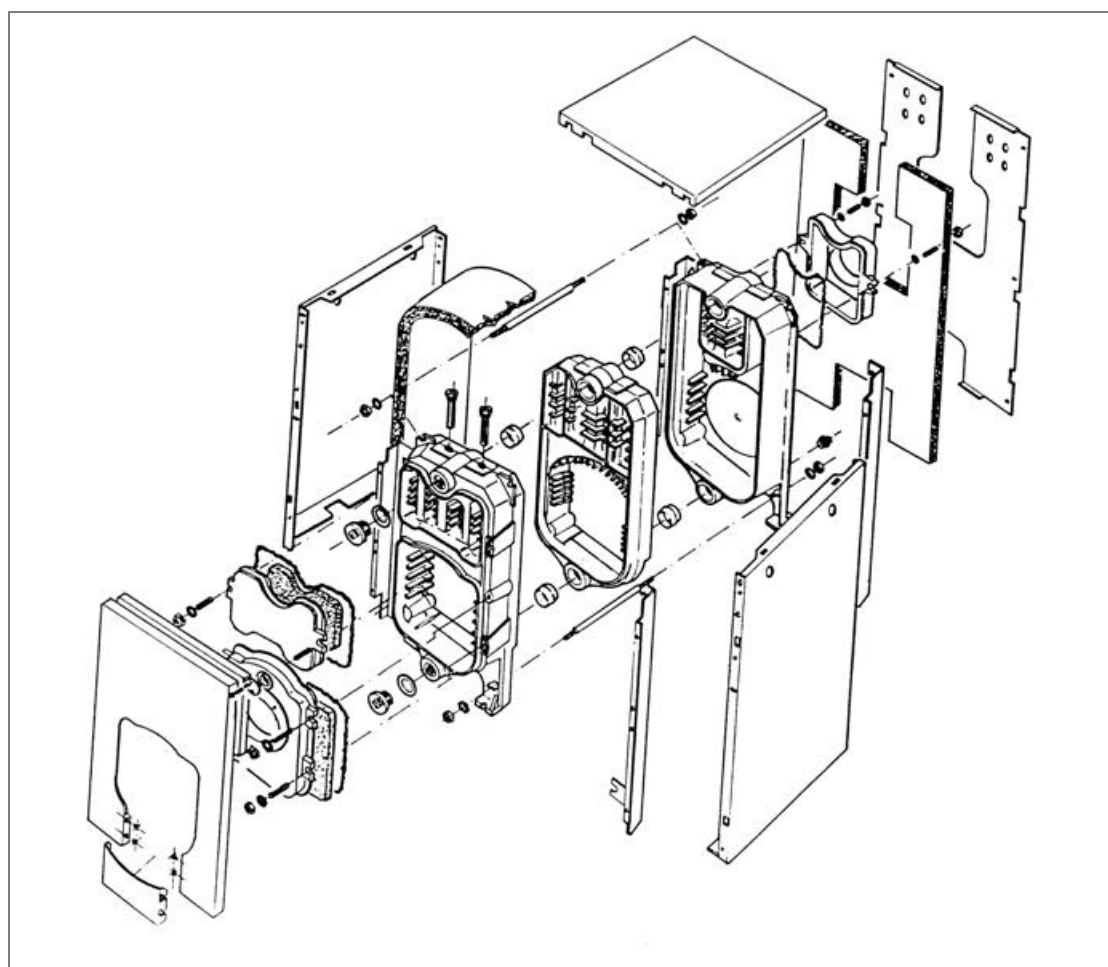
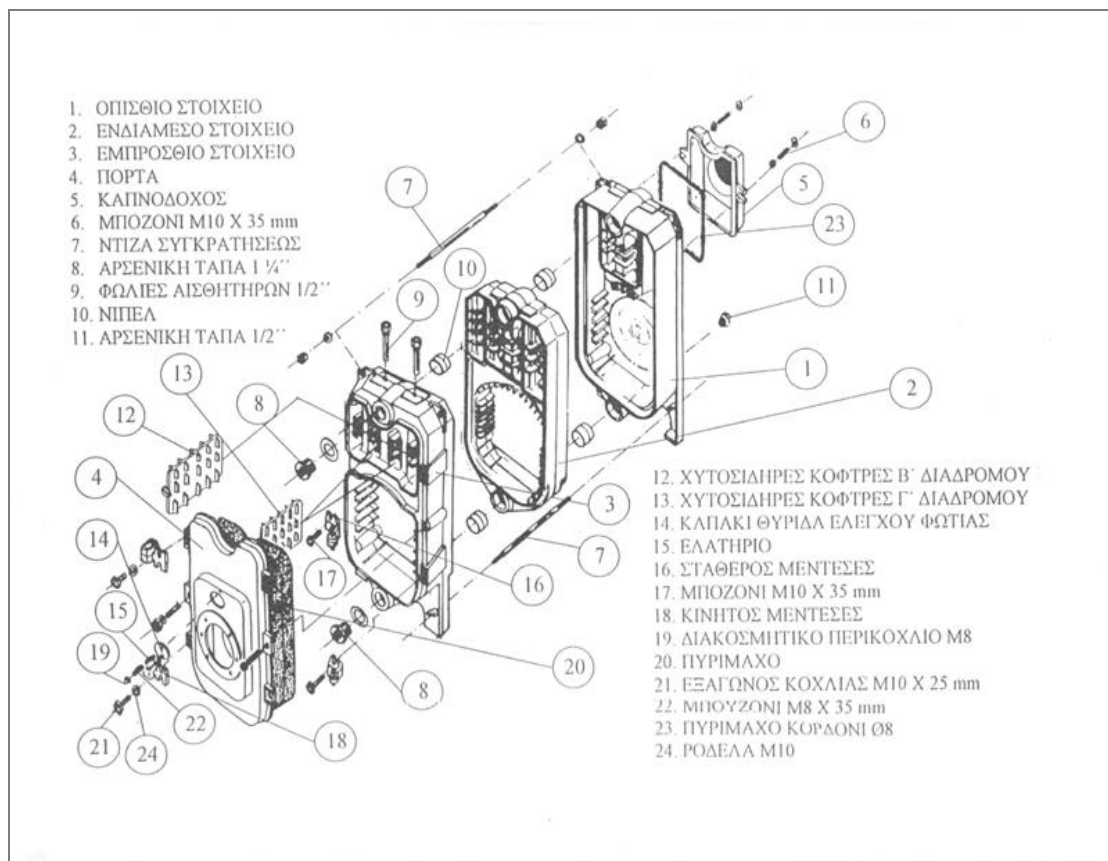
**Εικόνα 4.3:** ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΛΕΒΗΤΑ



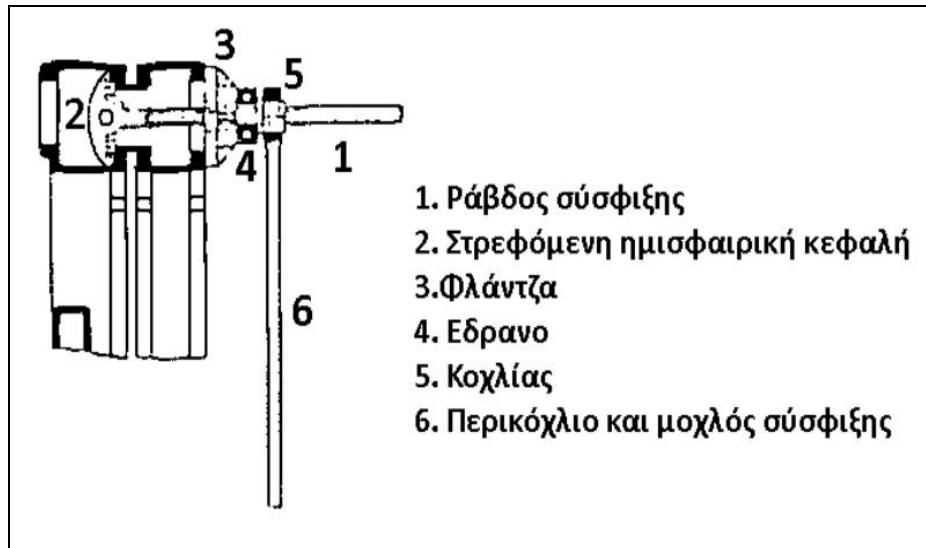
**Σχήμα 4.2:** ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Το σημαντικότερο και συχνότερο εμφανιζόμενο πρόβλημα όμως, είναι η μεταφορά του λέβητα μέσα στο λεβητοστάσιο. Οι διαθέσιμες διαδρομές (διάδρομος, ανοίγματα κ.λπ.), είναι συνήθως ανεπαρκών διαστάσεων, ακόμη και όταν μοναδικό πρόβλημα είναι ο όγκος και όχι το βάρος. Ακόμη όμως και στις περιπτώσεις που θα μεταφερθεί ο λέβητας στον χώρο του λεβητοστασίου πριν χτιστούν οι τελικοί τοίχοι (στα "μπετά"), παραμένει το πρόβλημα στην περίπτωση που χρειαστεί επισκευή ή αντικατάσταση του λέβητα.





Σχήμα 4.3 και 4.4: ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΛΕΒΗΤΑ



Σχήμα 4.5: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΛΥΟΜΕΝΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Αυτός είναι ο κύριος λόγος που προτιμούνται γενικά οι λυόμενοι λέβητες, τουλάχιστον σε λεβητοστάσια αστικών κτιρίων.

- Επιτρέπουν την αντικατάσταση φθαρμένων ή κατεστραμμένων τμημάτων, με σχετικά εύκολο τρόπο.
- Επιτρέπουν αμείωση (εντός ορίων) της θερμικής τους ισχύος, με τη προσθήκη (ή αφαίρεση) όμοιων στοιχείων.

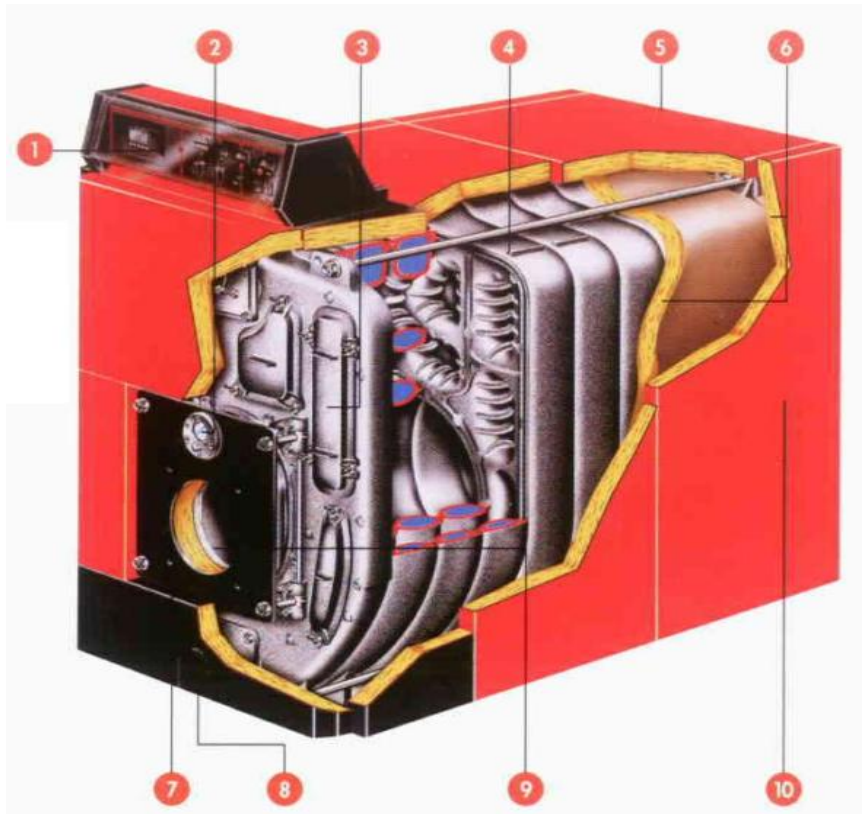
Εκτός από τα κύρια πλεονεκτήματα των χυτοσιδηρών λεβήτων, έχουμε και τα κύρια **μειονεκτήματά** τους, τα οποία είναι:

- Η σχετική υψηλή τιμή που προκύπτει τόσο από τη μέθοδο κατασκευής τους, όσο και από την αυξημένη ποσότητα σιδήρου ο οποίος απαιτείται για την κατασκευή τους.
- Το αυξημένο βάρος τους, σε σύγκριση με χαλύβδινους λέβητες της ίδιας θερμικής ισχύος.
- Η ευθραυστότητα των στοιχείων της (ευπάθεια στις κρούσεις και τις απότομες τοπικές θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις).
- Η αδυναμία επισκευής τεμαχίων που παρουσιάζουν διαρροή, γιατί δεν είναι δυνατή η προσθήκη υλικών ή τεμαχίων με συγκόλληση. Κάθε φθαρμένο στοιχείο πρέπει να αντικατασταθεί με νέο, ακριβώς όμοιο.

Μεγάλη εταιρία χυτοσιδηρών λεβήτων π.χ. η "Buderus", αναφερόμενη στα πλεονεκτήματα των χυτοσιδηρών λεβήτων, έναντι των χαλύβδινων, αναφέρει:

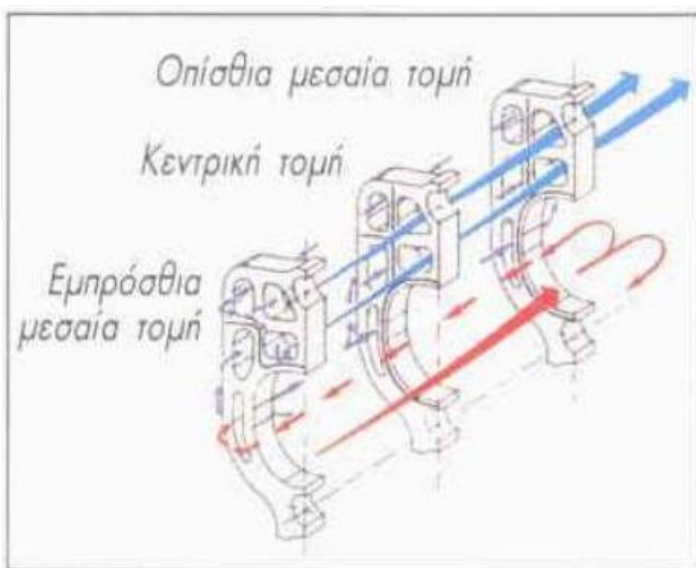
**α) Έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις διαβρώσεις χημικών ουσιών**

Από παλαιά είναι γνωστή η μεγάλη ανθεκτικότητα του χυτοσιδήρου, σε αντίθεση με τον χάλυβα, στις διαβρώσεις διαφόρων χημικών ενώσεων. Τούτο οφείλεται κυρίως στο επιφανειακό στρώμα χυτοσιδήρου που σχηματίζεται κατά τη χύτευση. Το στρώμα αυτό, εφόσον παραμένει ακατέργαστο, έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πυρίτιο (Si), στο οποίο και οφείλει την πολύ μεγάλη του ανθεκτικότητα στις προσβολές των διαφόρων χημικών ενώσεων.



**Σχήμα 4.6:** ΜΑΝΤΕΜΕΝΙΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, 5 ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

**1.** Πίνακας ελέγχου με οθόνη για τις ρυθμίσεις του λέβητα **2.** Οπή παρακολούθησης του θαλάμου και μέτρησης πίεσης **3.** Οριζόντιες θυρίδες καθαρισμού και πρόσβαση στο πίσω μέρος στις επιφάνειες εναλλαγής **4.** Στοιχεία λέβητα από χυτοσίδηρο **5.** Συγκολλημένες φλάντζες επιστροφής εξόδου PN 16 - Φ 125 **6.** 2 × 50 mm μόνωση και κάλυμμα **7.** Μονωμένη πόρτα καυστήρα **8.** Τάπα διαμέτρου 60 × 60 για αποστράγγιση λάσπης **9.** Μόνωση πόρτας : 10 mm κεραμικό υλικό και 55 mm υαλοβάμβακα **10.** Χαλύβδινο κάλυμμα



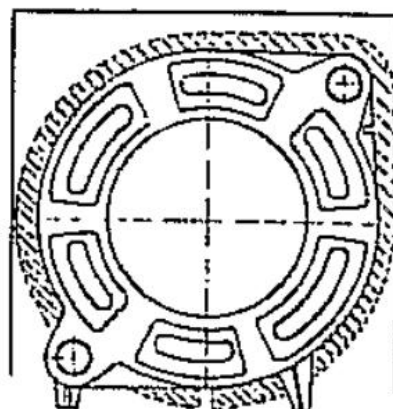
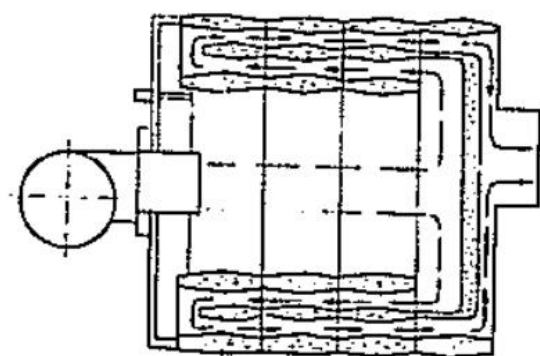
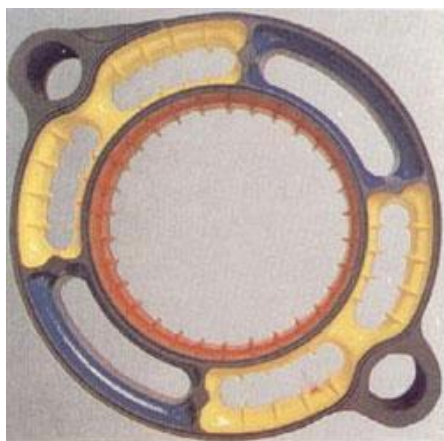
**Σχήμα 4.7:** ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



**Σχήμα 4.8:** ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι ενώσεις αυτές (ενώσεις θείου, αζώτου καθώς και διάφορα άλατα), σχηματίζονται κατά την υγροποίηση των καυσαερίων, είτε εντός του λέβητα, όταν λειτουργεί σε χαμηλές (οικονομικές) θερμοκρασίες, είτε εκτός, από τις υγροποιήσεις ακατάλληλων καπνοδόχων (παλαιές κατασκευές μεγάλων διαστάσεων, χωρίς μόνωση κ.λπ.). Οι ενώσεις αυτές προκαλούν σημαντικές διαβρώσεις σε πολλά σημεία του λέβητα και κυρίως στις πολλές κολλήσεις των χαλύβδινων λεβήτων, με αποτέλεσμα τη ραγδαία συντόμευση της ζωής τους.

Ούτε και οι ανοξειδωτοι θάλαμοι μερικών χαλύβδινων λεβήτων παρέχουν επαρκή προστασία στο σύνολο του λέβητα. Δεν προστατεύουν τις κολλήσεις και το πίσω μέρος του λέβητα. Χημικές ενώσεις όπως τριχλωραιθυλένιο, τετραχλωραιθυλένιο, οξείδια του θείου, διάφορα σπρέι με θειούχα και χλωριούχα οξείδια του άνθρακα κ.λπ., που αποβάλλονται σε περιοχές όπου ευρίσκονται σχετικά εργοστάσια, βιοτεχνίες, κομμωτήρια κ.λπ., προσβάλλουν και τον ανοξειδωτο χάλυβα.

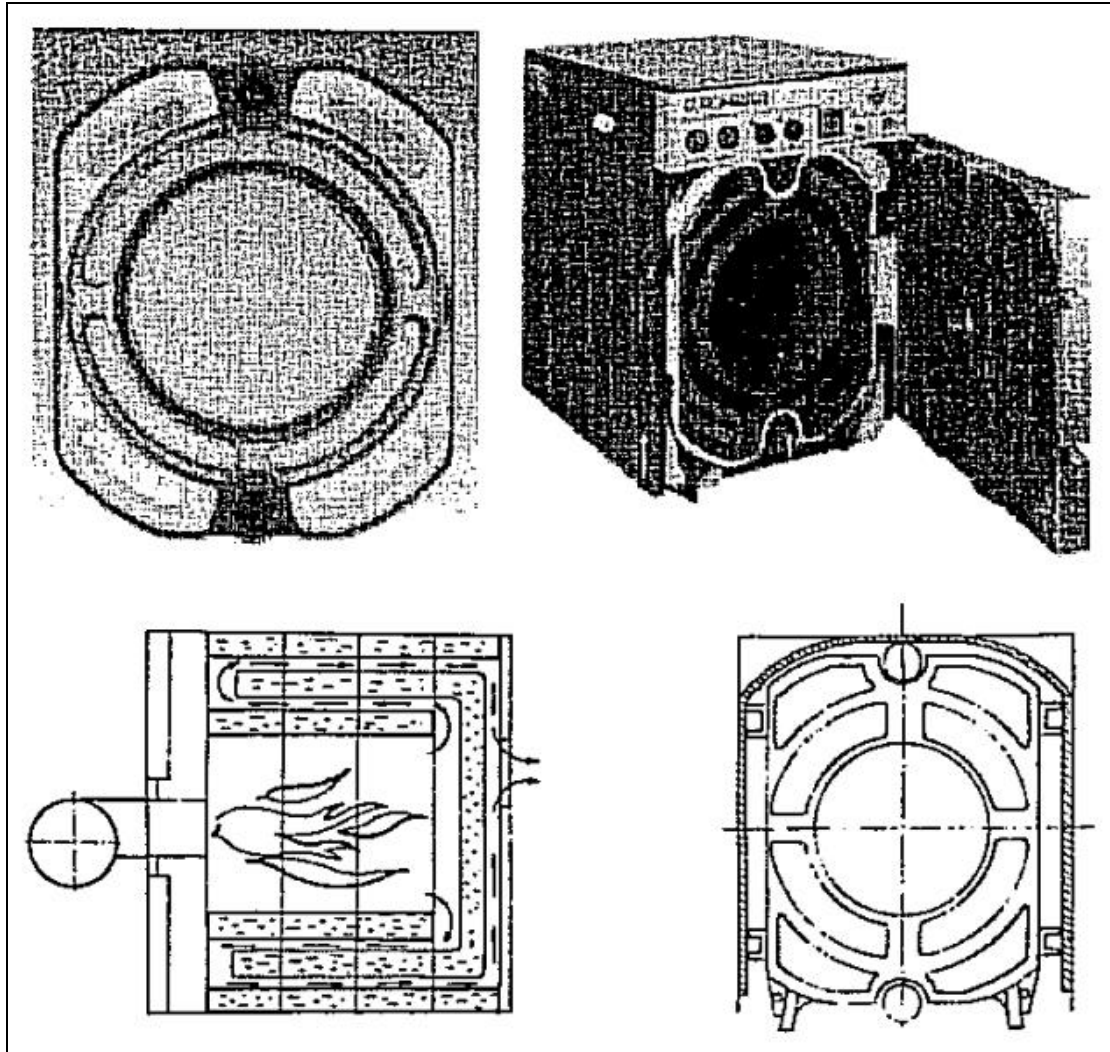


**Σχήμα 4.9:** ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΠΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ, ΕΤΟΙΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΟΜΕΣ ΤΟΥ.

Αποτελείται από κυκλικά στοιχεία και διαθέτει θάλαμο καύσης με πτερύγια για την αύξηση της θερμαινόμενης επιφάνειας. Διαθέτει στροβιλιστές στη 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> διαδρομή, με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας των καυσαερίων και την καλύτερη μετάδοση θερμότητας από τα καυσαέρια στο νερό. Η θερμική ισχύς του κυμαίνεται από 20.000 kcal/h μέχρι 100.000 kcal/h.

### **β) Σωστή διαμόρφωση του θαλάμου καύσης**

Ο χυτοσίδηρος (μαντέμι) επιτρέπει, σε αντίθεση με τον χάλυβα, τη διαμόρφωση του εσωτερικού χώρου της καύσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις της θερμοδυναμικής. Καθιστά επίσης δυνατή την κατασκευή του λέβητα σε στοιχεία (φέτες) συναρμολογούμενα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται κλιμάκωση των θερμικών αποδόσεων, αντίστοιχη των θερμικών απαιτήσεων (αύξηση των θερμικών αποδόσεων με την προσθήκη νέων στοιχείων). Σε σπάνιες περιπτώσεις φθοράς, δεν αχρηστεύεται ολόκληρος ο λέβητας. Αλλάζει μόνο το φθαρμένο στοιχείο.



**Σχήμα 4.10:** ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΠΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ, ΕΤΟΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Είναι υπερπρεστικός λέβητας, τριών πλήρων διαδρομών. Διαθέτει στροβιλιστές στη 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> διαδρομή καυσαερίων. Επιτυγχάνει υψηλό βαθμό απόδοσης, χαμηλή στάθμη θορύβου, πλήρη καύση πετρελαίου χωρίς αιθάλη και χαμηλή εκπομπή οξειδίων του αζώτου. Η θερμική ισχύς του κυμαίνεται από 90.000 kcal/h μέχρι 285.000 kcal/h.

### **γ) Εύκολη μεταφορά και τοποθέτηση**

Οι χυτοσιδηροί λέβητες μεταφέρονται εύκολα σε στοιχεία και τοποθετούνται επίσης πολύ εύκολα και στα πιο δύσκολα λεβητοστάσια, γιατί μπορούν να συναρμολογηθούν επί τόπου.

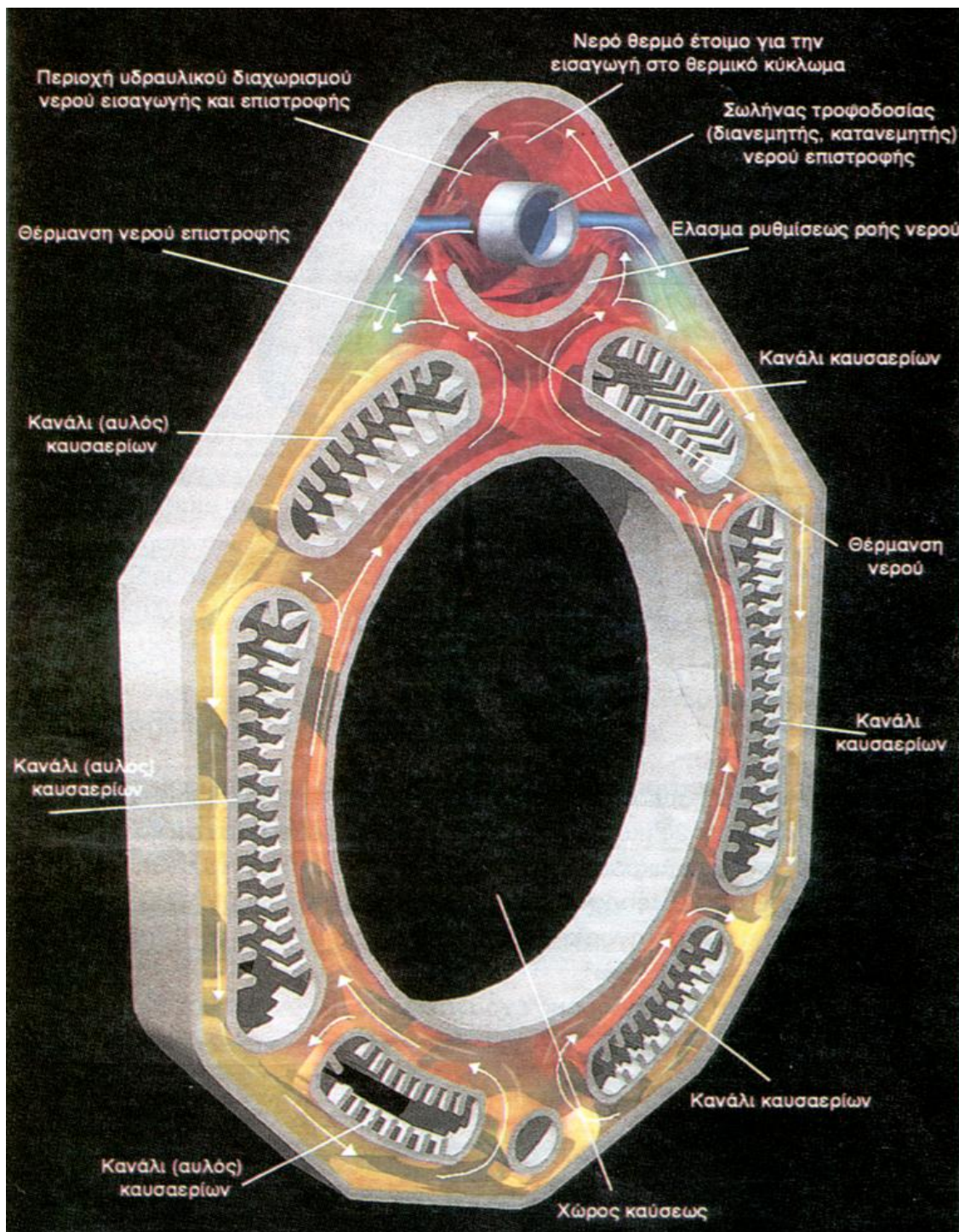
#### δ) Αθόρυβη λειτουργία

Είναι πολύ πιο αθόρυβοι κατά τη λειτουργία τους από τους χαλύβδινους και τούτο οφείλεται στα παχιά τοιχώματα αφ' ενός, και στη διαμόρφωση του εσωτερικού χώρου αφ' ετέρου.

#### ε) Είναι ανθεκτικοί στη θερμική καταπόνηση

Ο χυτοσίδηρος είναι ανθεκτικότερος από τον χάλυβα στις θερμικές καταπονήσεις, γιατί ο συντελεστής θερμικής διαστολής του είναι μικρότερος από του χάλυβα.

Λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας στον φλογοθάλαμο, παρατηρούνται στους χαλύβδινους λέβητες, πέραν της επιφανειακής φθοράς και φαινόμενα παραμόρφωσης των χαλύβδινων ελασμάτων.



Σχήμα 4.11: ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΛΕΒΗΤΑ ΜΕ ΕΙΣΟΔΟ - ΕΞΟΔΟ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ

### **στ) Είναι ανθεκτικότεροι στη στατική πίεση**

Η ανώτερη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας των χυτοσιδηρών λεβήτων, είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη των χαλύβδινων (τουλάχιστον 30 %).

### **ζ) Έχουν μικρότερη αντίθλιψη έναυσης - λειτουργίας**

Η αντίθλιψη των χυτοσιδηρών λεβήτων είναι μικρότερη από εκείνη των χαλύβδινων τόσο κατά την έναυση, όσο και κατά τη λειτουργία. Οι μεγάλες αντιθλίψεις δημιουργούν αιθάλη στο εσωτερικό, που ρυπαίνει τον λέβητα και δυσκολεύει τον καυστήρα, με αποτέλεσμα μια συνεχή κακή καύση.

### **η) Έχουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη**

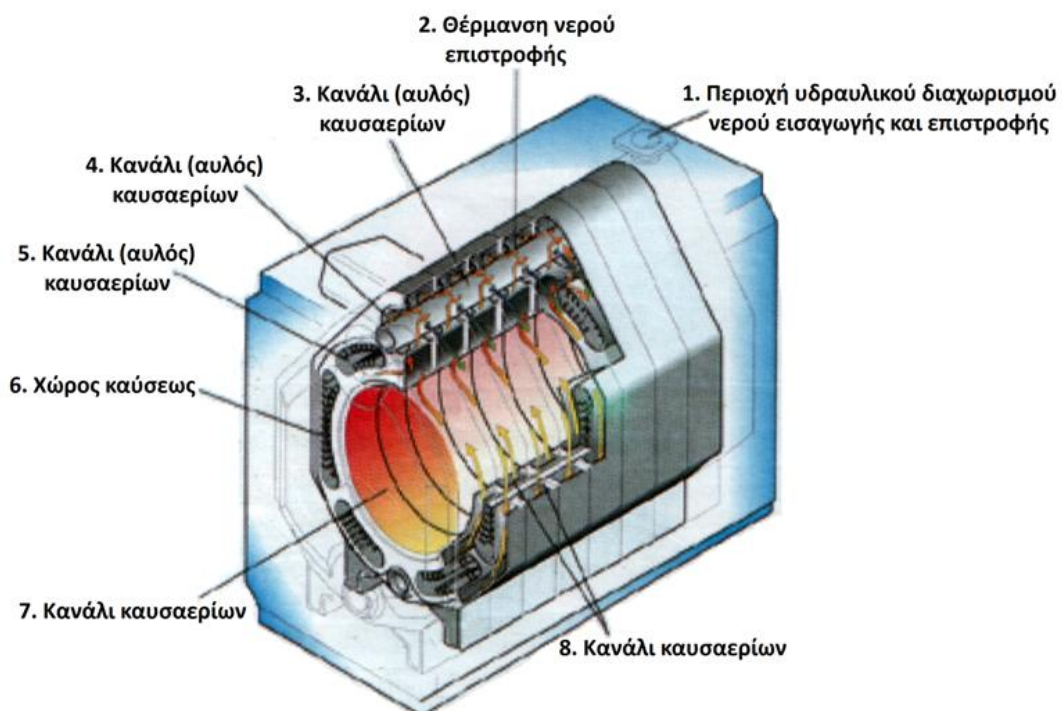
Σε ένα κοινό μαντεμένιο λέβητα, η διάρκεια ζωής του είναι συνήθως τριπλάσια έως τετραπλάσια από την διάρκεια ζωής ενός καλού χαλύβδινου.

Η ανώτερη θερμοκρασία στην οποία κανονικά εργάζονται είναι 110 °C και η ανώτερη πίεση στο κύκλωμα του νερού 4 bar. Υπάρχει όμως και μία κατηγορία μεγάλων λεβήτων που φθάνουν τους 120 °C και τα 6 bar.

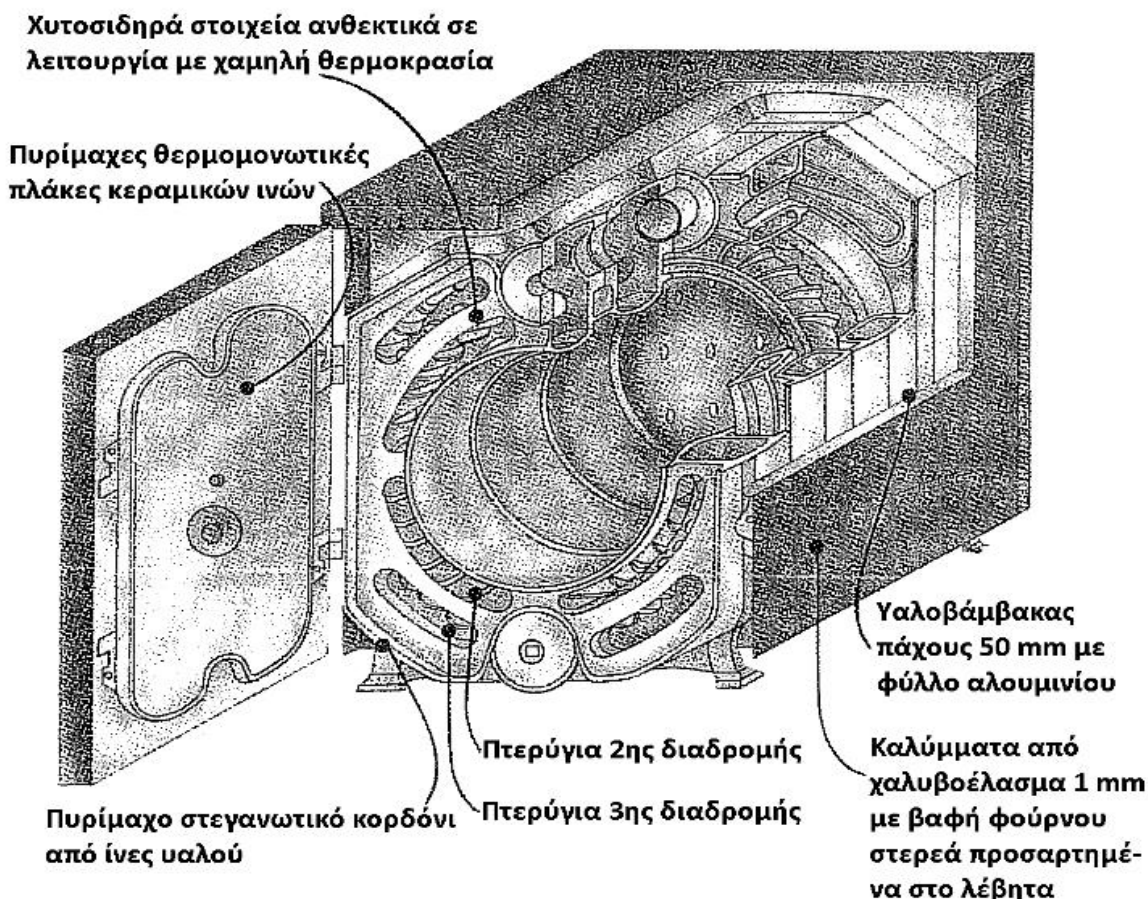
Όταν οι χυτοσιδηροί λέβητες κατασκευάζονται σε ενιαίο συγκρότημα με καυστήρα, πίνακα οργάνων και εργοστασιακή ρύθμιση, έχουμε ως αποτέλεσμα μεγάλο βαθμό απόδοσης, ιδανική καύση του καυστήρα (μπλε φλόγα) και ελαχιστοποίηση των ρύπων. Η έξοδος των καυσαερίων γίνεται με θερμοκρασία 160 - 170 °C. Οι λέβητες αυτοί κατασκευάζονται σε μεγέθη ισχύος μέχρι 70 kW.

Η διατήρηση της ελάχιστης θερμοκρασίας του νερού επιστροφής στο λέβητα πάνω από 45 °C είναι σημαντικό στοιχείο, γιατί διαφορετικά έχουμε προβλήματα διάβρωσης και καταπόνησης του λέβητα από απότομες διαστολές.

Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται κατά κανόνα με την τετράοδη βάνα. Έχουν πάντως πρόσφατα κατασκευαστεί χυτοσιδηροί λέβητες που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό με τέτοια διαμόρφωση των καναλιών κυκλοφορίας, ώστε να γίνεται ανάμιξη του νερού εισόδου και εξόδου και να μην υπάρχουν περιοχές χαμηλών θερμοκρασιών.



**Σχήμα 4.12:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΕΙΣΟΔΟ - ΕΞΟΔΟ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ



**Σχήμα 4.13:** ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ (ΜΑΝΤΕΜΕΝΙΟΣ) ΛΕΒΗΤΑΣ.

Διαθέτει εστία κυκλικής διατομής, με βρεχόμενο οπίσθιο στοιχείο, για μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ακτινοβολίας της φλόγας. Πτερύγια στη 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> διαδρομή για τον στροβιλισμό των καυσαερίων (καλύτερη καύση και υψηλότερη θερμοκρασία).

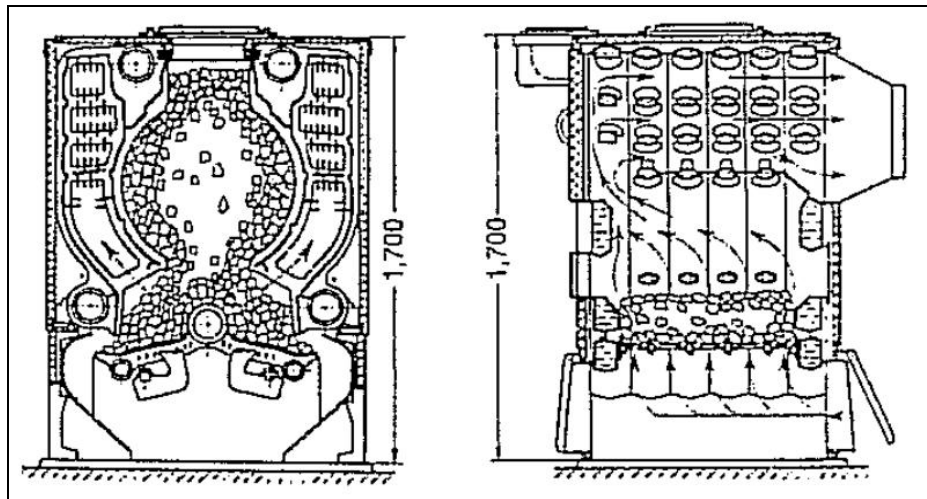
Τα **στοιχεία** κατασκευάζονται από φαιό χυτοσίδηρο GG20, σύμφωνα με τον DIN 1691, με πάχος τοιχωμάτων 7 mm. Τα στοιχεία δοκιμάζονται σε πίεση 8 bar (με κρύο νερό), σε μέγιστη θερμοκρασία 110°C σε πίεση λειτουργίας μέχρι 4,5 bar. Η θερμική ισχύς του κυμαίνεται από 100.000 kcal/h (4 στοιχεία) έως 370.000 kcal/h (11 στοιχεία).

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα, εξηγούν σαφώς το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των θερμαντικών εγκαταστάσεων σήμερα, αποτελείται από χυτοσιδηρούς λέβητες.

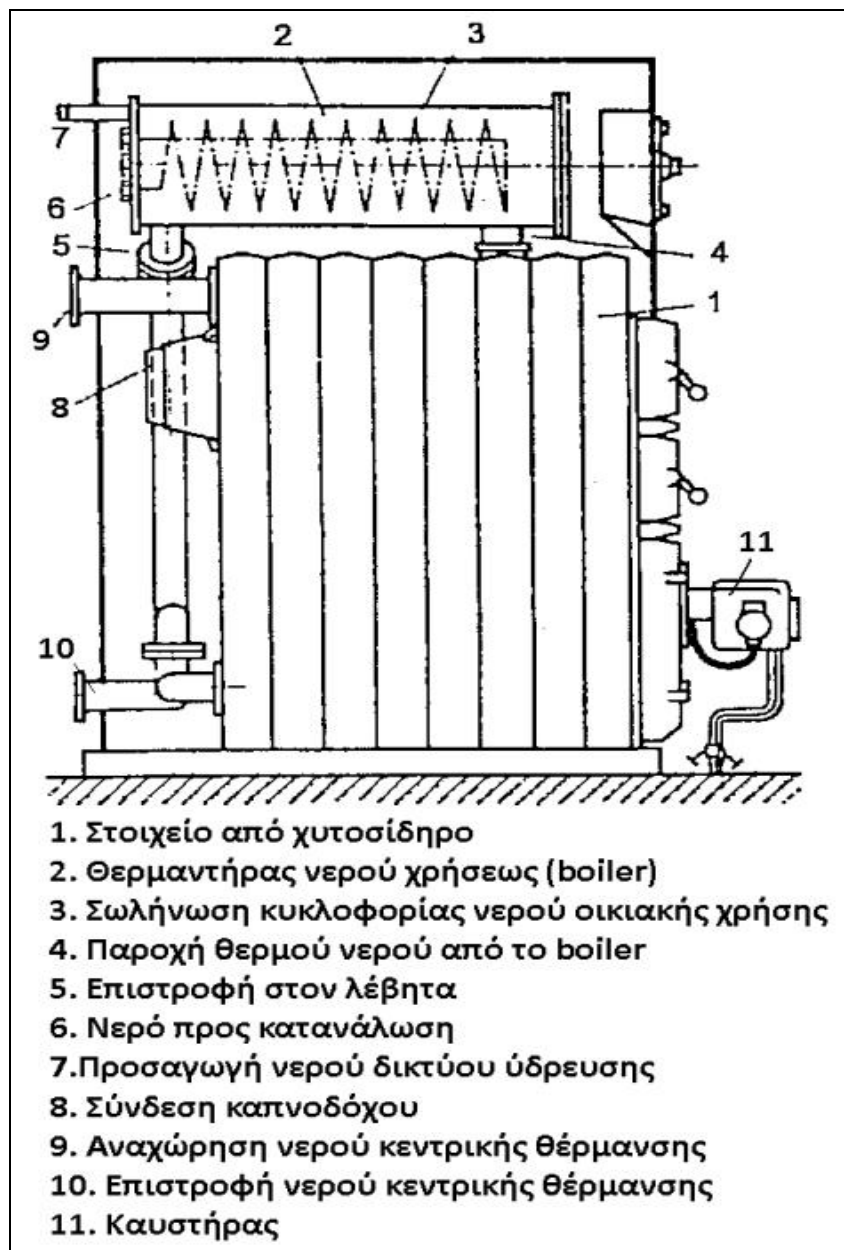
Η τελική επιλογή του λέβητα που θα χρησιμοποιηθεί, καθορίζεται από τις ειδικές διαστάσεις του (ή μία από αυτές), ή από το βάρος του, ή από το είδος του καυστήρα που θα συνεργαστεί. Ειδικά το είδος του καυστήρα έχει σημαντική βαρύτητα και πρέπει πάντοτε να εξετάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του λέβητα σε ευθεία συνάρτηση με τον καυστήρα.

Πρέπει ακόμη να σημειωθεί, ότι οι εντυπωσιακοί βαθμοί απόδοσης, ανταποκρίνονται σε εργαστηριακές συνθήκες λειτουργίας. Προϋποθέτουν δηλαδή καύσιμα καλής ποιότητας, σωστές ρυθμίσεις, καλή κατάσταση και ικανοποιητική καθαρότητα των επιφανειών που μετέχουν στην εναλλαγή θερμότητας και ικανοποιητική φόρτιση του λέβητα. Γι' αυτό σε κάθε περίπτωση η εκλογή του λέβητα ή των συνεργαζομένων λεβήτων, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις συνήθεις φορτίσεις, όπως και τη δυνατότητα ικανοποιητικών ρυθμίσεων και συντηρήσεων.





**Σχήμα 4.14:** ΛΥΟΜΕΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΠΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΣ ΓΙΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ  
 Ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων μπορεί να καλύψει ανάγκες από 155.000 kcal/h (5 στοιχεία), μέχρι 375.000 kcal/h (13 στοιχεία).



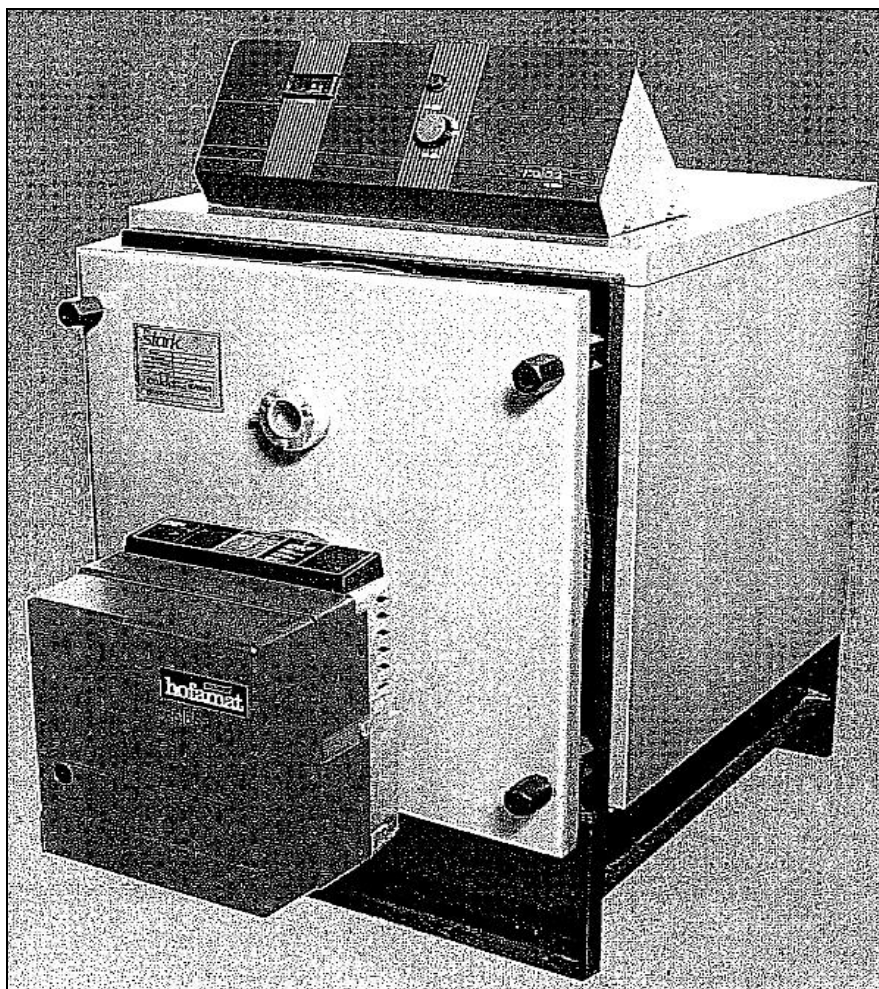
**Σχήμα 4.15:** ΛΥΟΜΕΝΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ  
 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ  
 (BOILER)

#### 4.5.2. Χαλύβδινοι Λέβητες

Οι χαλύβδινοι λέβητες κατασκευάζονται με συγκόλληση προδιαμορφωμένων ελασμάτων και συνήθως παραδίδονται σε έτοιμα ενιαία τεμάχια. Οι μεγαλύτερες μονάδες χαλύβδινων λεβήτων, παραδίδονται και σε τεμάχια τα οποία συγκολλούνται μέσα στο λεβητοστάσιο.

Ανάλογα με τη μορφή του φλογοθαλάμου και του υδροθαλάμου, επομένως και της διαδρομής των καυσαερίων, οι χαλύβδινοι λέβητες διακρίνονται σε αεριαυλωτούς και υδραυλωτούς. Εάν δηλαδή τα καυσαέρια οδεύουν προς την καπνοδόχο μέσα σε αυλούς (σωλήνες) που περιβάλλονται από νερό (βρίσκονται στον υδροθάλαμο), πρόκειται για αεριαυλωτούς λέβητες. Εάν μέσα από τους αυλούς κυκλοφορεί το νερό και γύρω από τους αυλούς κινούνται τα καυσαέρια, πρόκειται για υδραυλωτούς λέβητες.

Οι χαλύβδινοι λέβητες πλεονεκτούν σημαντικά στην περίπτωση λειτουργίας με υψηλότερες πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Ακόμη όμως και σε μικρά μεγέθη, διατίθενται εξαιρετικά επιτυχημένοι χαλύβδινοι λέβητες, κυρίως γιατί ο χάλυβας εξασφαλίζει διαμορφώσεις, που δεν επιτυγχάνονται με τη χύτευση.



**Εικόνα 4.4:** ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ

Πιεστικός, αεριαυλωτός, ο οποίος κατασκευάζεται από ειδικά χαλυβδοελάσματα μεγάλου πάχους, αεριαυλούς "τούρμπο χωρίς ραφή" και είναι κατάλληλος για καύση πετρελαίου, μαζούτ ή αερίου. η θερμική ισχύς του κυμαίνεται από 30.000 kcal/h (διαστάσεις 630 × 940 × 860 mm, βάρος 160 kg), μέχρι 1.080.000 kcal/h (1.370 × 2.450 × 1.650 mm, 1700 kg).

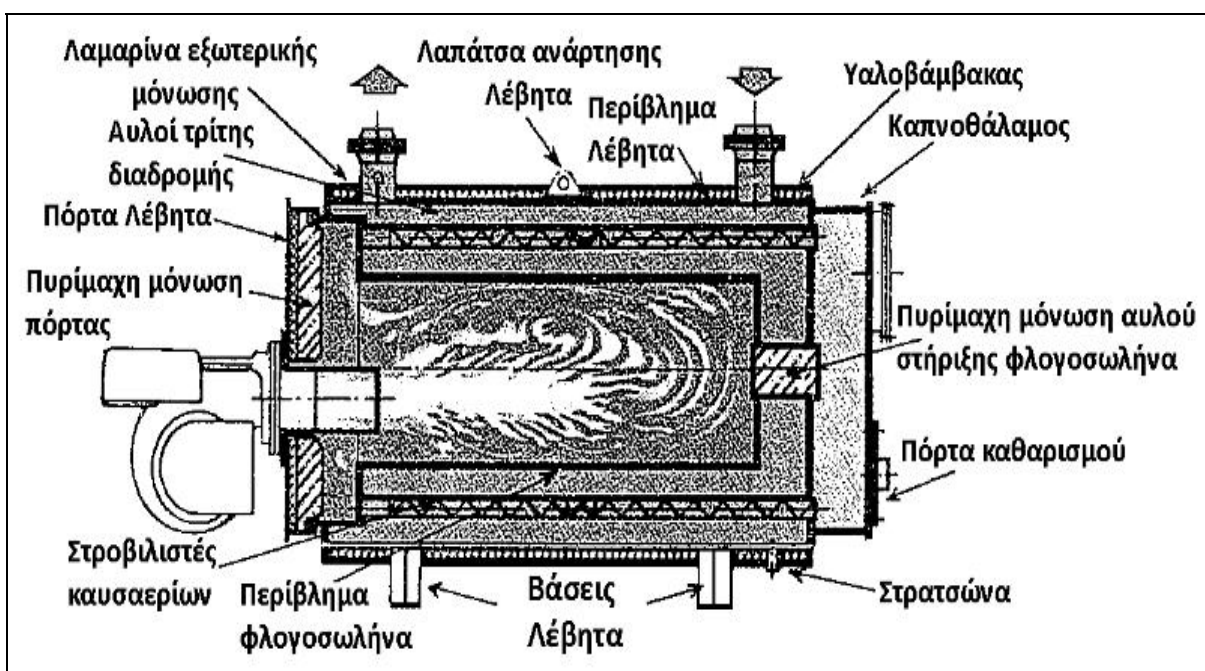
Ο χάλυβας γενικά επιτρέπει μεγαλύτερες καταπονήσεις από τον χυτοσίδηρο και αφήνει ευρύτερα περιθώρια για λειτουργικά σφάλματα (π.χ. τροφοδότηση με κρύο νερό ή και προς στιγμήν έλλειψη νερού).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των χαλύβδινων λεβήτων είναι ότι πρόκειται για ενιαίες κατασκευές και σπάνια αποτελούνται από στοιχεία που μπορεί να συνδεθούν επί τόπου, μέσα στο λεβητοστάσιο. Αυτό σημαίνει, ότι πρέπει να υπάρχει δίοδος που να επιτρέπει την είσοδο και έξοδό τους από το λεβητοστάσιο.

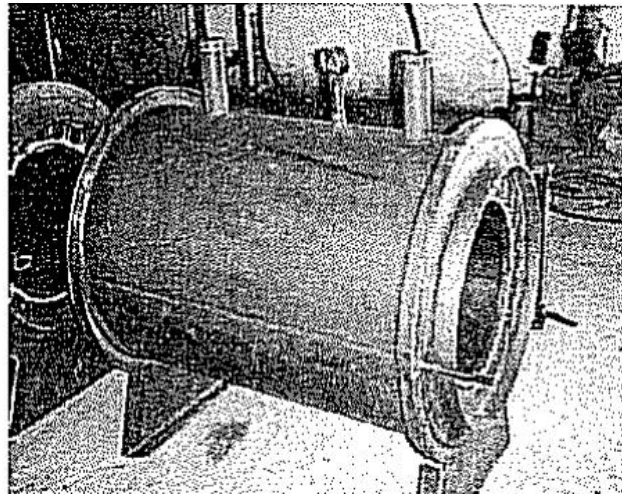
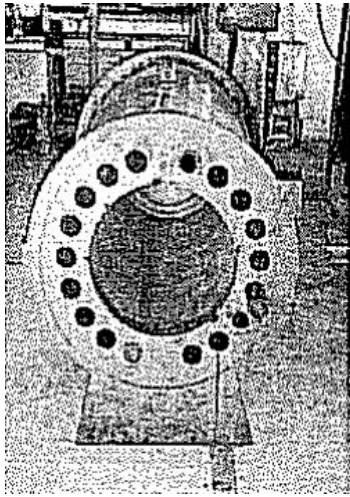
Γενικότερα η διαμόρφωσή τους είναι κυλινδρική, σε όρθια μορφή για τις μικρές κατασκευές και οριζόντια για τις μεγαλύτερες. Υπάρχουν διάφορες διαμορφώσεις, από τις οποίες η κάθε μία έχει τα δικά της πλεονεκτήματα. Σαν ειδική κατασκευή αναφέρεται ο χαλύβδινος λέβητας πετρελαίου με καυστήρα στην οροφή και αναστροφή των καπναερίων στο κάτω μέρος. Η δεύτερη διαδρομή αποτελείται από αεριαυλούς, που οδηγούν τα καπναέρια στον συγκεντρωτικό καπναγωγό του άνω μέρους και από εκεί στην καπνοδόχο.

Σήμερα χρησιμοποιούνται πολύ οι χαλύβδινι πιεστικοί λέβητες, οι οποίοι επιτυγχάνουν μεγάλη ταχύτητα των καυσαερίων με συνέπεια την αύξηση της μετάδοσης της θερμότητας. Σε αυτούς τους τύπους ο καυστήρας λειτουργεί με ισχυρή πίεση, που ωθεί τα καυσαέρια, μέσα στο λέβητα με δύναμη.

Στους σύγχρονους χαλύβδινους πιεστικούς λέβητες οι σπειροειδείς στροβιλιστές καυσαερίων (ελατήρια) που τοποθετούνται μέσα στους φλογοσωλήνες προσδίδουν, λόγω της στροβιλώδους ροής, μεγαλύτερη ένταση στην κίνηση των καυσαερίων με συνέπεια μεγαλύτερη απόδοση του λέβητα. Οι λέβητες αυτοί ονομάζονται λέβητες τριών διαδρομών, διότι η φλογοκεφαλή του καυστήρα βρίσκεται μέσα στο θάλαμο καύσης, ώστε η έναρξη της καύσης να γίνεται πιο μέσα από το επίπεδο της αυλόπλακας και έτσι τα καυσαέρια εκτελούν δύο διαδρομές μέσα στο φλογοθάλαμο και μία μέσα από τους φλογαυλούς προτού διαφύγουν από την καπνοδόχο.



Σχήμα 4.16: ΤΟΜΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

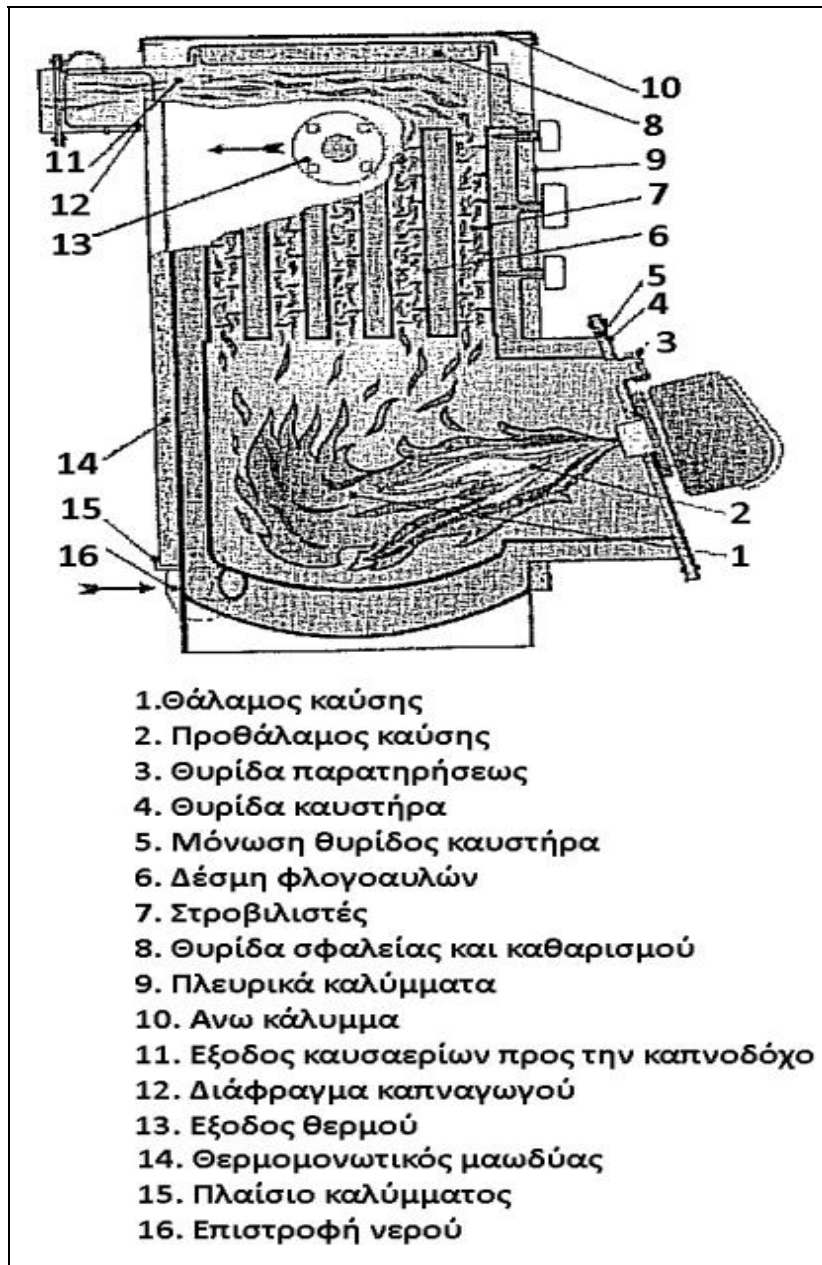


**Εικόνα 4.5:** ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΑΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΣΕ ΔΥΟ ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ. ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΟΠΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΤΟΥΜΠΩΝ



**Εικόνα 4.6:** ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΥΠΕΡΠΙΕΣΕΩΣ

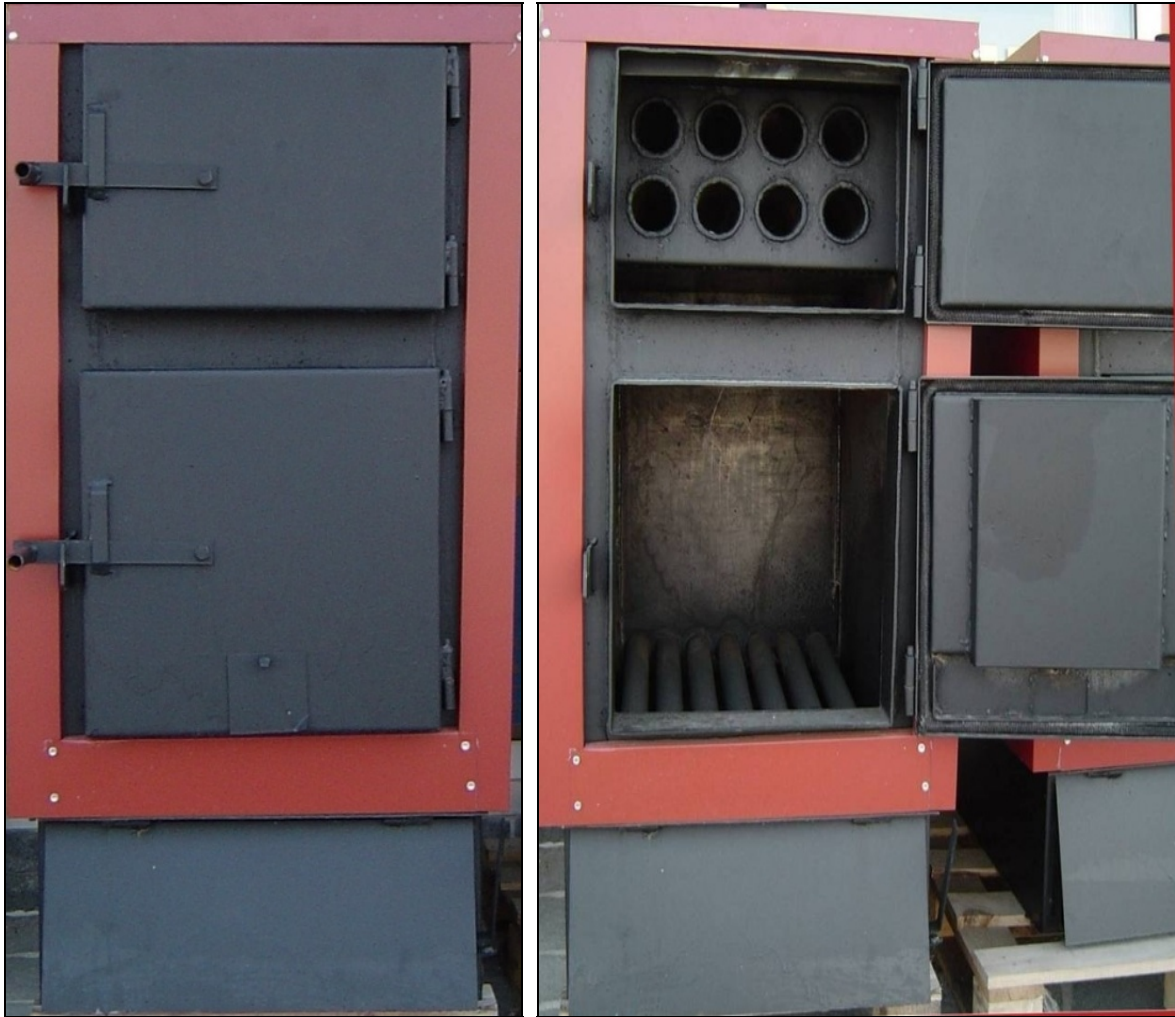
Οι χαλύβδινοι λέβητες υψηλής πίεσης έχουν στιβαρή κατασκευή με τριπλή διαδρομή καυσαερίων. Φλογαυλούς από χαλύβδινους σωλήνες mannesmann. Εξωτερική μόνωση, πόρτα επενδεδυμένη με πυρίμαχο υλικό, φλάντζα για την προσαρμογή του καυστήρα. Πίνακα οργάνων με θερμοστάτη καυστήρα, θερμοστάτη κυκλοφορητή, θερμοκρασία νερού και υδροστάτη ασφαλείας. Η θερμική ισχύς τους κυμαίνεται από 30.000 kcal/h μέχρι και 2.000.000 kcal/h.



**Σχήμα 4.17:** ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΑΕΡΙΑΥΛΟΥΣ, ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΔΟΚΙΜΑΖΕΤΑΙ ΣΕ ΠΙΕΣΗ 9 BAR ΚΑΙ ΠΡΟΟΡΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ ΠΙΕΣΕΙΣ 6,5 BAR.



**Εικόνα 4.6:** ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΤΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ



**Εικόνα 4.7:** ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

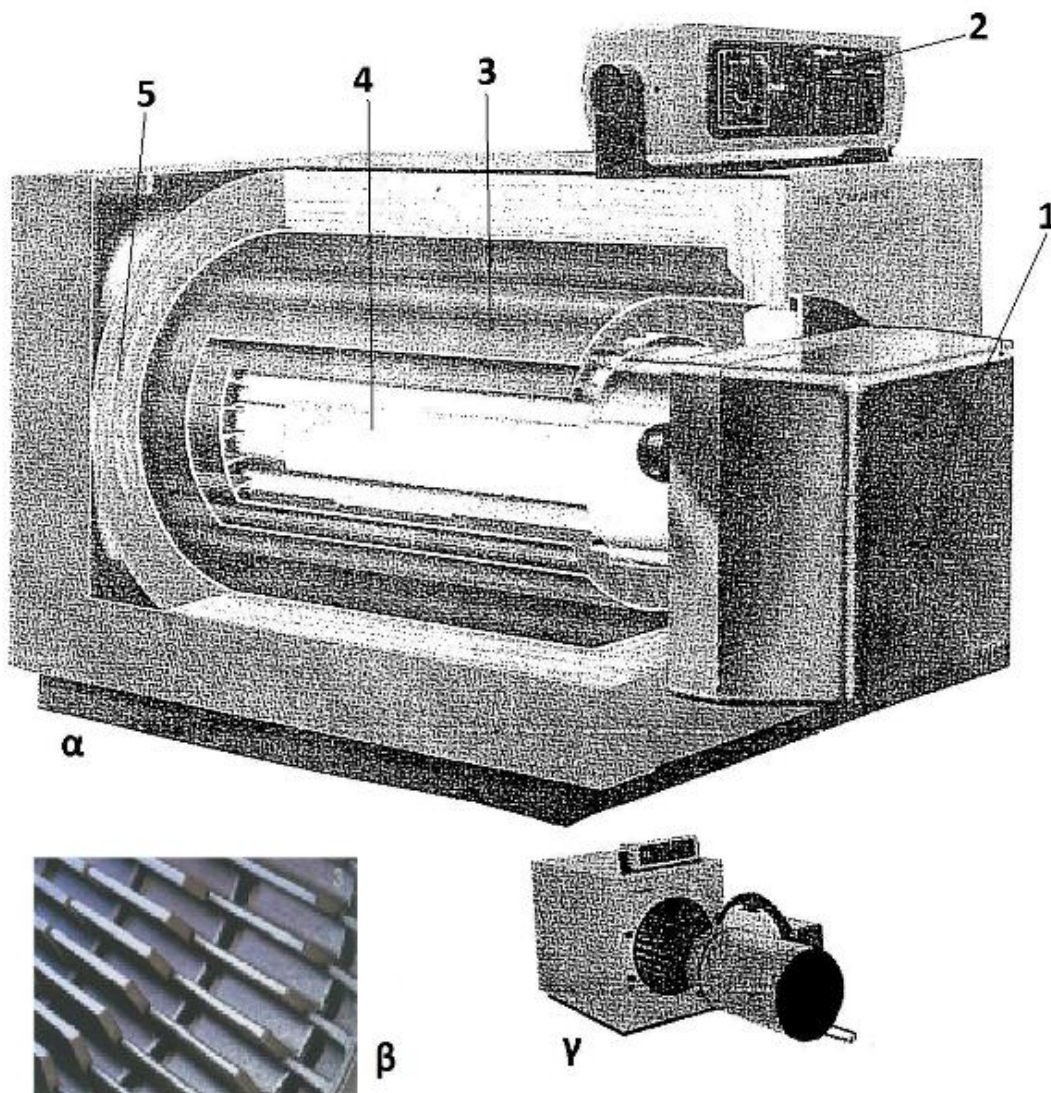
Οι λέβητες στερεών καυσίμων είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινα ελάσματα και φλογαυλούς από σωλήνες mannesmann. Έχουν την ικανότητα να διαθέτουν και δεύτερη πόρτα για την προσαρμογή καυστήρα πετρελαίου. Η θερμική ισχύς τους κυμαίνεται από 28.000 kcal/h μέχρι και 180.000 kcal/h.

#### **4.5.3. Διμεταλλικοί Λέβητες**

Η διμεταλλική θερμαντική επιφάνεια αποτελεί το σημαντικότερο κατασκευαστικό στοιχείο του λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών. Οι λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών είναι λέβητες προηγμένης τεχνολογίας που λειτουργούν χωρίς προβλήματα τόσο σε υψηλές, όσο και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η διμεταλλική θερμαντική επιφάνεια είναι η πιο σημαντική και απαραίτητη προϋπόθεση, έτσι ώστε η θερμοκρασία της θερμαντικής επιφάνειας από την πλευρά των καυσαερίων να είναι πάντα πάνω από το σημείο υγροποίησης των καυσαερίων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υγροποίηση μέσα στο σύστημα θέρμανσης που οδηγεί σε σοβαρές φθορές γιατί εμφανίζεται θεϊκό οξύ.

Η διμεταλλική θερμαντική επιφάνεια περιβάλλει τον θάλαμο καύσης και επιτρέπει στα καυσαέρια να έρχονται σε επαφή μόνο με τον χυτοσίδηρο (μαντέμι) ενώ το προς θέρμανση νερό έρχεται σε επαφή μόνο με το χαλύβδινο (σιδερένιο) έλασμα. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να συγχωνευτούν τα πλεονεκτήματα των χυτοσιδηρών λεβήτων (μεγάλη διάρκεια ζωής) με των χαλύβδινων (υψηλή απόδοση).

Τα τελευταία χρόνια έπειτα από πολύχρονη έρευνα κατασκευάζονται και διμεταλλικοί λέβητες πετρελαίου πολύ χαμηλών θερμοκρασιών με ανοξειδωτο εναλλάκτη για συμπύκνωση καυσαερίων με πραγματικό βαθμό απόδοσης 103% και με πλεονέκτημα ότι απαιτεί πολύ μικρές διατομές καμινάδων και δυνατότητα να λειτουργήσει ακόμα και με πλαστική καμινάδα, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών εκπομπής καυσαερίων.



1. Καυστήρας πετρελαίου
2. Ηλεκτρονικό σετ αυτοματισμού και εξοικονόμησης ενέργειας
3. Διμεταλλική θερμαντική επιφάνεια από χυτοσίδηρο και χάλυβα. Ο χυτοσίδηρος έρχεται σε επαφή με τα καυσαέρια και ο χάλυβας με το νερό.
4. "Θερμός" θάλαμος καύσης από ανοξειδωτο χάλυβα.
5. Ισχυρή θερμική μόνωση 80 mm, από επενδεδυμένο υαλοβάμβακα.

**Σχήμα 4.18: ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ**

Στην κατασκευή του λέβητα υπάρχουν τα χυτοσιδηρά δακτυλίδια (Σχήμα 4.18. β), τα οποία εφάπτονται πάνω στη χαλύβδινη επιφάνεια. Σε αυτά υπάρχει η εξής κατασκευαστική λεπτομέρεια: ο βαθμός λείανσής τους ποικίλει και, άλλα έχουν πιο λεία επιφάνεια, άλλα πιο τραχεία ή και άλλα έχουν μία εγκοπή. Αυτή η κατασκευαστική δυνατότητα έχει σαν αποτέλεσμα, την διαφοροποίηση της επιφάνειας επαφής μεταξύ των δακτυλιδιών και της μεταλλικής επιφάνειας. Με αυτόν τον τρόπο στην αρχή της διαδρομής των καυσαερίων, πετυχαίνουμε καλύτερη επαφή μεταξύ των δύο μετάλλων άρα καλύτερη θερμοπερατότητα. Προς το τέλος η επαφή περιορίζεται ή διακόπτεται εντελώς. Έτσι αφενός εκμεταλλευόμαστε την υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων, στην αρχή της διαδρομής τους, αφετέρου τα καυσαέρια πέφτουν σε χαμηλές θερμοκρασίες, μόνο στην έξοδο του λέβητα. Έτσι λοιπόν κερδίζουμε περισσότερη ενέργεια και επιμηκύνουμε τη διάρκεια ζωής του λέβητα.

Η μεγάλη διάρκεια ζωής των λεβήτων διμεταλλικού τύπου, οφείλεται, στην υψηλή θερμοκρασία, που κρατά το διμεταλλικό έλασμα στο εσωτερικό του μέρος (χυτοσιδηρό), η οποία εμποδίζει τα καυσαέρια να υγροποιηθούν και να διαβρώσουν το μέταλλο, όπως και στην ομοιόμορφη καταπόνηση των θερμαντικών επιφανειών.

Στους σύγχρονους διμεταλλικούς λέβητες, ο θάλαμος καύσης είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο ατσάλι και τοποθετείται μέσα στη μαντεμένη επιφάνεια (Σχήμα 4.18. γ). Συνέπεια αυτού είναι η ταχύτατη αναθέρμανσή του.

#### **4.5.4. Λέβητες "εναλλασσόμενης" καύσης**

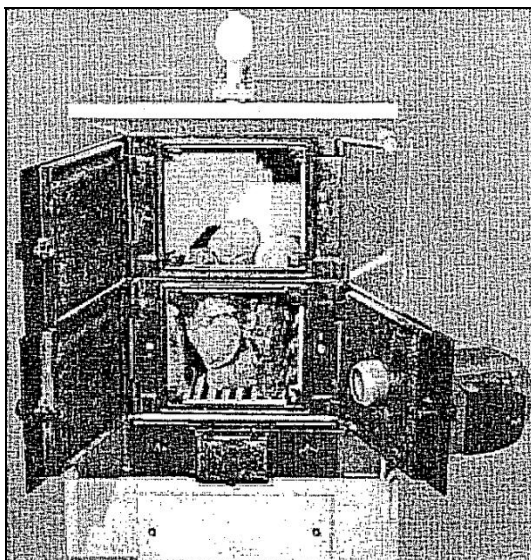
Οι περισσότεροι λέβητες κατασκευάζονται (και πρέπει να κατασκευάζονται) για την καύση συγκεκριμένου καυσίμου και μάλιστα, δεδομένων χαρακτηριστικών σχετικά με τα καιόμενα συστατικά του και τα κατάλοιπα της καύσης.

Υπό την έννοια αυτή, ο διαχωρισμός σε χαλύβδινους και χυτοσιδηρούς λέβητες είναι πολύ μικρότερης σημασίας από το είδος του καυσίμου για το οποίο προορίζεται ο λέβητας.

Όταν για έναν λέβητα αναφέρεται ότι εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση πετρελαίου ή αερίου, πρέπει να θεωρείται αυτονόητο ότι η αλλαγή χρήσεως (από πετρέλαιο σε αέριο ή το αντίστροφο), συνοδεύεται από αλλαγή καυστήρα και τροποποίηση αρκετών ρυθμίσεων. Όπως η διαμόρφωση του φλογοθαλάμου κάθε λέβητα και η αντίθλιψη, περιορίζουν σε κάθε περίπτωση τον αριθμό των καυστήρων που μπορεί να συνεργασθούν με ένα λέβητα, με ικανοποιητική απόδοση.

Οι πρακτικές ανάγκες όμως έχουν επιβάλλει τη δημιουργία λεβήτων οι οποίοι, με απλές διαδικασίες, επιτρέπουν "εναλλαγή" των καυσίμων που χρησιμοποιούν. Οι λέβητες αυτοί, γνωστοί ως λέβητες "εναλλασσόμενης" καύσης, υπάρχουν περιπτώσεις που αποδεικνύονται εξαιρετικά χρήσιμοι, γιατί δίδουν τη δυνατότητα να γίνει σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων.





**Εικόνα 4.8:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Είναι χαλύβδινος, λυόμενος, με συνδυασμό κατακόρυφων υδραυλών και αεριαυλών, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με χαλύβδινες φλάντζες έξω από την εστία. Οι λέβητες λειτουργούν με καυστήρες χαμηλής ή υψηλής πίεσεως υγρού ή αερίου και ταυτόχρονα διαθέτουν εσχάρα και τεφροθάλαμο για την καύση στερεών καυσίμων (ξύλα, κάρβουνο).

Οι λέβητες "εναλλασσόμενης" καύσης, είναι συνήθως μικροί λέβητες που χρησιμοποιούνται σε αγροτικές περιοχές. Σε αρκετές όμως περιπτώσεις αγροτικών ή άλλων βιοτεχνικών ή βιομηχανικών μονάδων, στις οποίες προκύπτουν ως κατάλοιπα ποσότητες βιομάζας, όπως, πυρήνες, φλοιοί καρπών, ξύλα, καμένα λάδια κ.ά., χρησιμοποιούνται μεγαλύτεροι λέβητες με μηχανική διαδικασία προσαγωγής του καυσίμου όπως φαίνεται στην εικόνα 4.10. "Πυρηνολέβητες" αυτής της μορφής μπορούν φθάσουν αποδόσεις 507.000 kcal/h με καύση ξύλου ή κάρβουνου, 670.000 kcal/h με καυστήρα πυρηνόκαρπου και 820.000 kcal/h με καύση πετρελαίου.

#### **4.5.5. Λέβητες αερίων καυσίμων**

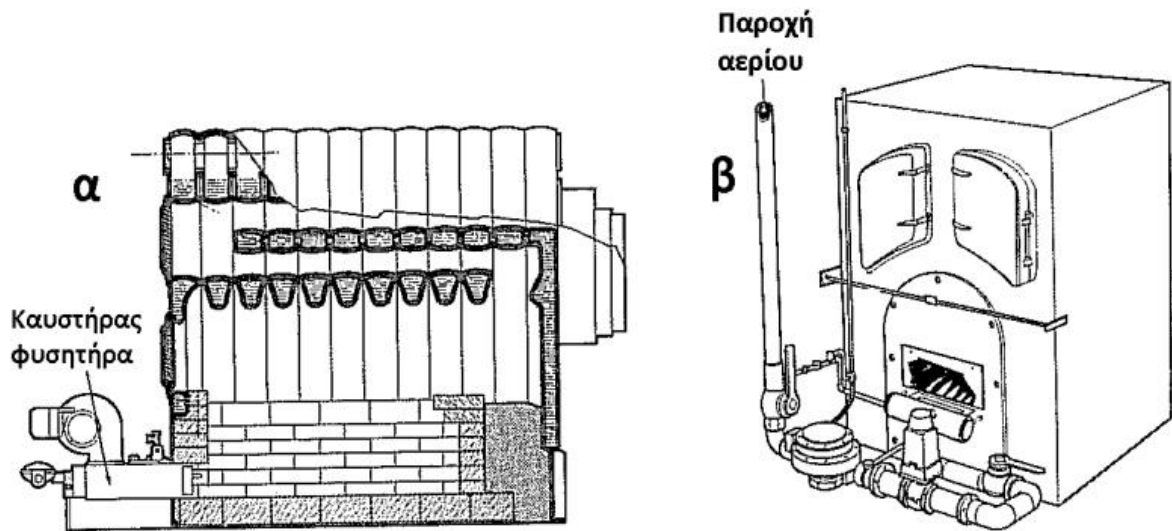
Οι λέβητες αερίου μπορούν να χωρισθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο του καυστήρα που προσαρμόζεται επάνω τους και που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η προσαγωγή του απαραίτητου για την καύση αέρα. Έτσι διακρίνονται:

α) Σε λέβητες στους οποίους προσαρμόζονται καυστήρες με φυσητήρα (πιεστικοί).

β) Σε λέβητες που είναι εφοδιασμένοι με καυστήρες φυσικού ελκυσμού (ατμοσφαιρικοί).

Στους πιεστικούς λέβητες αντιστοιχούν καυστήρες που έχουν αρκετές λειτουργικές ομοιότητες με τους καυστήρες πετρελαίου και ο αέρας καύσης προσάγεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα.

Στους λέβητες που είναι εφοδιασμένοι με ατμοσφαιρικό καυστήρα, ένα μέρος του απαραίτητου για την καύση αέρα αναμιγνύεται με το αέριο, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα αέρα προσάγεται εξαιτίας του δημιουργούμενου ελκυσμού που προκαλεί η καπνοδόχος.



**Σχήμα 4.19:** α) ΠΙΕΣΤΙΚΟΙ ΚΑΙ β) ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΑΕΡΙΟΥ



**Εικόνα 4.9:** ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Το θερμαντικό συγκρότημα καύσης Βιομάζας αποτελείται από μηχανισμό αυτόματης προώθησης και καύσης Βιομάζας και Λέβητα. Μπορεί να κάψει αυτόματα και με δυνατότητα ρύθμισης παροχής καυσίμου διάφορα είδη στερεών όπως : Ροκανίδι, πριονίδια, Ελαιοπυρήνα Κουκούτσια διαφόρων φρούτων, Θρυμματισμένο ξύλο κ.α. Στο σιλό αποθήκευσης ημερήσιας κατανάλωσης είναι προσαρμοσμένος ειδικός αναμοχλευτής για την αποφυγή δημιουργίας σπυλωμάτων και την εξασφάλιση συνεχούς τροφοδοσίας του Λέβητα. Έχει διπλό σύστημα πυρασφάλειας και αυτόματη πυρόσβεση μέσω ειδικού αισθητήρα θερμοκρασίας, ο οποίος είναι σταθερά προσαρμοσμένος μεταξύ σιλό και λέβητα. Η εστία καύσης κατασκευάζεται από ειδικό χυτοσίδηρο μεγάλης θερμοχωρητικότητας για αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και αυτόματη έναυση μετά από διακοπές.



**Εικόνα 4.10:** ΠΥΡΗΝΟΛΕΒΗΤΑΣ

Το θερμαντικό συγκρότημα, αποτελείται από μηχανισμό αυτόματης προώθησης και καύσης στερεών καυσίμων και λέβητα. Μπορεί να κάψει διάφορα είδη στερεών καυσίμων όπως : Ελαιοπυρήνα, Κουκούτσια καρπών, Φλοιούς ξηρών Καρπών, Μπριγκέτα, Ξύλο Κάρβουνο. Η εστία καύσεως κατασκευάζεται από ειδικό χυτοσίδηρο μεγάλης θερμοχωρητικότητας για αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και αυτόματη έναυση μετά από διακοπές. Η καύση του υλικού είναι βεβιασμένη. Ο αέρας καύσεως παράγεται από ένα ισχυρό φυσητήρα υψηλής πίεσεως, με δυνατότητα μηχανικής ρύθμισης της παροχής του. Αυξομειώνοντας τις στροφές του κοχλία τροφοδοσίας μέσω του δίσκου επιλογής στροφών, μεταβάλλεται η θερμαντική ισχύς του συγκροτήματος. Η τροφοδοσία της εστίας με καύσιμη ύλη, γίνεται αυτόματα από το σιλό, με ειδικό κοχλία προώθησης, που περιστρέφεται μέσω μίας καστάνιας από ένα ισχυρό ηλεκτρομειωτήρα. Διακρίνονται το σιλό (1), ο κινητήρας τροφοδότησης (2), ο λέβητας (3), οι αυτοματισμοί (4) και το άνοιγμα του λέβητα (5).

Οι λέβητες αερίου με ατμοσφαιρικό καυστήρα έχουν συνήθως μικρή ειδική θερμική φόρτιση (απόδοση ανά  $m^2$  θερμαινόμενης επιφάνειας), που κυμαίνεται από 8.000 - 15.000 kcal/ $m^2h$ , και γι' αυτό η θερμική ισχύς τους περιορίζεται μέχρι 50.000 kcal/h.

Οι λέβητες αερίου που έχουν καυστήρα με φυσητήρα μπορούν να κατασκευάζονται για πολύ μεγαλύτερες θερμικές ισχύεις, μέχρι και 300.000 kcal/h, επειδή η μέση ειδική θερμική φόρτισή τους ξεπερνά τις 30.000 kcal/ $m^2h$ . Είναι προφανές ότι ένας λέβητας με ατμοσφαιρικό καυστήρα είναι πολύ μεγαλύτερων διαστάσεων από ένα λέβητα που έχει καυστήρα με φυσητήρα της ίδιας θερμικής ισχύος.

Οι ατμοσφαιρικοί λέβητες, επειδή δεν έχουν κανένα κινούμενο όργανο, είναι σχεδόν αθόρυβοι, παθαίνουν βλάβες σπανιότερα και οι απαιτήσεις συντήρησής τους είναι περιορισμένες. Επειδή όμως έχουν τους θαλάμους καύσης τους σε άμεση επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον, κατά το χρονικό διάστημα που δε λειτουργούν, τα ρεύματα αέρα που έρχονται σε επαφή με τις επιφάνειες εναλλαγής απορροφούν θερμότητα από το νερό, δημιουργώντας απώλειες (απώλειες στασιμότητας). Αυτές οι απώλειες είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτεροι είναι οι χρόνοι που δε λειτουργούν, π.χ. κατά τις περιόδους που υπάρχει λιγότερο κρύο ή στην περίπτωση που έχει γίνει υπερδιαστασιοποίηση του λέβητα.

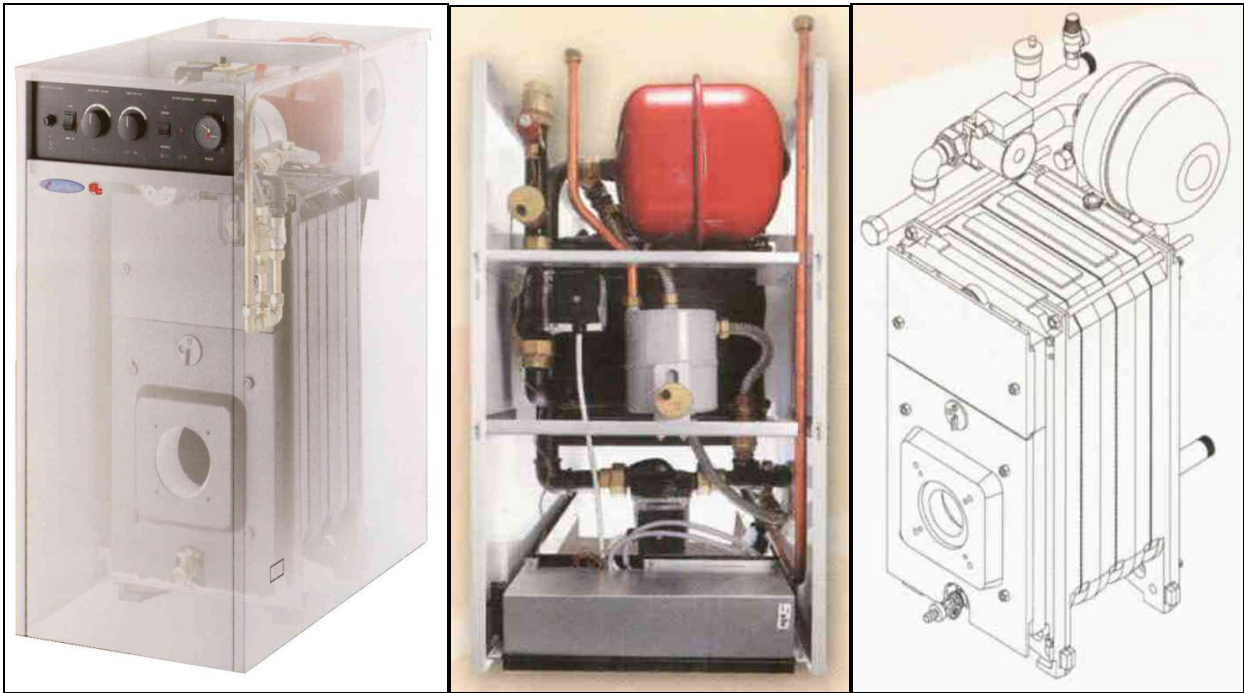
Αντίθετα, το μειονέκτημα αυτό δε συναντάται στους λέβητες που έχουν καυστήρες με φυσητήρα, γιατί είναι εφοδιασμένοι με αυτόματο διάφραγμα αέρα, που ενεργοποιείται, όταν σβήσει ο καυστήρας και απομονώνει το θάλαμο καύσης του λέβητα από το εξωτερικό περιβάλλον.

#### **4.5.6. Λέβητες ατομικής θέρμανσης**

Οι δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας, επέτρεψαν σε μερικούς κατασκευαστές να συγκεντρώσουν τον εξοπλισμό ολόκληρου μικρού λεβητοστασίου, σε μία μικρών διαστάσεων μονάδα, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιονδήποτε, καλά αεριζόμενο εσωτερικό χώρο. Οι μονάδες αυτές είναι γνωστές ως ατομικές μονάδες θέρμανσης ή λέβητες ατομικής θέρμανσης.

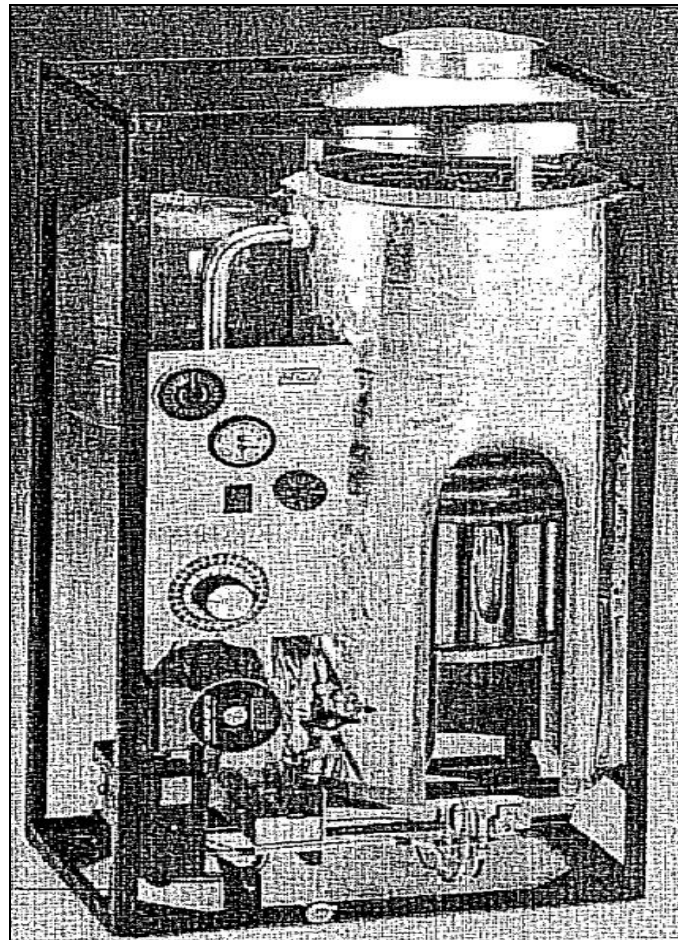
Οι μονάδες αυτές, σε ένα ενιαίο σύνολο, διαθέτουν λέβητα, καυστήρα, κυκλοφορητή, σύστημα ασφάλειας και αυτοματισμούς λειτουργίας, ελέγχου και ασφάλειας. Προσφέρονται συνήθως σε μικρές θερμικές ισχύεις και λειτουργούν με πετρέλαιο ή αέριο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πλήρως ανεξάρτητη θέρμανση μικρών διαμερισμάτων σε πολυκατοικίες ή μικρών μονοκατοικιών.



**Εικόνα 4.11:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

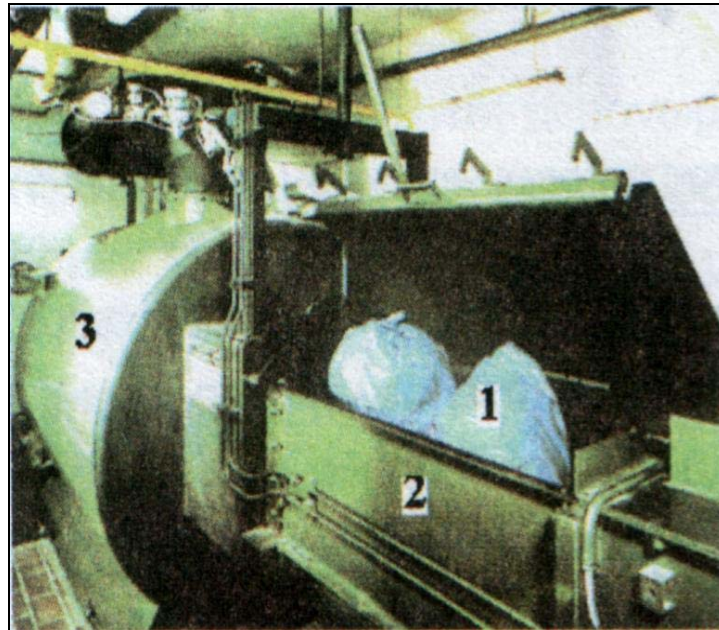
Περιλαμβάνει: Πλήρη πίνακα οργάνων με επιλογή για μόνο παροχή ζεστού νερού ή θέρμανση και ζεστού νερού χρήσης ταυτόχρονα, κυκλοφορητή, δοχείο διαστολής, βαλβίδα ασφαλείας, αυτόματο εξαεριστικό, βαλβίδες αντεπιστροφής και κρούνο εκκένωσης.



**Εικόνα 4.12:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΕΡΙΟΥ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ, ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ.

#### 4.5.7. Λέβητες σκουπιδιών - πυρόλυσης

Σε νοσοκομεία, μεγάλα κτίρια και πολλές βιομηχανίες παράγεται μεγάλος όγκος σκουπιδιών που έχουν σημαντική θερμογόνο δύναμη. Το βάρος των χαρτιών, των ξύλων και άλλων υλικών ανέρχεται, συχνά, σε χιλιάδες κιλά την ημέρα, ενώ ο όγκος τους δημιουργεί προβλήματα ακόμα και στην προσωρινή αποθήκευσή τους. Η καύση τους, σε ειδικούς λέβητες, αποτελεί μία λύση που δίνει δωρεάν θερμική ενέργεια για την κάλυψη πολλών αναγκών. Βέβαια, τα παραπάνω γίνονται υπό ορισμένους περιβαλλοντικούς όρους.



**Εικόνα 4.13: ΚΑΥΣΗ ΣΚΟΥΠΙΔΙΩΝ**

Διακρίνονται οι σακούλες με τα απορρίμματα (1), ο μηχανισμός αυτόματης τροφοδότησης (2) και ο λέβητας (3).

Πέρα από τις μονάδες μεμονωμένων κτιρίων υπάρχουν και μεγαλύτερες που καίνε τα σκουπίδια ολόκληρων πόλεων, αρκεί να γίνεται διαχωρισμός των σκουπιδιών "στη πηγή". Δηλαδή τα καύσιμα σκουπίδια να τοποθετούνται σε χωριστούς κάδους ή σακούλες.

#### 4.5.8. Αερολέβητες

Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικούς και εμπορικούς χώρους. Από τη μονάδα εξέρχεται ζεστός αέρας για θέρμανση και, φυσικά, καλύπτουν τοπικές ανάγκες.

#### Εικόνα 4.14: ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ

Βασικά στοιχεία του:

- 1) Καυστήρας
- 2) Λέβητας
- 3) Σύστημα εξαγωγής ζεστού νερού
- 4) Εισαγωγή του ανακυκλοφορούντος αέρα

Πρόκειται για αξιόπιστη λύση, που αντιμετωπίζει έκτατες ανάγκες και παρουσιάζει ιδιαίτερη ευκολία στη μεταφορά της από σημείο σε σημείο.

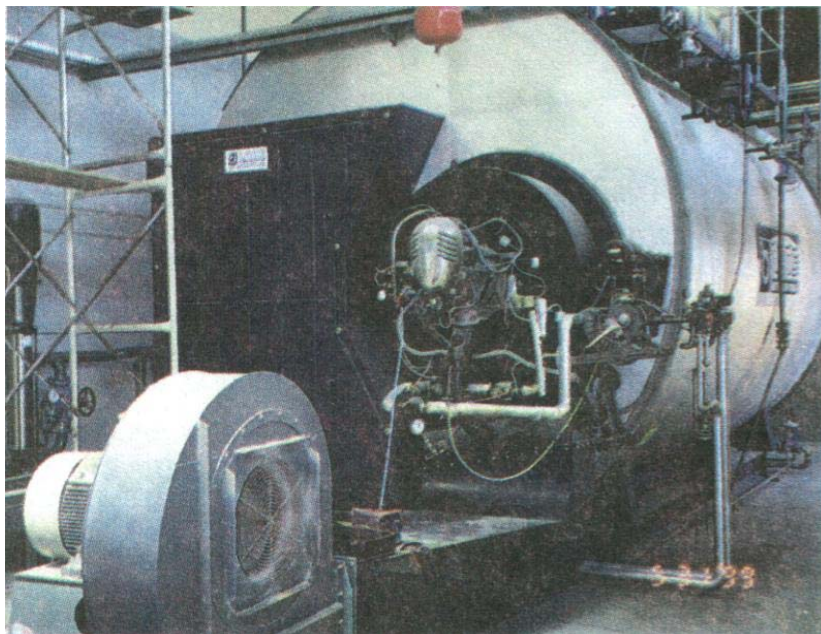


#### Εικόνα 4.15: ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ο Αερολέβητας με ενσωματωμένο αυτοματισμό προώθησης στερεών καυσίμων, είναι ένα ολοκληρωμένο θερμαντικό συγκρότημα αυτόματης καύσης στερεών καυσίμων, ενώ με εύκολη προσαρμογή ενός καυστήρα μπορεί να λειτουργήσει και με υγρά καύσιμα. Κατασκευάζεται με ανοξείδωτα αντιμαγνητικά χαλυβδοελάσματα, με αποτέλεσμα την μεγάλη διάρκεια ζωής. Εξωτερικά επενδύεται με γαλβανισμένη λαμαρίνα. Έχει ειδικά κατασκευασμένη υποδοχή για την τοποθέτηση καυστήρα πετρελαίου. Φέρει ενσωματωμένο πίνακα οργάνων ελέγχου και αυτοματισμού, για ασφαλή και αποδοτική λειτουργία του συγκροτήματος. Ο Αυτοματισμός προώθησης στερεών καυσίμων. Διαθέτει εστία καύσης κατασκευασμένη από ειδικό χυτοσίδηρο, με μεγάλη θερμοχωρητικότητα για αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και αυτόματη έναυση μετά από διακοπές. Αυτόματη τροφοδοσία της εστίας με καύσιμο υλικό από το σιλό, με τη βοήθεια συστήματος ατέρμονων κοχλιών.

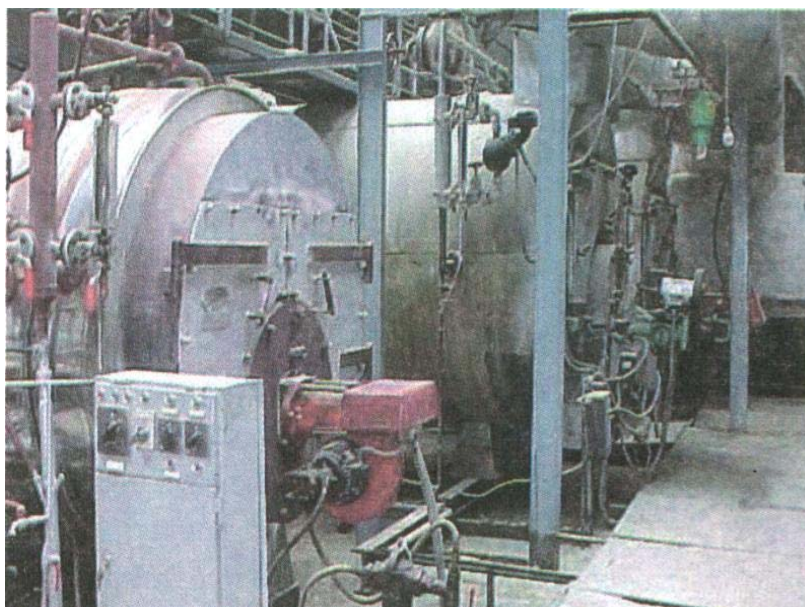
#### 4.5.9. Ατμολέβητες

Για άλλες χρήσεις ή για μεγάλες κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις υπάρχουν οι ατμολέβητες και οι λέβητες που θερμαίνουν λάδι για τις ανάγκες των βιομηχανιών.



**Εικόνα 4.16:** ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ 16.000.000 kcal/h.

Το μέγεθός του απαιτεί σκαλωσιές για την εγκατάστασή του. Ο τεράστιος φυσητήρας αέρα βρίσκεται κάτω και σε απόσταση από το λέβητα. Η καύση ελέγχεται από ειδικούς αυτοματισμούς ή ηλεκτρικούς υπολογιστές.



**Εικόνα 4.17:** ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΑΘΗΝΑΣ

Οι τρεις λέβητες παράγουν ατμό που χρησιμοποιείται στη θέρμανση των κτιρίων, στο πλύσιμο, σιδέρωμα και μαγείρεμα. Την ευθύνη για τη λειτουργία και συντήρηση των λεβήτων ατμού την έχουν ειδικά εκπαιδευμένοι τεχνίτες.



#### 4.5.10. Επίτοιχοι λέβητες (Φ.Α.)

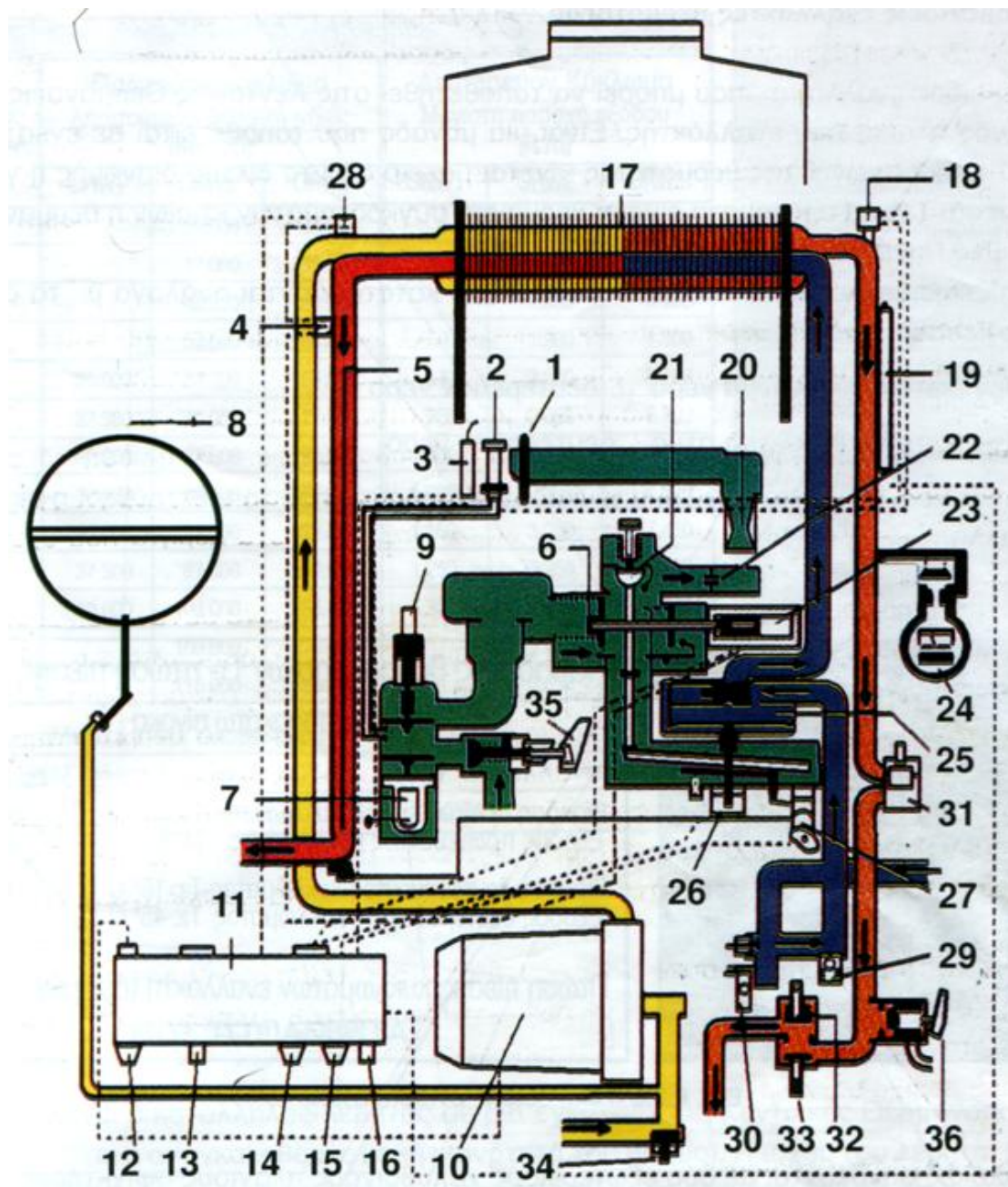
Στην πλειοψηφία των εφαρμογών ατομικής θέρμανσης και σε περιπτώσεις μικρής ισχύος έχει επικρατήσει η χρησιμοποίηση επίτοιχων ατομικών μονάδων. Οι λέβητες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνεργαστούν με συστήματα υποδαπέδιας θέρμανσης ενώ για μεγάλες ισχείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συγκροτήματα από δύο ή τρεις λέβητες. Οι μονάδες αυτές έχουν μικρές εξωτερικές διαστάσεις και μπορούν να τοποθετηθούν στο εσωτερικό ενός σπιτιού όπως επίσης και σε κάποιο εξωτερικό τοίχο.

Οι συσκευές αυτές έχουν ενσωματωμένο καυστήρα τύπου σχάρας ενώ η έναυση γίνεται με φλόγα πιλότο ή ηλεκτρονική ανάφλεξη. Στην περίπτωση φλόγας πιλότου μια μικρή φλόγα καίει συνεχώς στο εσωτερικό του λέβητα και η έναυση γίνεται καθώς ποσότητα αερίου εκρέει και αναφλέγεται. Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη ποσότητα αερίου αρχίζει να εκρέει και δημιουργείται σπινθήρας ο οποίος αναφλέγει το μίγμα.

Μεγάλη διάκριση μεταξύ των επίτοιχων λεβήτων Φ.Α αποτελεί ο θάλαμος καύσης εάν είναι κλειστού ή ανοιχτού τύπου. Στον ανοιχτό θάλαμο καύσης, ο απαραίτητος για την καύση αέρας αναρροφάται από το περιβάλλον στο οποίο είναι τοποθετημένη η συσκευή. Στον κλειστό θάλαμο καύσης ο αέρας αναρροφάται από το εξωτερικό περιβάλλον μέσω διπλής ομόκεντρης καπνοδόχου που απάγει τα καυσαέρια στο περιβάλλον και ταυτόχρονα αναρροφά τον απαραίτητο προς καύση αέρα. Η περίπτωση του κλειστού θαλάμου καύσης είναι προτιμητέα καθώς η καύση σε μεγάλο ποσοστό είναι ανεπηρέαστη από τις καιρικές συνθήκες (άνεμος) και η συσκευή μπορεί να τοποθετηθεί σε εσωτερικό χώρο.

Η πλειοψηφία των επίτοιχων λεβήτων αερίου φέρει ενσωματωμένο ταχυεναλλακτή θέρμανσης νερού χρήσης. Επίσης, διαθέτουν πλήρη πίνακα οργάνων ο οποίος παρέχει ένδειξη θερμοκρασίας, πίεσης και κομβία ελέγχου του κυκλώματος θέρμανσης και ζεστού και κρύου νερού χρήσης. Η καπνοδόχος η οποία συνοδεύει τους λέβητες αυτούς είναι μικρού μήκους ενώ δυνατότητα επέκτασης υπάρχει με την χρησιμοποίηση κατάλληλων τεμαχίων κατεύθυνσης.

Η ισχύς που αποδίδουν οι συσκευές αυτές ρυθμίζεται κατάλληλα και ανάλογα με το μοντέλο μεταβάλλεται μέσα στην περιοχή 19KW έως 28 KW.



- |  |   |
|--|---|
| 1. Θερμόζευγος                               | 19. Αισθητήριο θερμοστάτη ασφαλείας           |
| 2. Φλόγα πιλότος                             | 20. Καυστήρας                                 |
| 3. Ηλεκτρόδιο σπινθηρισμού                   | 21. Προοδευτική βαλβίδα                       |
| 4. Θερμοστάτης                               | 22. Στήριγμα τζιφαριών                        |
| 5. Αισθητήριο θερμοστάτη ζεστού νερού        | 23. Ηλεκτροβαλβίδα διπλού τυλίγματος          |
| 6. Διπλή βαλβίδα αερίου                      | 24. Θερμομανόμετρο                            |
| 7. Μαγνητική κεφαλή                          | 25. Βαλβίδα νερού                             |
| 8. Δοχείο διαστολής                          | 26. Διπλός μικροδιακόπτης                     |
| 9. Κομβίο συστήματος θερμοζεύγους            | 27. Θερμοστάτης νερού χρήσης                  |
| 10. Κυκλοφορητής                             | 28. Θερμοστάτης ορίου νερού θέρμανσης         |
| 11. Ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου               | 29. Βαλβίδα ασφαλείας υπερπίεσης νερού χρήσης |
| 12. Ρυθμιστής θερμοκρασίας θέρμανσης         | 30. Σύστημα πλήρωσης δικτύου θέρμανσης        |
| 13. Εξωτερικό κάλυμμα κομβίου θερμοζεύγους   | 31. Αυτόματο εξαεριστικό                      |
| 14. Επιλογέας λειτουργίας (χειμώνας - θέρος) | 32. Βαλβίδα αντεπιστροφής                     |
| 15. Επιλογέας θερμοκρασίας νερού χρήσης      | 33. Βαλβίδα διακοπής θέρμανσης (προσαγωγή)    |
| 16. Πιεζοηλεκτρικός αναπτήρας                | 34. Βαλβίδα διακοπής θέρμανσης (επιστροφή)    |
| 17. Θερμαντήρας νερού 2 κυκλωμάτων           | 35. Διακόπτης αερίου                          |
| 18. Θερμοστάτης ασφαλείας                    | 36. Βαλβίδα ασφαλείας δικτύου θέρμανσης       |

**Σχήμα 4.20:** ΕΠΙΤΟΙΧΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΕΡΙΟΥ

## 4.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Για να επιλεγεί ο κατάλληλος λέβητας σε μια εγκατάσταση λεβητοστασίου Κ.Θ., πρέπει να υπολογιστεί η θερμαντική ικανότητά του (ισχύς). Η ισχύς του λέβητα ( $Q_{\lambda}$ ) πρέπει να καλύπτει το σύνολο των θερμικών απαιτήσεων του κτιρίου καθώς και τις μελλοντικές επεκτάσεις του, αν προβλέπονται τέτοιες.

Πρέπει ακόμα η κάλυψη αυτή να γίνεται με ένα περιθώριο ασφάλειας, γιατί ο βαθμός απόδοσης του λέβητα μειώνεται με την πάροδο των χρόνων λειτουργίας. Έτσι το σύνολο των θερμικών απαιτήσεων ( $Q_{ολ}$ ) προσαυξάνεται κατά 10 ~ 30%. Οι μεγάλες τιμές προσαύξησης είναι απαραίτητες σε εγκαταστάσεις που περιέχουν πολύ νερό, ώστε να μειώνεται ο χρόνος ανταπόκρισής τους στο θερμικό αποτέλεσμα.

Είναι λοιπόν:  $Q_{\lambda} = (1,10 \sim 1,30) \cdot Q_{ολ}$  (σε kW ή kcal/h).

## 4.7. ΣΗΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

### 4.7.1. Υποχρεωτική αναγραφή πληροφοριών

Κάθε λέβητας κεντρικής θέρμανσης πρέπει να φέρει πινακίδα τεχνικών χαρακτηριστικών, στην οποία να αναφέρονται τα στοιχεία:

**α.** Το όνομα και η διεύθυνση του Κατασκευαστή, όπως και το σήμα του εργοστασίου παραγωγής, αν υπάρχει.

**β.** Ο τύπος του λέβητα.

**γ.** Το έτος κατασκευής.

**δ.** Η ονομαστική ισχύς του λέβητα, για κάθε καύσιμο που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί (σε kW ή kcal/h). (1 kcal/h = 1,163 W, 1W = 0,860 kcal/h).

**ε.** Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας στον λέβητα, (σε Pa ή bar).

**στ.** Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του ζεστού νερού (σε °C).

**ζ.** Η πίεση δοκιμής του λέβητα, (σε Pa ή bar).

### 4.7.2. Προαιρετικές πληροφορίες

Προαιρετικά, για λέβητες με πρόσθετες απαιτήσεις σε σχέση με τον καυστήρα πετρελαίου που θα χρησιμοποιηθεί, μπορεί να καθορίζεται:

- Η προτεινόμενη από τον κατασκευαστή περίσσεια αέρα.
- Η αναγκαία υπερπίεση στο θάλαμο καύσης, για λειτουργία με υπερπίεση, (σε Pa ή mm Σ.Ν.).

Για λέβητες που συνεργάζονται αποκλειστικά με καυστήρα αερίου και όποιος διατίθεται αποκλειστικά μαζί με τον λέβητα (σαν ενιαίο σύνολο), πρέπει ακόμη να καθορίζονται:

- Η ονομαστική φόρτιση (σε kW ή kcal/h).
- Το είδος του κατάλληλου καύσιμου αερίου.
- Η πίεση με την οποία πρέπει να γίνεται η τροφοδότηση σε αέριο, (σε Pa ή bar).

Όταν χρησιμοποιούνται καυστήρες αερίου με φυσητήρα, πρέπει να καθορίζονται:

- Η αναγκαία περίσσεια αέρα.
- Η αντίσταση κατά τη ροή των καυσαερίων μέσα στον λέβητα.

#### **4.7.3. Πρόσθετες πληροφορίες**

Ο κατασκευαστής του λέβητα οφείλει να αναφέρει στα σχετικά τεχνικά έντυπα τη συνολική υδραυλική αντίσταση του λέβητα (σε Pa ή mm Σ.Ν.), μεταξύ των σημείων σύνδεσης σε συνάρτηση με την παροχή του ζεστού νερού. Ακόμη πρέπει να αναφέρει τον συντελεστή τοπικής αντίστασης για τη διερχόμενη ποσότητα νερού, κατά τη λειτουργία στην ονομαστική ισχύ και για θερμοκρασιακή διαφορά νερού μεταξύ εξόδου και επιστροφής 20 °C. Επίσης οφείλει να αναφέρει την περιεκτικότητα του λέβητα σε νερό.

Όταν ο απαιτούμενος ελκυσμός ξεπερνά τις τιμές που προκαθορίζουν οι κανονισμοί (ΕΛΟΤ 234), πρέπει αυτό το δεδομένο να δηλώνεται με σαφήνεια στα τεχνικά υπομνήματα του κατασκευαστή και στις οδηγίες χρήσεις που συνδέουν τον λέβητα.

Θεωρείται χρήσιμο, στα έντυπα που συνοδεύουν τον λέβητα, να περιέχονται οδηγίες για την περιοδική συντήρησή του.

#### **4.7.4. Εκλογή μεγέθους και αριθμό λεβήτων**

Για τον καθορισμό του μεγέθους (θερμική ισχύς) του λέβητα (ή των λεβήτων) μιας εγκατάστασης λεβητοστασίου Κ.Θ., πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

**α.** Η συνολική αναγκαία θερμική ενέργεια (θερμικά φορτία) που χρειάζεται για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του συνόλου των καταναλώσεων, προσαυξημένων ανάλογα με τη διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Όταν η εγκατάσταση λειτουργεί λίγες ώρες, η προσαύξηση αυτή μπορεί να φθάσει το 30 %.

**β.** Σε ειδικές περιπτώσεις και ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις σημαντικού μεγέθους, όταν δεν συμπίπτουν όλα τα μέγιστα των καταναλώσεων (λόγω διαφορετικών χρήσεων τμημάτων του κτιρίου), μπορεί να ληφθεί υπόψη συντελεστής ετεροχρονισμού. Δηλαδή το μέγεθος του λέβητα που θα εκλεγεί μπορεί να είναι μικρότερο του μεγέθους που προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών απωλειών.

Σε μεσαίες και μεγάλες εγκαταστάσεις υπάρχουν πολλοί λόγοι που συνηγορούν στην εξασφάλιση της αναγκαίας θερμικής ισχύος με δύο ή περισσότερους λέβητες.

Για την κατανομή της ολικής απαιτούμενης θερμικής ισχύος σε περισσότερους από ένα λέβητες, πρέπει να ληφθούν υπόψη:

**α.** Η πιθανότητα λειτουργίας της εγκατάστασης με μειωμένη ισχύ για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

**β.** Η αξιοπιστία λειτουργίας της εγκατάστασης σε περίπτωση ενός μόνο λέβητα, είναι περιορισμένη. Με κριτήριο το είδος και τη χρήση του κτιρίου, θα πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα ανάγκης για περισσότερους του ενός λέβητες.

**γ.** Όταν χρησιμοποιούνται λυόμενοι λέβητες για ισχύ μέχρι 250 kW (215.000 kcal/h), ενδείκνυται η χρησιμοποίηση ενός λέβητα. Όταν επιδιώκεται ακριβέστερη προσαρμογή στις εκάστοτε ανάγκες και καλή και αξιόπιστη λειτουργία, για άνω των 120 kW (100.000 kcal/h) είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται δύο λέβητες.

**δ.** Σε εγκαταστάσεις θέρμανσης με πετρέλαιο γενικότερα και για ισχύ μεγαλύτερη από 250 kW (215.000 kcal/h) μέχρι και 1.200 kW (περίπου 1.000.000 kcal/h) καλό είναι να τοποθετούνται δύο λέβητες, έτσι ώστε, κατά τη μεταβατική περίοδο (όχι πολύ χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία), να μην είναι αναγκαία η συχνή εκκίνηση ενός μεγάλου λέβητα.

**ε.** Σε εγκαταστάσεις θέρμανσης με πετρέλαιο, ολικής ισχύος άνω των 1.200 kW (1.000.000 kcal/h), συνιστάται να τοποθετούνται 3 λέβητες, με πρόβλεψη κατάλληλων συστημάτων παράλληλης λειτουργίας και ρυθμίσεων.

**στ.** Σε μεγάλες εγκαταστάσεις που προβλέπεται να λειτουργούν επί μακρό χρονικό διάστημα με χαμηλό φορτίο (π.χ. για την παροχή ζεστού νερού χρήσης), είναι σκόπιμο να προβλεφθεί ένας λέβητας με τέτοιο μέγεθος, που να μπορεί να καλύψει τις συγκεκριμένες αυτές ανάγκες.



**Εικόνα 4.18:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ 7,5 MW ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ ΞΥΛΕΙΑΣ



**Εικόνα 4.19:** ΛΕΒΗΤΑΣ ΔΙΑΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΛΑΙΟΥ 4,5 MW ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ ΜΑΖΟΥΤ

#### **4.7.5. Έδραση των λεβήτων**

Για την σταθερή τοποθέτηση των λεβήτων (έδραση) πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για ειδική κατασκευή βάσεως.

Στις περισσότερες περιπτώσεις μικρών λεβήτων είναι επαρκής μια υπερυψωμένη βάση από σκυρόδεμα, ύψους από 6 έως 7 cm, ώστε να αποφεύγεται η πρόκληση σκουριάς στη βάση του λέβητα από μικροδιαρροές ή υγρασία του δαπέδου.

Όταν εκτιμάται ότι υπάρχει ανάγκη αντισεισμικής προστασίας του λέβητα, συνιστάται η βάση να προεκτείνεται περίπου 15 cm περιμετρικά ως προς τον λέβητα.

Σε περίπτωση περισσότερων του ενός λεβήτων, πρέπει να αποφεύγεται η κατασκευή ενιαίας βάσης.

Όταν κατασκευάζεται στεγανή λεκάνη για την προστασία από υπόγεια νερά, οι λέβητες πρέπει να τοποθετούνται σε ειδική βάση με ενδιάμεσες αυλακώσεις αέρα, για την καλύτερη παραλαβή των θερμικών τάσεων.

Συνιστάται η αντικραδασμική κατασκευή των βάσεων, ώστε να αποφεύγονται οι θόρυβοι που δημιουργούνται από στοιχεία της εγκατάστασης που συνδέονται με τον λέβητα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ**

### **«ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ»**

#### **5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις λεβητοστασιών Κ.Θ., πρέπει να εξασφαλίζουν οικονομική και ασφαλή λειτουργία, με ταυτόχρονη επιδίωξη την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Βασικά δεδομένα για την επιλογή του καυστήρα, είναι το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί, η αναγκαία θερμική ισχύς, η διαμόρφωση του φλογοθαλάμου και η αντίθλιψη του λέβητα με τον οποίο θα συνεργαστεί.

Τα υλικά κατασκευής των καυστήρων, τα εξαρτήματα και τα όργανα με τα οποία συνοδεύονται, πρέπει να αντέχουν στις μηχανικές και στις θερμικές καταπονήσεις που είναι δυνατό να υποστούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος "λέβητας - καυστήρας".

Ο καυστήρας, σε συνεργασία με τον φλογοθάλαμο του λέβητα με τον οποίο θα συνδεθεί, πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη και ασφαλή καύση του καυσίμου και να παρέχει την προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή ισχύ λειτουργίας και επίπεδο πίεσης.

Τα κινούμενα μέρη του καυστήρα πρέπει να είναι προστατευμένα, ώστε να αποκλείεται ο κίνδυνος ατυχήματος.

#### **5.2. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ**

Στην αγορά κυκλοφορεί μεγάλη ποικιλία καυστήρων με χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με το καύσιμο για το οποίο προορίζονται, τη διαδικασία έναυσης και συντήρησης της καύσης, τη μέθοδο ανάμειξης του καυσίμου και αέρα κ.α.

Μια πρώτη βασική διάκριση των καυστήρων βασίζεται στο είδος του καυσίμου για το οποίο προορίζεται. Έτσι έχουμε τους εξής καυστήρες:

- Καυστήρες κονιοποιημένων στερεών
- Καυστήρες υγρών καυσίμων
- Καυστήρες αερίων καυσίμων
- Μεικτοί καυστήρες (υγρών και αερίων καυσίμων, εναλλακτικά).

Άλλος διαχωρισμός των καυστήρων βασίζεται στο σύστημα διασκορπισμού του καυσίμου, όπου αναφέρονται καυστήρες με μηχανικό σύστημα διασκορπισμού (για πετρέλαιο και μαζούτ) και καυστήρες με πνευματικό διασκορπισμό (για μαζούτ).

Υπάρχουν και άλλα συστήματα διασκορπισμού, όπως με ατμό, με φυγοκεντρισμό και με υπερήχους. Εξ αυτών, ο διασκορπισμός με ατμό ή φυγοκεντρισμό εφαρμόζεται σε μεγάλους βιομηχανικούς καυστήρες, ενώ το σύστημα με υπερήχους βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας, οι καυστήρες διακρίνονται σε μονοβάθμιους, πολυβάθμιους και αυτόματους:

- **Καυστήρες μονοβάθμιοι**, είναι καυστήρες που λειτουργούν σε ένα μοναδικό σύστημα τροφοδότησης και κατά συνέπεια η παροχή του ατμοσφαιρικού αέρα και του καυσίμου δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους.
- **Καυστήρες πολυβάθμιοι**, είναι καυστήρες που λειτουργούν σε δύο ή περισσότερες συνθήκες τροφοδοσίας. Η αλλαγή από τη μία κατάσταση τροφοδοσίας στην άλλη, μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα.
- **Αυτόματοι καυστήρες**, είναι καυστήρες που προορίζονται για λειτουργία σε συνθήκες που απαιτούν τροφοδοσία αυτόματα μεταβλητή, κατά τρόπο συνεχή.

Ακόμη, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης στον φλογοθάλαμο των λεβήτων, οι καυστήρες διακρίνονται σε:

- **Καυστήρες φυσικού ελκυσμού**. Είναι καυστήρες που χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις. Το καύσιμο προσάγεται χωρίς ιδιαίτερη πίεση και η καύση βασίζεται στη ροή που προκαλεί ο φυσικός ελκυσμός.
- **Πιεστικοί καυστήρες**. Είναι καυστήρες που προσάγουν το καύσιμο υπό πίεση, και συνήθως το εκτοξεύουν στο φλογοθάλαμο.

### 5.3. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΚΟΝΙΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Είναι ιδιόμορφοι καυστήρες, οι οποίοι συνεργάζονται συνήθως με λέβητες στερεών καυσίμων ή εναλλακτικής καύσης. Οι καυστήρες αυτού του τύπου (π.χ. πυρηνοκαυστήρες), συνδέονται με αποθήκη (ή σιλό) κονιοποιημένης βιομάζας, απ' όπου εξασφαλίζεται συνεχής τροφοδότηση του χώρου καύσης με ατέρμονα κοχλία ή πνευματικό σύστημα. Στον θάλαμο καύσης διοχετεύεται και συμπληρωματική ποσότητα αέρα.

Οι καυστήρες αυτού του είδους μπορούν με επιτυχία να χρησιμοποιηθούν σε αγροτικές και βιομηχανικές περιοχές (όπου υπάρχει διαθέσιμη βιομάζα). Χρειάζεται πάντως προσοχή, γιατί η λειτουργία τους εγκυμονεί κινδύνους, όπως η πιθανότητα μετά τη διακοπή της λειτουργίας του καυστήρα, η καύση να οδεύει αντίστροφα και να μεταδοθεί μέχρι και τον χώρο αποθήκευσης.

### 5.4. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι καυστήρες υγρών καυσίμων των κεντρικών θερμάνσεων, καταναλίσκουν σχεδόν αποκλειστικά ελαφρύ πετρέλαιο και σπανιότερα μαζούτ. Η βασική τους λειτουργία συνίσταται στον διασκορπισμό του καυσίμου σε κατάλληλα λεπτά σταγονίδια, η έντονη ανάμιξή του με την ενδεδειγμένη ποσότητα αέρα και η έναυση και διατήρηση (συντήρηση) της καύσης.



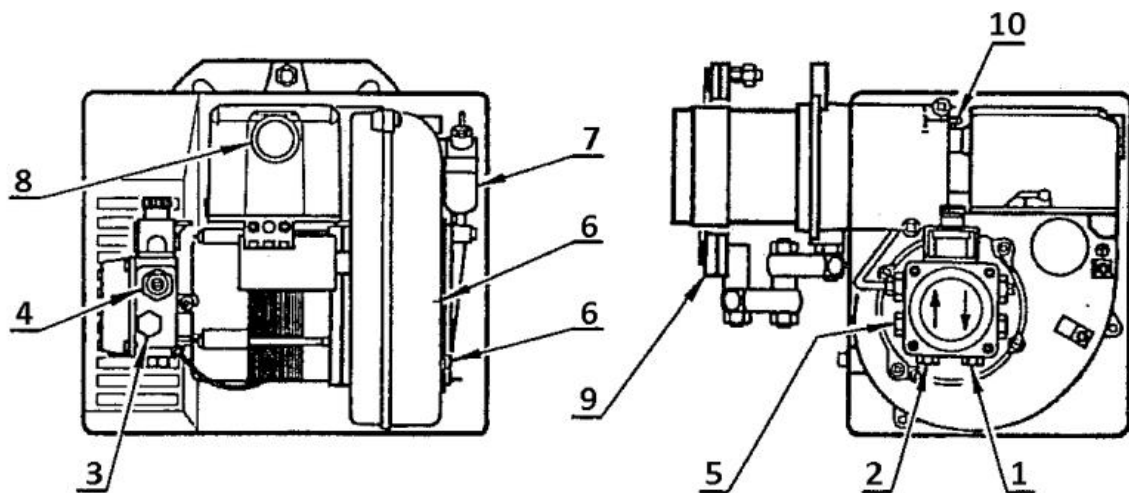
### 5.4.1. Κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά καυστήρων υγρών καυσίμων

Οι καυστήρες πετρελαίου είναι ηλεκτροκίνητες συσκευές που διαθέτουν τον αναγκαίο εξοπλισμό και τους κατάλληλους αυτοματισμούς για την προσαγωγή, τον διασκορπισμό, την ανάμειξη με τον αέρα και την καύση του πετρελαίου. Ο διασκορπισμός και η ανάμειξη των σταγονιδίων με τον αέρα, λαμβάνουν χώρα μέσα στον φλογοθάλαμο του λέβητα.

Η σχετική διαδικασία πραγματοποιείται με τρεις τρόπους, οι οποίοι και αποτελούν χαρακτηριστικά λειτουργίας των καυστήρων, δηλαδή οδηγούν στη διάκριση, σε:

- καυστήρες εξάτμισης
- καυστήρες διασκορπισμού
- καυστήρες περιστροφής

Εκτός από την παραπάνω βασική διάκριση, της οποίας τα κύρια δεδομένα θα αναλυθούν στη συνέχεια, υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφόρων τύπων καυστήρων, στο κύκλωμα τροφοδοσίας του καυσίμου και του αέρα, τη μορφή των ακροφυσίων, τα συστήματα ανάμειξης καυσίμου - αέρα και το σύστημα ελέγχου της φλόγας.

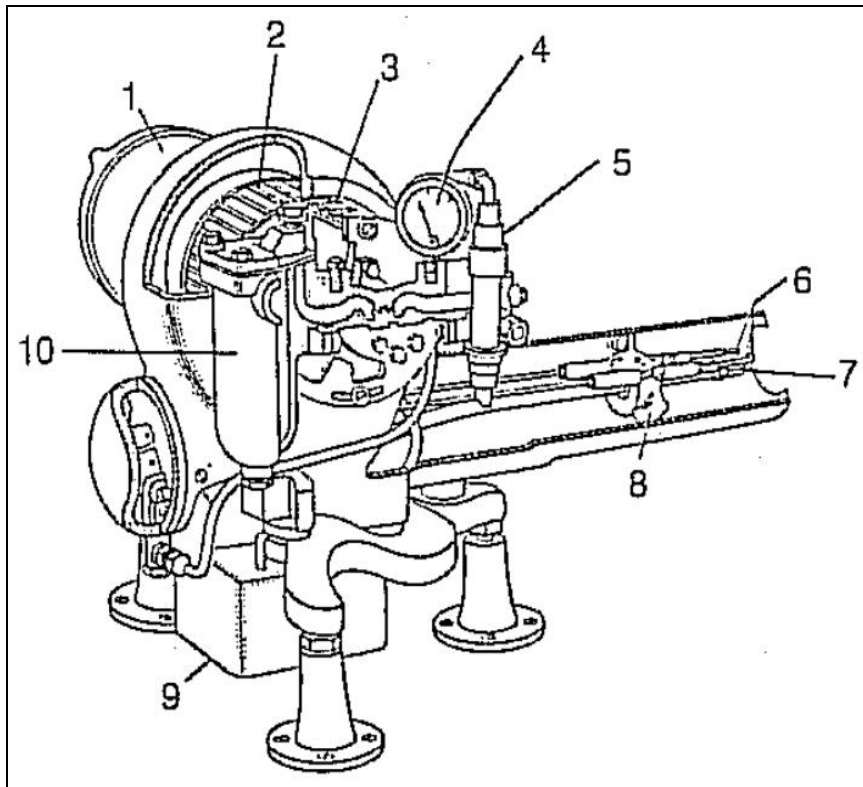


1. επιστροφή καυσίμου
2. αναρρόφηση καυσίμου
3. θέση μανόμετρου
4. ρύθμιση θέσης αντλίας
5. θέση κενομέτρου αναρρόφησης
6. δύο βίδες για στερέωμα του τάμπερ αέρος
7. υδραυλικό έμβολο με αυτόματο τάμπερ
8. λυχνία και μπουτόν για μπλόκο
9. φλάντζα και αμίαντο μόνωσης
10. βίδα για ρύθμιση κεφαλής

- Ο καυστήρας συνοδεύεται από:
- 2 φλέξιμπλ
  - 1 φλάντζα με αμίαντο
  - 2 βίδες με παξιμάδια
  - 1 αρθρωτό μπράτσο
  - 1 βίδα με δύο παξιμάδια για τη φλάντζα
  - 1 στυπιοθλίπτη καλωδίου

Σχήμα 5.1: ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ ΜΕΡΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

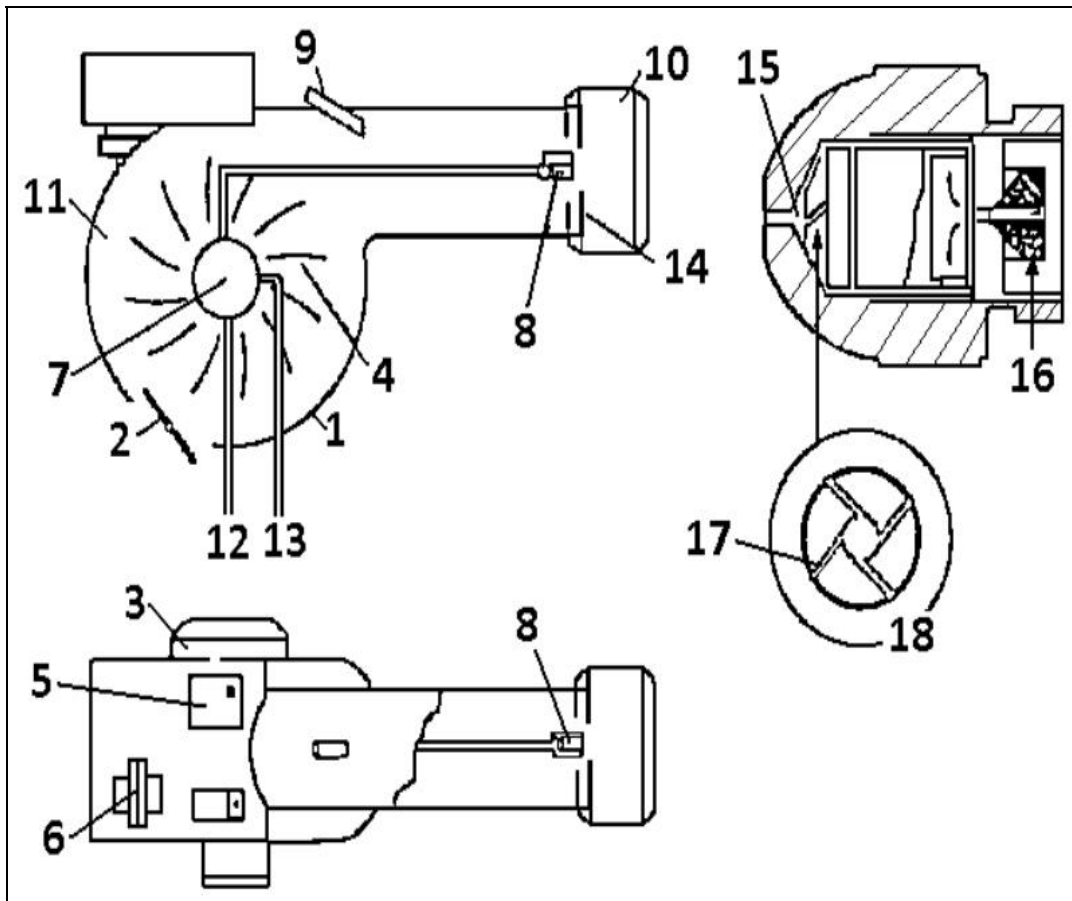
Παρόλα αυτά, υπάρχουν μερικά κοινά στοιχεία του εξοπλισμού, τα οποία συναντώνται στο σύνολο ή σχεδόν στο σύνολο των καυστήρων. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν:



- |   |   |
|---|---|
| 1. Ηλεκτροκινητήρας                         | 6. Ηλεκτρόδιο έναυσης                       |
| 2. Πτερωτή ανεμιστήρα                       | 7. Ακροφύσιο εκτόξευσης καυσίμου            |
| 3. Ρύθμιση αέρα                             | 8. Δίσκος στροβιλισμού αέρα                 |
| 4. Μετρητής πίεσης                          | 9. Μετασχηματιστής τάσης (για την ανάφλεξη) |
| 5. Βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης του καυσίμου | 10. Φίλτρο καυσίμου                         |

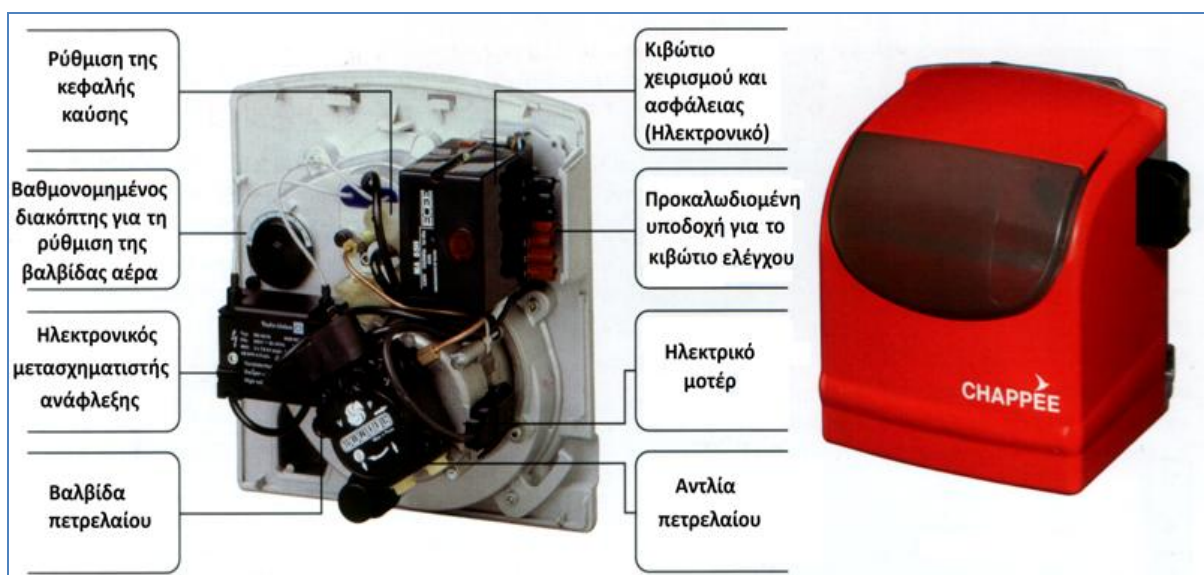
**Σχήμα 5.2:** ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ ΥΓΡΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ

- Το **κέλυφος** του καυστήρα (ή περίβλημα), το οποίο περιβάλλει όλα τα εξαρτήματα του καυστήρα. Συνήθως είναι κατασκευασμένο από ελαφρά μέταλλα (π.χ. αλουμίνιο), και προστατεύει όσους προσεγγίζουν τον καυστήρα από κινούμενα μέρη και ηλεκτρικές επαφές, αλλά και κυρίως προστατεύει τους μηχανισμούς από σκόνες και κτυπήματα. Το κέλυφος συνήθως είναι εύκολο να αφαιρεθεί για την επιθεώρηση, τον καθαρισμό, επισκευή, ρύθμιση ή συντήρηση του καυστήρα.
- Το άνοιγμα **προσαγωγής αέρα** με ρυθμιζόμενο διάφραγμα (τάμπερ). Το διάφραγμα (τάμπερ), καθορίζει, σε κάποια όρια, την ποσότητα του προσαγόμενου αέρα.
- Ο **ηλεκτρικός κινητήρας**, ο οποίος συνδέει λειτουργικά τον άξονα του ανεμιστήρα με την αντλία καυσίμου.
- Ο **ανεμιστήρας** με κεκλιμένα πτερύγια, ο οποίος εξασφαλίζει την αναγκαία ροή αέρα.



- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. Κέλυφος του καυστήρα                      | 10. Κεφαλή καύσης                    |
| 2. Προσαγωγή αέρα με διάφραγμα               | 11. Κέλυφος του καυστήρα             |
| 3. Ηλεκτρικός κινητήρας                      | 12. Σωλήνας επιστροφής καυσίμου      |
| 4. Ανεμιστήρας                               | 13. Σωλήνας προσαγωγής καυσίμου      |
| 5. Ηλεκτρική συσκευή για αυτόματη λειτουργία | 14. Σταθεροποιητής                   |
| 6. Μετασχηματιστής έναυσης                   | 15. Χώρος ανάμειξης                  |
| 7. Αντλία καυσίμου                           | 16. Φίλτρο πετρελαίου                |
| 8. Ακροφύσιο διασκορπισμού                   | 17. "Κανάλια" εφαπτομένης διεύθυνσης |
| 9. Φωτοκύτταρο εντοπισμού φλόγας             | 18. Ακροφύσιο διασκορπισμού          |

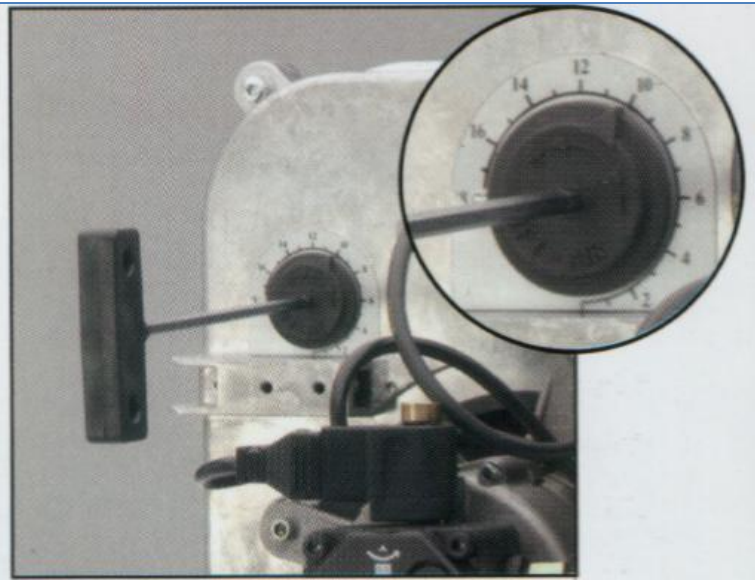
**Σχήμα 5.3:** ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΚΥΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



**Σχήμα 5.4:** ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ



**Σχήμα 5.5:**  
ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΚΑΙ ΚΕΦΑΛΗ  
ΔΙΧΩΣ ΡΥΘΜΙΣΗ

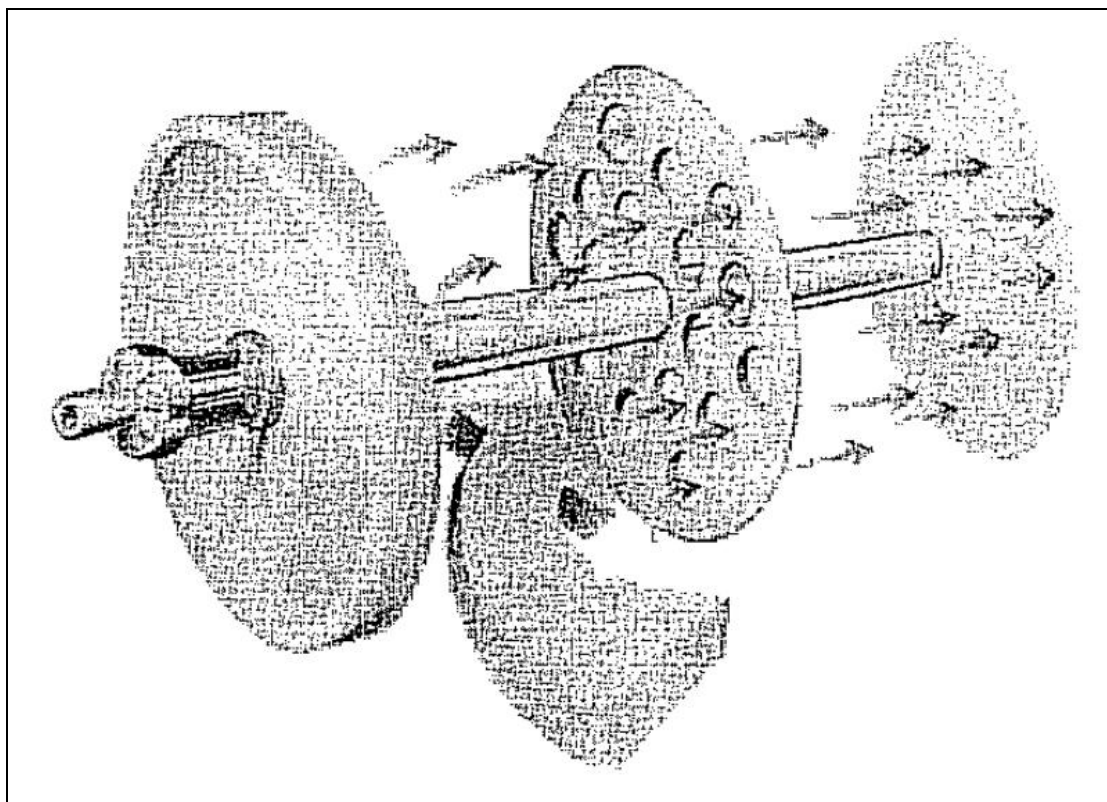


**Σχήμα 5.6:** ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

- Ο **ηλεκτρικός πίνακας** αυτόματης λειτουργίας, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα όργανα (ρελέ, αντιστάσεις κ.λπ.), που ρυθμίζουν τη λειτουργία του καυστήρα και τη διακόπτουν σε περίπτωση έλλειψης φλόγας ή καυσίμου ή για άλλο λόγο.
- Ο **μετασχηματισμός έναυσης**, ο οποίος εξασφαλίζει την αναγκαία τάση (6.000 - 10.000 Volt) για τη δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα, μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που βρίσκονται κοντά στο ακροφύσιο και είναι αναγκαία για την έναυση.
- Η **αντλία καυσίμου**, απορροφά το καύσιμο από τη δεξαμενή και με την βοήθεια του ακροφυσίου διασκορπισμού το εκτινάσσει με πίεση 10 - 12 bar (συνήθως) στην περίπτωση του πετρελαίου και 18 - 20 bar, στην περίπτωση του μαζούτ. Η παροχή της αντλίας είναι πάντα μεγαλύτερη από εκείνη του ακροφυσίου και υπάρχει πρόβλεψη ώστε η περίσσεια να επιστρέφει στη δεξαμενή.
- Το **ακροφύσιο διασκορπισμού** (μπέκ), είναι το τμήμα του καυστήρα από το οποίο εξέρχεται το καύσιμο. Μετατρέπει την πίεση (δυναμική ενέργεια) σε κινητική ενέργεια, δηλαδή, σε υψηλή ταχύτητα. Η διαμόρφωση του ακροφυσίου επιτρέπει στο καύσιμο τον διασκορπισμό του με τη μορφή μικρών σταγονιδίων τα οποία αναμειγνύονται με τον αέρα.

Στο εσωτερικό του ακροφυσίου υπάρχει στόμιο εξόδου σταθερής διαμέτρου, το οποίο εκλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή παροχή καυσίμου. Γι' αυτό τα ακροφύσια χαρακτηρίζονται με μονάδες παροχής (σε lt/h ή gal/h). Στην περιοχή εξόδου του καυσίμου διαμορφώνεται κώνος με ειδική διαμόρφωση η οποία δίνει στο καύσιμο σπειροειδή συγκλίνουσα κίνηση. Ο τύπος του κώνου καθορίζει τη γωνία του κώνου διασκορπισμού.

- Το **φωτοκύτταρο εντοπισμού της φλόγας**, παρακολουθεί την εξέλιξη της καύσης. Όσο υπάρχει φλόγα, επιτρέπει τη ροή του καυσίμου. Εάν η φλόγα εκλείψει, το φωτοκύτταρο επεμβαίνει στο ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα.
- Η **κεφαλή καύσης** πρέπει να εξασφαλίζει την πλήρη ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα, τη σταθεροποίηση της φλόγας και γενικότερα την ικανοποιητική λειτουργία της καύσης. Το σημαντικότερο στοιχείο της κεφαλής καύσεως είναι ο "σταθεροποιητής" ή δίσκος ανάμειξης, (σχήμα 5.7). Αποτελείται από ένα χαλύβδινο δίσκο που διαθέτει ομόκεντρο στόμιο και σε διάφορες αποστάσεις από το κέντρο διάφορες οπές. Προκαλεί διαφοροποίηση της ταχύτητας ροής ποσοτήτων αέρα και υποβοηθά την ανάμειξη με το καύσιμο.

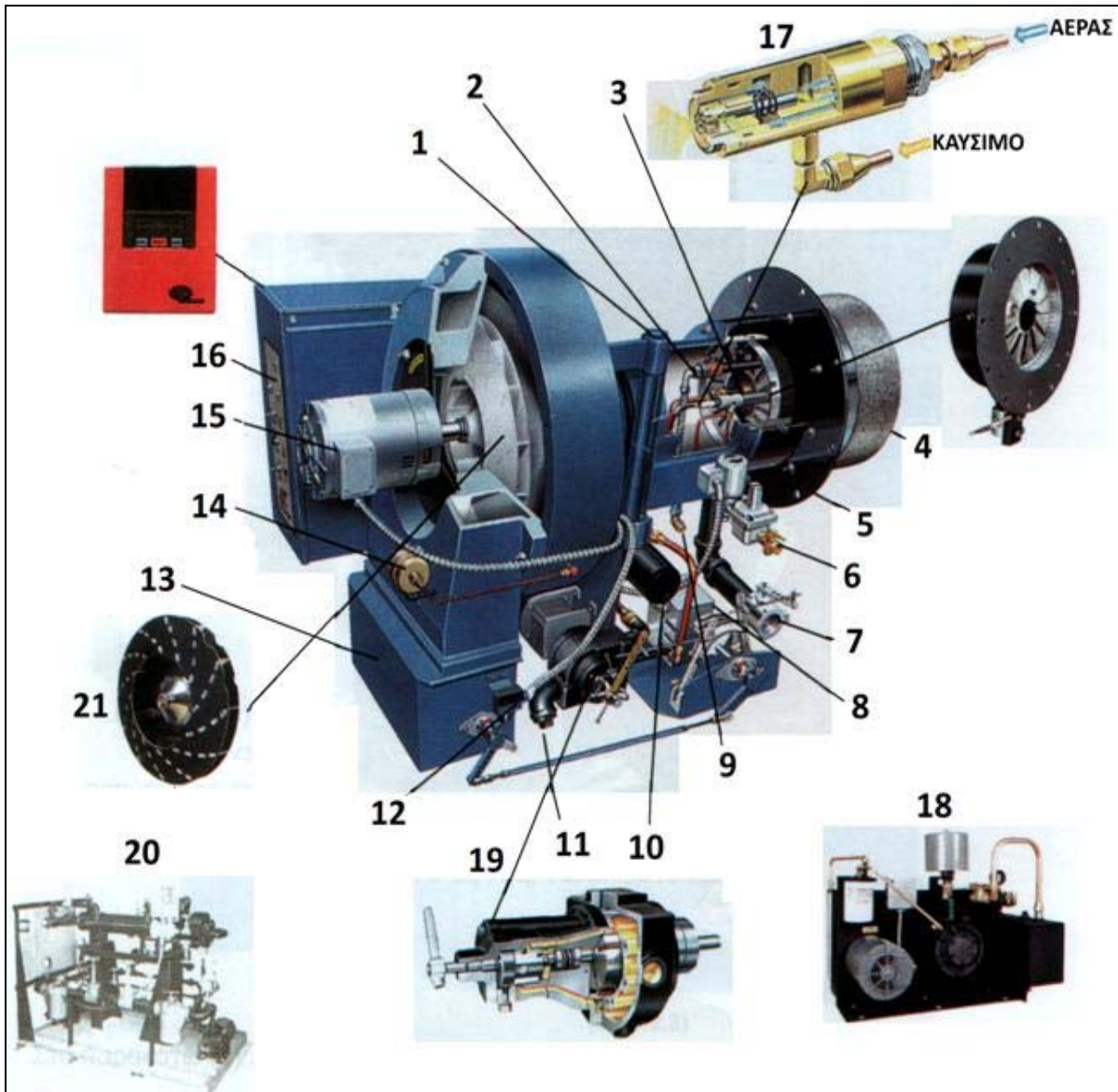


**Σχήμα 5.7:** ΔΙΣΚΟΣ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ "ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ" ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΜΕ ΤΟ ΚΑΥΣΙΜΟ

Με ανάλογες ρυθμίσεις στις αποστάσεις μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων της κεφαλής καύσεως, είναι δυνατόν να επιτευχθούν διάφορες διαμορφώσεις της φλόγας καύσεως, σε συνάρτηση με τη γεωμετρία του φλογοθαλάμου του λέβητα.

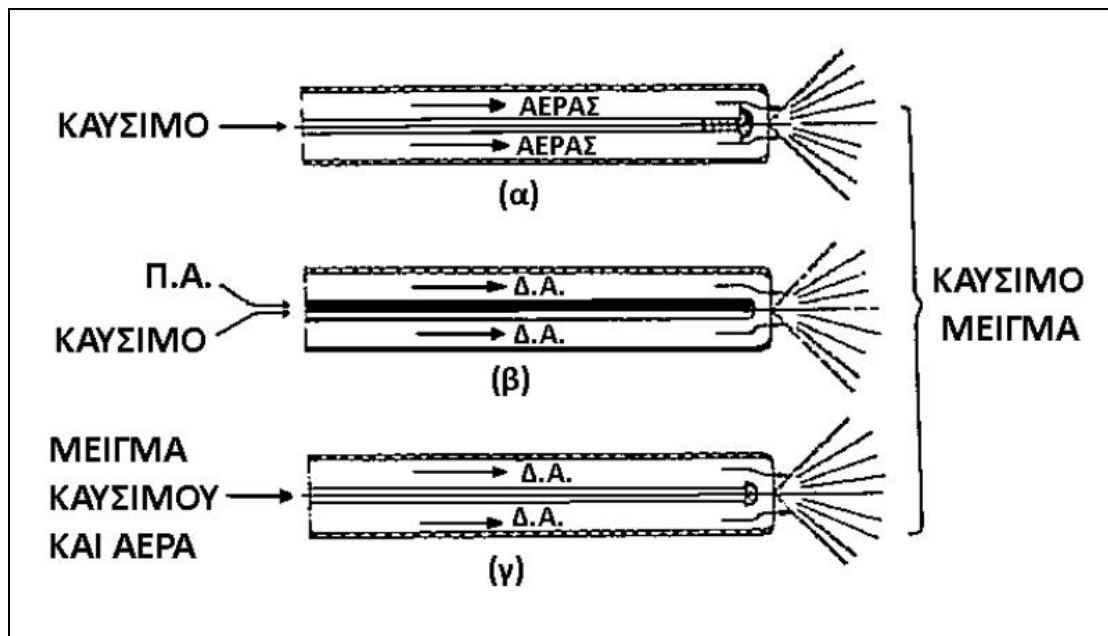
Στην κεφαλή της καύσης προσάγεται ο αέρας που είναι απαραίτητος για την καύση. Μερικές φορές, στην εσωτερική σωλήνωση (σχήμα 5.9α), κυκλοφορεί μόνο καύσιμο και ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική προσάγεται το σύνολο της ποσότητας του αέρα. Στην περίπτωση αυτή το μείγμα δημιουργείται λίγο πριν από την έξοδο στον φλογοθάλαμο. Με άλλη διαδικασία (σχήμα 5.9β), το καύσιμο και ο πρωτεύων αέρας προσάγονται με δύο μικρούς σωλήνες υπό πίεση. Παράλληλα, προσάγεται δευτερεύουσα ποσότητα αέρα για την τελική δημιουργία του καυσίμου μείγματος.

Τελικά, σε μερικές περιπτώσεις, γίνεται προανάμειξη καυσίμου και πρωτεύοντος αέρα (σχήμα 5.9).

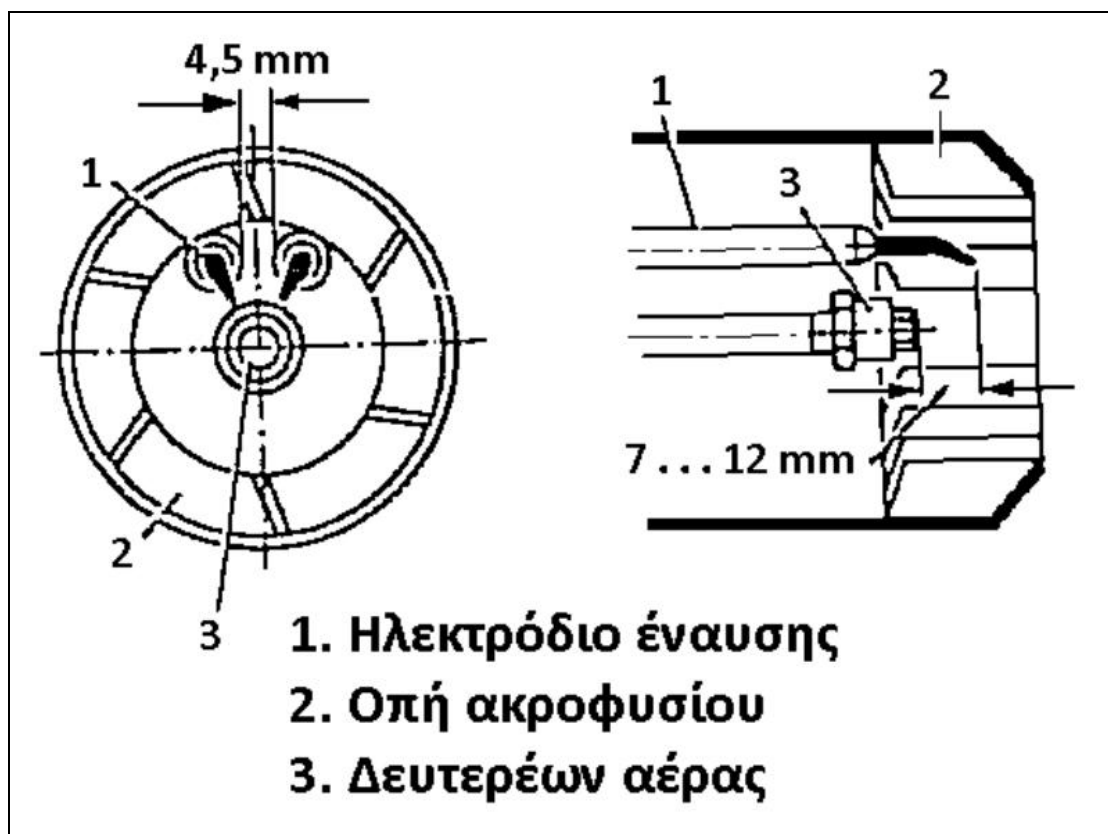


1. Άρθρωση περιστροφής,
2. Ανιχνευτής φλόγας (Lead Sulphide),
3. Πιλότος έναυσης πετρελαίου ή αερίου ,
4. Κεραμική φλογοκεφαλή,
5. Βάση στήριξης ,
6. Gas train πιλότου έναυσης,
7. Παροχή αερίου,
8. Σερβοκινητήρας με κιθάρα 14 σημείων για ακρίβεια ρύθμισης  $O_2$ ,
9. Παροχή αέρα νεφοποίησης ,
10. Ηλεκτρικός προθερμαντήρας με πρεσοστάτη ελέγχου πίεσης ανακυκλοφορίας,
11. Παροχή υγρού καυσίμου από αντλία ανακυκλοφορίας,
12. Τερματικός μέγιστης ισχύος,
13. Στόμιο αναρρόφησης αέρα με περιστροφικό ντάμπερ, με αντίβαρα και ηχομονωτήρα,
14. Πρεσοστάτης αέρα,
15. Κινητήρας ανεμιστήρα,
16. Ηλεκτρικός πίνακας,
17. Ακροφύσια διασκορπισμού με χαμηλή πίεση αέρος για τέλεια καύση. Αυτόματος καθαρισμός με αέρα,
18. Ανεξάρτητος περιστροφικός αεροσυμπιεστής για την νεφοποίηση των υγρών καυσίμων με αερόψυκτο σύστημα λίπανσης,
19. Δοσομετρική αντλία καυσίμου θετικού εκτοπίσματος, για σταθερή παροχή ανεξαρτήτως θερμοκρασίας και ιξώδους,
20. Πλήρες σύστημα με ανεξάρτητο ηλεκτρικό πίνακα προθέρμανσης και ανακυκλοφορίας καυσίμου, με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή ατμού για Μαζούτ R1500
21. Φτερωτή αλουμινίου με ανεστραμμένα πτερύγια για αποφυγή επικαθήσεων. Υψηλή απόδοση καύσης σε πιεστικές εστίες.

**Σχήμα 5.8:** ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ - ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ ή ΑΤΜΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ - ΜΙΚΤΗΣ & Low Nox ΚΑΥΣΗΣ ΑΠΟ ΕΝΑΝ ΕΩΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΤΥΠΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.

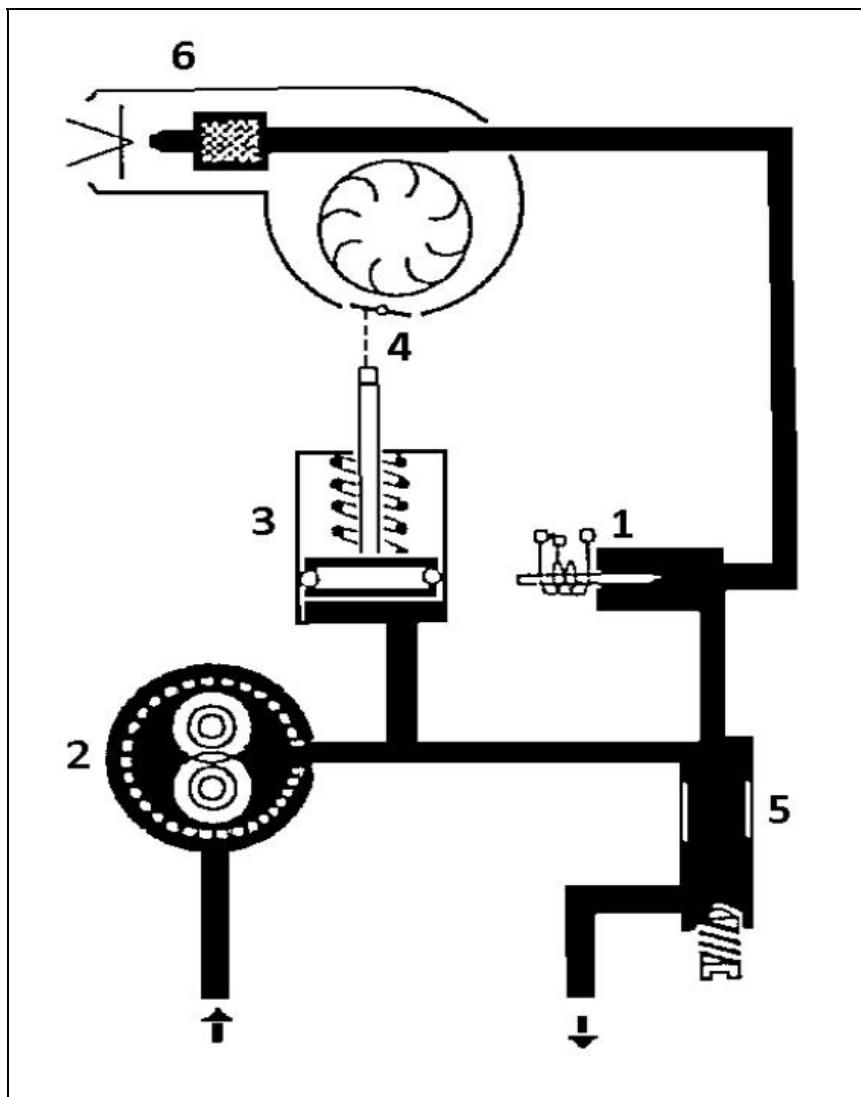


Σχήμα 5.9: ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΑ ΣΕ ΑΚΡΟΦΥΣΙΑ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΟΥ  
(Δ.Α. = Δευτερεύων Αέρας, Π.Α. = Πρωτεύων Αέρας)



Σχήμα 5.10: ΟΨΗ ΚΑΙ ΤΟΜΗ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟΥ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΟΥ

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.11., για τη λειτουργία ενός συνηθισμένου καυστήρα κατά ελάχιστον χρειάζεται αντλία πετρελαίου και ανεμιστήρας, μετασχηματιστής για τις ακίδες έναυσης, ρυθμιστικές βαλβίδες και σύστημα ανάμειξης αέρα - καυσίμου.



1. Μετασχηματιστής
2. Αεροσυμπιεστής
3. Ρυθμιστής πίεσης δευτερεύοντος αέρα
4. Βαλβίδα ρύθμισης δευτερεύοντος αέρα
5. Υδραυλική βαλβίδα ανάμειξης πετρελαίου και αέρα
6. Διασκορπισμός μείγματος

**Σχήμα 5.11:** ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΕΛΑΦΡΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ, ΣΤΟΝ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΤΗ ΤΟΥ ΟΠΟΙΟΥ ΠΡΟΣΑΓΕΤΑΙ ΜΕΙΓΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΟΣ ΑΕΡΑ

Όσον αφορά τις φάσεις λειτουργίας, μπορεί να γίνει η διάκριση:

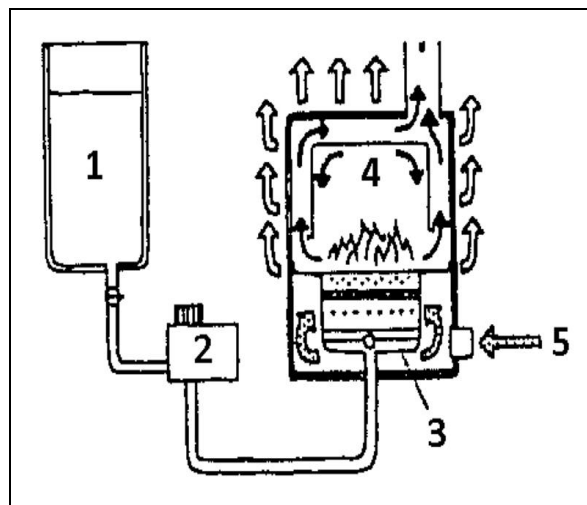
- **Ξεκίνημα του καυστήρα:** Αρχίζει η λειτουργία του ανεμιστήρα προσαγωγής αέρα και ανοίγει το σχετικό ρυθμιστικό διάφραγμα (ντάμπερ). Το καύσιμο, αφού διέλθει από κάποιο φίλτρο, οδηγείται απ' ευθείας στο ακροφύσιο ή πρώτα αναμειγνύεται με πρωτεύοντα αέρα.
- **Τελική ανάμειξη και εξαέρωση:** Το καύσιμο εκσφενδονίζεται με πίεση και με μορφή λεπτών σταγονιδίων στον χώρο καύσεως και αναμειγνύεται πλήρως με στροβιλιζοντα αέρα.
- **Έναυση:** Ελάχιστα δευτερόλεπτα μετά την έναρξη της ροής καυσίμου, ρεύμα υψηλής τάσης που προέρχεται από τον μετασχηματιστή προκαλεί στα ηλεκτρόδια ηλεκτρική εκκένωση (σπινθήρα), δια του οποίου επιτυγχάνεται η έναυση.



- **Διακοπή λειτουργίας:** Για την διακοπή λειτουργίας του καυστήρα πρέπει πρώτα να διακοπεί η ροή του καυσίμου και σχεδόν αμέσως μετά διακόπτεται η ροή του αέρα και κλείνει το σχετικό διάφραγμα (τάμπερ).

#### 5.4.2. Καυστήρες Εξάτμισης

Σε πολύ μικρές ισχύεις (π.χ. σόμπες πετρελαίου), χρησιμοποιούνται καυστήρες που βασίζουν τη λειτουργία τους στην εξάτμιση του πετρελαίου, η οποία πραγματοποιείται σε μια μικρή λεκάνη που θερμαίνεται από την ίδια φλόγα. Ένας ρυθμιστής στάθμης (καρμπυρατέρ), διατηρεί τη ροή του πετρελαίου ανάλογη με την κατανάλωση και εξασφαλίζει προστασία από πιθανή υπερχειλίση.



1. Δοχείο ρύθμισης (ντεπόζιτο)
2. Ρυθμιστής παροχής καυσίμου
3. Καυστήρας
4. Θάλαμος καύσης
5. Είσοδος αέρα

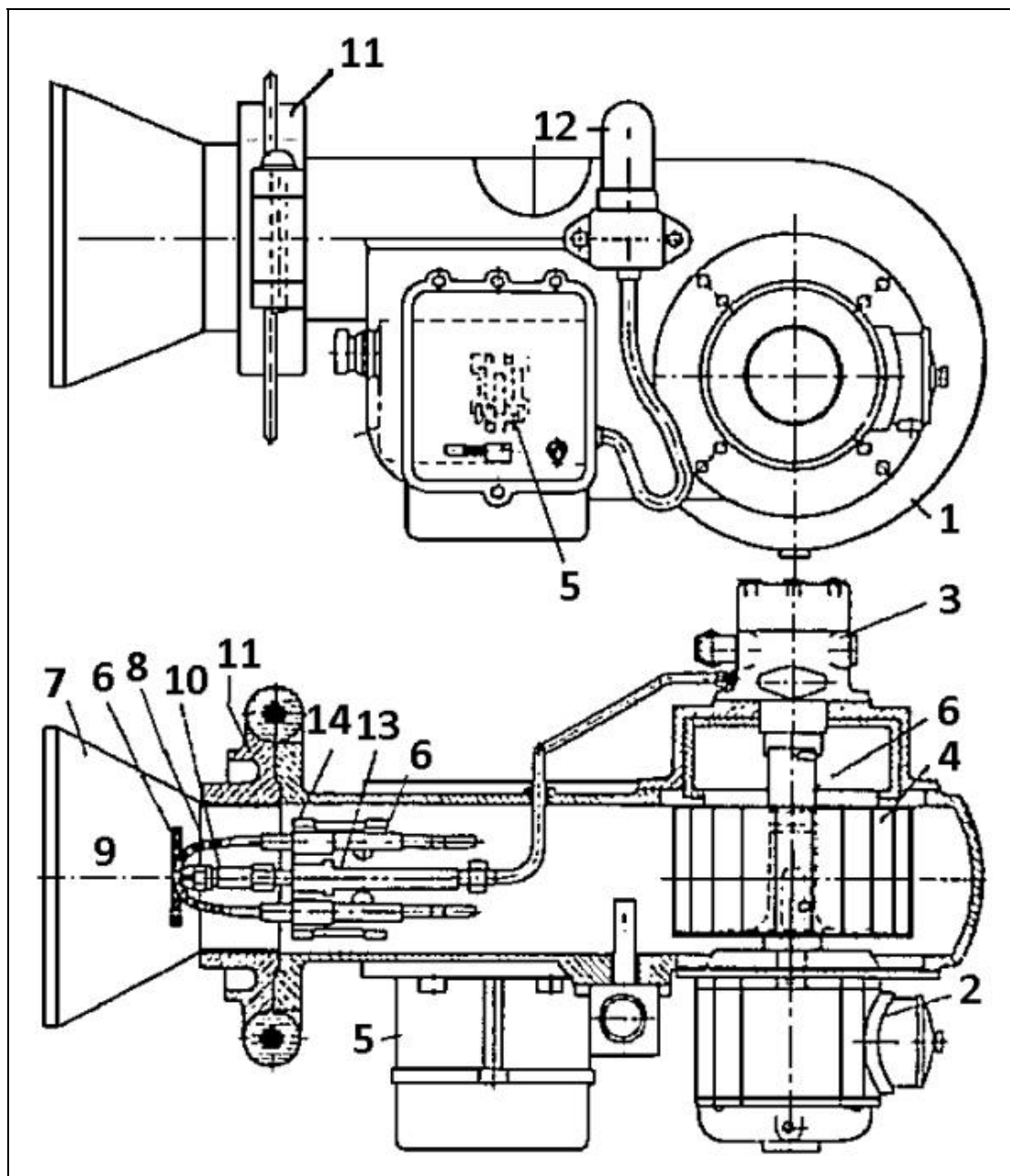
**Σχήμα 5.12:** ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Οι καυστήρες εξάτμισης πρέπει να τροφοδοτούνται με φωτιστικό πετρέλαιο, το οποίο δεν αφήνει κατάλοιπα.

Σε μικρά μεγέθη η καύση πραγματοποιείται με φυσικό ελκυσμό. Σε μεγαλύτερα μεγέθη χρησιμοποιείται ανεμιστήρας για την εξαναγκασμένη προσαγωγή του αέρα και την απώθηση των καυσαερίων.

#### 5.4.3. Καυστήρες Διασκορπισμού

Στους καυστήρες μηχανικού διασκορπισμού, χρησιμοποιείται μια μικρή γρاناζωτή αντλία, η οποία ωθεί το καύσιμο προς τον φλογοθάλαμο, με πίεση 10 - 20 bar. Η εκτόξευση του καυσίμου πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικού ακροφυσίου (μπεκ), το οποίο επιτυγχάνει τη δημιουργία νέφους λεπτότατων σταγονιδίων.

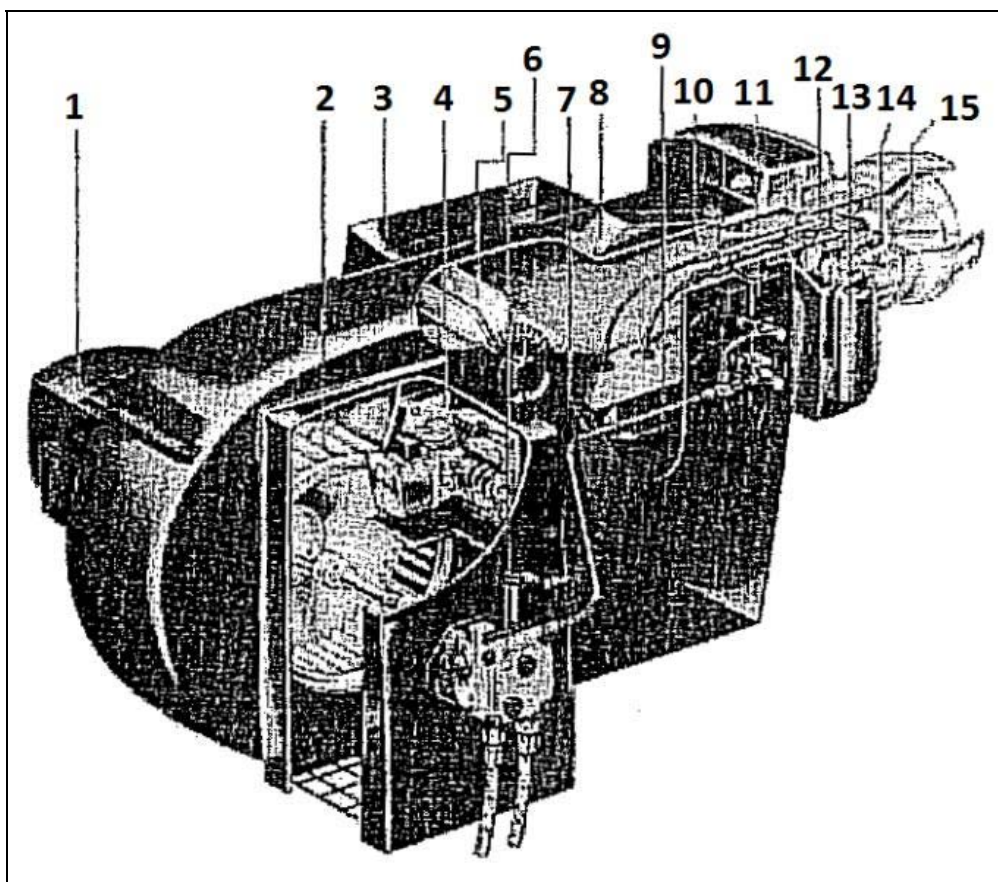


- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. Κέλυφος ανεμιστήρα        | 8. Ανάμειξη καυσίμου - αέρα                 |
| 2. Ηλεκτροκινητήρας          | 9. Περιοχή κώνου φλόγας                     |
| 3. Αντλία πετρελαίου         | 10. Δίσκος ανάμειξης                        |
| 4. Πτερωτή ώθησης αέρα       | 11. Επιφάνεια στερέωσης στη θύρα του λέβητα |
| 5. Κιβώτιο ηλεκτρικού πίνακα | 12. Φίλτρο πετρελαίου                       |
| 6. Παροχή πρωτεύοντος αέρα   | 13. Προσαγωγή πετρελαίου                    |
| 7. Παροχή δευτερεύοντος αέρα | 14. Ανάμειξη πρωτεύοντος αέρα - πετρελαίου  |

**Σχήμα 5.13:** ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΟΥ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΕΛΑΦΡΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ ΚΑΙ ΚΑΤΟΨΗ).

Η ανάμειξη του νέφους των σταγονιδίων καυσίμου με τον αέρα της καύσης (ο οποίος προσάγεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα χαμηλής πίεσης), πραγματοποιείται στο ακροφύσιο του καυστήρα. Το μείγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια σπινθήρα υψηλής τάσης. Η καύση διατηρείται όσο χρόνο γίνεται κανονική παροχή καυσίμου και αέρα.

Ηλεκτρική βαλβίδα ελέγχει τη ροή του πετρελαίου από την έξοδο της αντλίας μέχρι το μπέκ.



- |                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1. Ηλεκτροκινητήρας                 | 9. Μετασχηματιστής        |
| 2. Πτερωτή                          | 10. Αισθητήριο φλόγας     |
| 3. Πίνακας ελέγχου καυστήρα         | 11. Η/Μ βαλβίδα ασφάλειας |
| 4. Σερβοκινητήρας στάθμης αέρα      | 12. Ακίδες έναυσης        |
| 5. Διάφραγμα (τάμπερ) αέρα          | 13. Φλάντζα περιστροφής   |
| 6. Αντλία πετρελαίου                | 14. Διασκορπιστής         |
| 7. Παροχή πετρελαίου                | 15. Φλογοκεφαλή           |
| 8. Άνοιγμα επιθεώρησης (υαλόφραγμα) |                           |

**Σχήμα 5.14:** ΤΟΜΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Οι καυστήρες αυτού του τύπου διαθέτουν δύο ακροφύσια διασκορπισμού και πρόσθετες Η/Μ βαλβίδες πετρελαίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.19.

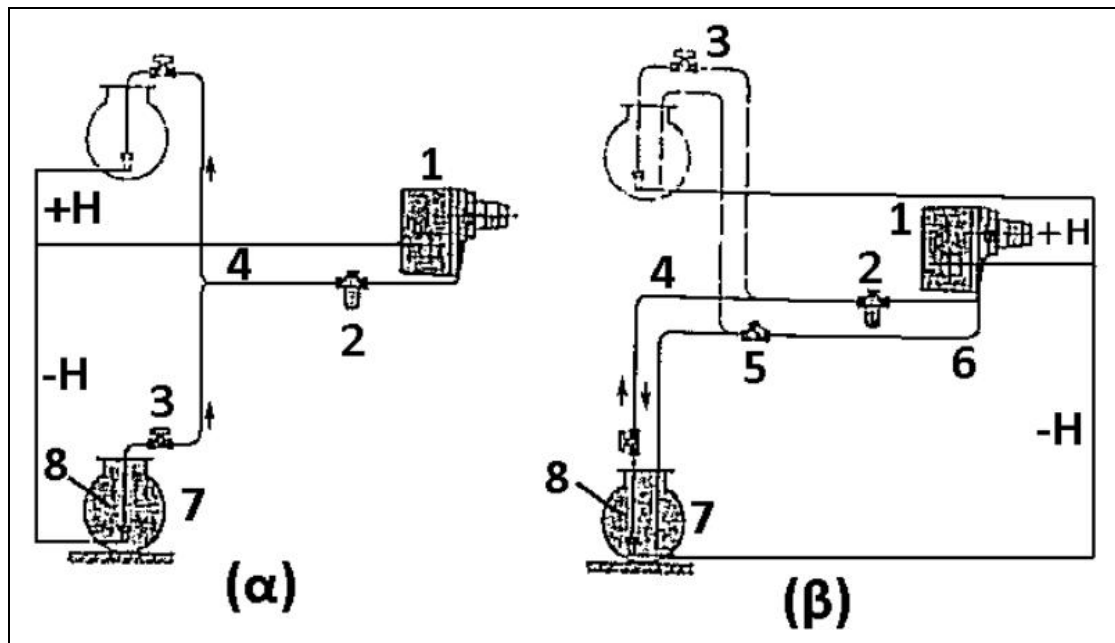
Οι περισσότεροι κατασκευαστές προσφέρουν σήμερα καυστήρες διασκορπισμού υψηλής πίεσεως, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καύση διαφόρων τύπων πετρελαίου. Η αυξημένη πίεση αυξάνει την απαίτηση λεπτόρρευστου καυσίμου στην περιοχή της καύσης, πράγμα που επιβάλλει στους κατασκευαστές την προσθήκη προθερμαντήρων καυσίμου, απαραίτητα στην περίπτωση της καύσης μαζούτ, αλλά συχνά και για την καύση πετρελαίου. (σχήμα 5.18.).



**Σχήμα 5.15:** ΥΠΕΡΠΙΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



**Σχήμα 5.16:** ΔΙΒΑΘΜΙΟΣ ΥΠΕΡΠΙΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



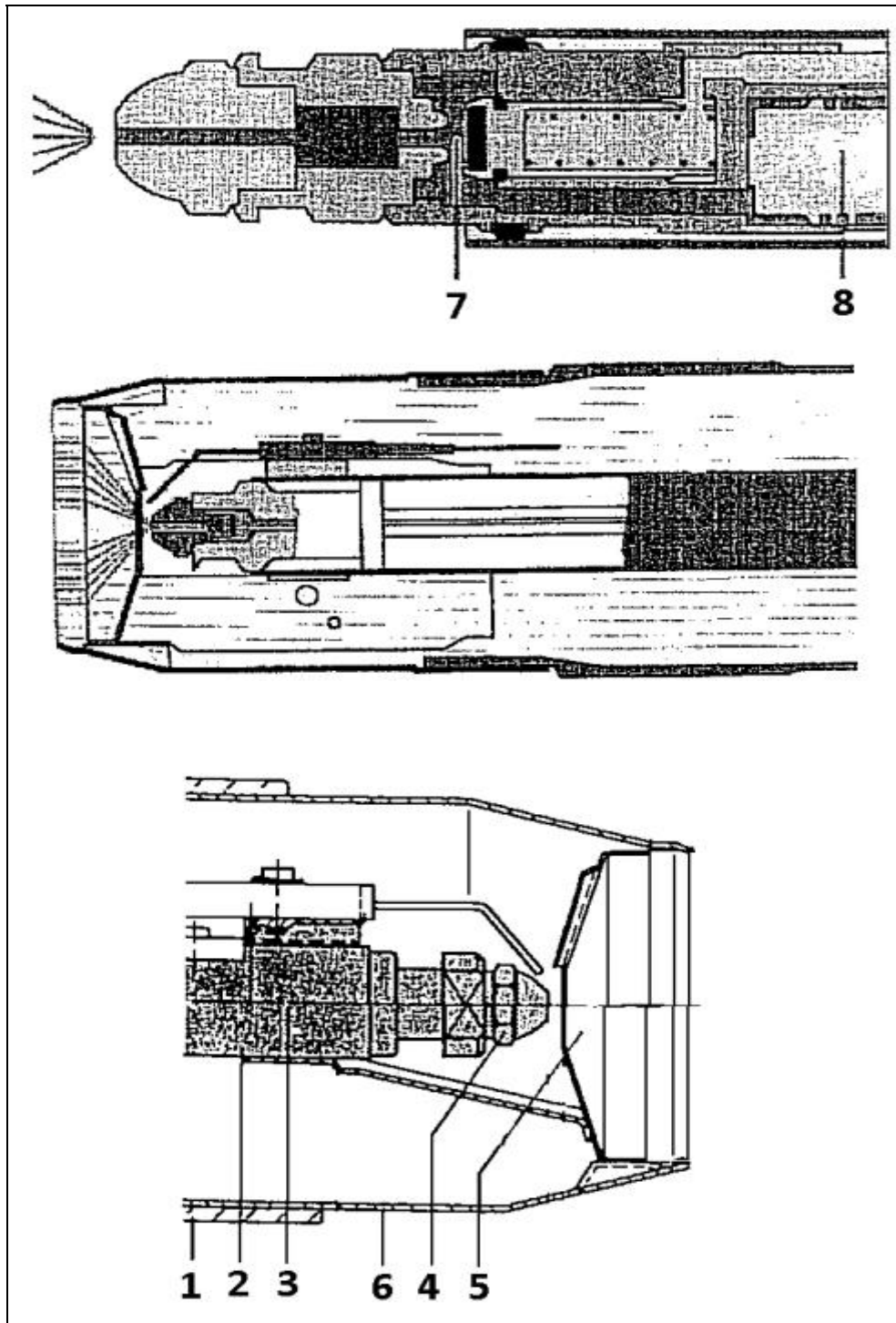
- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Καυστήρας πετρελαίου            | 5. Βαλβίδα αντεπιστροφής       |
| 2. Φίλτρο με βάνα                  | 6. Σωλήνας επιστροφής καυσίμου |
| 3. Αποφρακτική βάνα ταχείας δράσης | 7. Δεξαμενή πετρελαίου         |
| 4. Σωλήνας αναρρόφησης             | 8. Ποδοβαλβίδα (ποτήρι)        |

**Σχήμα 5.17:** ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ, ΜΕ ΜΟΝΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗ (α) ΚΑΙ ΔΙΠΛΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗ (ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ - ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ).

Επειδή οι περισσότεροι σύγχρονοι λέβητες λειτουργούν με αντίθλιψη, οι ανεμιστήρες των καυστήρων πρέπει να έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής της πίεσης του προσαγόμενου αέρα στην αντίθλιψη του λέβητα. Γι' αυτό για την αρχική ρύθμιση του καυστήρα είναι αναγκαία η σωστή προσαρμογή της πίεσης αέρα και καυσίμου στις ανάγκες του κάθε λέβητα. Ακόμη, για να είναι καλύτερη η συνεργασία με τον φλογοθάλαμο, υπάρχει δυνατότητα μικρομετακινήσεων στο σύστημα διασκορπισμού και καύσης.

Σε λέβητες μεγάλης ισχύος χρησιμοποιούνται διβάθμιοι καυστήρες, με δύο μεγέθη (σκάλες) φλόγας και συχνά δύο ακροφύσια διασκορπισμού. (σχήμα 5.19.)

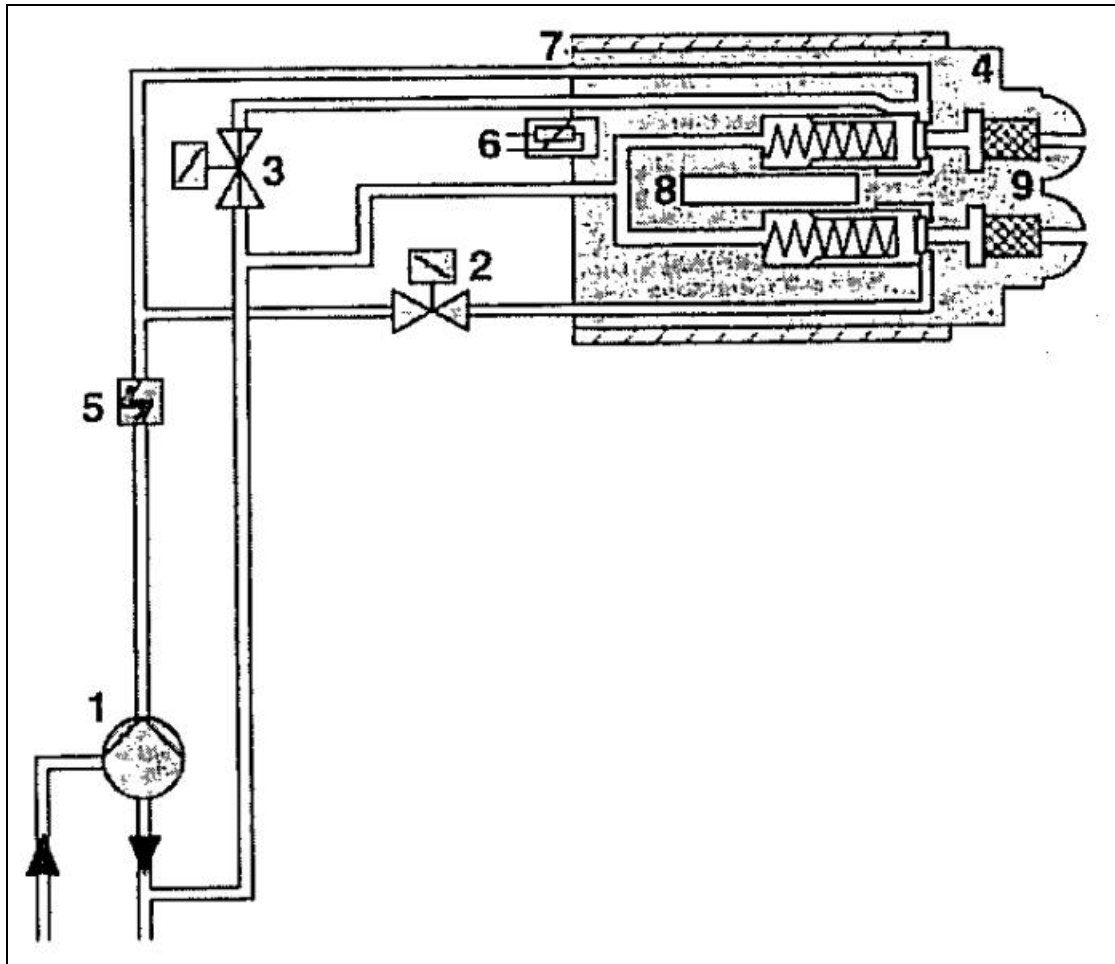
Στους διβάθμιους καυστήρες με ένα μπεκ, η λειτουργία του καυστήρα αρχίζει με μικρή πίεση (πρώτη βαθμίδα) και στη συνέχεια γίνεται τροφοδότηση με πλήρη πίεση (δεύτερη βαθμίδα).



- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Στήριγμα                    | 6. Φλογοκεφαλή                              |
| 2. Κεφαλή μπεκ                 | 7. Βαλβίδα ταχείας διακοπής της παροχής     |
| 3. Δίδυμα ηλεκτρόδια ανάφλεξης | 8. Σύστημα για την προθέρμανση του καυστήρα |
| 4. Μπεκ                        |   |
| 5. Διασκορπιστής               |   |

**Σχήμα 5.18:** ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Σε μεγάλους καυστήρες (άνω των 45 kg/h) προτιμάται η λύση των 2 μπέκ με σύστημα επιστροφής. Τα μπεκ επιστροφής επιτρέπουν την προοδευτική αυξομείωση της πίεσης, άρα και της παροχής καυσίμου.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. Αντλία πετρελαίου                              | 5. Προθερμαντήρας πετρελαίου |
| 2. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα<br>"κανονικά κλειστή" | 6. Θερμοστοιχείο             |
| 3. Η/Μ βαλβίδα "κανονικά ανοικτή"                 | 7. Θερμομονωτικό στρώμα      |
| 4. Κεφαλή διβάθμιου μπεκ με διάταξη<br>αποκοπής   | 8. Θερμαντική κάψουλα        |
|   | 9. Βαλβίδα αποκοπής          |

**Σχήμα 5.19:** ΔΙΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΔΙΑΣΚΟΡΠΙΣΜΟΥ

Όταν η θερμοκρασία φθάσει την ελάχιστη τιμή στους εν σειρά συνδεδεμένους ελεγκτή, θερμοστάτη και προθερμαντήρα, μπορεί να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα έναυσης. Η αντλία του πετρελαίου προωθεί πετρέλαιο μέσω του φίλτρου και της Η/Μ βαλβίδας προς τον προθερμαντήρα, όπου το πετρέλαιο θερμαίνεται και μειώνεται το ιξώδες του.

Το ζεστό πετρέλαιο προωθείται στην κεφαλή του μπεκ και με πίεση 12 bar αρχίζει η λειτουργία της πρώτης βαθμίδας (ένα μπεκ). Μετά από μικρό χρονικό διάστημα τίθεται σε λειτουργία και η δεύτερη βαθμίδα (δεύτερο μπεκ).

#### 5.4.4. Καυστήρες Περιστροφής

Στους καυστήρες περιστροφής υπάρχει ένα κυλινδρικό κύπελλο, στο οποίο εισέρχεται το πετρέλαιο με φυσική ροή, περνώντας από ένα περιστρεφόμενο άξονα. Το πετρέλαιο κατανέμεται ομοιόμορφα στην εσωτερική επιφάνεια του κυπέλλου λόγω του φυγοκεντρισμού και με μεγάλη ταχύτητα (συνισταμένη γραμμικής και περιφερειακής), εκσφενδονίζεται από τα χείλη του κυπέλλου.

Στον χώρο της καύσης γίνεται ανάμειξη του καυσίμου με τον προσαγόμενο αέρα και πραγματοποιείται η καύση.

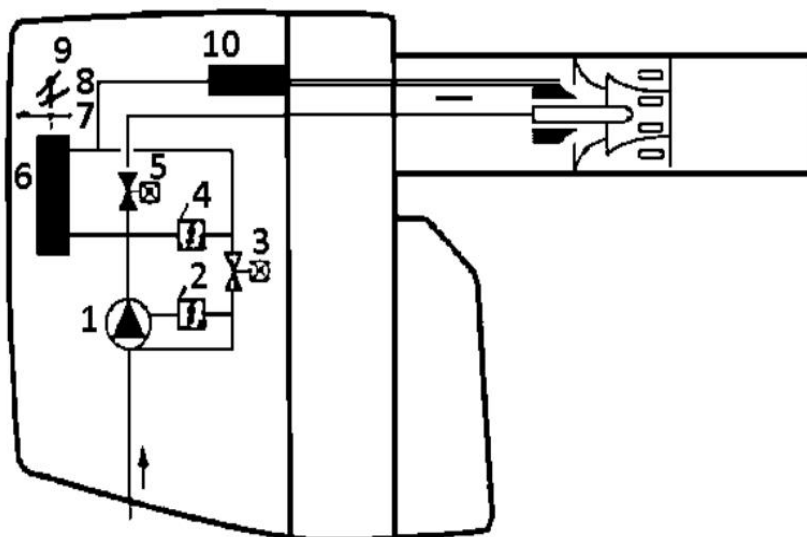
Οι καυστήρες περιστροφής είναι κατάλληλοι για διάφορους τύπους πετρελαίου και κυρίως για την καύση μαζούτ σε εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος, όπου οι παροχές πετρελαίου μπορούν να προσεγγίσουν τα 4.000 kg/h.

Οι καυστήρες αυτού του τύπου είναι ανθεκτικοί και λειτουργούν με ασφάλεια, εμφανίζουν όμως αυξημένη στάθμη θορύβου.

#### 5.4.5. "Οικολογικοί" Καυστήρες Πετρελαίου

Η προσπάθεια να βελτιωθεί η απόδοση των καυστήρων, συνδυάζεται τα τελευταία χρόνια και με την ανάγκη να μειωθούν οι ρύποι, πράγμα που σημαίνει ότι επιδιώκεται πλήρης καύση, χαμηλό ποσοστό CO, μικρός δείκτης αιθάλης, ( $< 2$ ) και χαμηλή εκπομπή οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ).

Ειδικά η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου οδηγεί σε μια κατηγορία καυστήρων, οι οποίοι ονομάζονται οικολογικοί και χαρακτηρίζονται από διατάξεις αυτόματων ρυθμίσεων και συστήματα ανακύκλωσης καυσαερίων.



- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Αντλία πετρελαίου               | 6. Υδραυλικό σύστημα τάμπερ           |
| 2. Ρυθμιστής καυσίμου 2ης βαθμίδας | 7. Θέση τάμπερ "κλειστό"              |
| 3. Ηλ/κή βαλβίδα 2ης βαθμίδας      | 8. Θέση τάμπερ 1 <sup>η</sup> βαθμίδα |
| 4. Ρυθμιστής καυσίμου 1ης βαθμίδας | 9. Θέση τάμπερ 2 <sup>η</sup> βαθμίδα |
| 5. Ηλ/κή βαλβίδα 1ης βαθμίδας      | 10. Υδραυλικό LGO-Σύστημα             |

Σχήμα 5.20: ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

#### 5.4.6. Συγκρίσεις και χρήσεις

Από τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι καυστήρες διασκορπισμού είναι οι πιο κατάλληλοι για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις λεβητοστασιών Κ.Θ. Τα πλεονεκτήματά τους έναντι των άλλων τύπων καυστήρων είναι: Οι δυνατότητες αυτόματης, σταθερής και ασφαλούς λειτουργίας που διαθέτουν, ο υψηλός βαθμός απόδοσης του όλου συστήματος καύσης και η χαμηλή περιβαλλοντική επιβάρυνση από τη λειτουργία τους.



Με τις συνεχείς βελτιώσεις της κατασκευής τους, οι καυστήρες διασκορπισμού έχουν σήμερα καλό βαθμό απόδοσης, δυνατότητα εναλλαγής των εξαρτημάτων, εύκολη ηλεκτρολογική σύνδεση, προσαρμογή σε διαφορετικούς τύπους λεβήτων, δυνατότητα εγκατάστασης διαγνωστικών συστημάτων ελέγχου βλαβών και χαμηλό επίπεδο θορύβου. Πάντως είναι πολύ σημαντικό για την αποδοτική λειτουργία τους η σωστή και τακτική συντήρηση.

Για μεγάλες εγκαταστάσεις προσφέρονται οι καυστήρες περιστροφής, που είναι κατάλληλοι και για κατώτερης ποιότητας καύσιμα, ανθεκτικοί αλλά πάντως θορυβώδεις. Το τελευταίο χαρακτηριστικό τους κάνει ακατάλληλους για Κ.Θ. κτιρίων παραμονής και εργασίας ανθρώπων.

Οι καυστήρες εξάτμισης έχουν περιορισμένες χρήσεις και πάντα σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις.

#### 5.4.7. Υπολογισμός καυστήρων πετρελαίου

Οι καυστήρες πετρελαίου υπολογίζονται με αφετηρία το θερμικό φορτίο της εγκατάστασης (όταν θα εγκατασταθεί ένας λέβητας) ή καλύτερα τον λέβητα στον οποίο θα προσαρμοστούν. Η ισχύς του καυστήρα εκφράζεται σε kg/h, δηλαδή αναφέρεται στην ποσότητα καυσίμου την οποία μπορεί να καταναλώσει ανά ώρα. Ειδικότερα:

$$K = \frac{Q_L}{q \cdot \eta} \text{ (σε kg/h)}$$

όπου:

$Q_L$  : η θερμική ισχύς του λέβητα σε(kcal/h),

$\eta$  : ο βαθμός απόδοσης του καυστήρα,

$q$  : η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου σε (kcal/kg) για πετρέλαιο ή σε (kcal/m<sup>3</sup>) για αέριο.

Είναι αυτονόητο ότι η παραπάνω σχέση δίνει ένα μόνο χαρακτηριστικό του καυστήρα που θα χρησιμοποιηθεί και είναι ανάγκη να ληφθεί υπόψη και η αντίθλιψη του λέβητα. Οι κατασκευαστές καυστήρων δίνουν έτοιμα διαγράμματα, από τα οποία προκύπτει η τελική κατάσταση λειτουργίας και θερμική απόδοση του καυστήρα, από όπου πρέπει να αναζητούνται οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης.

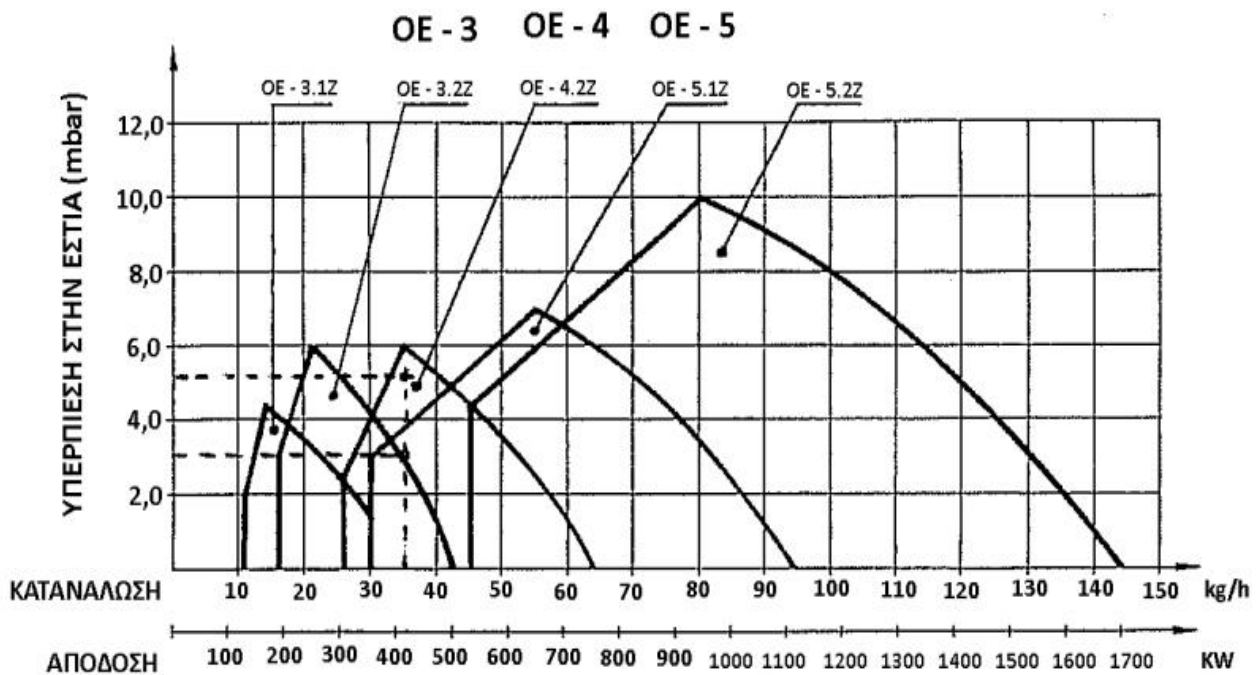
Έτσι, συνήθως, μετά από την εύρεση της παροχής, ο καυστήρας επιλέγεται από προσαρμοσμένα διαγράμματα λειτουργίας που παρέχονται από τον κατασκευαστή τους.

#### Παράδειγμα επιλογής

Έστω ότι πρόκειται να επιλεγεί καυστήρας πετρελαίου για λέβητα ισχύος 280.000 kcal/h και αντίθλιψης 52 mm Σ.Ν. (περίπου 5,2 mbar). Παίρνουμε βαθμό απόδοσης  $\eta = 0,8$ .

Είναι  $K = 280.000/10.000 \times 0,8 = 35$  kg/h. Άρα η κατανάλωση του καυστήρα πρέπει να είναι  $K = 35$  kg/h.

Στο διάγραμμα βρίσκουμε ότι 35 kg/h (άξονας των x) αντιστοιχούν στους καυστήρες ΟΕ - 3.2Ζ και ΟΕ - 4.2Ζ. Ο πρώτος αντιστοιχεί στα 30 mm Σ.Ν. και ο δεύτερος στα 60 mm Σ.Ν. Έτσι επιλέγουμε τον ΟΕ - 4.2Ζ.



Σχήμα 5.21: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

## 5.5. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΩΝ

Η πιο συνηθισμένη διάκριση των καυστήρων αερίων καυσίμων είναι η εξής:

- "Ατμοσφαιρικοί" καυστήρες,
- Καυστήρες αερίου με φυσητήρα και
- Καυστήρες διπλού καυσίμου.

Στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν πολλές περισσότερες διακρίσεις, όπως για παράδειγμα:

Ανάλογα με τη **φλόγα**:

- Καυστήρες με φωτεινή φλόγα,
- Καυστήρες Bunsen,
- Καυστήρες χωρίς φλόγα.

Ανάλογα με το **αέριο**:

- Καυστήρες φυσικού αερίου,
- Καυστήρες αερίων (γενικά ή με προσδιορισμό του συγκεκριμένου καυσίμου δηλαδή γκαζιού, υγραερίου κ.λπ.).

Ανάλογα με τον τρόπο **προσαγωγής του αέρα**:

- "Ατμοσφαιρικούς" καυστήρες ή φυσικού ελκυσμού,
- Καυστήρες με φυσητήρα.

Ανάλογα με την **πίεση** του καυσίμου αερίου:

- Καυστήρες χαμηλής πίεσης (5 - 10 mbar),
- Καυστήρες υψηλής πίεσης (0,5 - 3 bar).

Ανάλογα με τον **αυτοματισμό** της καύσης:

- Χειροκίνητοι καυστήρες αερίου,
- Ημιαυτόματοι καυστήρες αερίου,
- Αυτόματοι καυστήρες αερίου.

Ανάλογα με τη διαμόρφωση της **φλόγας** ή των επιμέρους φλογών:

- Καυστήρες ενιαίας φλόγας,
- Καυστήρες ομάδων φλογών διατεταγμένων σε ένα ή περισσότερα επίπεδα (οριζόντια ή κατακόρυφα),
- Καυστήρες ομάδων φλογών τοποθετημένων σε διατάξεις δακτυλίου, κύκλου, κ.α.

Όπως γνωρίζουμε για την διάκριση και κατάταξη των καυστήρων αερίων υπάρχουν πολλά κριτήρια που οδηγούν σε διάφορες ομαδοποιήσεις.

Εάν διακρίνουμε με βάση τα δύο πιο σημαντικά κριτήρια, τον τρόπο προσαγωγής του καυσίμου και τον τρόπο προσαγωγής του αέρα για την καύση, μπορούμε να κατατάξουμε τους καυστήρες αερίων στις εξής βασικές κατηγορίες.

Με κριτήριο τον τρόπο προσαγωγής του καυσίμου σε:

**α) Καυστήρες διάχυσης.** Αποτελούνται από σύστημα σωλήνων παροχής αερίου με οπές ( $d \approx 0,5$  έως  $0,8$  mm) σε απόσταση μεταξύ τους τέτοια ώστε να μεταπηδά η φλόγα από τη μία τρύπα στην άλλη ( $\approx 13 - 22 d$ ) και που το ύψος της είναι της τάξεως  $40 - 80$  mm.

**β) Καυστήρες με εγχυτήρες.** Με την έξοδο του αερίου από το ακροφύσιο δημιουργείται υποπίεση (εγχυτήρας) και αναρροφάται ποσοστό του αέρα της καύσης (πρωτεύων αέρα). Στην κεφαλή σχηματίζεται η φλόγα. Αυτή αποτελείται από ένα εσωτερικό κώνο που δημιουργείται από το καιόμενο μείγμα και που περιβάλλεται από φλόγα διάχυσης (με δευτερεύοντα αέρα). Η προσαγωγή και ανάμειξη μπορεί να γίνει με παράλληλη ή διασταυρούμενη ροή (σταυρωτή) ροή.

**γ) Καυστήρες πλήρους προανάμειξης.** Αυτοί έχουν την δυνατότητα αναρρόφησης του αέρα καύσης, αν και ως επί το πλείστον αυτός προσάγεται με ανεμιστήρα κυρίως στις μεγάλες εστίες.

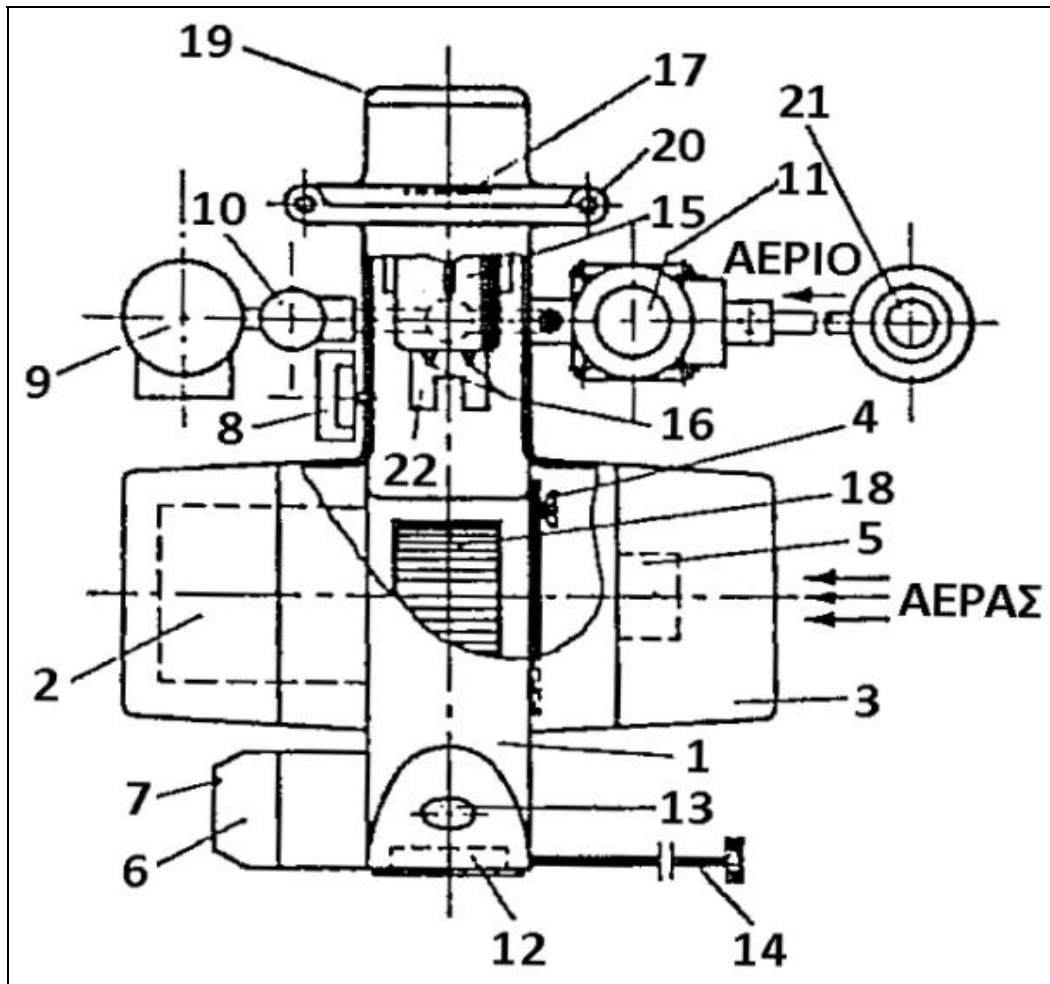
Με κριτήριο τον τρόπο προσαγωγής του αέρα σε:

**α) Ατμοσφαιρικούς.** Όταν η προσαγωγή του αέρα που χρειάζεται για την καύση βασίζεται σε φυσικό ελκυσμό, και

**β) Πιεστικούς καυστήρες.** Όταν για την προσαγωγή του αέρα χρησιμοποιείται ανεμιστήρας.

Τα αέρια καύσιμα είναι εξαιρετικής ποιότητας πηγές θερμικής ενέργειας, με πάρα πολλά πλεονεκτήματα, που όμως συναρτώνται και με ένα σοβαρό μειονέκτημα: Δημιουργούν εκρηκτικά μείγματα και γι' αυτό περικλείουν κινδύνους. Δεν επιτρέπουν με κανένα τρόπο αμέλειες, προχειρότητες ή ανευθυνότητες. Γι' αυτό οι αναπτυγμένες χώρες καλύπτουν όλο το πεδίο με αυστηρούς κανονισμούς.

Ειδικότερα για τους καυστήρες, είτε αυτοί έχουν, είτε δεν έχουν ανεμιστήρα αέρα, οι κανονισμοί προβλέπουν ειδικά εξαρτήματα και διατάξεις ρυθμίσεως έναυσης και ασφάλειας.



- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. Κάλυμμα                             | 12. Θήκη αναμονών συνδέσεως   |
| 2. Κινητήρας                           | 13. Μετρητής ωρών λειτουργίας |
| 3. Καλύπτρα                            | 14. Καλώδιο σύνδεσης          |
| 4. Ρύθμιση του αέρα                    | 15. Ειδική κεφαλή καύσης      |
| 5. Μετασχηματιστής 220/24 V            | 16. Ηλεκτρόδια                |
| 6. Αυτόματη καύση αερίου               | 17. Φλογοδακτύλιος            |
| 7. Απομανδάλωση                        | 18. Πτερωτή του φυσητήρα      |
| 8. Ασφάλεια ελλείψεως αέρα             | 19. Ρύγχος καυστήρα           |
| 9. Ασφάλεια ελλείψεως αερίου           | 20. Μεντεσές                  |
| 10. Βαλβίδα αερίου και φλόγα εκκίνησης | 21. Ρυθμιστής πίεσης          |
| 11. Βαλβίδα αερίου για την κύρια φλόγα | 22. Εσοχή ηλεκτροδίου έναυσης |

**Σχήμα 5.22:** ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ, ΜΕ ΦΥΣΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.

Οι καυστήρες αερίου μπορεί να είναι:

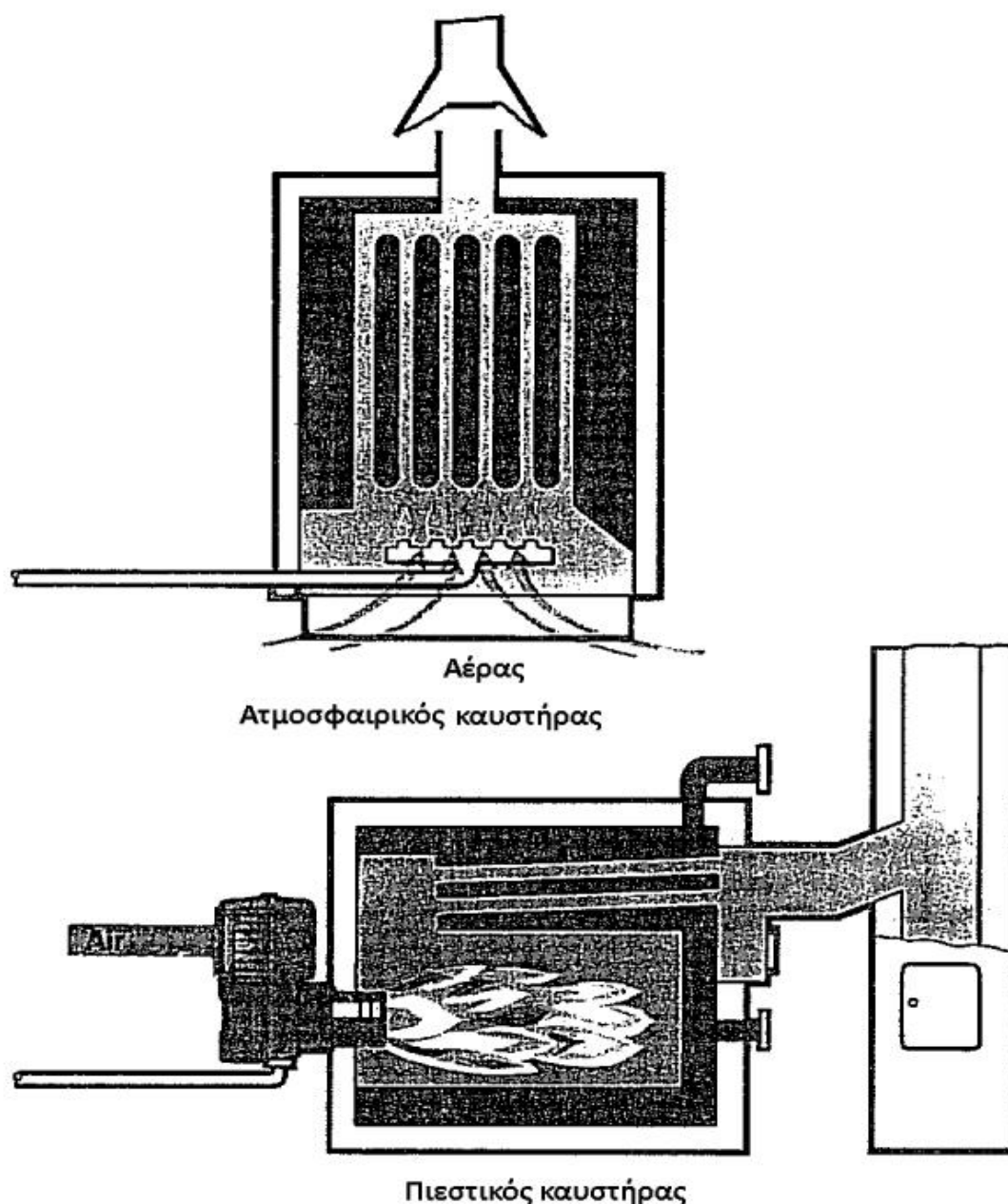
- **Πλήρως αυτόματοι**, δηλαδή η επίβλεψη της φλόγας, οι διατάξεις έναυσης, διευθύνσεως και ρυθμίσεως να επενεργούν αυτόματα. Η θέση σε λειτουργία και εκτός λειτουργίας του καυστήρα γίνεται σε συνάρτηση με την τιμή που παίρνει εκάστοτε το ρυθμιζόμενο μέγεθος (π.χ. θερμοκρασία), χωρίς την επέμβαση προσωπικού.
- **Μερικώς αυτόματοι**, (ή ημιαυτόματοι) στους οποίους η θέση σε λειτουργία γίνεται με το χέρι, με επέμβαση προσωπικού και η θέση εκτός λειτουργίας μπορεί να γίνει χειροκίνητα. Κατά τα λοιπά υπάρχει πλήρης αυτοματισμός.

### 5.5.1. Καυστήρες αερίου με φλόγα διάχυσης

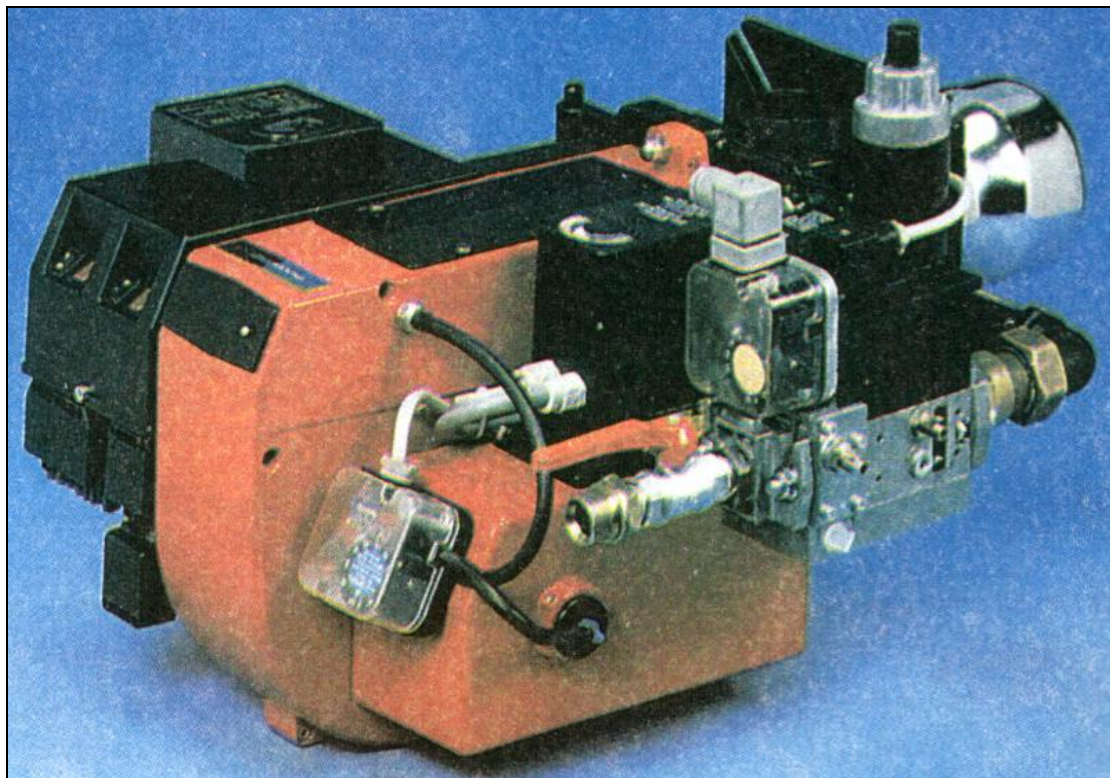
Οι καυστήρες αερίου με φλόγα διάχυσης ή φωτεινής φλόγας, είναι καυστήρες "ατμοσφαιρικοί" (φυσικού ελκυσμού) στους οποίους ο αέρας έχει επαφή με τη φλόγα μόνο εξωτερικά και γι' αυτό προκύπτει επιμήκης φωτεινή φλόγα και σχετικά χαμηλή μέγιστη θερμοκρασία (περίπου 1200 °C). Εάν η φλόγα έρθει σε επαφή με στερεές επιφάνειες, προκύπτει καπνιά. Είναι καυστήρες ασφαλούς και αθόρυβης (σχεδόν) λειτουργίας. Προσφέρονται σε μεγάλη ποικιλία ως προς τις διατάξεις εκροής του καυσίμου.

Πρέπει να διαθέτουν σύστημα ρύθμισης της παροχής, διακόπτη, ειδικά διαμορφωμένη επιφάνεια καύσης και κατάλληλα συστήματα ρύθμισης και ασφάλειας.

Συνεργάζονται συνήθως με μικρούς λέβητες και προστατεύονται από υπερβολική αύξηση του ελκυσμού από ειδική σύνδεση (χοάνη), μεταξύ καπιναγωγού και καπινοδόχου.



Σχήμα 5.23: ΕΙΔΗ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΑΕΡΙΟΥ (ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ, ΠΙΕΣΤΙΚΟΣ)



Σχήμα 5.24: ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΕΡΙΟΥ

### 5.5.2. Πιεστικοί καυστήρες αερίου

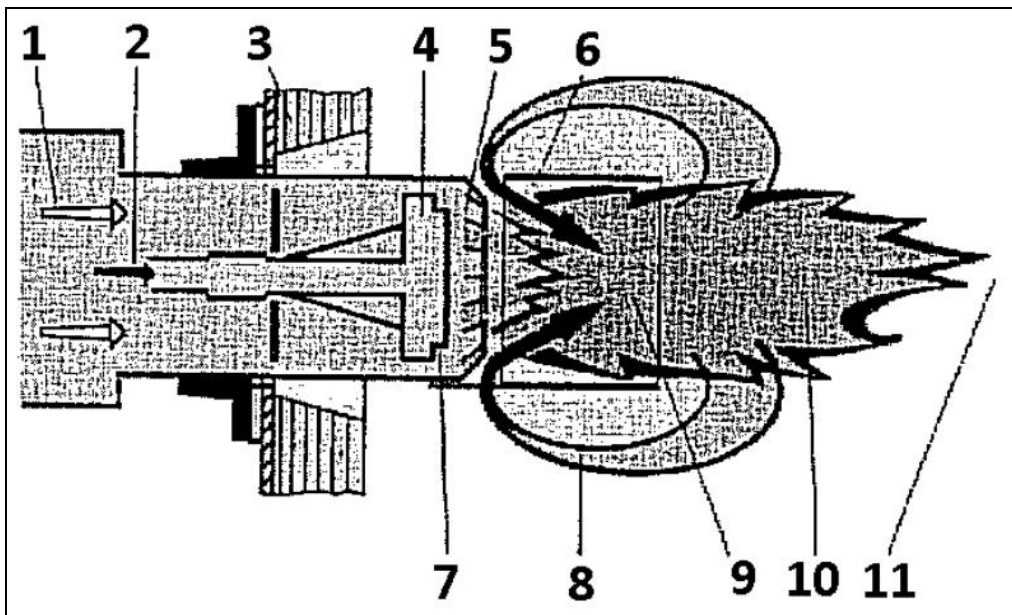
Σε αντίθεση με τους καυστήρες αερίου φυσικού ελκυσμού, που είναι γνωστοί ως "ατμοσφαιρικοί" καυστήρες αερίου, οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται επάνω σε σύγχρονους πιεστικούς λέβητες Κεντρικής Θέρμανσης είναι κι αυτοί πιεστικοί καυστήρες αερίου, εφοδιασμένοι με φυσητήρα του αέρα καύσης.

Ένας πιεστικός καυστήρας αερίου αποτελείται από:

- α. κεφαλή καύσης με φλογοσωλήνα και αναμείκτη αέρα - αερίου,
- β. φυσητήρα του αέρα καύσης,
- γ. ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του αερίου,
- δ. ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου της φλόγας,
- ε. πιεζοστάτη ελέγχου της πίεσης του αερίου,
- στ. πιεζοστάτη ελέγχου της πίεσης του αέρα.
- ζ. ρυθμιστή της παροχής αερίου,
- η. σώμα του καυστήρα (κέλυφος του ανεμιστήρα),
- θ. σύστημα έναυσης του αερίου.

Η σύνδεση του καυστήρα προς το δίκτυο γίνεται με γαλβανισμένο σωλήνα και μεταλλικά ρακόρ. Το σύστημα παροχής αερίου (ράμπα) αποτελείται από:

- α. διακόπτη παροχής (κωνικό, μεταλλικό),
- β. φίλτρο του αερίου,
- γ. σταθεροποιητή της πίεσης του αερίου.



- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Προσαγωγή αέρα     | 7. Διάτρητη επιφάνεια              |
| 2. Προσαγωγή αερίου   | 8. Ανακύκλωση καυσαερίων           |
| 3. Στήριξη καυστήρα   | 9. Περιοχή κύριας καύσης           |
| 4. Εκτόξευση καυσίμου | 10. Περιοχή συμπληρωματικής καύσης |
| 5. Περιοχή ανάμειξης  | 11. Πέρασ της καύσης με φλόγα      |
| 6. Περιοχή ανάφλεξης  |                                    |

**Σχήμα 5.25:** ΚΥΡΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ, ΜΕ ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

### α. Κεφαλή καύσης

Η κεφαλή καύσης των καυστήρων αερίου μοιάζει με την κεφαλή καύσης των καυστήρων πετρελαίου. Στη θέση του μπεκ υπάρχει το ακροφύσιο του αερίου, επάνω στο οποίο υπάρχουν οι οπές εκροής του. Αυτές είναι διαφορετικές ανάλογα με το αέριο (φυσικό αέριο, υγραέριο).

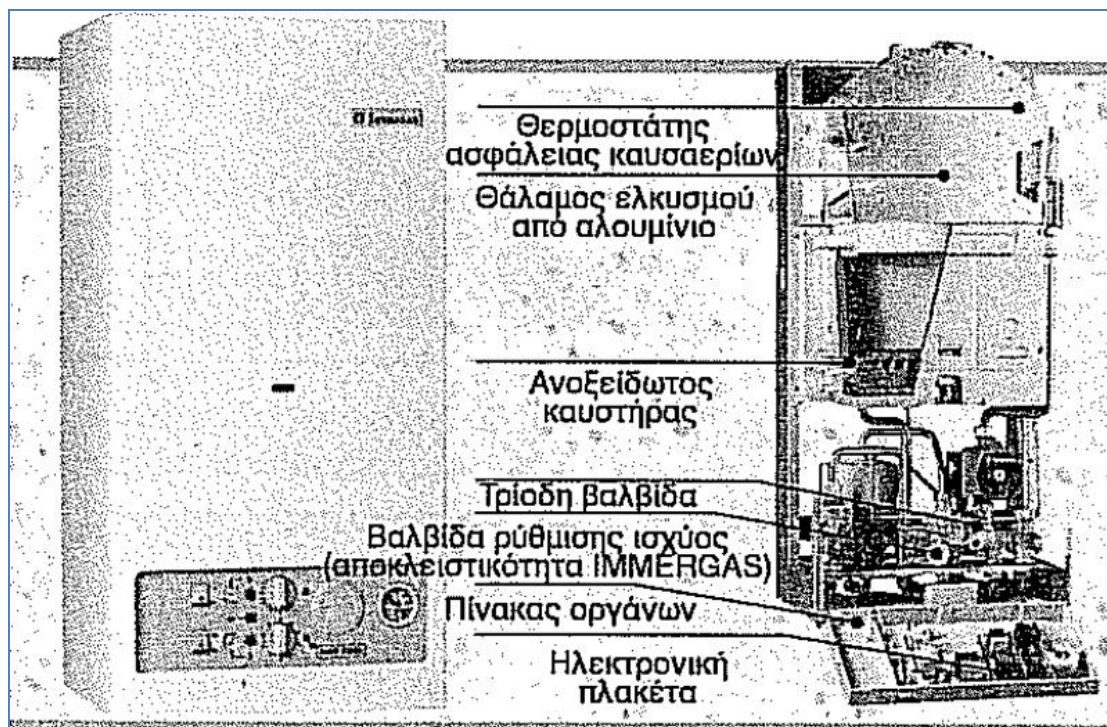
Ο βαθμός απόδοσης της καύσης επηρεάζεται σημαντικά από την περίσσεια αέρα. Γι' αυτό η ρύθμιση του αέρα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και ακρίβεια.

Με το κατάλληλο σύστημα ανάμειξης αέρα και καυσίμου επιτυγχάνεται ταχύτητα ροής του αέρα απόλυτα αντίστοιχη της ταχύτητας καύσης (ανάφλεξης κ.λπ.) και προκύπτει μια σταθερή φλόγα.

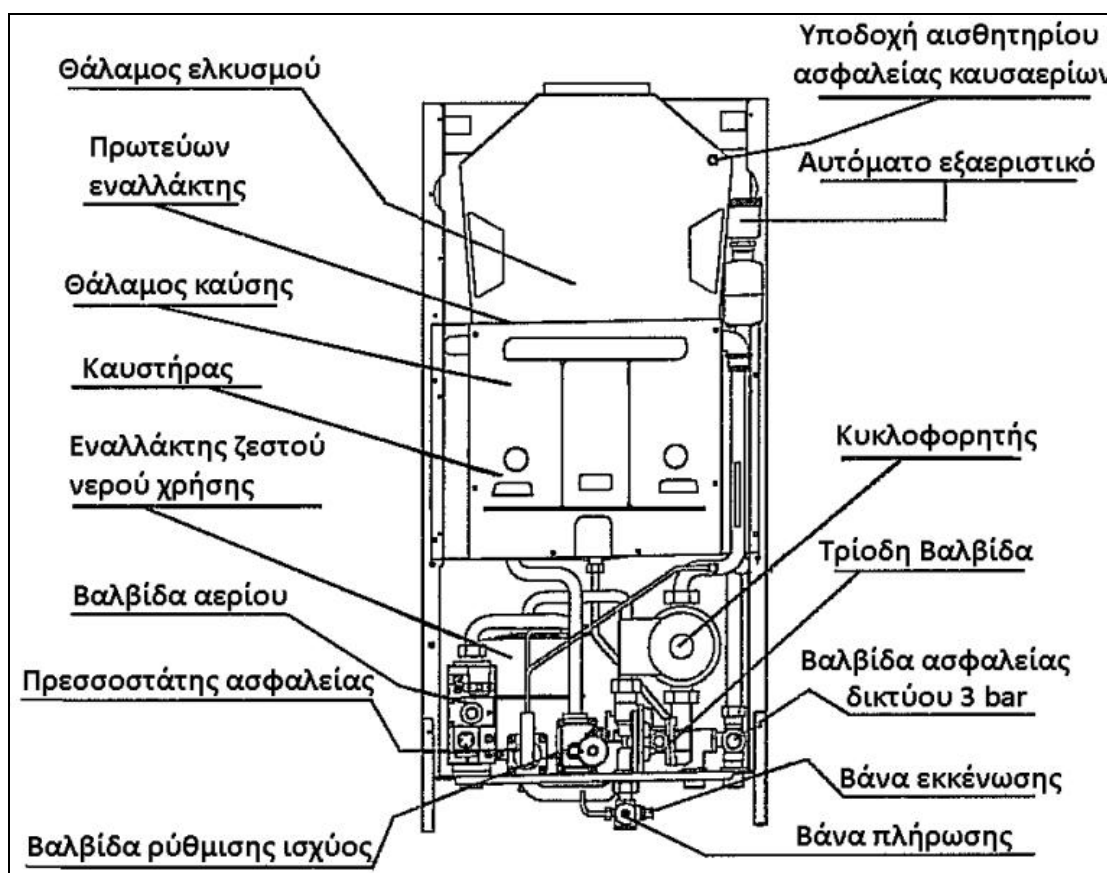
Εάν αυξηθεί η ταχύτητα ροής του αέρα της καύσης, απομακρύνεται η φλόγα από την κεφαλή του καυστήρα και μπορεί ακόμη και να σβήσει. Αντίθετα αν η ταχύτητα ροής του αέρα της καύσης είναι μικρότερη από την ταχύτητα ανάφλεξης του αερίου, προκύπτει ατελής καύση, εμφανίζεται μονοξείδιο του άνθρακα και πρόωρη καταστροφή του συστήματος ανάμειξης (ιδιαίτερα του διασκορπιστή).

Στη διαμόρφωση της κεφαλής και του ακροφυσίου ακολουθούνται δύο αρχές σχεδίασης. Με τη μία επιδιώκουμε την τέλεια προανάμειξη αέρος και αερίου και την καύση με τελείως γαλάζια φλόγα. Με την άλλη έχουμε μερική μετανάμειξη αέρος - καυσίμου, έτσι που η καύση να γίνει με λευκή ακτινοβόλουσα φλόγα\*.

\* Όταν πρόκειται να αντικαταστήσουμε έναν καυστήρα πετρελαίου με καυστήρα αερίου, πρέπει να προτιμήσουμε τη λευκή φλόγα, γιατί αλλιώς θα έχουμε απώλεια ισχύος του λέβητα και χαμηλό βαθμό απόδοσης. Αυτό οφείλεται στο ότι η μπλε φλόγα δεν ακτινοβολεί και έτσι η θερμότητά της δεν απορροφάται από τον φλογοθάλαμο του λέβητα, αλλά φεύγει προς την καμινάδα από τους φλογοσωλήνες ή αεριαυλούς (τούμπα).

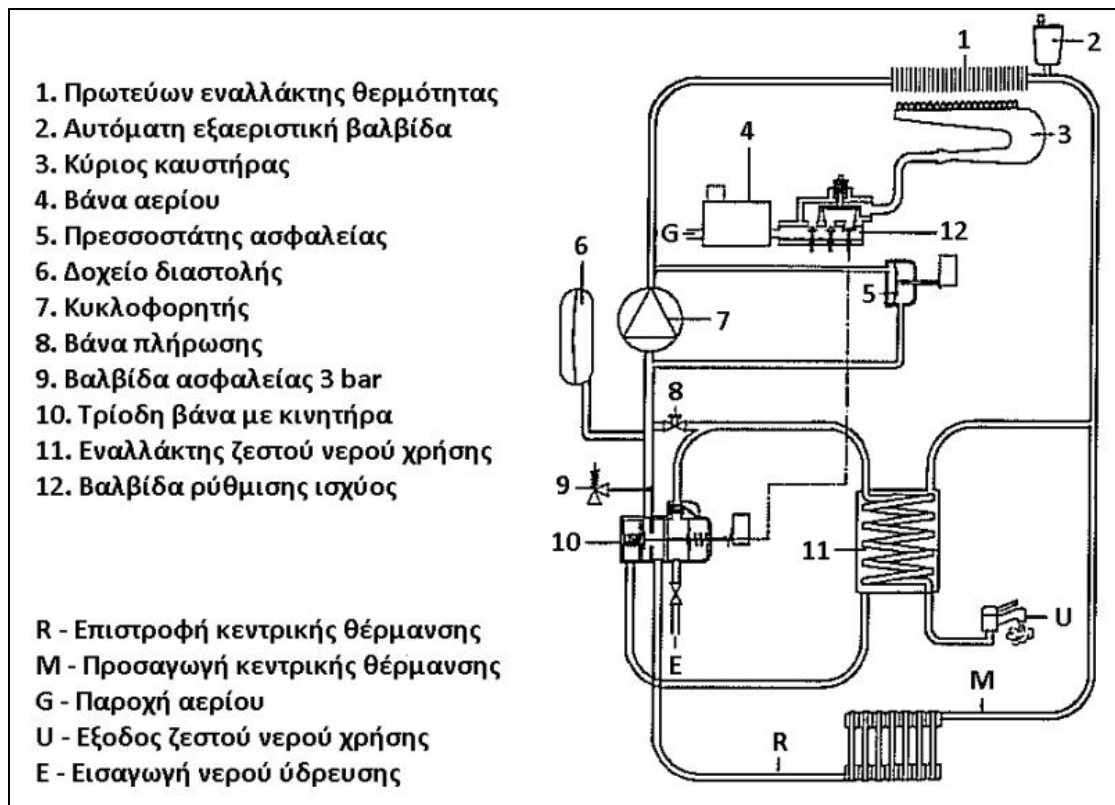


Σχήμα 5.26: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΕΡΙΟΥ

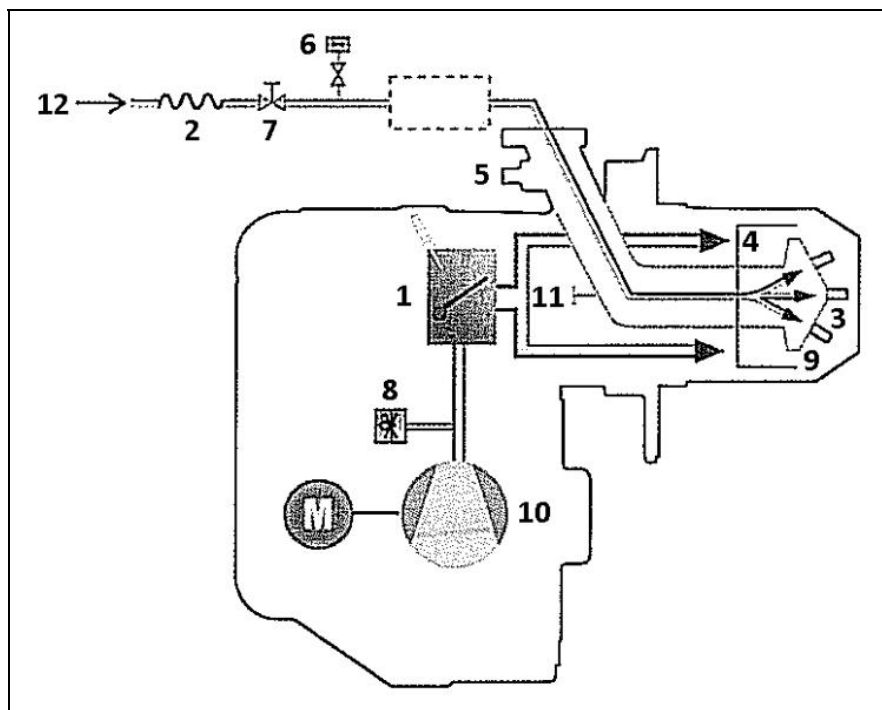


Σχήμα 5.27: ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ





Σχήμα 5.28: ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ



- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Σύστημα τάμπερ αέρα                       | 7. Βάνα τροφοδότησης αερίου       |
| 2. Αντιδονητικός σύνδεσμος                   | 8. Πιεζοστάτης αερίου             |
| 3. Διανομέας αερίου                          | 9. Ηλεκτρόδιο ιονισμού            |
| 4. Δίσκος διασκορπισμού αέρα καύσης          | 10. Ανεμιστήρας και κινητήρας του |
| 5. Σημείο μέτρησης πίεσης αερίου στην κεφαλή | 11. Βίδα ρύθμισης κεφαλής καύσης  |
| 6. Σημείο μέτρησης πίεσης αερίου στη γραμμή  | 12. Αγωγός παροχής αερίου.        |

Σχήμα 5.29: ΠΙΕΣΤΙΚΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΑΕΡΙΟΥ

## β. Φυσητήρας του αέρα

Ο φυσητήρας του αέρα της καύσης χρησιμεύει για να υπερνικά τις αντιστάσεις ροής των καυσαερίων μέσα από τους αεριαλούς του λέβητα (αντίθλιψη). Κάθε κατασκευαστής καυστήρων δίνει το διάγραμμα της ικανότητας του καυστήρα (σχήμα 5.30). Ανάλογα με την προβλεπόμενη ισχύ του λέβητα και την αντίστοιχη αναγκαία παροχή αερίου σε  $\text{Nm}^3/\text{h}$  (= ισχύς λέβητα), δίνεται η καμπύλη μέγιστης αντίθλιψης με την οποία μπορεί να εργαστεί ο καυστήρας.



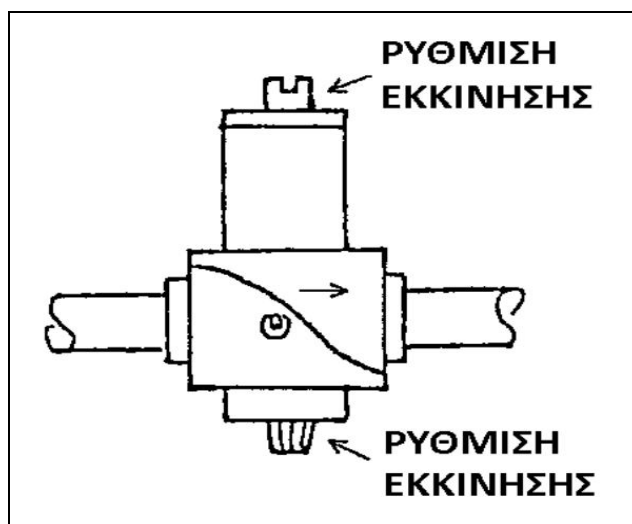
Σχήμα 5.30: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΥΣΗΣ (σε  $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΙΘΛΙΨΗ ΣΤΟΝ ΦΛΟΓΟΘΑΛΑΜΟ (εστία).

Οι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται στους πιεστικούς καυστήρες αερίου είναι φυγοκεντρικοί και πρέπει να εξασφαλίζουν τόσο την απαραίτητη ποσότητα αέρα για την πλήρη καύση του αερίου, όσο και την απαραίτητη πίεση για την αντιμετώπιση των τριβών αντίθλιψης του λέβητα.

Ανεμιστήρες με χαμηλή πίεση παρουσιάζουν, σε μικρές αλλαγές της πίεσης, μεγάλες αλλαγές στον όγκο του αέρα. Αντίθετα, ανεμιστήρες με υψηλή πίεση παρουσιάζουν σε αλλαγές της πίεσης μικρές αλλαγές στον όγκο του προσαγόμενου αέρα (σχήμα 5.32).

## γ. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αερίου

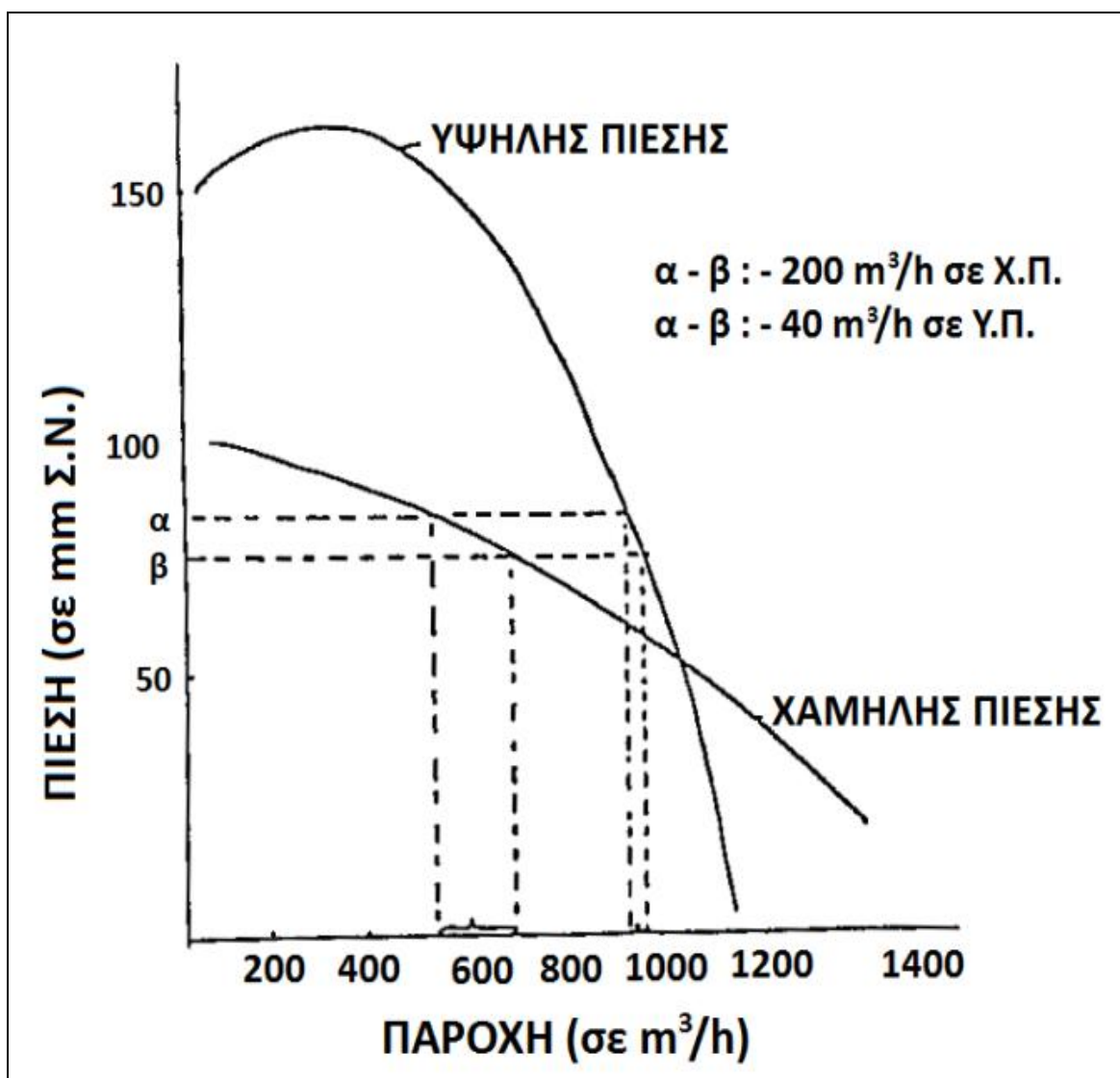
Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αερίου (σχήμα 5.31) έχει πολλαπλή λειτουργία. Κατ' αρχήν κάνει πλήρη διακοπή του αερίου όταν διακοπεί η λειτουργία του καυστήρα κανονικά από τον υδροστάτη ή από κάποια ανωμαλία.



Σχήμα 5.31: ΤΥΠΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΑΕΡΙΟΥ

Δεύτερον, από αυτήν ρυθμίζεται η ποσότητα του αερίου που θα τροφοδοτήσει τον καυστήρα.

Τρίτον, στη φάση της έναυσης ξεκινά με παροχή από 10 ÷ 40 % της ονομαστικής παροχής κατά την επιθυμία μας και, τέλος έχει μια υδραυλική διάταξη επιβράδυνσης του ανοίγματός της από την παροχή έναυσης μέχρι την παροχή κανονικής λειτουργίας όπου την ρυθμίσαμε. Αυτή η προοδευτική παροχή αερίου στο ξεκίνημα είναι πολύ σημαντική για να έχουμε ομαλή έναυση σε λέβητες αντίθλιψης (πιεστικούς). Κάθε βαλβίδα πρέπει να έχει δύο θέσεις ρύθμισης, μία για την παροχή έναυσης και μία για την πλήρη παροχή (σχήμα 5.31).



Σχήμα 5.32: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ (σε m³/h) ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (αντίθλιψης), ΣΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ (σε mm Σ.Ν.).

Πρέπει να σημειωθεί ότι στους λέβητες πετρελαίου ο φλογοθάλαμος είναι σχεδιασμένος να δίνει το 65 % της ισχύος και οι φλογοσωλήνες το υπόλοιπο. Στον φλογοθάλαμο η απορρόφηση θερμότητας γίνεται με την ακτινοβολία της φλόγας. Όταν λοιπόν τοποθετήσουμε καυστήρα γαλάζιας φλόγας (δηλ. φλόγα που δεν ακτινοβολεί), τότε η φλόγα δε θα μπορεί να αποδώσει τη θερμότητά της, γιατί τα τούμπα δεν έχουν αρκετή επιφάνεια για να απορροφήσουν τη θερμότητα των αερίων, με συνέπεια να έχουμε υψηλή θερμοκρασία εξόδου και συνεπώς μεγάλες απώλειες στην καπνοδόχο και χαμηλό βαθμό απόδοσης, τουλάχιστον κατά 15 % κάτω. Μόνον αν ο λέβητας είναι σχεδιασμένος για αέριο, δηλαδή με μικρότερο θάλαμο καύσης και περισσότερα μικρά τούμπα, τότε θα μπορεί να αποδώσει με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης την θερμότητα της γαλάζιας φλόγας.

#### **δ. Ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου της φλόγας**

Στους καυστήρες αερίου η φλόγα δεν είναι πάντα φωτεινή και έτσι δεν μπορούμε να την ελέγξουμε με φωτοκύτταρο. Χρησιμοποιούμε μια συσκευή που ελέγχει την ύπαρξη ιονισμού τον οποίο προκαλεί η φλόγα. Έτσι έχουμε αντί για φωτοκύτταρο, ένα ηλεκτρόδιο που βγαίνει μπροστά από τον δίσκο σταθεροποίησης της φλόγας.

Εφόσον το ηλεκτρόδιο είναι μέσα σε φλόγα, γίνεται αγωγίμο, λόγω του ιονισμού του καυσαερίου υψηλής θερμοκρασίας. Το ρεύμα που περνάει είναι της τάξεως 1  $\mu\text{A}$ . Εφόσον δεν υπάρχει αυτή η μικρή ροή ρεύματος, η ηλεκτρονική συσκευή διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα και ανάβει κόκκινο φως. Για να ξεκινήσει η καύση πρέπει να πιεστεί με το χέρι ο κατάλληλος διακόπτης και να αρχίσει πλήρης διαδικασία με το πρόγραμμα απόπλυσης της εστίας του λέβητα με καθαρό αέρα, πριν ανοίξει η βαλβίδα του αερίου και ο σπινθηριστής της έναυσης.

#### **ε. Πιεζοστάτης αερίου**

Είναι ένας πιεζοστάτης που ελέγχει την πίεση του αερίου πριν από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Αν η πίεση του δικτύου είναι πολύ χαμηλή, δεν αφήνει τον καυστήρα να ξεκινήσει.

#### **στ. Πιεζοστάτης του αέρα**

Αν για κάποιο λόγο δεν ξεκινήσει ο ανεμιστήρας και ανοίξει η βαλβίδα του αερίου, υπάρχει ο κίνδυνος να ανάψει το αέριο και η φλόγα να γυρίσει προς το λεβητοστάσιο με κίνδυνο πυρκαγιάς. Για τον λόγο αυτό υπάρχει ένας πιεζοστάτης που ελέγχει τη λειτουργία του κινητήρα και διακόπτει τη διαδικασία καύσης, αν δεν έχει αρκετή πίεση ο αέρας προ της κεφαλής καύσης.

### ζ. Ρυθμιστής της παροχής του αέρα

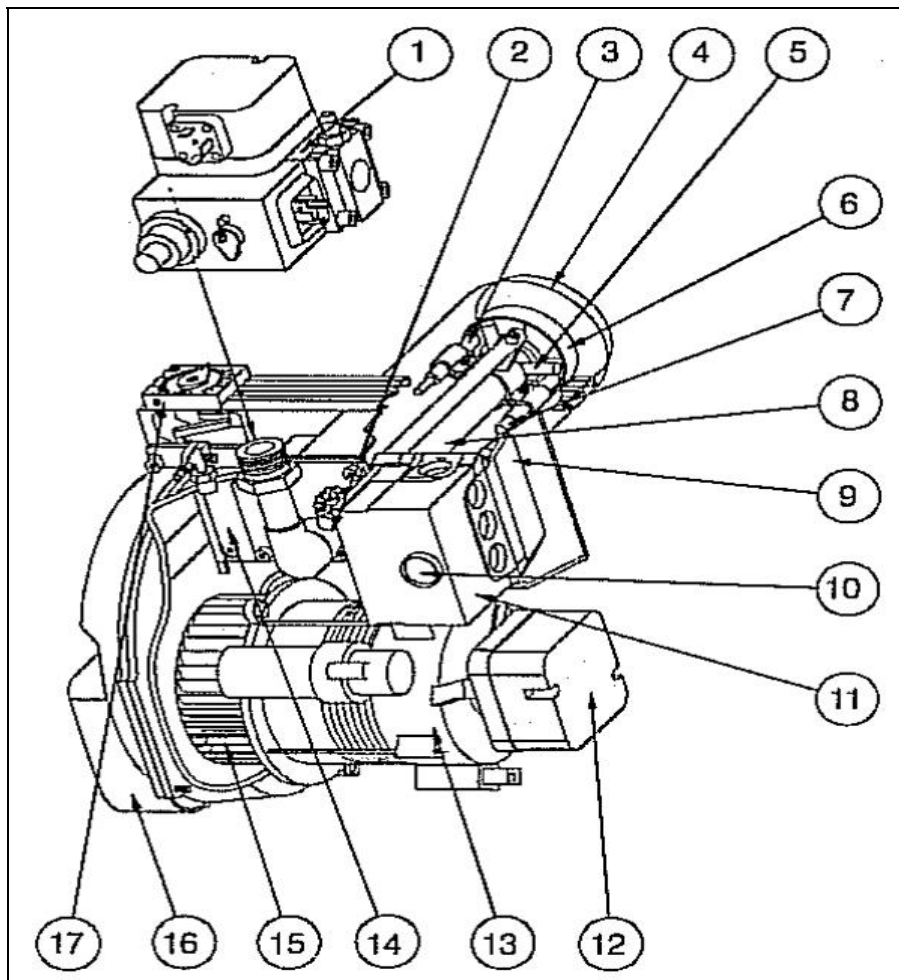
Στην είσοδο του ανεμιστήρα υπάρχει τάμπερ που ελέγχει την ποσότητα του αέρα που αναρροφά ο ανεμιστήρας, έτσι που να είναι αντίστοιχος με την ποσότητα του αερίου. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέτρηση του CO<sub>2</sub> ή του O<sub>2</sub> στα καυσαέρια.

### η. Σώμα του καυστήρα

Είναι συνήθως από χυτό αλουμίνιο και διαιρούμενο, έτσι ώστε να εξυπηρετείται η συντήρηση του καυστήρα εύκολα. Πρέπει να είναι εύκολη η εξαγωγή του ακροφυσίου του αερίου για την επιθεώρησή του.

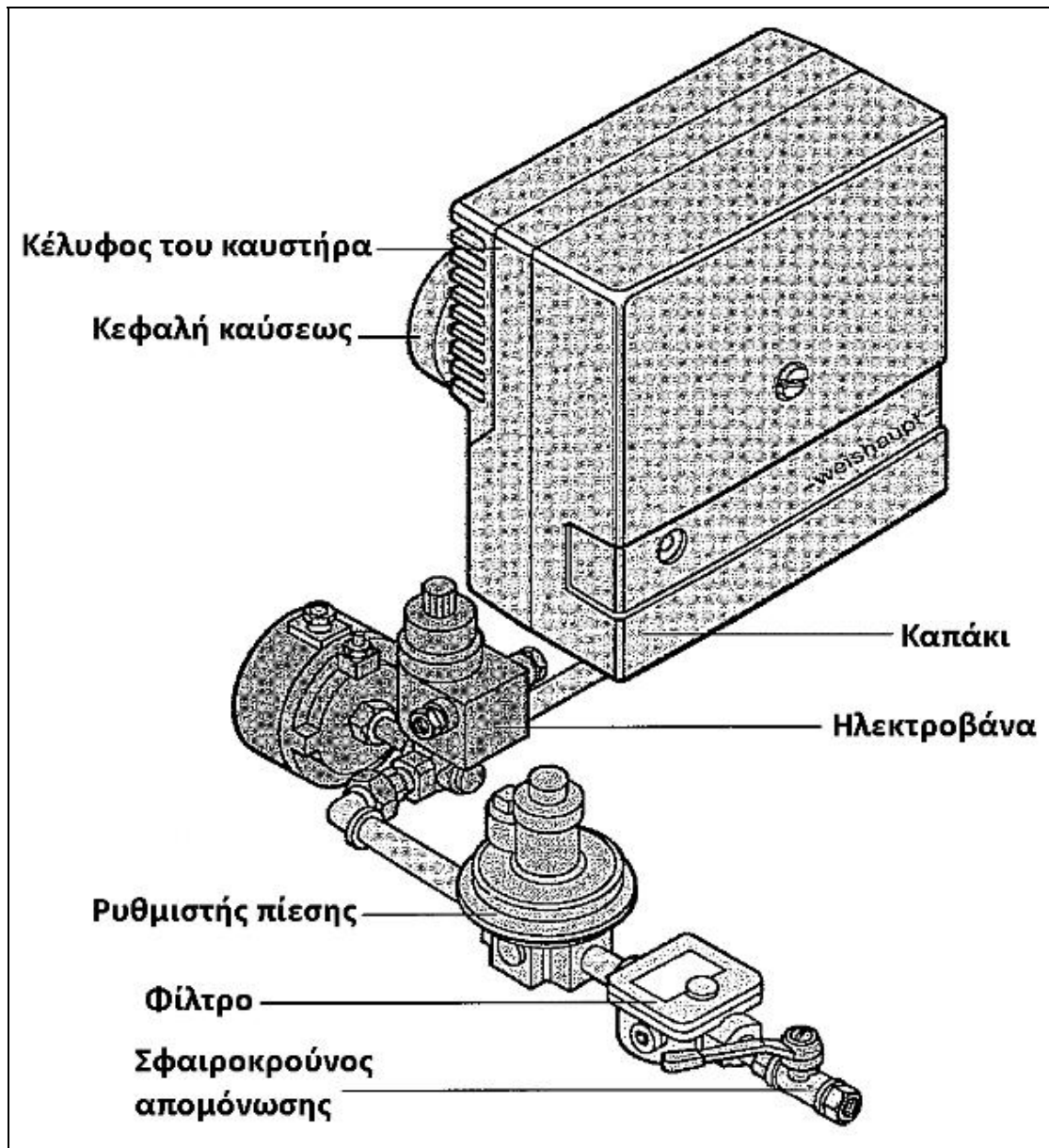
### θ. Σύστημα έναυσης του αερίου

Αποτελείται από ηλεκτρόδιο και μετασχηματιστή (220/5000 V) και οδηγείται από την ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου της φλόγας.



- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Συγκρότημα οργάνων αερίου | 10. Κουμπί επαναφοράς        |
| 2. Ρυθμιστής φλογοκεφαλής    | 11. Αυτόματος καύσης         |
| 3. Ηλεκτρόδιο ιονισμού       | 12. Επιτηρητής πίεσης αερίου |
| 4. Μπούκα                    | 13. Κινητήρας                |
| 5. Φλογοκεφαλή               | 14. Διάφραγμα αέρα           |
| 6. Διασκορπιστήρας           | 15. Φτερωτή                  |
| 7. Ηλεκτρόδιο                | 16. Προσαγωγέας αέρα         |
| 8. Ράβδος φλογοκεφαλής       |                              |
| 9. Μετασχηματιστής           |                              |

Σχήμα 5.33: ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΙΕΣΤΙΚΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ

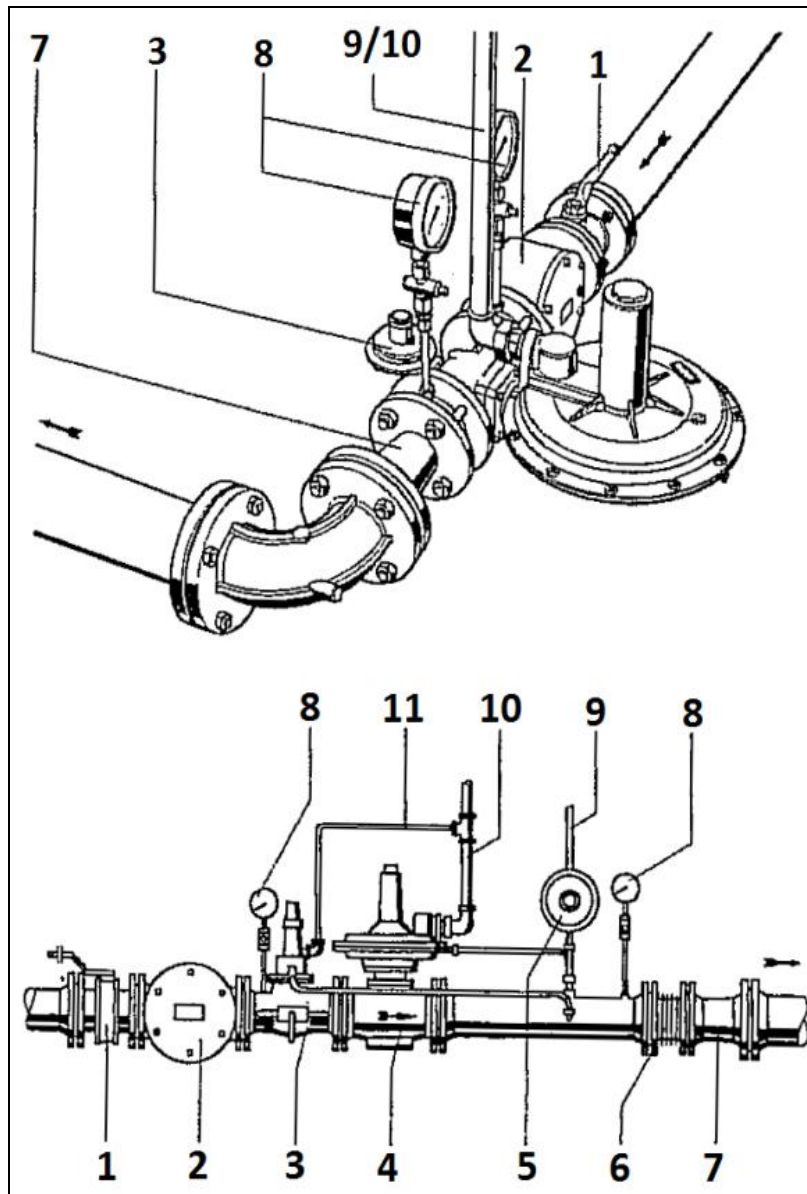


Σχήμα 5.34: ΤΑ ΟΡΑΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

### 5.5.3. Εκλογή καυστήρα αερίου

Για τη σωστή εκλογή καυστήρα αερίου, πρέπει να είναι γνωστά διάφορα μεγέθη, όπως:

1. Η ισχύς του λέβητα και η αντίστοιχη αντίθλιψη του,
2. Ο αναμενόμενος βαθμός απόδοσης (με καύση αερίου) ( $\eta$  %),
3. Η κατώτερη θερμογόνο δύναμη του αερίου (ΚΘΔ),
4. Η πυκνότητα του αερίου σε σχέση με τον αέρα  $\gamma < 1,0$ ,
5. Η διαθέσιμη πίεση του δικτύου (mbar),
6. Το διάγραμμα πίεσης αέρα - παροχής αερίου στον καυστήρα,
7. Το διάγραμμα πίεσης αερίου - παροχής αερίου στον καυστήρα,
8. Το διάγραμμα πτώσης πίεσης αερίου - παροχής αερίου για το φίλτρο,
9. Το διάγραμμα πτώσης πίεσης αερίου - παροχής αερίου για τον σταθεροποιητή πίεσης.



1. Σφαιροκρουνός
2. Φίλτρο αερίου
3. Ασφαλιστική βαλβίδα απομόνωσης
4. Ρυθμιστής πίεσης
5. Ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης (SBV)
6. Διαστολικό
7. Συστολική φλάντζα
8. Μανόμετρο με κομβίο
9. Γραμμή ανακούφισης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακουφίσεως
10. Γραμμή "αναπνοής"
11. Γραμμή "αναπνοής" βαλβίδας απομόνωσης

**Σχήμα 5.35:** ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΥΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ

## Μέρη παρακολούθησης και ελέγχου του καυστήρα



Σχήμα 5.36: ΤΟ ΚΟΝΤΡΟΛ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ

Η διαδικασία εκλογής είναι η εξής:

### Α. Προσδιορισμός της αναγκαίας παροχής αερίου.

Προσδιορίζουμε την αναγκαία παροχή αερίου ως:

$$V = Q_L / H_u \times n$$

Παροχή = Ισχύς λέβητα / [(Κ.Θ.Δ.) × Βαθμός απόδοσης]

Όπου:  $V$  = Παροχή σε  $\text{Nm}^3/\text{h}$

$Q_L$  = Ισχύς λέβητα σε  $\text{kcal/h}$

$H_u$  = η κατώτερη θερμογόνο δύναμη του αερίου σε  $\text{kcal}/\text{Nm}^3$

$n$  = ο βαθμός απόδοσης της καύσης

Ελέγχουμε τώρα στο σχήμα 5.30 αν η πίεση του ανεμιστήρα για την παροχή του αέρα που απαιτεί αυτή η παροχή αερίου  $Q$ , είναι επαρκής για να υπερνικήσει τις αντιστάσεις του λέβητα (αντίθλιψη).

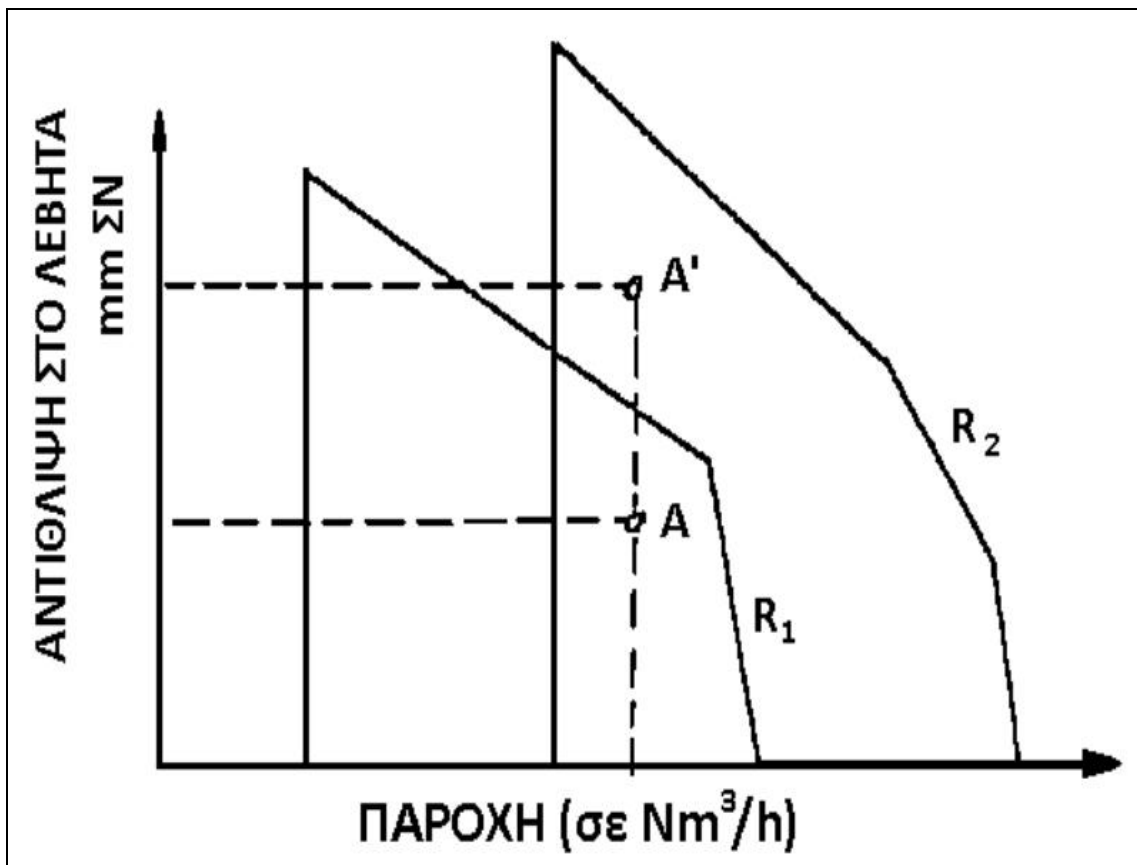


Εφόσον το σημείο A βρίσκεται μέσα στο κλειστό πολύγωνο, εκλέγουμε αυτόν τον καυστήρα ( $R_1$ ). Αν το A βρεθεί έξω, π.χ. στο  $A'$ , τότε θα ερευνήσουμε το αμέσως επόμενο μέγεθος καυστήρα ( $R_2$ ), σχήμα 5.37.

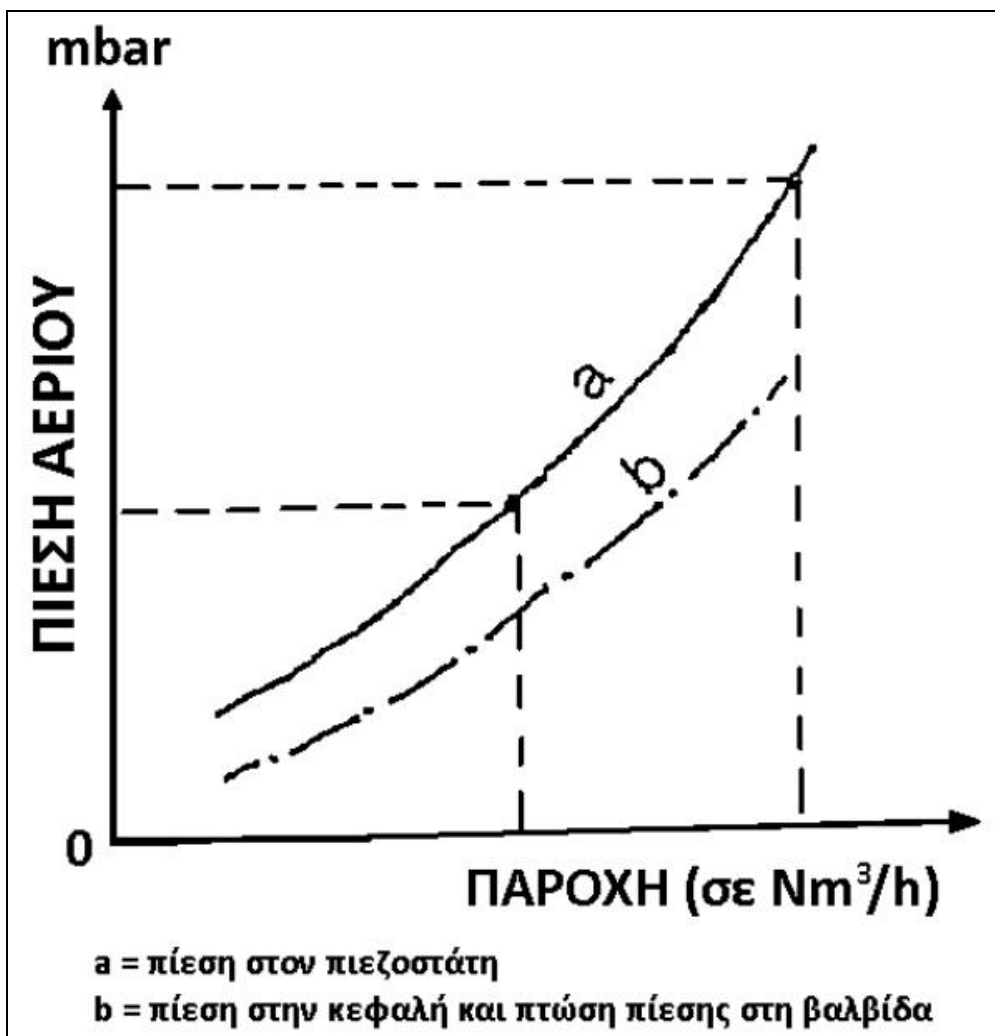
**Β. Έλεγχος καταλληλότητας του καυστήρα από πλευράς πίεσης του δικτύου του αερίου και επιλογή φίλτρου και σταθεροποιητή.**

Στο σχήμα 5.32 έχουμε το διάγραμμα αναγκαίας σταθεροποιημένης πίεσης του αερίου σε σχέση προς την αναγκαία παροχή αερίου  $Q$  ( $\gamma = 0,64$ ) για λειτουργία σε θάλαμο μηδενικής αντίθλιψης (0 mm Σ.Ν.).

Αν λοιπόν ο λέβητας έχει μέσα στο θάλαμο καύσης αντίθλιψη  $e$  mm (1 mbar = 10 mm Σ.Ν.), τότε η αναγκαία πίεση στην έξοδο του σταθεροποιητή είναι η  $P_s = e + P_a$  (για τον τύπο  $R_1$ ).



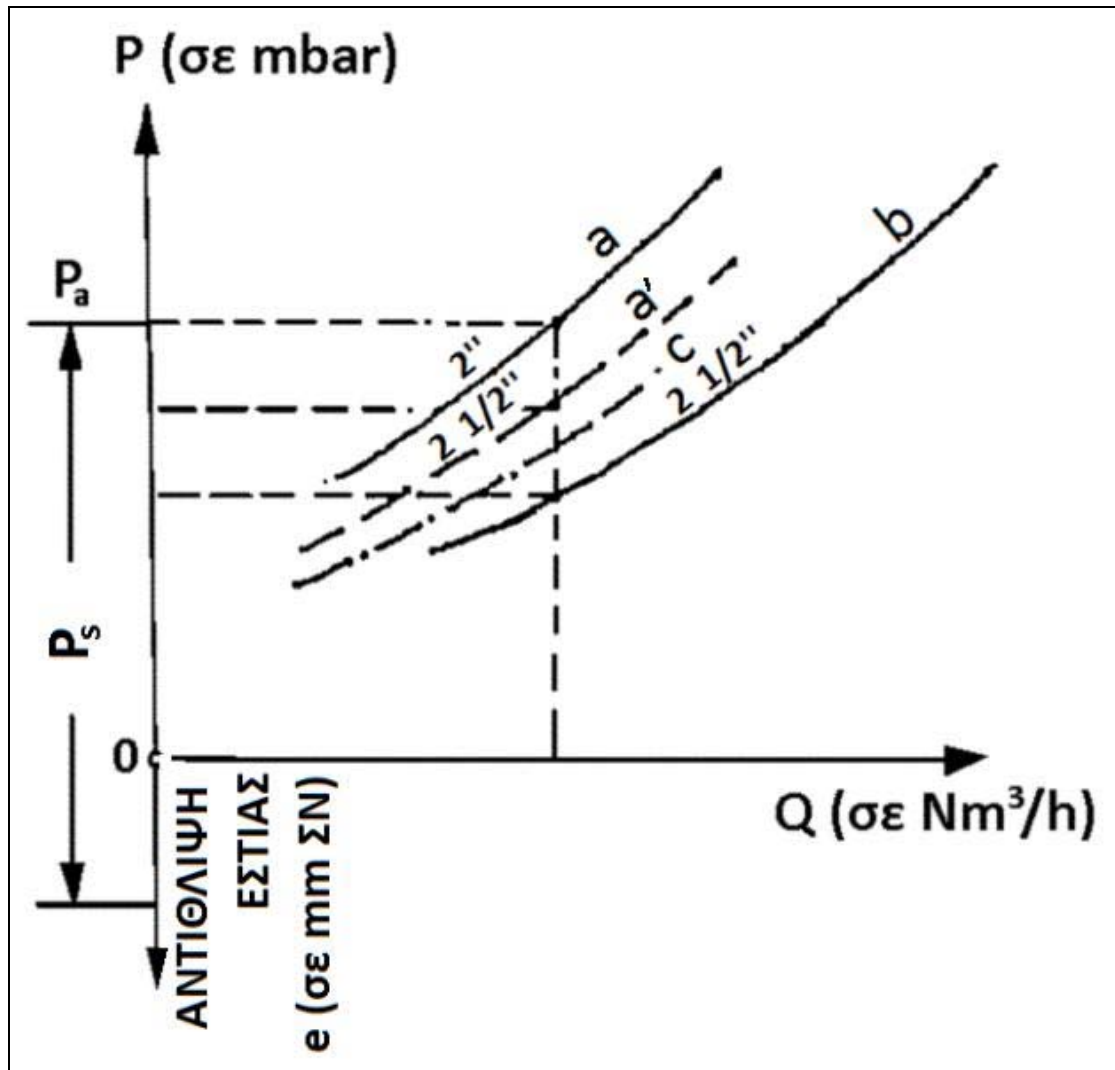
Σχήμα 5.37: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΙΕΖΟΣΤΑΤΗ ΑΕΡΙΟΥ



**Σχήμα 5.38:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΠΙΕΖΟΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΗ ΦΛΟΓΟΚΕΦΑΛΗ, ΟΤΑΝ ΕΙΝΑΙ ΓΝΩΣΤΗ Η ΠΙΕΣΗ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ.

Αυτήν την πίεση την αφαιρούμε από την κατώτερη τιμή της διαθέσιμης πίεσης του δικτύου π.χ. 18 mbar και το υπόλοιπο είναι διαθέσιμο για απώλειες στον σταθεροποιητή πίεσης και το φίλτρο (τάξεως μεγέθους 1,0 ÷ 10 mm Σ.Ν.).

Αν πάλι η πίεση  $P_s$  είναι πολύ μεγάλη και δεν αφήνει καθόλου διαθέσιμη πίεση για τον σταθεροποιητή και το φίλτρο ή ακόμη και αν είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη του δικτύου, τότε πρέπει να διαλέξουμε τον αμέσως μεγαλύτερο καυστήρα  $R_2$  που έχει μικρότερη  $P_Q$  (ή να αλλάξουμε μόνο την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του  $R_1$  με μεγαλύτερης διαμέτρου (καμπύλη  $a'$  του σχήματος 5.39).



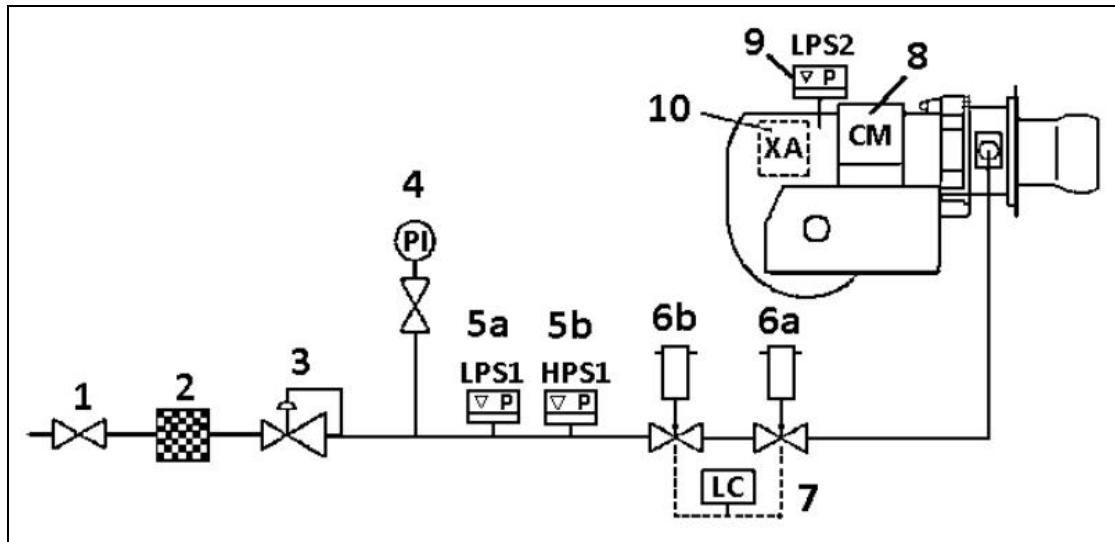
**Καυστήρας R<sub>1</sub>**  
 καμπύλη a, με βαλβίδα 2"  
 καμπύλη a', με βαλβίδα 2 1/2"  
 καμπύλη c, πίεση στην κεφαλή

**Καυστήρας R<sub>2</sub>**  
 καμπύλη b, με βαλβίδα 2 1/2"

**Σχήμα 5.39:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ

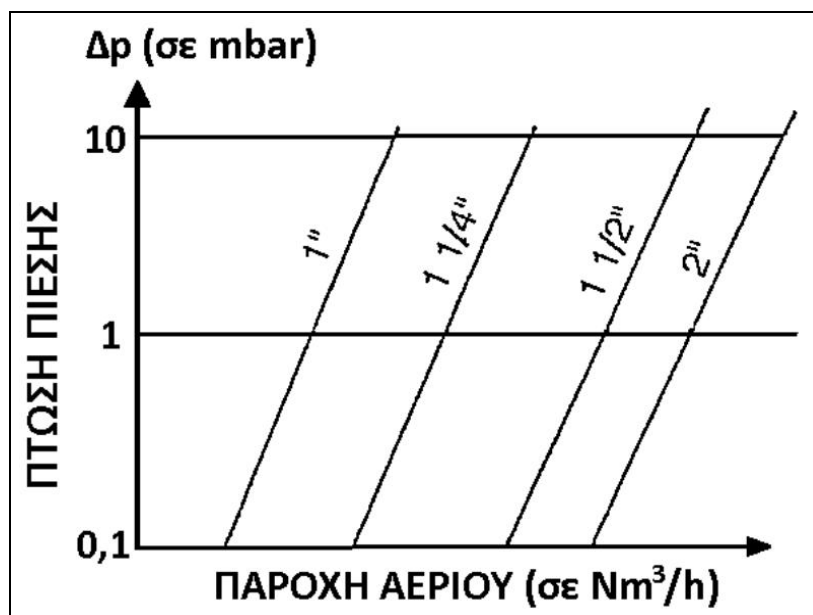
Για τη επιλογή φίλτρου και σταθεροποιητή θα ερευνήσουμε πρώτα αν τα αντίστοιχης διαμέτρου με τη διάμετρο τροφοδοσίας του καυστήρα (π.χ. 2") φίλτρο και σταθεροποιητής 1" έχουν και τα δύο μαζί πτώση πίεσης μικρότερη από τη διαθέσιμη. Αν όχι, τότε θα γίνει εκλογή μεγαλύτερης διαμέτρου, που να παρουσιάζει μικρότερη πτώση πίεσης (σχήμα 5.41).

Οι πιέσεις αυτές θα ελεγχθούν κατόπιν επάνω στα προβλεπόμενα σημεία μέτρησής τους, με κατάλληλα όργανα.



1. Βάνα σφαιρική, στην προσαγωγή αερίου
2. Φίλτρο
3. Ρυθμιστής πίεσης
4. Μανόμετρο με κρούνο διακοπής
- 5α. Επιτηρητής πίεσης αερίου, ελάχιστη
- 5β. Επιτηρητής πίεσης αερίου, μέγιστη
- 6α. Μαγνητική βαλβίδα (μονοβάθμιος ή διβάθμιος )
- 6β. Βαλβίδα ασφάλειας
7. Σύστημα δοκιμής διαρροής βαλβίδων
8. Κινητήρας διαφράγματος αέρα (μόνο στους διβάθμιους καυστήρες)
9. Επιτηρητής πίεσης αέρα
10. Αυτόματος καύσης αερίου.

**Σχήμα 5.40:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΡΓΑΝΩΝ ΣΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 300 kW.



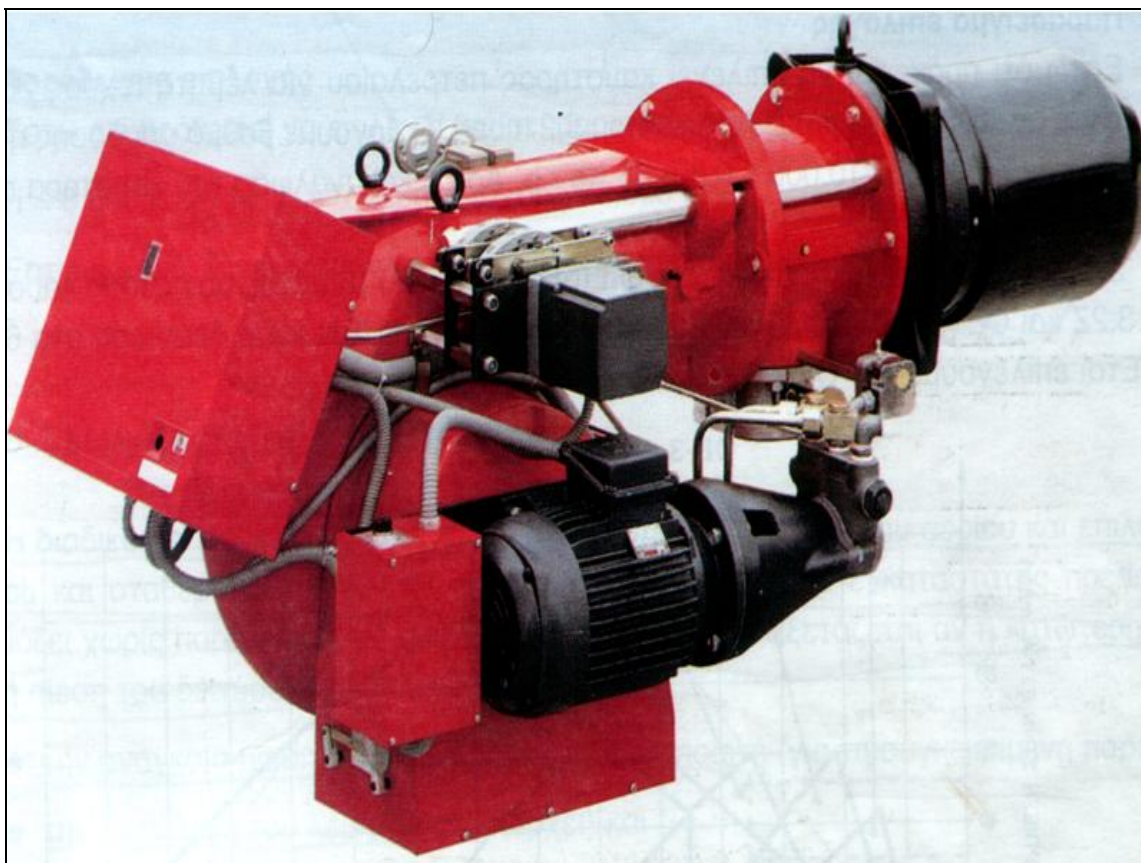
**Σχήμα 5.41:** ΑΠΩΛΕΙΑ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΦΙΛΤΡΟ Ή ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗ ΠΙΕΣΗΣ

## 5.6. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

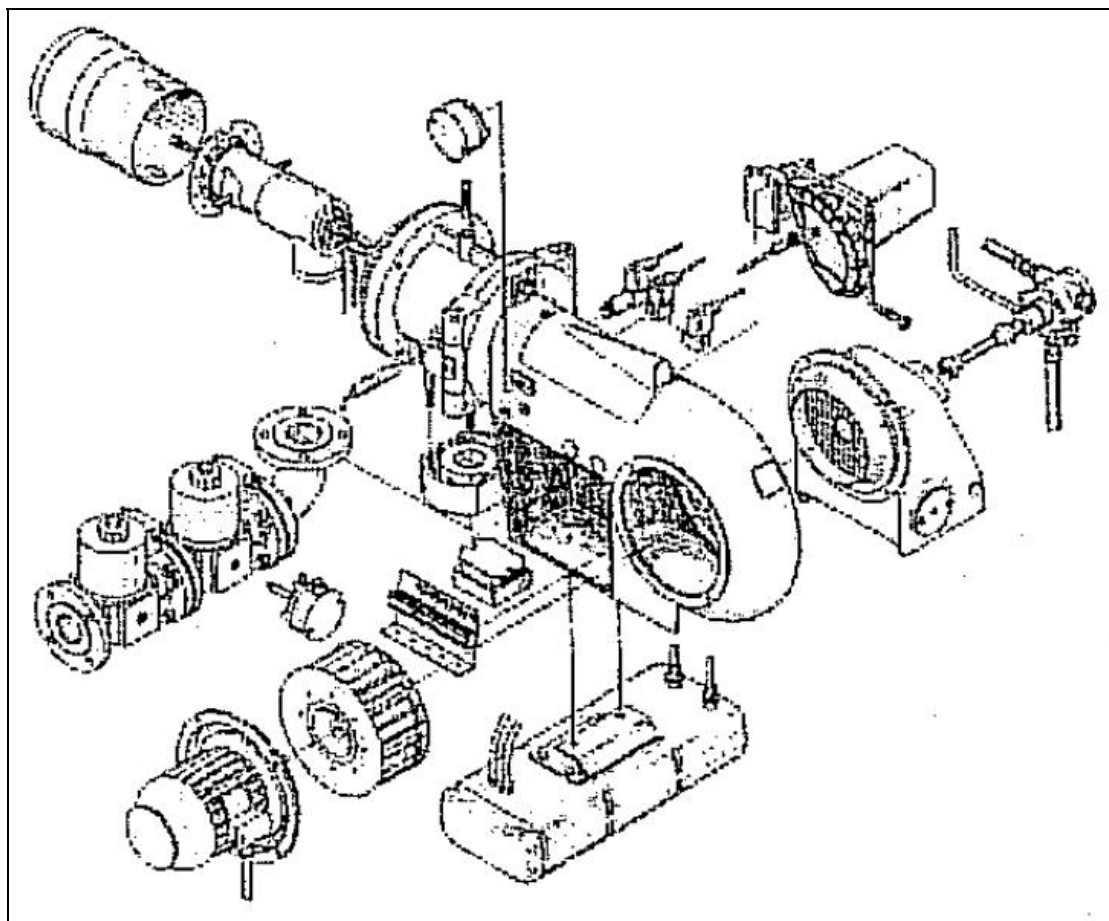
Πολλές φορές υπάρχει ανάγκη να καλύπτεται και η περίπτωση της διακοπής παροχής αερίου με εναλλακτική λειτουργία του καυστήρα με υγρά καύσιμα. Στην περίπτωση αυτή ο καυστήρας έχει ειδική κεφαλή διπλής τροφοδοσίας και σύστημα παροχής υγρού καυσίμου.

Οι καυστήρες αυτού του είδους ονομάζονται "καυστήρες διπλής λειτουργίας" και ο έλεγχος της φλόγας γίνεται με φωτοκύτταρο, κοινό και για τις δύο λειτουργίες.

Σε άλλες περιπτώσεις γίνεται ταυτόχρονη παροχή αερίου και υγρού καυσίμου, με σταθερή πάντα αναλογία και κοινό έλεγχο της φλόγας, οπότε έχουμε μεικτή λειτουργία και καυστήρες μεικτής λειτουργίας.



Σχήμα 5.42: ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΔΙΠΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



**Σχήμα 5.43:** ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΒΑΡΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ). ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΓΙΑ ΙΣΧΕΙΣ ΑΠΟ ΠΕΡΙΠΟΥ 800 kW ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 4000 Kw.

## 5.7. ΣΗΜΑΝΣΗ ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ

Κάθε καυστήρας πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ανθεκτική πινακίδα, πάνω στην οποία θα αναφέρεται:

- α. Ο κατασκευαστής,
- β. Ο τύπος του καυστήρα,
- γ. Το έτος κατασκευής,
- δ. Ο αριθμός παραγωγής του εργοστασίου,
- ε. Η ωριαία μέγιστη και ελάχιστη παροχή καυσίμων σε kg/h για υγρά καύσιμα ή (m<sup>3</sup>/h) για αέρια καύσιμα σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης,
- ζ. Το είδος του κατάλληλου καυσίμου,
- η. Ενδείξεις για τις προδιαγραφές που τηρήθηκαν στην κατασκευή και σήματα ελέγχων και ποιότητας.

Κάθε καυστήρας θα συνοδεύεται με λεπτομερείς οδηγίες εγκατάστασης, ρυθμίσεων και χειρισμού. Ακόμη, τον καυστήρα θα συνοδεύουν σχέδιο σύνδεσης, το πρόγραμμα λειτουργίας της διάταξης επιτήρησης της φλόγας και υποδείξεις για τις δοκιμές μετά την εγκατάσταση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ «ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ»

### 6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η συνεχής προσαγωγή καυσίμου στον λέβητα, είναι αναγκαία για την συντήρηση της καύσης. Αυτός είναι άλλωστε και ένας βασικός λόγος για τον οποίο, σε μικρές τουλάχιστον εγκαταστάσεις, έχουν επικρατήσει πλήρως καύσιμα των οποίων μπορεί να εξασφαλιστεί συνεχής ροή, σε ποσότητα που αντιστοιχεί στις ανάγκες.

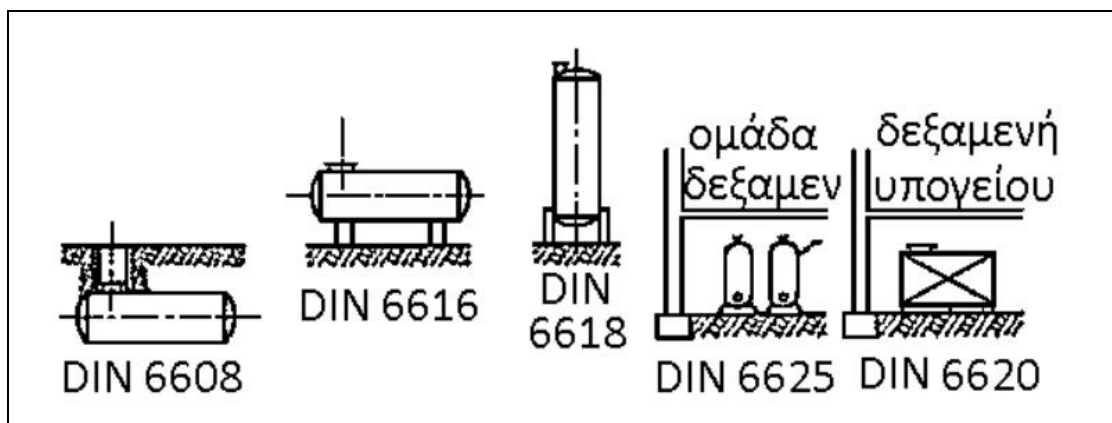
Σε πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται λέβητες στερεών καυσίμων, χρησιμοποιούνται δαπανηρά συστήματα (π.χ. μονάδες κονιοποίησης και μεταφορικές ταινίες) για την προσαγωγή του καυσίμου ή την τροφοδότηση με καύσιμο, αναλαμβάνει θερμοστής που βρίσκεται συνεχώς σε ετοιμότητα. Παρόμοιες λύσεις όμως είναι ασύμφωρες, έως και αδιανόητες ακόμη και για μεγάλα κτίρια ή μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις που βρίσκονται μέσα στις πόλεις.

Στον αντίποδα των προβλημάτων, βρίσκεται η χρησιμοποίηση αερίου καυσίμου, σε περιοχές με διαθέσιμο δίκτυο. Η προσαγωγή του φυσικού αερίου γίνεται απ' ευθείας από το δίκτυο πόλεως στον καυστήρα του λέβητα, με την παρεμβολή βεβαίως σειράς μηχανισμών και διατάξεων ελέγχου και ασφάλειας.

Με τα σημερινά δεδομένα, τα οποία δεν θα διαφοροποιηθούν για εκτεταμένες περιοχές της χώρας μας, ακόμη και με την έλευση του φυσικού αερίου, η απλούστερη λύση προκύπτει με τη χρήση πετρελαίου.

Στις περισσότερες επομένως εγκαταστάσεις λεβητοστασίων Κ.Θ., χρησιμοποιείται δεξαμενή πετρελαίου, τοποθετημένη με ασφάλεια κοντά (ή υπό προϋποθέσεις μέσα) στον χώρο του λεβητοστασίου.

### 6.2. ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



Σχήμα 6.1: ΕΙΔΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΤΑ DIN.

Το μέγεθος της δεξαμενής καυσίμου, είναι συνάρτηση του μεγέθους της εγκατάστασης και της πιθανής μέσης ημερησίας κατανάλωσης. Στην εκλογή του μεγέθους της όμως, υπεισέρχεται και η ευκολία με την οποία προσάγεται το πετρέλαιο. Σε περιοχές δηλαδή απρόσκοπτου και απλού εφοδιασμού, οι δεξαμενές κατασκευάζονται μικρότερες (επάρκεια για λιγότερες ημέρες), ενώ σε ακραίες περιπτώσεις (δυσπρόσιτες, απομακρυσμένες περιοχές), επιλέγεται το μέγεθος δεξαμενής, το περιεχόμενο της οποίας επαρκεί για μια ολόκληρη χειμερινή περίοδο.

Για συνήθεις εγκαταστάσεις, που δεν υπάρχουν ειδικές δυσχέρειες στην τροφοδότηση, οι δεξαμενές πετρελαίου εκλέγονται για επάρκεια από 20 ημέρες μέχρι 1 ½ μήνα, κατανάλωσης.

Όταν δεν συντρέχει λόγος να γίνουν λεπτομερείς υπολογισμοί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του Πίνακα 6.1, ο οποίος αναφέρεται σε μικρά και μεσαίου μεγέθους κτίρια πόλεων, με συνήθεις ανάγκες και κατανάλωσης.

ΟΓΚΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (σε m <sup>3</sup> )	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ (σε m <sup>3</sup> )	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ* (σε m <sup>3</sup> )	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ (σε kg)
2.000	1	1,0 × 1,0 × 1,0	750
3.000	1,7	1,2 × 1,2 × 1,2	1.150
4.000	2	1,0 × 1,0 × 2,0	1.600
7.000	3,3	1,2 × 1,2 × 2,4	2.700
10.000	5	Κυλινδρική	3.500

\* Οι διαστάσεις αναφέρονται σε δεξαμενές ορθογωνικής διατομής.

**Πίνακας 6.1:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΓΙΑ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για μεσαίες και μεγάλες εγκαταστάσεις ή δεξαμενές σε απομακρυσμένες περιοχές, γίνεται αναλυτικός υπολογισμός, με αφετηρία την πιθανή ετήσια κατανάλωση πετρελαίου, η οποία προκύπτει από τη σχέση:

$$B = B_o \cdot H_\theta \cdot Q \text{ (σε kg/έτος)}$$

όπου:

$B_o$  : είναι η ειδική κατανάλωση πετρελαίου (σε kg/h)

$H_\theta$  : ο πιθανός συνολικός αριθμός ωρών, σε ετήσια βάση, που προβλέπεται να λειτουργεί η θέρμανση (σε h), και

$Q$  : το σύνολο των θερμικών απωλειών των χώρων (σε kcal/h).

Για αστικές περιοχές της κεντρικής Ελλάδας (όχι ορεινές), μπορεί να ληφθεί  $H_\theta = 1000$  h, οπότε:

$$B = 1000 B_o Q$$

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου μιας εγκατάστασης, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$B_o = \frac{Z}{\Delta t_{\max}} \cdot H_u \cdot n$$



όπου:

Z : είναι ο συντελεστής ημερήσιας λειτουργίας της εγκατάστασης

$\Delta t_{max}$  : είναι η μέγιστη πιθανή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ενδεικτικής επιθυμητής θερμοκρασίας των χώρων και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (σε °C)

$H_u$  : η κατωτέρα θερμογόνος δύναμη του καυσίμου (σε kcal/kg), και

n : ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης.

Για συνήθεις κατασκευές και χρήσεις κτιρίων, ενδεικτικές τιμές του συντελεστή ημερήσιας λειτουργίας της εγκατάστασης (Z) δίνει ο Πίνακας 6.2.

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	Z
Μέση Πολυκατοικία ή Μονοκατοικία ή Σχολείο	8 - 12
Τράπεζες, Εμπορικά Καταστήματα	10 - 15
Νοσοκομεία, Ξενοδοχεία	24

**Πίνακας 6.2:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (Z) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Για τον υπολογισμό της μέγιστης πιθανής θερμοκρασιακής διαφοράς  $\Delta t_{max}$  πρέπει να είναι γνωστή η μέγιστη πιθανή μέση θερμοκρασία των χώρων και η μέση πιθανή ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος .

Ο Πίνακας 6.3 μας δίνει ενδεικτικές τιμές για τη μέση μέγιστη θερμοκρασία των χώρων ( $t_m$ ), ενώ από τη μελέτη των θερμικών απωλειών είναι γνωστή η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία.

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡ/ΣΙΑ (σε °C)
Χώρος που θερμαίνεται συνεχώς	19
Χώρος με διακοπτόμενη θέρμανση	17
Δημόσια και Εμπορικά καταστήματα, Τράπεζες	17
Ξενοδοχεία - Νοσοκομεία	18 - 20

**Πίνακας 6.3:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

Σε συνήθεις υπολογισμούς λαμβάνονται:

$$H_u = 10.000 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{και } n = 0,60$$

οπότε είναι απλός ο προσδιορισμός της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου ( $B_o$ ) και της πιθανής ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου (B).

**Παράδειγμα:** Έστω μικρή πολυκατοικία της οποίας οι θερμικές απώλειες εκτιμούνται σε 90.000 kcal/h και το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί συνήθως 10 h ημερησίως (διακοπτόμενη λειτουργία). Εάν η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία είναι 0 °C, προκύπτει ετήσια κατανάλωση καυσίμου:

$$B = 1000 B_0 \cdot 90000 = 9 \cdot 10^7 B_0$$

όπου:

$$B_0 = \frac{10}{(17-0) \times 10.000 \times 0,6} = 10^{-4}$$

οπότε:  $B = 9 \cdot 10^3 = 9.000 \text{ kg} = 9 \text{ ton}$  πετρέλαιο

Εάν επομένως χρησιμοποιηθεί μια δεξαμενή πετρελαίου 1600 kg (2 m<sup>2</sup>), θα πρέπει να γεμίζεται κάθε 20 .η 25 ημέρες, με την παραδοχή περίπου 120 - 130 ημερών θέρμανσης για ολόκληρη την χειμερινή περίοδο.

### 6.3. ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι δεξαμενές καυσίμων τοποθετούνται σε ειδικό χώρο του θερμαινόμενου κτιρίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που υπαγορεύονται από το Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (ΓΟΚ), τον Κτιριοδομικό Κανονισμό, τον ισχύοντα κανονισμό πυρασφάλειας και τις διάφορες τεχνικές οδηγίες, κυρίως του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ). Σύμφωνα με τα παραπάνω απαγορεύεται η τοποθέτηση δεξαμενών σε εσωτερικούς εργασιακούς χώρους ή χώρους κατοικίας, σε διαδρόμους, κάτω από σκάλες και σε εισόδους κτιρίων.

Γενικά, οι δεξαμενές υγρών καυσίμων των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης, τοποθετούνται σε χώρους ανεξάρτητους από το λεβητοστάσιο, έστω και αν οι κανονισμοί επιτρέπουν το αντίθετο.

Για εγκαταστάσεις μεγαλύτερες των 150 kW (125.000 kcal/h), όπως αναφέρει και ο "Κτιριοδομικός Κανονισμός" απαιτείται ιδιαίτερος χώρος. Για μέγεθος δεξαμενής μέχρι 3,0 m<sup>3</sup> επιτρέπεται η αποθήκευση του πετρελαίου μέσα στο λεβητοστάσιο, εφ' όσον η δεξαμενή δεν βρίσκεται επάνω από συσκευή παραγωγής θερμότητας ή καπναγωγό και απέχει από τα στοιχεία αυτά τουλάχιστον 2 m. Η τελευταία απόσταση μπορεί να μειωθεί στο 1 m, εάν τοποθετηθεί πυρίμαχο τοίχωμα.

Συνιστάται ακόμη η τοποθέτηση πυροσβεστήρα 6 kg ξηρής σκόνης μπροστά στην είσοδο του χώρου υγρών καυσίμων.

Ο ιδιαίτερος χώρος στον οποίο τοποθετείται η δεξαμενή πετρελαίου, διαχωρίζεται από το λεβητοστάσιο και από κάθε άλλο σχετικό χώρο, με τοίχο από άκαυστο υλικό. Στον χώρο αυτό, τοποθετείται μεταλλική πόρτα με άνοιγμα προς τα έξω ή παλινδρομική κίνηση.

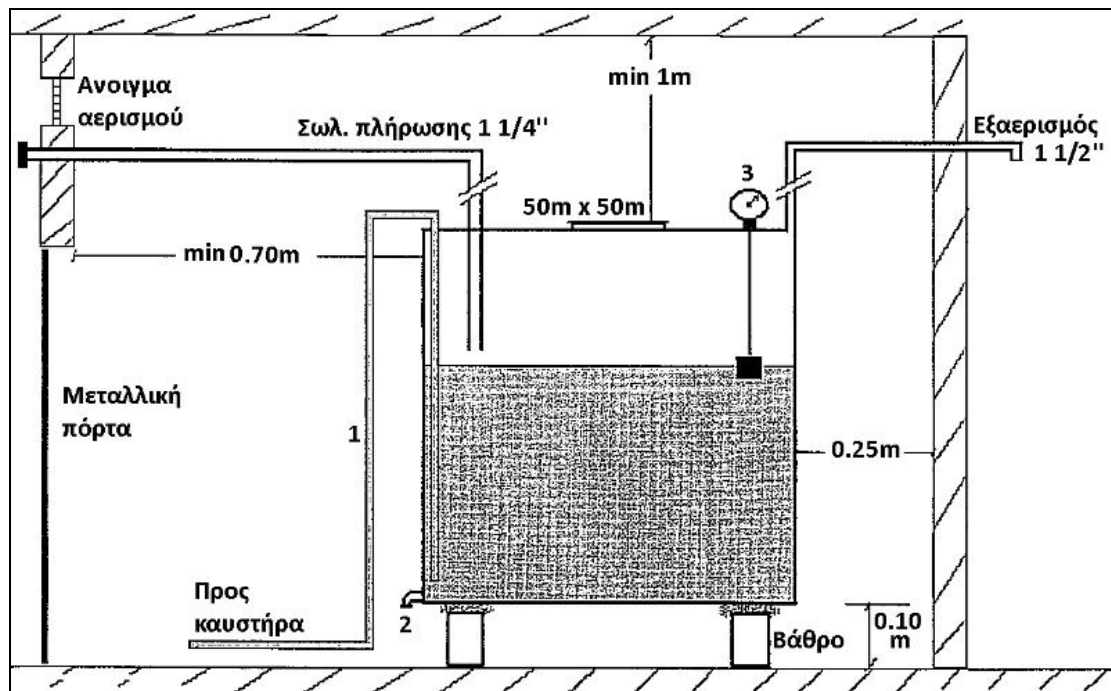
Ο χώρος της αποθήκης καυσίμου αερίζεται με άνοιγμα που επικοινωνεί απ' ευθείας με το περιβάλλον ή μέσω σήραγγας. Η καθαρή επιφάνεια του ανοίγματος αερισμού είναι μεγαλύτερη από το 1/12 της επιφάνειας του δαπέδου του χώρου της αποθήκης.

Η τοποθέτηση δεξαμενών πετρελαίου σε ανοικτούς χώρους επιτρέπεται, όταν δεν απαγορεύεται από ειδικούς κτιριοδομικούς, δημοτικούς, πυροσβεστικούς ή άλλους κανονισμούς και εφ' όσον διασφαλίζεται η ασφάλεια των περιοίκων, των παρακείμενων κτιρίων και του φυσικού περιβάλλοντος.

Η δεξαμενή πετρελαίου εδράζεται σε μεταλλική βάση. Η κάτω από τη δεξαμενή επιφάνεια του δαπέδου, διαμορφώνεται σε μορφή λεκάνης, αρκετής χωρητικότητας, ώστε να συγκεντρώνει το πετρέλαιο που μπορεί να διαφεύγει από τη δεξαμενή. Μέσα στη λεκάνη περισυλλογής του πετρελαίου κατασκευάζεται απορροή δαπέδου, που θα καταλήγει σε ειδική αποχέτευση (όχι στο δίκτυο της πόλης), έξω από το κτίριο.

Προς αποφυγή πιθανών σπινθήρων λόγω στατικού ηλεκτρισμού, οι δεξαμενές πετρελαίου γειώνονται με ξεχωριστή γείωση, τόσο οι υπέργειες, όσο και οι υπόγειες. Για τον σκοπό αυτό έχει προβλεφθεί ειδικό σημείο σύνδεσης στο σώμα της δεξαμενής.

#### 6.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ



1. Σωλήνας τροφοδότησης καυστήρα, min 1/2"
2. Στόμιο εκκένωσης δεξαμενής, min 1 1/2"
3. Δείκτης στάθμης πετρελαίου.

**Σχήμα 6.2:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΣΕ ΜΙΑ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΤΟΣΟ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ.

Σε εγκαταστάσεις μέχρι 250 kW (200.000 kcal/h), επιτρέπεται η χρησιμοποίηση δεξαμενών ορθογωνικής διατομής. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται δεξαμενές κυλινδρικής διατομής υπόγειες, υπέργειες ή ημιυπόγειες.

Οι κύριες διαστάσεις των δεξαμενών καυσίμου πρέπει να καθορίζονται με τοπικά κριτήρια, όπως η δυνατότητα συχνής παραλαβής ποσοτήτων καυσίμου, η καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου χώρου και το μέγεθος της οικοδομής. Η αναμενόμενη συχνότητα παραλαβής πετρελαίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 20 ημερών για πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις και των 40 ημερών για μεσαίου και μικρού μεγέθους. Σε δυσπρόσιτες περιοχές ή σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις, πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο η δεξαμενή πετρελαίου να καλύπτει τις ανάγκες ολόκληρης της χειμερινής περιόδου.

Η δεξαμενή πετρελαίου σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, είναι εφοδιασμένη με τα ακόλουθα εξαρτήματα:

**α. Σωλήνωση εξαερισμού:** Η σωλήνωση εξασφαλίζεται από την είσοδο ξένων σωμάτων, νερού κ.λπ., έχει στόμιο σε ορατή θέση και μπορεί να απομακρύνει εύκολα τα παραγόμενα αέρια. Η σωλήνωση εξαερισμού έχει στόμιο τουλάχιστον 2,5 m επάνω από την επιφάνεια του εδάφους και τουλάχιστον 0,50 m επάνω από το στόμιο γεμίσματος.

Η σωλήνωση εξαερισμού αναχωρεί από το υψηλότερο σημείο της δεξαμενής και οδηγείται κατακόρυφα προς τα επάνω στην ύπαιθρο. Η σωλήνωση εξαερισμού της δεξαμενής καυσίμου κατασκευάζεται από ενιαίο χαλυβδοσωλήνα, του οποίου το σημείο εκβολής απέχει τουλάχιστον 5,00 m από οποιοδήποτε σημείο μπορεί να αναπτυχθεί υψηλή θερμοκρασία.

Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα εξαερισμού είναι κατά μία τυποποιημένη διάμετρο μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σωλήνα γεμίσματος της δεξαμενής και πάντως όχι μικρότερη από 1 1/2".

**β. Σωλήνωση πλήρωσης (γεμίσματος) με πετρέλαιο:** Η σωλήνωση αυτή ξεκινά έξω από το κτίριο και δεν απέχει από την πιθανή θέση στάθμευσης του πετρελαιοφόρου βυτίου περισσότερο από 30 m. Το στόμιο καταλήγει σε προσιτό για το όχημα σημείο του πεζοδρομίου, μέσα σε κτιστό φρεάτιο με στεγανό κάλυμμα και ασφαλίζεται από τον κίνδυνο ανοίγματος από αναρμόδιους.

Ο σωλήνας πλήρωσης της δεξαμενής έχει ονομαστική διάμετρο τουλάχιστον 1 1/4", είναι εγκαταστημένος με συνεχή κλίση προς τη δεξαμενή και καταλήγει σε βάθος τουλάχιστον 0,50 m μέσα στη δεξαμενή έτσι ώστε να παρεμποδίζεται η δημιουργία ατμού.

**γ. Στόμιο εκκένωσης της δεξαμενής:** Το στόμιο εκκένωσης της δεξαμενής είναι τοποθετημένο στο κατώτερο σημείο του πυθμένα της.

Το στόμιο περιλαμβάνει στεγανή αποφρακτική δικλείδα, που επιτρέπει το άδειασμα της δεξαμενής σε περίπτωση ανάγκης ή όταν πρέπει να απομακρυνθούν από τον πυθμένα της δεξαμενής κατάλοιπα πετρελαίου, νερό, λάσπη κ.λπ. Η ονομαστική διάμετρος του στομίου εκκένωσης είναι τουλάχιστον 1 1/4".

**δ. Δείκτης στάθμης πετρελαίου:** Κάθε δεξαμενή εφοδιάζεται με διάταξη καθορισμού της στάθμης του υγρού. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει ακρίβεια και εύκολη ανάγνωση. Βοηθάει στην παρακολούθηση της ανόδου της στάθμης του πετρελαίου, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος υπερχείλισης.

**ε. Ανθρωποθυρίδα:** Οι δεξαμενές χωρητικότητας άνω των  $0,50 \text{ m}^3$ , είναι εφοδιασμένες με ανθρωποθυρίδα, η οποία κατασκευάζεται από σιδηροέλασμα, πάχους ομοίου με τη δεξαμενή με περιφερειακή ενίσχυση. Οι ελάχιστες διαστάσεις της είναι  $0,40 \times 0,50 \text{ m}$ .

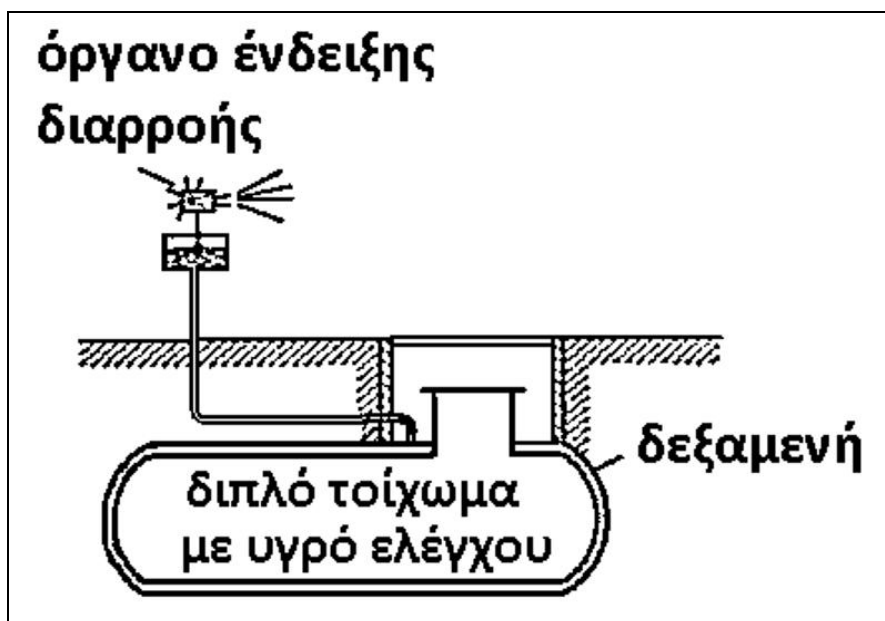
Το ελάχιστο πάχος των ελασμάτων των δεξαμενών καθορίζεται κυρίως από το ύψος της δεξαμενής. Ειδικά για μικρές δεξαμενές ορθογωνικής διατομής ισχύει:

Ύψος δεξαμενής  $h \leq 1 \text{ m}$  → πάχος ελάσματος  $s \geq 2 \text{ mm}$

Ύψος δεξαμενής  $1 \text{ m} < h \leq 2 \text{ m}$  → πάχος ελάσματος  $s \geq 3 \text{ mm}$

Ύψος δεξαμενής  $2 \text{ m} < h \leq 2,5 \text{ m}$  → πάχος ελάσματος  $s \geq 4 \text{ mm}$

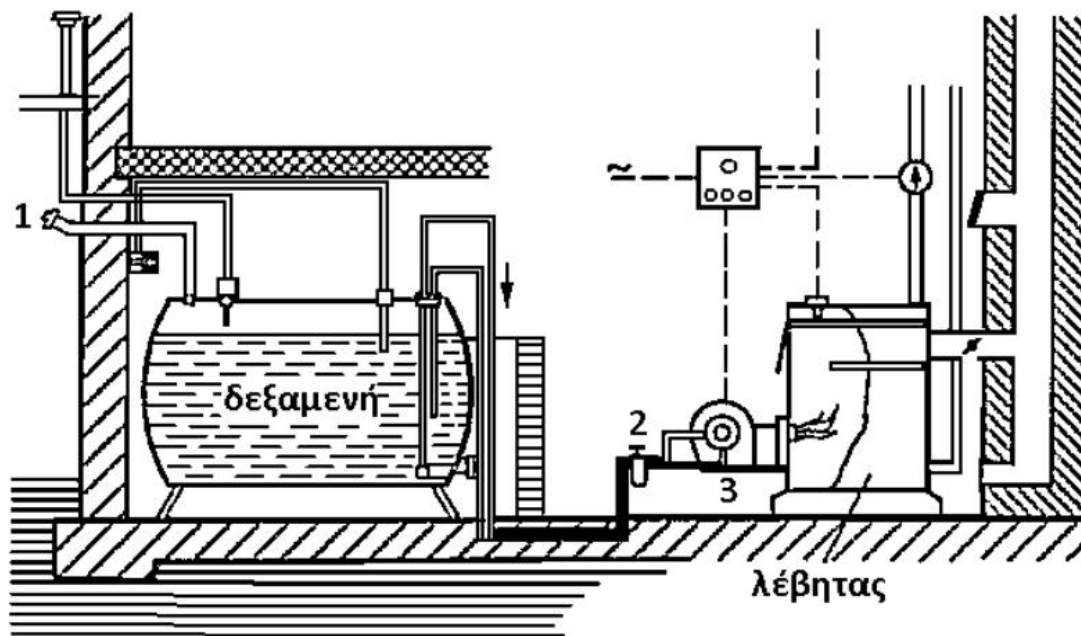
Σε δεξαμενές βαρέως ακάθαρτου πετρελαίου όπου υπάρχουν διατάξεις προθέρμανσης με ηλεκτρική αντίσταση, προβλέπονται και αυτόματες διατάξεις διακοπής της προθέρμανσης (διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος), μόλις η στάθμη του πετρελαίου φθάσει σε ύψος μικρότερο των  $0,25 \text{ m}$  από την ανώτατη επιφάνεια της ηλεκτρικής αντίστασης, ενώ ταυτόχρονα τίθεται σε λειτουργία ηχητικό και οπτικό σήμα κινδύνου.



Σχήμα 6.3: ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΔΙΠΛΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕ ΟΡΓΑΝΟ ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

#### 6.4.1. Μικρές Ορθογωνικές Δεξαμενές Πετρελαίου

Σε μικρές εγκαταστάσεις λεβητοστασιών Κ.Θ. χρησιμοποιούνται κυρίως δεξαμενές ορθογωνικής διατομής, απλής κατασκευής. Τέτοιες μικρές δεξαμενές πετρελαίου κατασκευάζονται από χαλυβδόφυλλα πάχους 2 έως 5 mm και τοποθετούνται σύμφωνα με τις οδηγίες και τους περιορισμούς που αναφέρονται στον ισχύοντα Κ.Κ. (Κτιριοδομικό Κανονισμό) και αρκετά κατασκευαστικά στοιχεία (έδραση, σωλήνωση εξαερισμού, σωλήνωση πλήρωσης, στόμιο εκκένωσης, δείκτης στάθμης πετρελαίου, ανθρωποθυρίδα, ελάχιστο πάχος ελασμάτων).



1. Γραμμή Πλήρωσης 2. Φίλτρο Πετρελαίου 3. Καυστήρας 4. Λέβητας

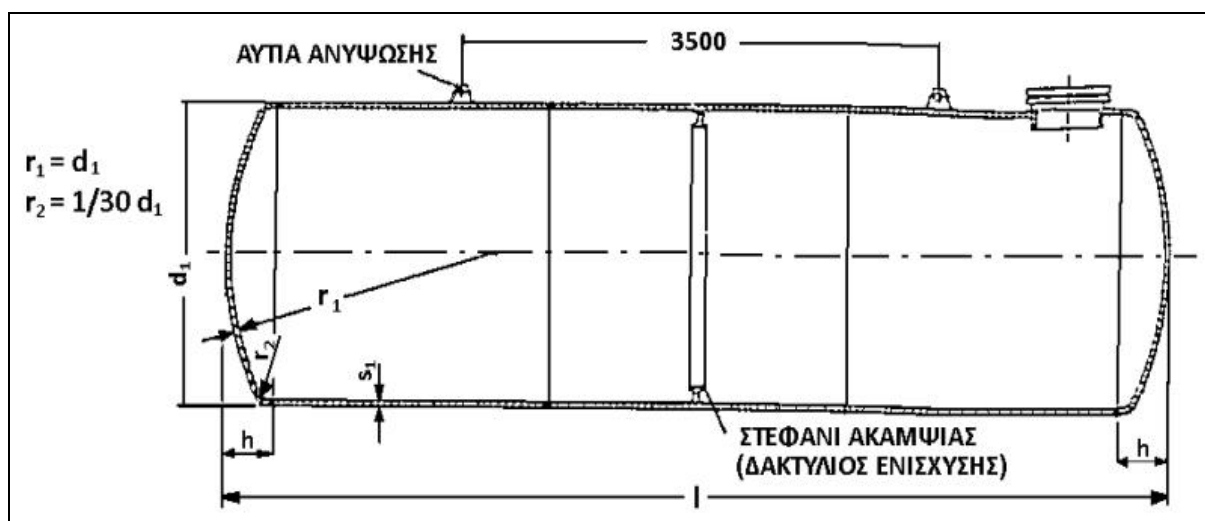
**Σχήμα 6.4:** ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Η δεξαμενή πετρελαίου πάντως δεν αντιμετωπίζεται σαν μία απλή λαμαρινοκατασκευή, αλλά σαν μια σύνθετη κατασκευή που συνοδεύεται από πολλά όργανα και εξαρτήματα ώστε να εξασφαλίζει την ασφαλή αποθήκευση ενός επικίνδυνου υλικού όπως είναι το πετρέλαιο σε κτίρια κατοικιών.

Η ένωση των αρμών στις ορθογωνικές δεξαμενές πετρελαίου γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση εσωτερικά και εξωτερικά και προστίθενται ενισχύσεις από γωνιακά ελάσματα.

### 6.4.2. Χαλύβδινες Δεξαμενές Πετρελαίου Κυκλικής Διατομής

Σε μεσαίες και μεγάλες εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεξαμενές κυκλικής διατομής, κατά προτίμηση σύμφωνα με τη Γερμανική τυποποίηση DIN (6608 για υπόγειες οριζόντιες, 6616 για υπέργειες οριζόντιες, 6617 για ημιυπόγειες οριζόντιες, 6618 για κατακόρυφες υπέργειες και 6619 για κατακόρυφες ημιυπόγειες). (σχήμα 6.1)



**Σχήμα 6.5:** ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

### 6.4.3. Υπόγειες Χαλύβδινες Δεξαμενές Υγρών Καυσίμων

Όπου υπάρχει δυνατότητα, προτιμούνται υπόγειες δεξαμενές της μορφής του σχήματος 6.5., των οποίων οι διαστάσεις αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (σε m <sup>3</sup> )	1	3	5	7	10	(13)	16	20	25	30	40	50	60	80	100
d <sub>1</sub>	1000	12500	1600					2000			2500			2900	
l <sub>max</sub>	1510	2740	2820	3740	5350	6960	8570	6960	8540	10120	8800	10800	12800	12750	15950
h	180	220	260					320			400			450	
s <sub>1 min</sub>	5						6			7			9		
d <sub>3</sub>	500						600								
Δακτύλιος ενίσχυσης	-									1		2			
Αυτιά ανύψωσης	-	1					2								
Βάρος (kg)	265	525	700	885	1200	1500	1800	2300	2750	3300	4200	5100	6100	9000	11000

**Πίνακας 6.1:** ΚΥΡΙΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (ΚΑΤΑ DIN 6608).

Οι Γερμανικές προδιαγραφές (DIN 6608) δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη διαμόρφωση της ανθρωποθυρίδας, της οποίας τα κύρια στοιχεία φαίνονται στο σχήμα 6.6. και τον Πίνακα 6.2.

Η ανθρωποθυρίδα είναι άνοιγμα σημαντικών διαστάσεων, που επιτρέπει την επίσκεψη της δεξαμενής τόσο για επιθεώρηση, όσο και για τον απαραίτητο καθαρισμό της.

Οι υπόγειες δεξαμενές είναι απλού ή διπλού τοιχώματος. Πριν από την τοποθέτησή τους, μονώνονται και βάφονται με προστατευτική βαφή από τον κατασκευαστή τους.

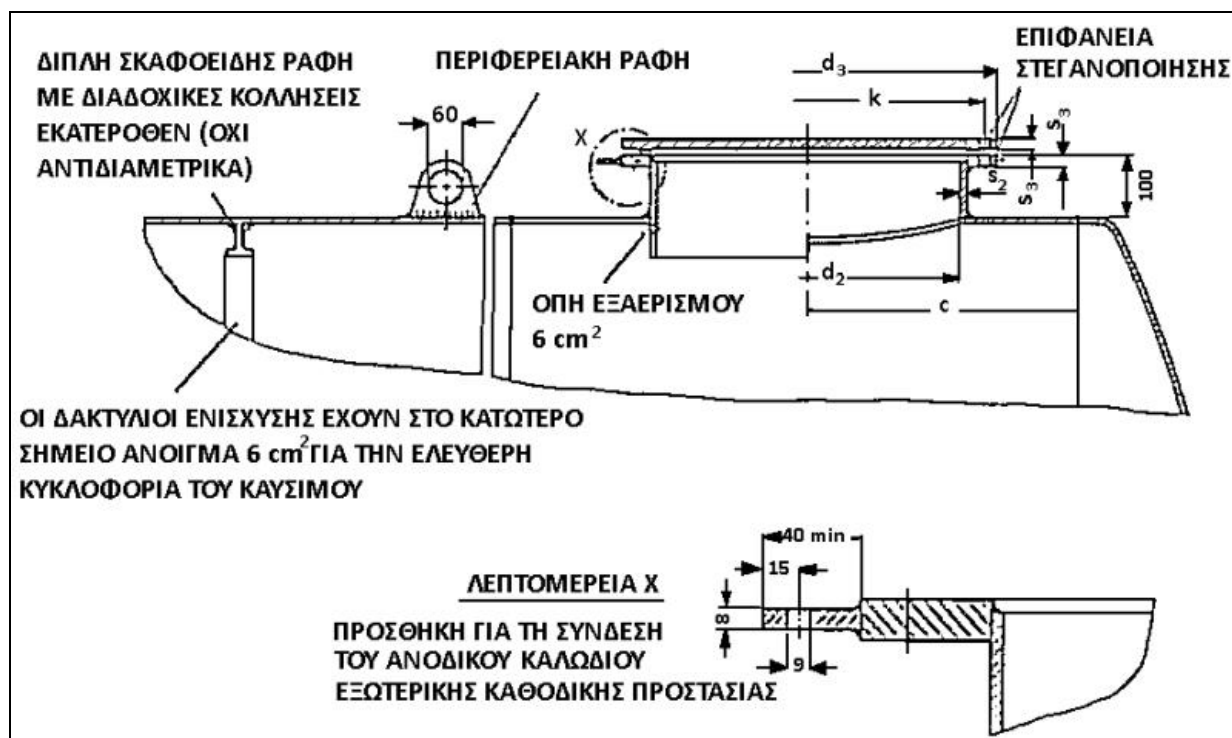
Για την τοποθέτηση των υπόγειων δεξαμενών, είναι απαραίτητη η καλή έδραση, η ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων και ο αναγκαίος αερισμός που θα απομακρύνει πιθανές αναθυμιάσεις στο κάλυμμα (ανθρωποθυρίδα) της δεξαμενής.

Κάθε δεξαμενή συνοδεύεται με σύστημα παραλαβής καυσίμου, σύστημα τροφοδότησης του καυστήρα (σχ. 6.4.) και σύστημα ένδειξης της στάθμης του πετρελαίου.

### 6.4.4. Δεξαμενές Πετρελαίου Από Πλαστικό

Οι δεξαμενές πετρελαίου από ενισχυμένο πλαστικό έχουν διαδοθεί σημαντικά και υπάρχουν στο εμπόριο σε ποικιλία τύπων και μεγεθών. Οι δεξαμενές αυτές χρησιμοποιούνται τόσο ως υπόγειες όσο και ως υπέργειες και χαρακτηρίζονται από σημαντικά πλεονεκτήματα.

Τα συνήθη μεγέθη μεμονωμένων πλαστικών δεξαμενών είναι χωρητικότητας από 500 lt μέχρι 2000 lt, αλλά δημιουργούνται συστοιχίες που επιτυγχάνουν χωρητικότητα μέχρι και δεκάδων m<sup>3</sup>.



**Σχήμα 6.6:** ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΑΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΥΡΙΔΑΣ	ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΘΥΡΙΔΑΣ	ΠΑΧΟΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΞΩΤ.	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΦΛΑΝΤΖΑΣ	ΠΑΧΟΣ ΦΛΑΝΤΖΑΣ ΚΑΙ ΚΑΠΑΚΙΟΥ	ΚΟΧΛΙΕΣ	
						Στείρωμα	Αριθμός
d <sub>2</sub>	c	s <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	k	s <sub>3</sub>	M16	28
500	450	5	620	580	16		32
600	500	5	720	680	16		44
800	600	5	920	880	20		

**Πίνακας 6.2:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΘΥΡΙΔΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (DIN 6608) ΣΕ mm.

#### 6.4.5. Γενικές Παρατηρήσεις Για Δεξαμενές Πετρελαίου Σε Εγκαταστάσεις Λεβητοστασιών Κ.Θ.

Σε κάθε δεξαμενή που πρόκειται να τοποθετηθεί σε εγκατάσταση λεβητοστασίου κεντρικής θέρμανσης, υπάρχει πινακίδα όπου αναφέρει τον κατασκευαστή, τη χωρητικότητα (σε m<sup>3</sup>), την πίεση δοκιμής (σε MPa), το έτος κατασκευής και σύστημα όπου δείχνει την περιεκτικότητα της δεξαμενής σε καύσιμο (π.χ. βαθμονομημένη ράβδος).



Σε κάθε δεξαμενή προβλέπονται τρεις τουλάχιστον ενδεικτικές γραμμές:

α. για την πλήρωση

β. για τον εξαερισμό και

γ. για την τροφοδότηση δοχείου ημερήσιας κατανάλωσης.

Ειδικά για τις υπέργειες προβλέπεται και τέταρτη γραμμή για πλήρη εκκένωση. Ο σωλήνας εξαερισμού καταλήγει σε εξωτερικό χώρο του κτιρίου, σε ύψος τουλάχιστον 2,5 m από γειτονικές πόρτες και παράθυρα.

Ο σωλήνας προσαγωγής του καυσίμου στον καυστήρα είναι μεταλλικός και σταθερά τοποθετημένος. Επιτρέπονται, εφόσον έχουν μέγιστο μήκος 1,5 m, εύκαμπτοι σωλήνες μόνο για τη σύνδεση του καυστήρα. Οι σωλήνες αυτοί είναι ορατοί, ανθεκτικοί στη θερμοκρασία και στο καύσιμο και προστατευμένοι με εξωτερικό μεταλλικό πλέγμα. Επίσης πριν από την εγκατάστασή τους στο δίκτυο ελέγχονται σε πίεση μεγαλύτερη των 0,4 Μρα.

Οι δεξαμενές πετρελαίου που τοποθετούνται στο ύπαιθρο, είναι μονωμένες. Τα τοιχώματα των δεξαμενών και ιδιαίτερα οι ραφές των συγκολλήσεων, προστατεύονται με αντισκουριακή βαφή ανάλογη με το είδος και τη θέση της δεξαμενής της εγκατάστασης (εξωτερική, εσωτερική, υπέργεια, υπόγεια, κ.λπ.).

Για τις δεξαμενές που είναι τοποθετημένες σε περιοχές που εμφανίζονται χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, πολλοί κανονισμοί προβλέπουν την εγκατάσταση δεξαμενών με διπλό περίβλημα (διπλά τοιχώματα).

Η κατασκευή δεξαμενών πετρελαίου από μπετόν επιτρέπεται μόνο με την προϋπόθεση ότι θα τηρηθούν οι κανονισμοί διεθνούς αποδοχής (όπως π.χ. DIN 1045, 4225 και 4227).

Κατά την τοποθέτηση των δεξαμενών πετρελαίου συνιστάται να ισχύουν τα ακόλουθα:

Οι υπόγειες δεξαμενές που είναι εγκαταστημένες στο εξωτερικό του κτιρίου, έχουν την επάνω ακμή τους σε βάθος τουλάχιστον 0,20 m κάτω από το έδαφος. Το βάθος αυτό όταν επάνω από τη δεξαμενή διέρχονται οχήματα, είναι 0,70 m. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της δεξαμενής και των περιμετρικών τοίχων, είναι μεγαλύτερη του 0,50 m.

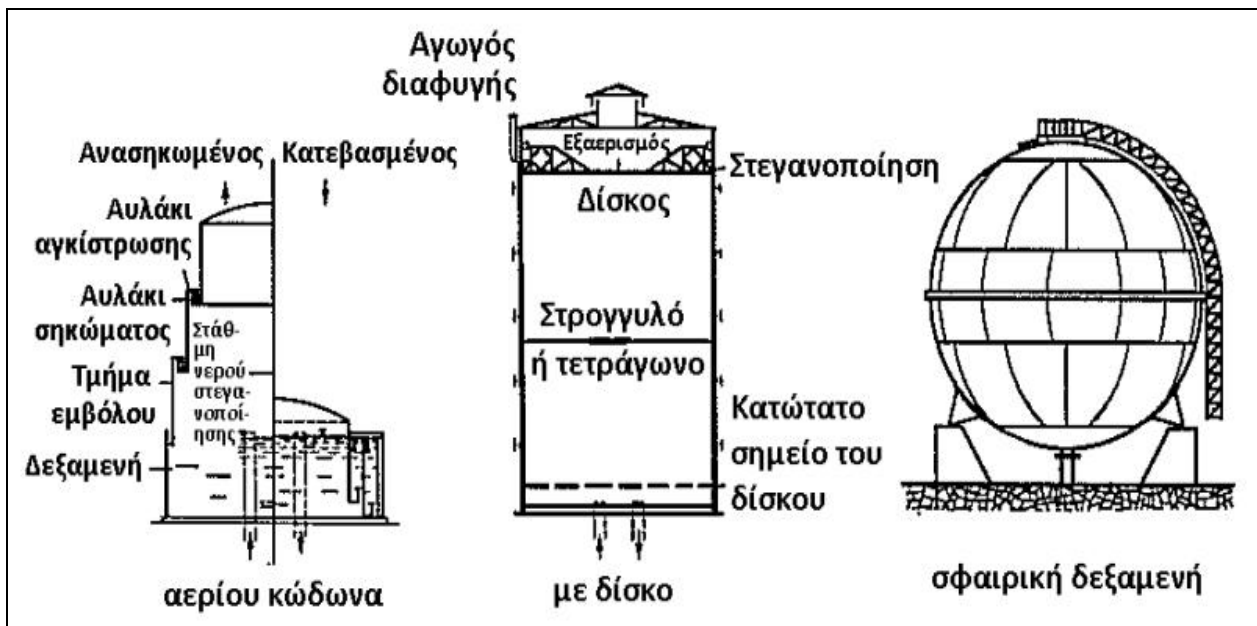
Οι υπόγειες δεξαμενές που τοποθετούνται στο εσωτερικό του κτιρίου, απέχουν από τους περιμετρικούς τοίχους τουλάχιστον 0,6 m.

Οι υπέργειες δεξαμενές που τοποθετούνται στο εσωτερικό του κτιρίου, βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον 0,50 m από το δάπεδο.

## **6.5. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Οι καταναλωτές φυσικού αερίου δε διαθέτουν δεξαμενή αποθήκευσης του καυσίμου. Επειδή όμως η κατανάλωση του αερίου δεν είναι σταθερή, κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθίσταται αναγκαία η αποθήκευση του φυσικού αερίου σε ενδιάμεσες δεξαμενές, έτσι ώστε να καλύπτεται η ζήτηση κατά τις ώρες αιχμής, καθώς επίσης και να διευκολύνεται η συνεχής μεταφορά του αερίου, το οποίο έρχεται από τον τόπο παραγωγής του.

Η αποθήκευση του φυσικού αερίου μπορεί να γίνει σε διαφόρων τύπων δεξαμενές αερίων, όπως σε:



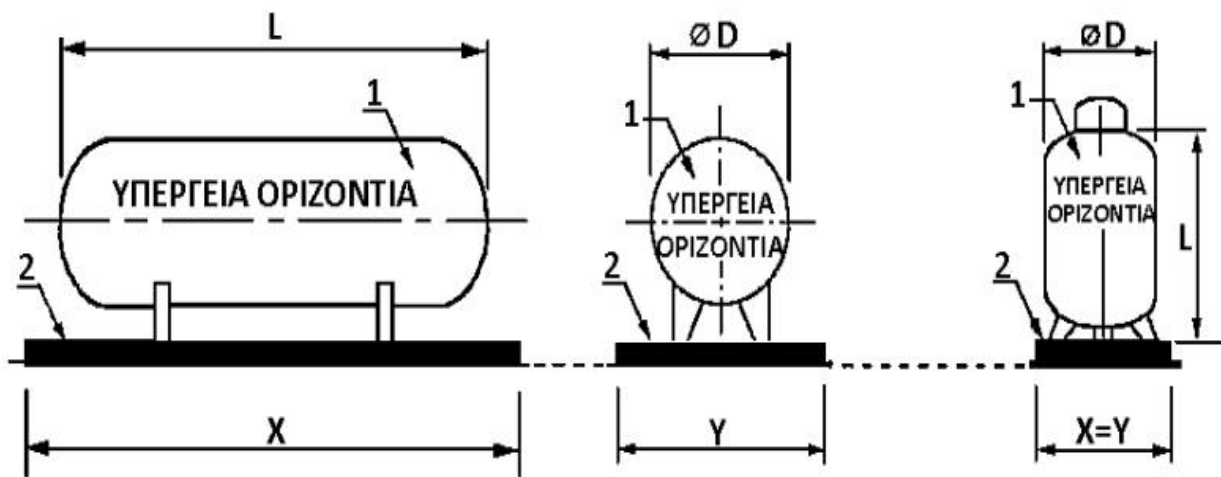
Σχήμα 6.7: ΕΙΔΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Επειδή το φυσικό αέριο μεταφέρεται από πολύ μακριά (στη χώρα μας από τη Ρωσία), καθίσταται αναγκαία η αποθήκευση του φυσικού αερίου σε σφαιρικές δεξαμενές με πίεση μεγαλύτερη των 1000 mbar. Η πίεση στις σφαιρικές δεξαμενές μπορεί να φθάσει στην τιμή των 20 bar. Επίσης, λόγω της μεγάλης απόστασης μεταφοράς του φυσικού αερίου, οι ίδιοι οι αγωγοί μεταφοράς αποτελούν ένα μεγάλο αποθηκευτικό χώρο λόγω του γεγονότος ότι στους αγωγούς μεταφοράς το Φ.Α. βρίσκεται σε πολύ μεγάλη πίεση, περίπου 80 bar. Άρα, όταν το αέριο αυτό πίεσης 80 bar εκτονωθεί σε πιέσεις π.χ. 20 bar και το μήκος των αγωγών μεταφοράς είναι π.χ. 1000 km και η διάμετρός των είναι 1 m, τότε μπορεί το αέριο αυτό να παράξει 30.000.000 m<sup>3</sup> φυσικού αερίου, το οποίο μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενέργειας μιας πόλης 200.000 κατοίκων για ένα χρόνο.

Επειδή η κατανάλωση του Φ.Α. δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της ημέρας, γι' αυτό το λόγο το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε υπόγειες δεξαμενές, για να μπορούμε να έχουμε εξομάλυνση της κατανάλωσης κατά τις ώρες αιχμής.

## 6.6. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

Τα υγραέρια αποθηκεύονται με πίεση σε υγρή φάση, σε δεξαμενές ειδικού τύπου. Οι δεξαμενές υγραερίου έχουν διάφορες μορφές και σχήματα. Συνήθως είναι κυλινδρικές και έχουν οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη. Οι δεξαμενές των υγραερίων τοποθετούνται είτε στην επιφάνεια της γης (υπέργειες) είτε στο υπόγειο του κτιρίου (υπόγειες). Οι δεξαμενές στηρίζονται σε ποδαρικά και εδράζονται επάνω σε έδαφος από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η δεξαμενή πακτώνεται με βίδες και μεταλλικά ούπα.

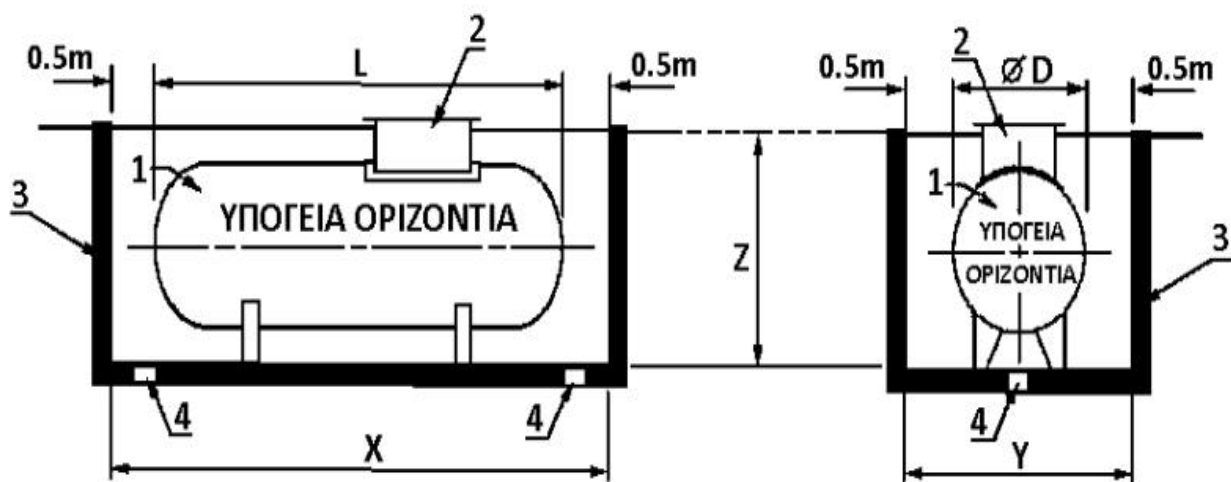


1. Δεξαμενή Υγραερίου

2. Βάση Δεξαμενής από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

**Σχήμα 6.8:** ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

Οι υπόγειες δεξαμενές είναι πολύπλοκες εγκαταστάσεις, δαπανηρές και σχετικά αντιαισθητικές. Οι δεξαμενές με πλαστικό περίβλημα είναι τοποθετημένες κατακόρυφα, χωρίς ειδική επεξεργασία και το πλαστικό περίβλημα τις προστατεύει από τη διάβρωση. Το περίβλημα αυτό μπορεί να αφαιρεθεί σχετικά εύκολα και να βγει η δεξαμενή. Οι δεξαμενές αυτού του τύπου τοποθετούνται απ' ευθείας μέσα στη γη χωρίς την ύπαρξη σκάμματος από οπλισμένο σκυρόδεμα και χωρίς προσθήκη άμμου.



1. Δεξαμενή Υγραερίου

2. Μεταλλικό Κουτί Οργάνων Δεξαμενής

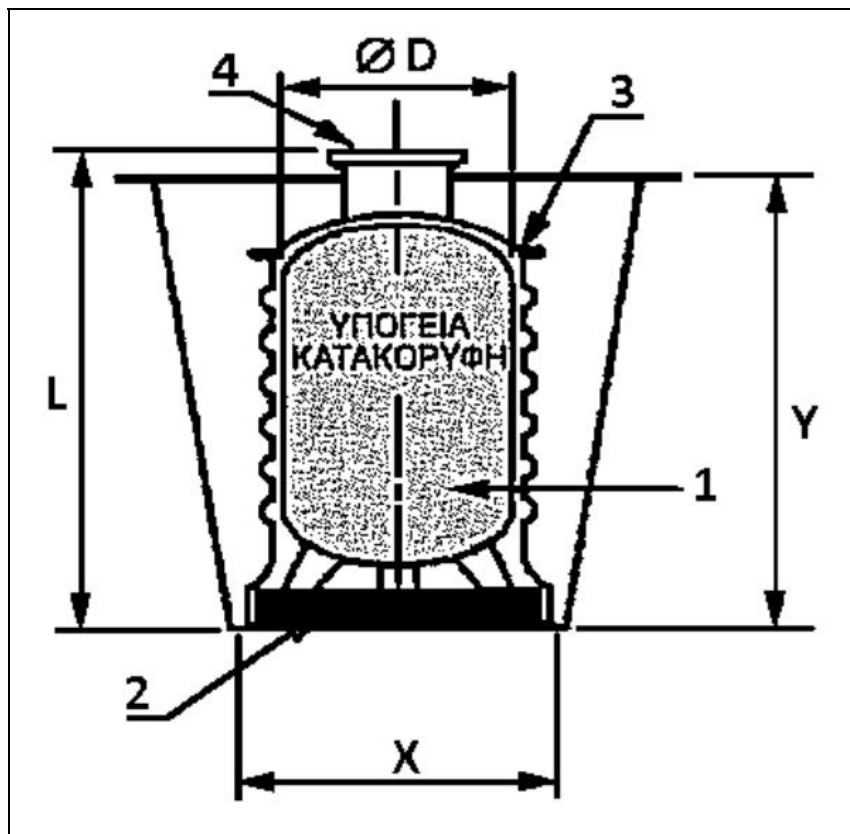
3. Φρεάτιο από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

4. Τρύπες Αποχέτευσης Όμβριων Υδάτων

**Σχήμα 6.9:** ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΣΚΑΜΜΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Οι υπόγειες δεξαμενές αερίου έχουν δύο δυνατότητες:

1. Δεξαμενή σε σκάμμα (σχήμα 6.9.)
2. Δεξαμενή με πλαστικό περίβλημα (σχήμα 6.10.)



1. Δεξαμενή Υγραερίου

2. Βάση Δεξαμενής Από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

3. Πλαστικό Περίβλημα Δεξαμενής

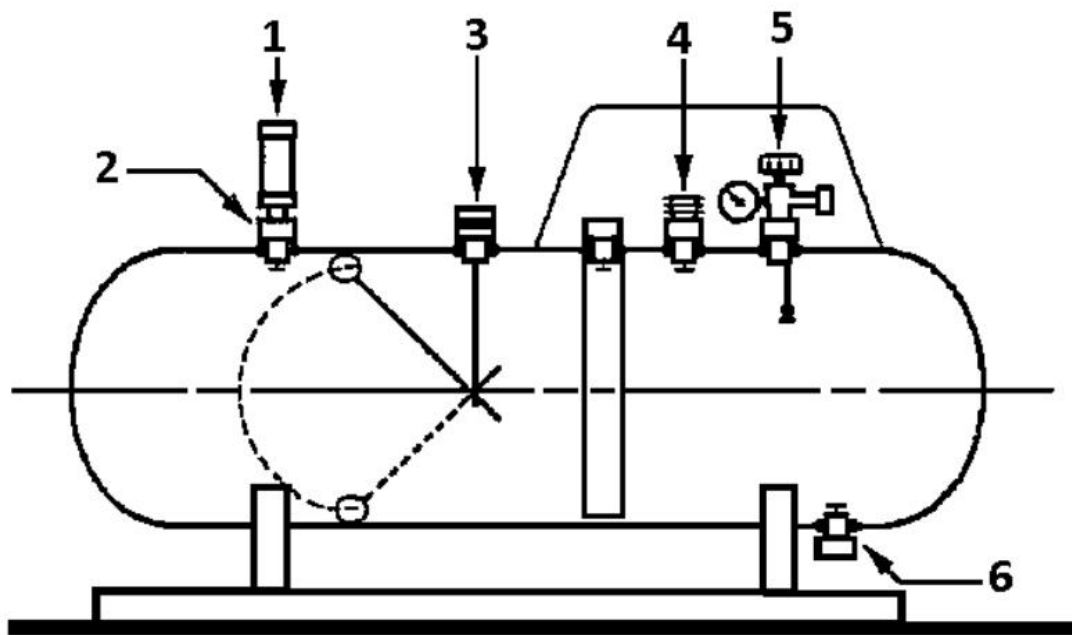
4. Χώρος Οργάνων Δεξαμενής

**Σχήμα 6.10: ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ**

### 6.6.1. Ασφάλεια Δεξαμενών Υγραερίου

Απαγορεύεται η τοποθέτησή τους σε κλειστό υπόγειο ή στεγασμένο χώρο, σε οροφή οποιουδήποτε κτιρίου, σε θέση που η μία να είναι πάνω στην άλλη, ή υπό κλίση. Το έδαφος τοποθέτησης πρέπει να είναι συμπαγές και επίπεδο. Ο χώρος πρέπει να αερίζεται καλά. Απαγορεύεται να χρησιμοποιείται ο χώρος για αποθήκευση και άλλων καυσίμων. Επιβάλλεται να απέχει η δεξαμενή τουλάχιστον 15 m από καλώδια της ΔΕΗ ή μετασχηματιστές. Επιβάλλεται να απέχει 15 m από σιδηροδρομικές γραμμές, 15 m από χώρους συγκέντρωσης κοινού, 6 m από χώρους αποθήκευσης πετρελαίου ή άλλων καυσίμων, 15 m από δεξαμενές οξυγόνου κα 15 m από άλλη δεξαμενή υγραερίου.

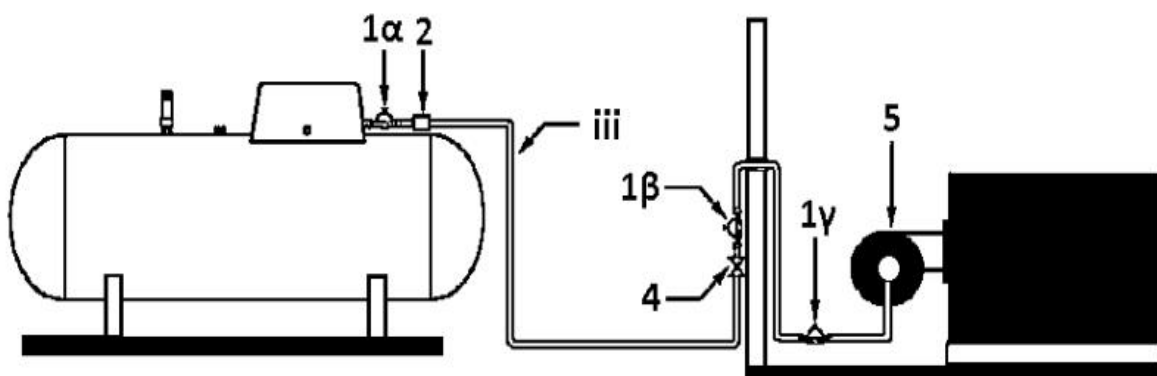
### 6.6.2. Εξαρτήματα Δεξαμενής Υγραερίου



- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Ασφαλιστική Βαλβίδα Ανακούφισης Της Πίεσης  | 4. Διπλή Ανεπίστροφη Βαλβίδα Πλήρωσης |
| 2. Ανεπίστροφη Βαλβίδα Ασφάλειας               | 5. Πολυβαλβίδα                        |
| 3. Μαγνητικός Δείκτης Στάθμης Περιεχομένου (%) | 6. Ανεπίστροφη Βαλβίδα Ασφάλειας      |

Σχήμα 6.11: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

### 6.6.3. Εξαρτήματα Εγκατάστασης Υγραερίου



- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1α. Ρυθμιστής Υψηλής Πίεσης  | 4. Βάνα Διακοπής Κεντρικής Παροχής       |
| 1β. Ρυθμιστής Μέσης Πίεσης   | 5. Συσκευή Κατανάλωσης Υγραερίου         |
| 1γ. Ρυθμιστής Χαμηλής Πίεσης |  |
| 2. Ασφαλιστική Διάταξη       | iii. Σωληνογραμμή Μέσης - Χαμηλής Πίεσης |

Σχήμα 6.12: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

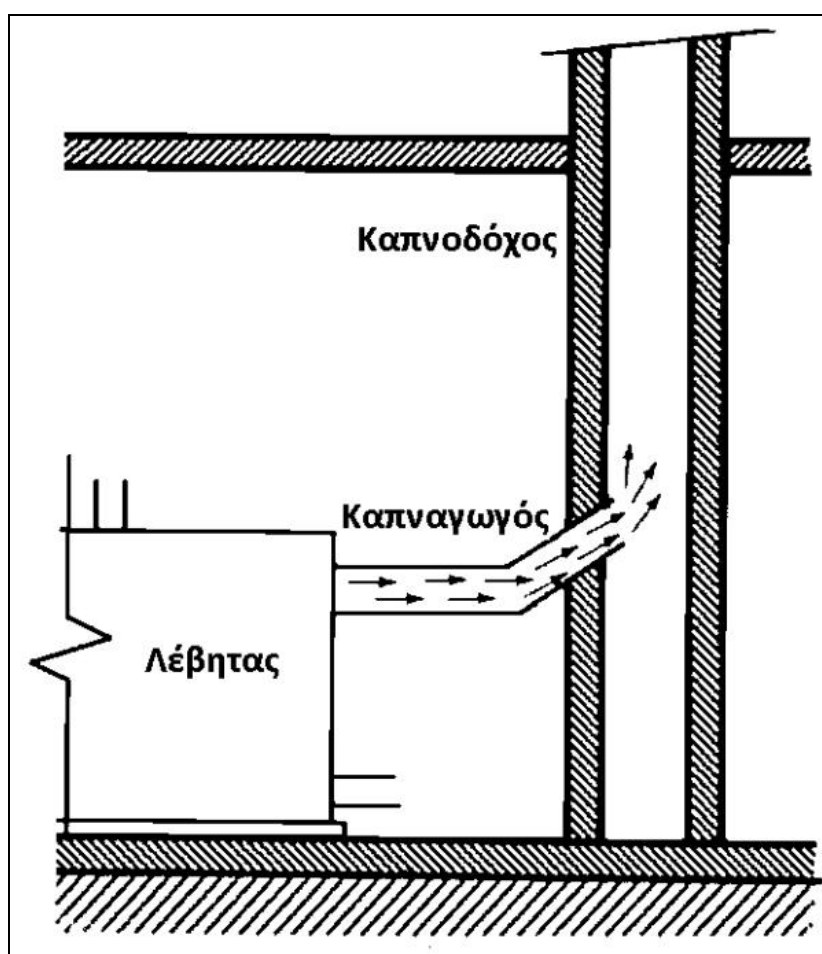
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ «ΑΠΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ - ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ»

### 7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα καυσαέρια που παράγονται κατά την καύση πρέπει να απομακρυνθούν και να διοχετευθούν στην ύπαιθρο, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι οχλήσεις και η ρύπανση την οποία δημιουργούν. Το σύστημα απαγωγής των καυσαερίων περιλαμβάνει την καπνοδόχο, τον καπναγωγό και σε μερικές περιπτώσεις ανεμιστήρα ελκυσμού, καπνοσυλλέκτη και καλύμματα ειδικής κατασκευής.

Σε λέβητες που λειτουργούν με πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική, η απαγωγή των καυσαερίων γίνεται χωρίς πρόβλημα.

Στους ατμοσφαιρικούς λέβητες όμως, η καπνοδόχος πρέπει να έχει τον κατάλληλο ελκυσμό (τράβηγμα), για να αντιμετωπίζει την πτώση πίεσης κατά τη ροή των καυσαερίων στο λέβητα και τον καπναγωγό. Ο φυσικός ελκυσμός εξασφαλίζεται με τη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ των θερμών καυσαερίων και του ψυχρού εξωτερικού αέρα.

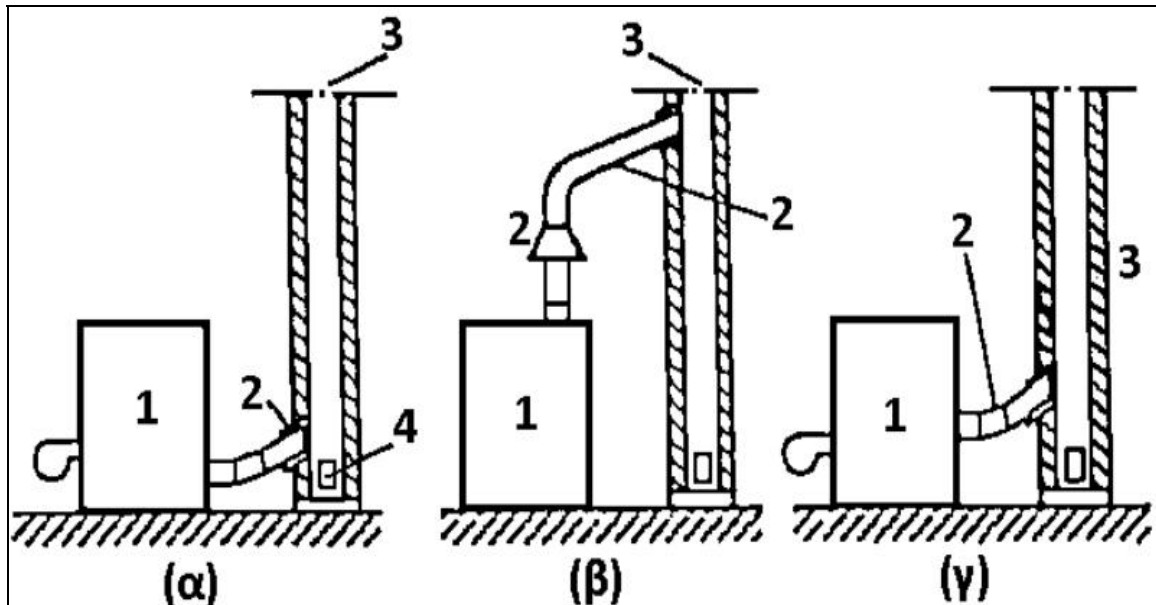


Σχήμα 7.1: ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

## 7.2. ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

Η καπνοδόχος είναι βασικό τμήμα μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης που βασίζεται σε καύση, που παραλαμβάνει τα καυσαέρια από τον λέβητα (με την παρεμβολή του καπναγωγού) και τα οδηγεί στην ατμόσφαιρα. (σχήμα 7.1.).

Το αναγκαίο ύψος της καπνοδόχου, η διατομή της, η διαδρομή και τα υλικά κατασκευής της, συνδέονται άμεσα με χαρακτηριστικά του κτιρίου και του λέβητα. (σχήμα 7.2.).



1. Λέβητας  
2. Καπναγωγός  
3. Καπνοδόχος  
4. Θυρίδα καθαρισμού

**Σχήμα 7.2:** ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ, (α) ΓΙΑ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΥΣΕΩΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, (β) ΓΙΑ ΛΕΒΗΤΑ ΜΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ (γ) ΓΙΑ ΛΕΒΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΚΑΥΣΤΗΡΑ.



**Εικόνα 7.1:** ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ.

### 7.2.1. Λειτουργία Της Καπνοδόχου

Η καπνοδόχος εξασφαλίζει τη μεταφορά των καπναερίων έξω από το λεβητοστάσιο και το κτίριο γενικότερα. Τα απορρίπτει στην ατμόσφαιρα κατά τρόπον ώστε να διασκορπίζονται και να αραιώνονται, σε βαθμό που να μειώνεται σημαντικά η όχληση την οποία δημιουργούν και κατά το δυνατόν η ρύπανση, τουλάχιστον τοπικά.

Οι λειτουργίες που επιτελεί η καπνοδόχος σχετίζονται άμεσα με θέματα υγιεινής, ασφάλειας, όχλησης περιοίκων, ρύπανσης του τοπικού και ευρύτερου περιβάλλοντος. Γι' αυτό στα κατασκευαστικά και λειτουργικά θέματα που σχετίζονται με τις καπνοδόχους, εμπλέκονται πολεοδομικές, υγειονομικές, αστικές και βέβαια τεχνικές προδιαγραφές και διατάξεις.

Μια σωστή καπνοδόχος πρέπει να επιτυγχάνει:

- Απαγωγή των καπναερίων κατά τρόπον ώστε να υποβοηθά την καύση με υψηλό βαθμό απόδοσης, και
- Να μεταφέρει τα καπναέρια σε επαρκές ύψος, ώστε οι κινούμενες αέριες μάζες (ακόμα και σε περίοδο νηνεμίας) να διαλύουν και να απομακρύνουν τα αέρια παραπροϊόντα της καύσης.

Η καπνοδόχος είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην προσπάθεια βελτίωσης του βαθμού απόδοσης του λέβητα. Πρέπει να παραλαμβάνει και να απομακρύνει τα καπναέρια, σύμφωνα με τον ρυθμό που παράγονται, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την αναγκαία υποπίεση, η οποία θα οδηγήσει επαρκή ποσότητα νωπού αέρα προς τον θάλαμο καύσης του λέβητα.

Μεγαλύτερος ελκυσμός από τον αναγκαίο, οδηγεί σε αυξημένη περίσσεια αέρα και ταχύτερη της ενδεδειγμένης ροή των καυσαερίων μέσα στον λέβητα. Σ' αυτήν την περίπτωση έχουμε ατελή καύση και μειωμένης απόδοσης εναλλαγή θερμότητας μεταξύ καυσαερίων - θερμαινόμενου ρευστού. Δηλαδή χαμηλούς βαθμούς απόδοσης και αυξημένη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Μικρότερος ελκυσμός από τον αναγκαίο οδηγεί σε καύση με έλλειψη οξυγόνου, κακή εκμετάλλευση του καυσίμου και σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η σωστή κατασκευή της καπνοδόχου βασίζεται σε προσεκτικούς υπολογισμούς, οι οποίοι συνεκτιμούν τα τεχνικά δεδομένα του λέβητα, τη διαδρομή των καυσαερίων και τον αναγκαίο ελκυσμό, τα γεωμετρικά δεδομένα της διαδρομής και τα αέρια ρεύματα στην περιοχή εκροής των καπναερίων στην ατμόσφαιρα.

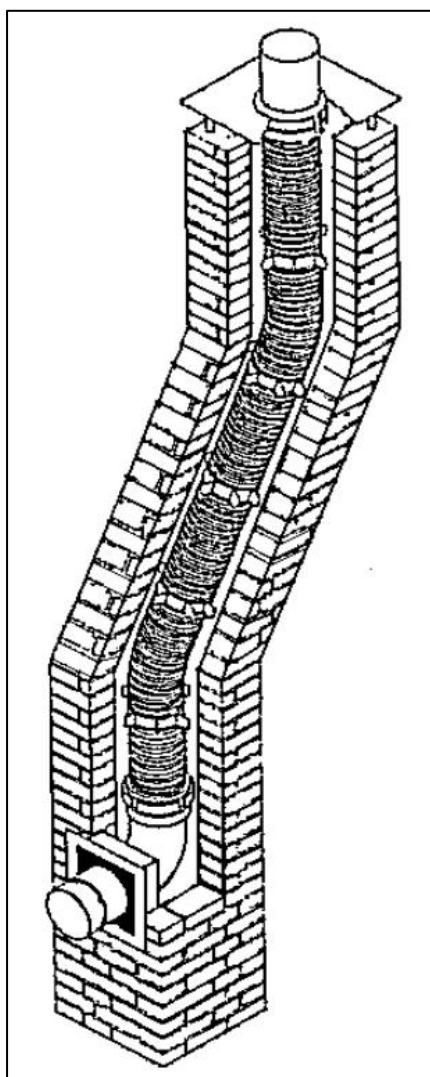
Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της καπνοδόχου αντιστοιχούν στη λειτουργία του λέβητα στην ονομαστική του ισχύ. Για τη διασφάλιση των υψηλών λειτουργικών αποδόσεων, σε άλλες ισχείς λειτουργίας του λέβητα, χρησιμοποιούνται βοηθητικοί μηχανισμοί. Το διάφραγμα π.χ. του καυστήρα, που ρυθμίζει την παροχή αέρα στον φλογοθάλαμο, καθώς και ειδικά διαφράγματα στην έξοδο των καυσαερίων από τον λέβητα (π.χ. ντάμπερ καπναγωγού), επιτρέπουν τη μείωση του ελκυσμού, αυξάνοντας τις αντιστάσεις τριβών κατά τη ροή των αερίων.

Ένα πρόβλημα που έχει προκύψει έντονα τα τελευταία χρόνια, σχετίζεται με την αντικατάσταση φθαρμένων λεβήτων σε υπάρχοντα λεβητοστάσια με δεδομένη καπνοδόχο.

Η αύξηση του βαθμού απόδοσης των λεβήτων, έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη εκπομπή καυσαερίων (κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων καυσίμου) και σημαντική μείωση της θερμοκρασίας εξόδου των καπναερίων. Με τη λειτουργία όμως αυτών των νέων λεβήτων, άρχισαν να εμφανίζονται προβλήματα υγρασίας στους τοίχους γύρω από την καπνοδόχο.



Η κατασκευή της καπνοδόχου επομένως πρέπει να εξασφαλίζει ότι η θερμοκρασία των καυσαερίων που είναι σε επαφή με τα τοιχώματά της θα διατηρείται ανώτερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης των υδρατμών που περιέχουν (σημείο δρόσου). Στην αντίθετη περίπτωση, το θείο που συνήθως υπάρχει στο πετρέλαιο θέρμανσης, δίνει κατά τη καύση οξείδια, που με τη παρουσία νερού παράγουν θειικό οξύ. Αυτό συμπυκνώνεται στις ψυχρότερες επιφάνειες και διαβρώνει τα μέταλλα. Πρέπει λοιπόν να αντιμετωπίζεται αυτό το πρόβλημα με αύξηση του ελκυσμού (πιεστικοί λέβητες) και ενίσχυση της μόνωσης ή με την τοποθέτηση νέας καπνοδόχου μέσα στην παλαιά καπνοδόχο. (σχήμα 7.3). Μία καλή περιοχή τιμών της θερμοκρασίας της καπνοδόχου είναι μεταξύ 160 και 190° C. Σε πολλές περιπτώσεις η "αχρήστευση" της παλαιάς καπνοδόχου, έδωσε την ευκαιρία στους κατασκευαστές να χρησιμοποιήσουν τον διαθέσιμο χώρο (μεταξύ νέας και παλαιάς καπνοδόχου) για την προσαγωγή νωπού αέρα στο λεβητοστάσιο. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας με προθέρμανση του προσαγόμενου αέρα, σαν πρόσθετη εκμετάλλευση της θερμότητας των καπναερίων. (σχήμα 7.4.). Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται με προσοχή για να μη μειωθεί υπερβολικά η θερμοκρασία εξόδου και εμφανιστούν υγροποιήσεις.



**Σχήμα 7.3:** ΕΥΚΑΜΠΤΗ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ ΑΠΟ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΕΛΑΣΜΑ.

Απλή λύση για τη μείωση της διατομής υπάρχουσας καπνοδόχου παλαιάς κατασκευής, σε περιπτώσεις αντικατάστασης του καυστήρα (ή και λέβητα), που έχει σαν συνέπεια μικρότερη μάζα καπναερίων και χαμηλότερες θερμοκρασίες.

### 7.2.2. Υπολογισμός Της Καπνοδόχου

Ο υπολογισμός της διατομής της καπνοδόχου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, ή σύμφωνα με τον DIN 4705 ή το Ελληνικό Πρότυπο "ΕΛΟΤ 447".

#### 7.2.2.1. Υπολογισμός Διατομής Καπνοδόχου Κατά DIN 4705

Ο υπολογισμός κατά DIN 4705 βασίζεται στην αναλυτική σχέση του Γερμανού Μηχανικού Redtenbacher:

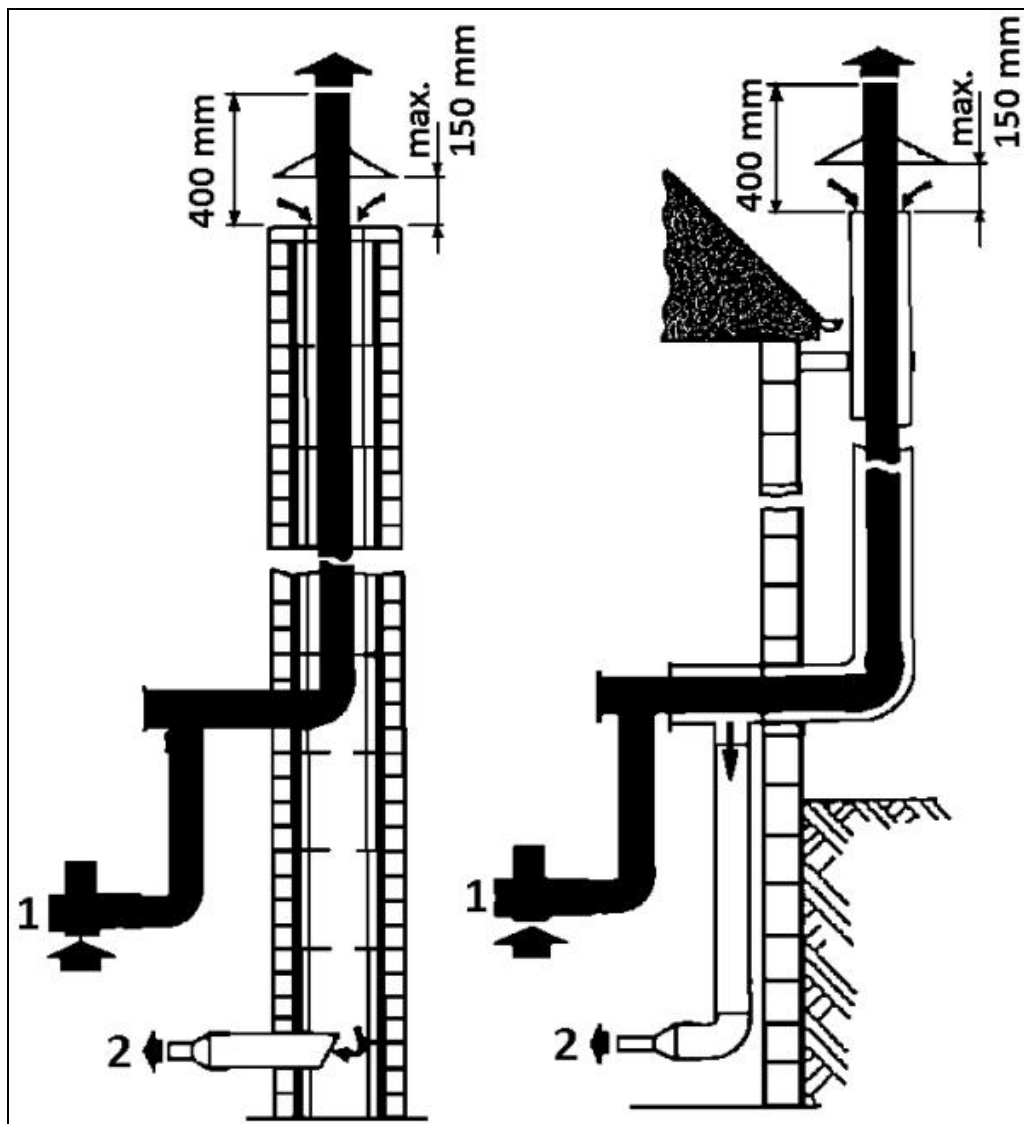
$$f = \frac{2,75 \cdot Q}{n \sqrt{H}} \quad (\text{σε } m^2)$$

όπου:

Q : η θερμική ισχύς του λέβητα (σε kW)

H : το ύψος της καπνοδόχου (σε m)

n : συντελεστής μορφής της καπνοδόχου, ο οποίος εξαρτάται από τον συνδυασμό ύψους καπνοδόχου και τη θερμική ισχύ του λέβητα. (Πίνακας 7.1.)



**Σχήμα 7.4:** Η ΑΙΣΘΗΤΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΝΕΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ, ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΣΤΟ (1), ΕΠΙΤΡΕΠΕΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΛΟΓΩ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΟ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ (2). Η ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΔΗΓΗΣΕ ΣΤΗΝ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΚΟΜΗ ΚΑΙ ΣΕ ΝΕΕΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥΣ (ΣΧΕΔΙΟ ΔΕΞΙΑ).

ΥΨΟΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ (σε m)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ (σε kcal/h)					
	50.000	80.000	100.000	250.000	500.000	1.000.000
10	1300	1400	1500	1600	-	-
12	1200	1300	1450	1600	-	-
15	1100	1200	1400	1500	1600	-
20	-	1200	1300	1400	1550	1000
26	-	1100	1200	1400	1550	1750
30	-	-	1200	1350	1500	1700

**Πίνακας 7.1:** ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΟΡΦΗΣ η ΤΥΠΟΥ REDTENBACHER ΓΙΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥΣ

Στην ελληνική βιβλιογραφία ο τύπος του Redtenbacher αναφέρεται συνήθως με τη μορφή:

$$f = s^2 = \frac{1}{n} \cdot \frac{R_h}{\sqrt{h}}$$

σε συνδυασμό με τον:

$$R_h = 3,2 \cdot \frac{Q_\Delta}{1000}$$

όπου:

f : η διατομή της καπνοδόχου (σε m<sup>2</sup>)

s : η πλευρά της διατομής της καπνοδόχου, σε περίπτωση τετραγωνικής διατομής (σε m).

R<sub>h</sub> : το βάρος των καπναερίων τα οποία προκύπτουν από καύση μιας ώρας (σε kg/h)

h : το ύψος της καπνοδόχου (σε m), και

Q<sub>Δ</sub> : η ονομαστική θερμική ισχύς του λέβητα (σε kcal/h).

Η τιμή του h προκύπτει από το ύψος του θερμαινόμενου κτιρίου ή πιο συγκεκριμένα τη γεωμετρική απόσταση της εξόδου των καπναερίων από το τέλος της καπνοδόχου, που είναι 1 έως 4 m επάνω από την οροφή. Πάντως η καπνοδόχος δεν πρέπει να έχει ύψος μικρότερο από 8 m και πρέπει να υπερυψώνεται αρκετά ώστε να μη δημιουργεί προβλήματα στους περιοίκους.

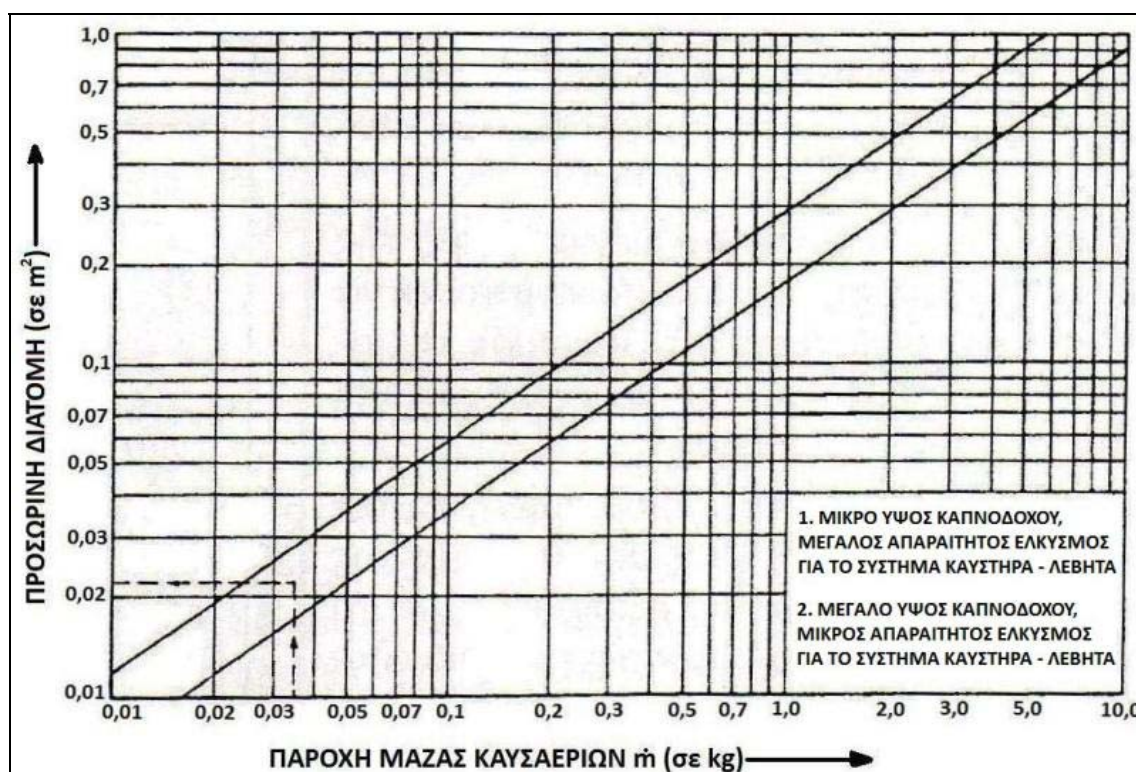
Πρέπει ακόμη να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί:

- Ελάχιστος επιτρεπόμενος ελκυσμός λέβητα 4 mm Σ.Ν.
- Το οριζόντιο τμήμα της καπνοδόχου (καπναγωγός) πρέπει να είναι μικρότερο από το 1/4 του κατακόρυφου τμήματος.
- Η καπνοδόχος πρέπει να είναι ενσωματωμένη στο κτίριο ή αν βρίσκεται στην εξωτερική του επιφάνεια πρέπει να μονωθεί θερμικά, γιατί διαφορετικά ο ελκυσμός μειώνεται υπερβολικά.
- Σε καπνοδόχους ορθογωνικής διατομής πρέπει να αποφεύγονται σχέσεις πλευρών μικρότερες του 1 : 1,5.

Για ακόμη απλούστερο υπολογισμό, χρησιμοποιείται μερικές φορές (DIN 4705/1944) ο βοηθητικός Πίνακας 7.2., ο οποίος προτείνει διατομές ορθογωνικές ή κυκλικές με βάση τον τύπο του Redtenbacher.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ (σε kW), ΓΙΑ ΥΨΟΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ (σε m)					
ΠΛΕΥΡΕΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΥ (σε cm × cm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΥΚΛΟΥ (σε cm)	ΕΠΙΦΑ- ΝΕΙΑ	10	12	15	20	25	30
20 × 20	23	400	58	58	64	-	-	-
20 × 27	26	540	81	87	93	105	110	-
27 × 25	30	730	128	134	145	163	174	209
27 × 40	37	1080	192	209	221	244	279	291
40 × 40	45	1600	291	326	349	372	419	442
40 × 53	52	2120	-	465	488	547	582	640
53 × 53	60	2800	-	-	698	768	837	896
53 × 66	67	3500	-	-	930	1012	1105	1163
66 × 66	75	4400	-	-	-	1279	1396	1512
66 × 85	84	5600	-	-	-	-	1861	1977
72 × 92	92	6600	-	-	-	-	2210	2442
85 × 85	96	7200	-	-	-	-	2442	2675

Πίνακας 7.2: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ ΓΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (DIN 4705/1944).



Σχήμα 7.5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΟΤΑΝ ΕΙΝΑΙ ΓΝΩΣΤΗ Η ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

#### 7.2.2.2. Υπολογισμός Καπνοδόχου Σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 447 (82)

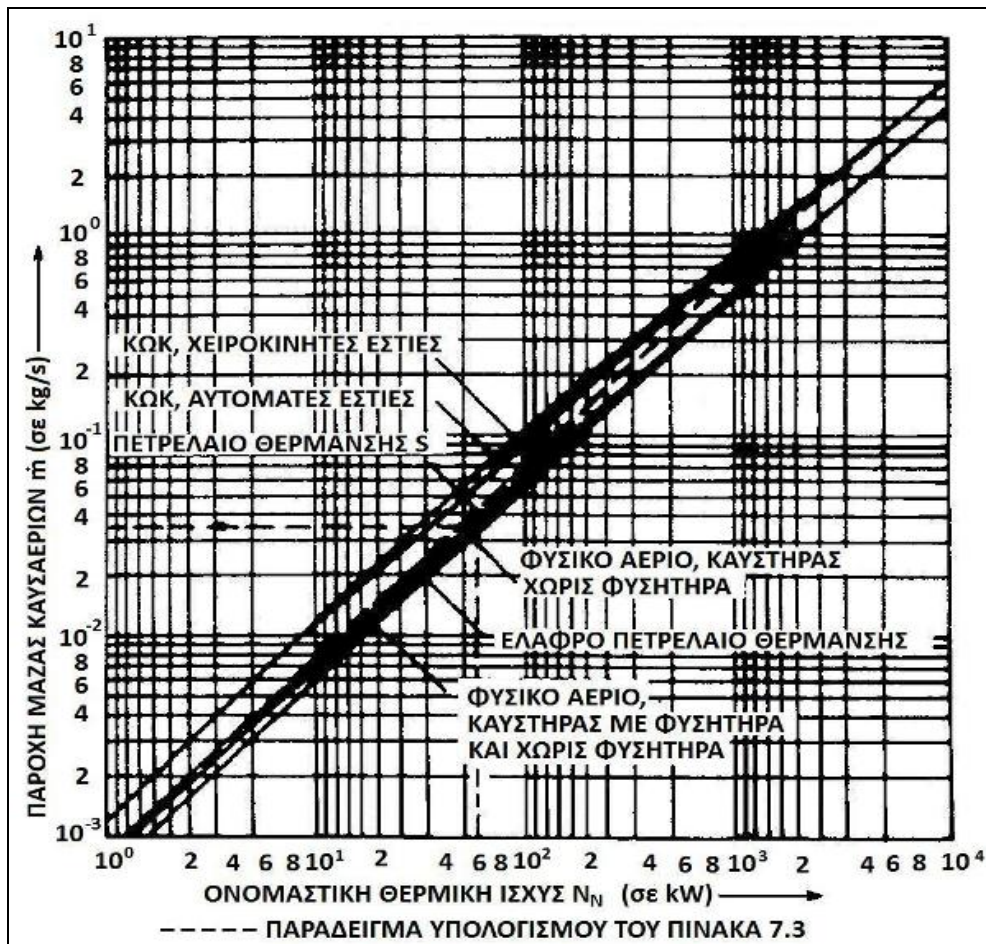
Ο υπολογισμός των κύριων διαστάσεων των καπνοδόχων κεντρικής θέρμανσης, σύμφωνα με το DIN 4705/1971 και ΕΛΟΤ 447/82, βασίζεται στη σύγκριση της υποπίεσης στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο, με την απαραίτητη υποπίεση  $\sigma'$  αυτή τη θέση, η οποία προκύπτει από το άθροισμα των απαραίτητων ελκυσμών,  $P_w$  για το σύστημα καυστήρα - λέβητα,  $P_{FV}$  για τον αγωγό σύνδεσης λέβητα - καπνοδόχου και την απαραίτητη πίεση  $P_L$  για την προσαγωγή αέρα που χρειάζεται για την καύση.

Πρέπει δηλαδή:

$$P_Z \geq P_W + P_{FV} + P_L \quad (\text{σε } N/m^2)$$

Για τον προσδιορισμό του  $P_Z$  (αναγκαίος ελκυσμός) είναι ανάγκη να υπολογιστούν οι παροχές καπναερίων οι οποίες θα προκύψουν όταν το σύστημα καυστήρα - λέβητα λειτουργήσει με την ονομαστική του ισχύ, για το προβλεπόμενο καύσιμο.

Με βάση την πιθανή μέγιστη τιμή της παροχής μάζας καπναερίων, μπορεί να γίνει προσεγγιστικός υπολογισμός της αναγκαίας διατομής της καπνοδόχου και του αγωγού σύνδεσης.



Σχήμα 7.6: ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ( $\dot{m}$ ) ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ( $N_N$ ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.

Η παροχή μάζας καπναερίων ( $\dot{m}$ ), ο αντίστοιχος απαραίτητος ελκυσμός ( $P_W$ ) και η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων ( $T_w$ ), πρέπει να δίνονται από τον κατασκευαστή, για τα προβλεπόμενα καύσιμα και για την ονομαστική θερμική ισχύ του παραγωγού θερμότητας (σύστημα καυστήρα-λέβητα).

Όταν δεν είναι γνωστά τα παραπάνω δεδομένα, μπορεί να ληφθεί η παροχή μάζας των καυσαερίων σαν συνάρτηση της ονομαστικής θερμικής ισχύος ( $N_N$ ) και του χρησιμοποιούμενου καυσίμου από το διάγραμμα του σχήματος 7.6.

Ο προσδιορισμός των διατομών πραγματοποιείται, κατά προτίμηση σύμφωνα με τον τρόπο υπολογισμού που δίνεται ενδεικτικά στον Πίνακα 7.3, στον οποίο περιλαμβάνεται και παράδειγμα υπολογισμού.

Με τη βοήθεια της παροχής μάζας των καυσαερίων ( $\dot{m}$ ) είναι δυνατόν να καθοριστεί η διατομή της καπνοδόχου, προσωρινά, κατά προσέγγιση από το σχήμα 7.5. Για τον μετέπειτα υπολογισμό επιλέγεται εκείνη η τυποποιημένη διατομή που διατίθεται στο εμπόριο, η οποία είναι η πλησιέστερη στην διατομή του υπολογισμού. Η διατομή του αγωγού σύνδεσης (καπναγωγός) επιλέγεται κατά προτίμηση ίση με τη διατομή της καπνοδόχου.

Με αυτά τα δεδομένα προσδιορίζεται η απαραίτητη υποπίεση  $P_{Ze}$  στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο, η θερμοκρασία  $T_e$  των καυσαερίων στην είσοδο της καπνοδόχου και η υποπίεση  $P_z$  στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο.

Η απαραίτητη υποπίεση  $P_{Ze}$  στην περιοχή εισόδου των καυσαερίων στην καπνοδόχο, υπολογίζεται από τη σχέση:

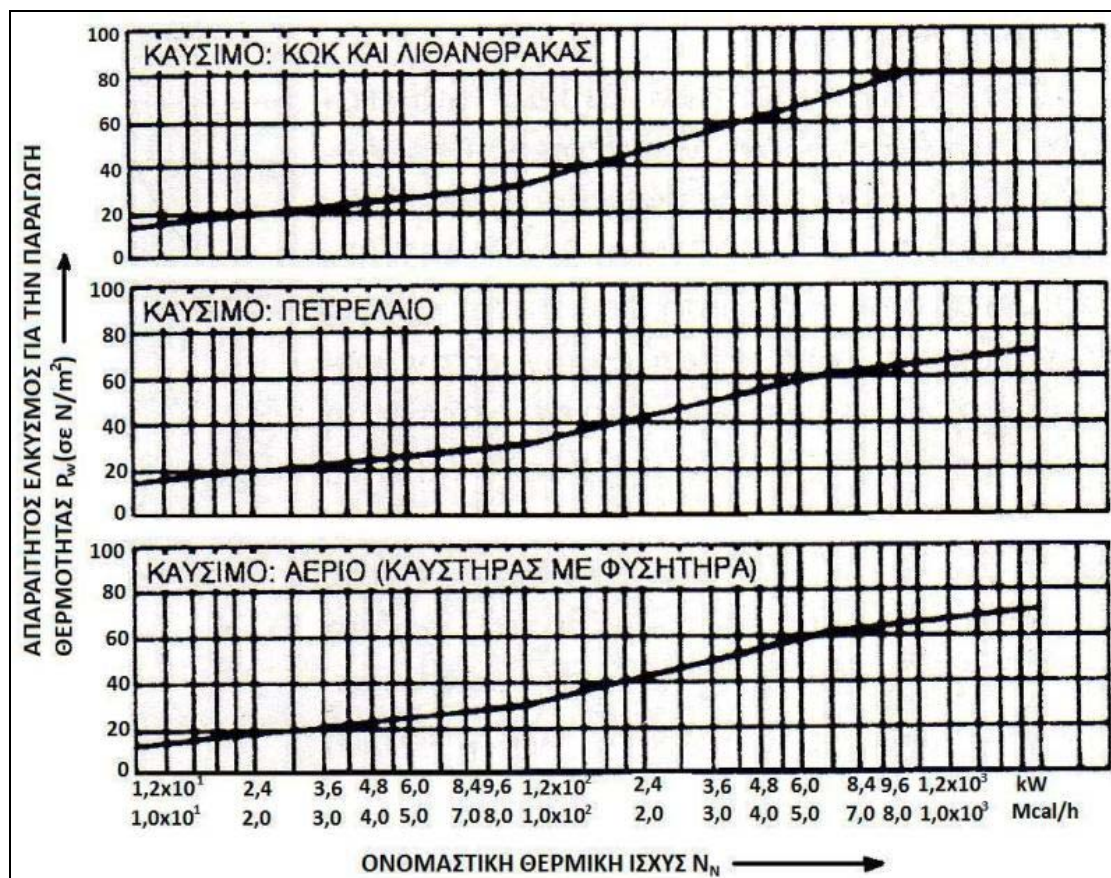
$$P_{Ze} = P_W + P_{FV} + P_L \quad (\text{σε } N/m^2)$$

όπου:

$P_W$  : ο απαραίτητος ελκυσμός για την λειτουργία του συστήματος "καυστήρα - λέβητα",

$P_{FV}$  : ο απαραίτητος ελκυσμός για τον αγωγό σύνδεσης λέβητα καπνοδόχου (καπναγωγό),

$P_L$  : ο απαραίτητος ελκυσμός για την προσαγωγή αέρα που χρειάζεται για την καύση.



**Σχήμα 7.7:** ΑΝΑΓΚΑΙΟΣ ΕΛΚΥΣΜΟΣ ( $P_w$ ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ( $N_n$ ) ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΟΤ 234.

Ο απαραίτητος ελκυσμός  $P_W$  για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος "καυστήρα - λέβητα", αναγόμενος στην εσωτερική διατομή του στομίου εξόδου των καυσαερίων πρέπει να δίνεται από τον κατασκευαστή του λέβητα.

Για λέβητες που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 234, ο αναγκαίος ελκυσμός (εφόσον δεν δίνεται από τον κατασκευαστή), υπολογίζεται με τη βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 7.7.

Ο απαραίτητος ελκυσμός  $P_{FV}$  για τον αγωγό σύνδεσης με την καπνοδόχο (καπναγωγό), είναι η διαφορά πίεσης μεταξύ της αρχής και του τέλους του αγωγού που προκαλείται από την απαγωγή των καυσαερίων, ως συνέπεια της πίεσης σε κατάσταση ηρεμίας και της πίεσης των αντιστάσεων ροής. Σε περίπτωση που η πίεση σε κατάσταση ηρεμίας είναι αμελητέα, ο απαραίτητος ελκυσμός  $P_{FV}$  για τον αγωγό σύνδεσης υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$P_{FV} = S_E (P_{EV} + P_{GV}) \quad (\text{σε } N/m^2)$$

όπου:

$S_E$  : συντελεστής ασφάλειας ροής, λαμβάνεται συνήθως η τιμή 1,5.

$P_{EV}$  : αντίσταση τριβής και τοπική αντίσταση μορφής στον αγωγό σύνδεσης με την καπνοδόχο, λαμβάνεται από το σχήμα 7.8., και

$P_{GV}$  : μεταβολή της πίεσης εξαιτίας της μεταβολής της ταχύτητας ροής.

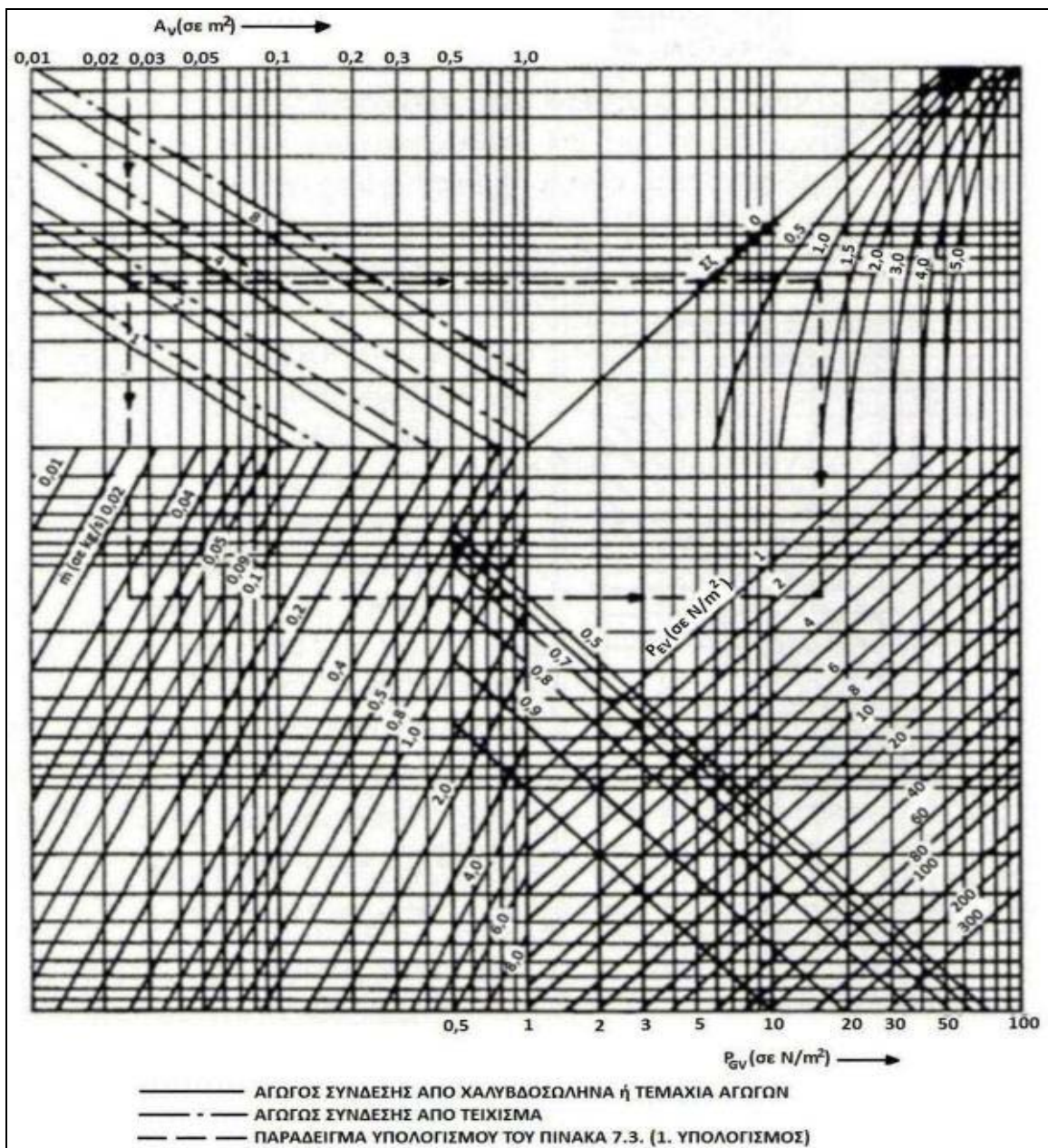
Το άθροισμα των επί μέρους συντελεστών τοπικών αντιστάσεων  $\Sigma Z$  αποτελείται από τους συντελεστές τοπικών αντιστάσεων για καμπυλώσεις ή αλλαγές διατομών, καθώς επίσης και από τον συντελεστή τοπικής αντίστασης στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο. Οι τιμές λαμβάνονται από τον Πίνακα 7.4.

Η μεταβολή της πίεσης εξαιτίας της μεταβολής της ταχύτητας ροής  $P_{GV}$  πρέπει να προσδιορίζεται με τη βοήθεια του σχήματος 7.8, όταν η διατομή της καπνοδόχου είναι μικρότερη από τη διατομή του στομίου εξόδου των καυσαερίων από τον παραγωγό θερμότητας. Αν η διατομή της καπνοδόχου είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη διατομή του στομίου εξόδου των καυσαερίων, τότε θα ισχύει  $P_{GV} = 0$ .

Η αναγκαία υποπίεση ( $P_L$ ) για την απρόσκοπτη και συνεχή ροή αέρα στο σύστημα καυστήρα - λέβητα, λαμβάνεται 3  $N/m^2$  για εγκατάσταση σε λεβητοστάσια με τεχνητό ελκυσμό, ενώ για εγκαταστάσεις φυσικού ελκυσμού πρέπει να είναι τουλάχιστον 4  $N/m^2$ .

Η υποπίεση ( $P_Z$ ) στην περιοχή εισόδου των καπναερίων στην καπνοδόχο, εξαρτάται από την παροχή μάζας ( $\dot{m}$ ), από το ύψος της καπνοδόχου ( $H$ ), από το είδος της κατασκευής της, από τη θερμοκρασία των καπναερίων κατά την είσοδό τους στην καπνοδόχο, από τη διατομή και τη μορφή της διατομής της καπνοδόχου.

Η υποπίεση στην είσοδο της καπνοδόχου προσδιορίζεται από διαγράμματα της μορφής των σχημάτων 7.9, 10, 11 και 12. Στο πρότυπο 447 του ΕΛΟΤ δίνονται ως σχήματα 7 - 36, τριάντα πέντε περιπτώσεις που καλύπτουν κατασκευές καπνοδόχων τύπου I, II ή III και ύψη καπνοδόχου 4, 7, 10, 14, 18, 25, 35, 50, 80 και 120 m.



**Σχήμα 7.8:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΜΟΡΦΗΣ ( $P_{EV}$ ), ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ( $P_{GV}$ ) ΣΤΟΝ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟ (σε  $N/m^2$ ).

Οι τρεις ενδεικτικοί τύποι καπνοδόχων, διαφορετικών κατασκευαστικών χαρακτηριστικών, διακρίνονται με αφετηρία την αντίσταση στην διέλευση της θερμότητας (σε  $m^2 K/W$ ), και την τραχύτητα της εσωτερικής τους επιφάνειας  $r$  (σε  $m$ ).

Ειδικότερα:

- Τύπος κατασκευής καπνοδόχου I
  - Αντίσταση διέλευσης θερμότητας  $0,65 m^2 K/W$
  - Τραχύτητα εσωτερικής επιφάνειας  $0,002 m$
- Τύπος κατασκευής καπνοδόχου II
  - Αντίσταση διέλευσης θερμότητας  $0,22 m^2 K/W$
  - Τραχύτητα εσωτερικής επιφάνειας  $0,002 m$
- Τύπος κατασκευής καπνοδόχου III
  - Αντίσταση διέλευσης θερμότητας  $0,12 m^2 K/W$
  - Τραχύτητα εσωτερικής επιφάνειας  $0,005 m$ .



Α/Α	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΙΜΕΣ			Z = Αύξων αρ. A = Παράγραφος B = Σχήμα T = Πίνακας του ΕΛΟΤ 447	
				1ος Υπολογ	2ος Υπολογ	3ος Υπολογ		
<b>Παραγωγός θερμότητας</b>								
1	Όνομαστική θερμική ισχύς	$N_N$	kW	58				
2	Είδος καυσίμου	-	-	Ελαφρό πετρέλαιο				
3	Στόμιο εξόδου του καυσαερίου - εσωτερική διατομή	$A_w$	$m^2$	0,008				
	Εσωτερική περίμετρος	$U_w$	m	0,60				
	Υδραυλική διάμετρος	$D_{hw}$	m	0,22			$D_{hw} = 4 A_w/U$	
4	Θερμοκρασία καυσαερίου	$T_w$	K	523				
5	Απαραίτητος ελκυσμός	$P_w$	$N/m^2$	15			A 7.1	
6	Παροχή μάζας καυσαερίου	m	kg/s	0,035			A 5, B1	
<b>Αγωγός σύνδεσης</b>								
7	Είδος κατασκευής			Χαλυβδοέλασμα χωρίς θερμική μόνωση				
8	Ευθυγραμμισμένο μήκος	$L_v$	m	2				
9	Καμπυλώσεις	$\gamma$	βαθμός	45				
	Αριθμός							Είδος
	1							Γωνία
	-	$\gamma$	βαθμός					
	-	$\gamma$	βαθμός					
	Γωνία εισόδ. στην κατ. οδό	$\gamma$	βαθμός	45				
<b>Καπνοδόχος</b>								
10	Είδος κατασκευής	-	-	Πολλαπλές στρώσεις				
11	Τύπος κατασκευής	-	-	II			A 9.5	
12	Διατομή κυκλική	-	-	x				
	τετραγωνική	-	-					
	ορθογωνική	-	-					
13	Ενεργό ύψος	H	m	11			A 2.3	
<b>Προσωρινός υπολογισμός διατομής</b>								
14	Προσωρινά υπολογισμένη διατομή	$A'$	$m^2$	0,022			A6, B3 m: Z6	
15	Συνήθης διατομή καπνοδόχου του εμπορίου	A	$m^2$	0,0254	0,0201		A6 A=A'	
	Εσωτερική περίμετρος	U	m	0,57	0,50			
	Υδραυλική διάμετρος	$D_h$	m	0,18	0,16		$D_h = 4 A/U$	
16	Υπολογισμένη διατομή της καπνοδόχου	$A$	$m^2$	0,0254	0,0201		A 8.3 κυκλική $A = A'$ τετραγωνική $A = 0,95A'$ ορθογωνική $A = 0,90A'$	

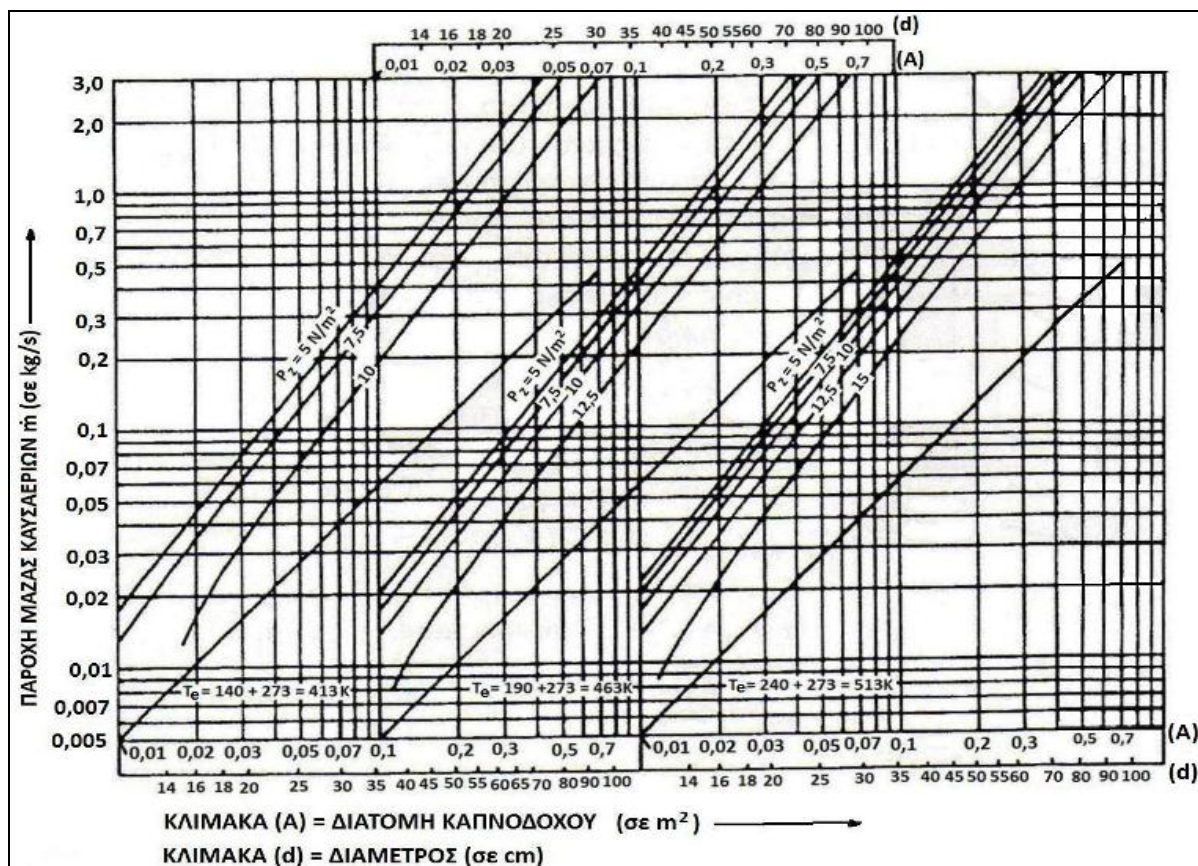
**Πίνακας 7.3:** ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΝΤΥΠΟ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΟΤ 447.

Α/Α	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΙΜΕΣ			Z = Αύξων αρ. A = Παράγραφος B = Σχήμα T = Πίνακας του ΕΛΟΤ 447	
				1ος Υπολογ	2ος Υπολογ	3ος Υπολογ		
17	Διατομή του αγωγού σύνδεσης	$A_V$	$m^2$	0,0254	0,0201		$A_V = A$	
	Εσωτερική περίμετρος	$U_V$	m	0,57	0,50			
	Υδραυλική διάμετρος	$D_h U_V$	m	0,18	0,16		$D_V = 4 A_V/U$	
<b>Θερμοκρασία καυσαερίων στην είσοδο της καπνοδόχου</b>								
18	Συντελεστής ψύξης για τον αγωγό σύνδεσης	$K_V$	-	0,25	0,22		A 8.2, B4 m: Z6, $U_V$ : Z17	
19	Θερμοκρασία καυσαερίων στην είσοδο της καπνοδόχου	$T_{\theta}$	K	471	477		A 8.2, 8.5 $T_W$ : Z4	
<b>Απαραίτητος ελκυσμός για τον αγωγό σύνδεσης</b>								
20	Σχέση διατομών καπνοδόχου/στομίου εξόδου	$A/A_W$	-	0,67	0,53		A:Z15, $A_W$ :Z3	
21	Επί μέρους συντελεστές τοπικών αντιστάσεων						T1	
	Καμπυλώσεις							
	Αριθμ.	Είδος	Γωνία σε μοίρες					
	1	γωνία	4	$\zeta$	-	0,4	0,4	
		-		$\zeta$	-			
		-		$\zeta$	-			
		Είσοδο στην καπνοδόχο	$\zeta$	-	0,4	0,4		
		Μεταβολή της διατομής	$\zeta$	-	0,2	0,3		
		Διαφορά	$\zeta$	-				
	Άθροισμα των επί μέρους συντελεστών τοπικών αντιστάσεων	$\Sigma\zeta$	-	1,0	1,1			
22	Αντίσταση τριβής και τοπική αντίσταση μορφής	$P_{EV}$	$N/m^2$	2,2	3,9		A 7.2, B 6 $A_V$ : Z 17, $L_V$ :Z8 $\Sigma\zeta$ :Z21, m:Z6	
23	Μεταβολή πίεσης εξαιτίας της μεταβολής της ταχύτητας ροής	$P_{GV}$	$N/m^2$	0,8	1,6		A 7.2, B 6 m:Z 6, $A/A$ :Z 20	
24	Απαραίτητος ελκυσμός για τον αγωγό σύνδεσης $P_{FV} = SE (P_{FV} + P_{CV})$	$P_{FV}$	$N/m^2$	4,5	8,3		A 7.2, $S_E = 1,5$ Προϋπόθεση $P_{HV} = 0$	
<b>Απαραίτητη υποπίεση στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο</b>								
25	Απαραίτητος ελκυσμός για τον προσαγόμενο αέρα	$P_L$	$N/m^2$	3	3		A 7.3	
26	Απαραίτητη υποπίεση στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο	$P_{Ze}$	$N/m^2$	22,5	26,3		A 7 $P_W$ : Z 5 $P_{FV}$ :Z 24	

**Πίνακας 7.3:** ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΝΤΥΠΟ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΟΤ 447.

Α/Α	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΙΜΕΣ			Z = Αύξων αρ. A = Παράγραφος B = Σχήμα T = Πίνακας του ΕΛΟΤ 447
				1ος Υπολογ.	2ος Υπολογ.	3ος Υπολογ.	
<b>Υποπίεση στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο</b>							
27	Υποπίεση στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο	$P_z$	$N/m^2$	28,7	24,1		A8, A9.5, B7 ως 36 Τύπος κατασκευής Z11 H: Z 13, T <sub>e</sub> :Z19 m:Z6, A:Z16 Παρεμβολή: Παράρτημα Α
28	Έλεγχος $P_z - P_{ze} = 0$	$P_z - P_{ze}$	$N/m^2$	6,2	-2,2		A 10, P <sub>ze</sub> : Z 26
29	Έλεγχος	$\frac{P_z - P_{ze}}{P_{FV}}$	-	1,4	-		A10 P <sub>ze</sub> :Z26 P <sub>FV</sub> :Z24
<b>Αποτελέσματα του υπολογισμού</b>							
30	Αγωγός σύνδεσης Εσωτερική διατομή	$A_v$	$m^2$	0,0254			A 10 Z 17
	Εσωτερική περίμετρος	$U_v$	$m$	0,57			
	Υδραυλική διάμετρος	$D_{hv}$	$m$	0,18			
31	Καπνοδόχος Εσωτερική διατομή	$A$	$m^2$	0,0254			A 10 Z 15
	Εσωτερική περίμετρος	$U$	$m$	0,57			
	Υδραυλική διάμετρος	$D_h$	$m$	0,18			
	Εσωτερικές διαστάσεις για τετραγωνική ή ορθογωνική διατομή	$a \times b$	$m \times m$				

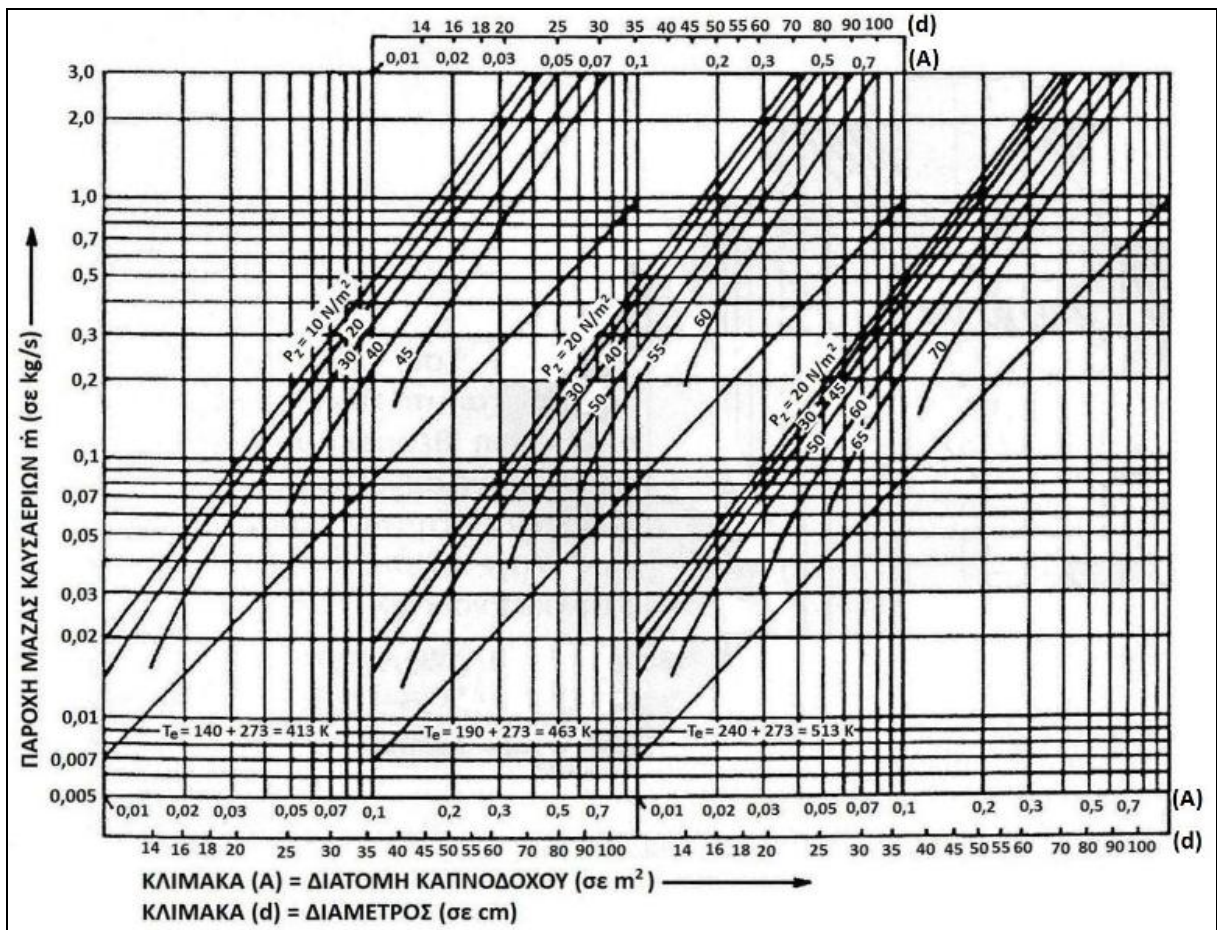
**Πίνακας 7.3:** ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΝΤΥΠΟ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΟΤ 447.



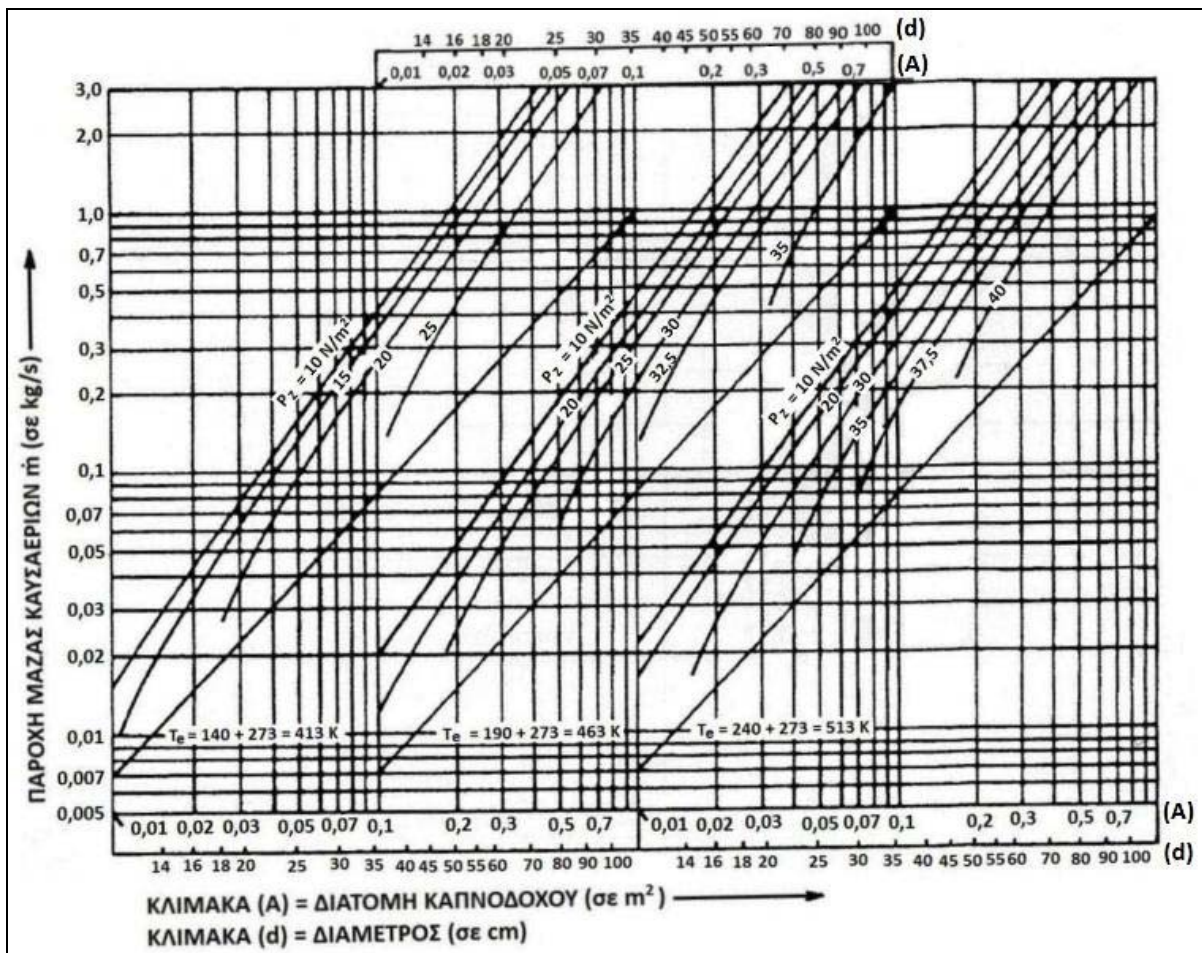
**Σχήμα 7.9:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ( $P_z$ ) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ (σε  $N/m^2$ ), ΓΙΑ ΤΥΠΟ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ I ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟ ΥΨΟΣ 4 m.

	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΟΡΦΗ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΤΙΜΕΣ - ζ			
			κυκλική		τετραγωνική	
ΚΑΜΠΥΛΩΣΕΙΣ		Γωνία $\gamma$ (σε $^\circ$ ) 10 30 45 60 90	0,1 0,2 0,4 0,7 1,2	0,1 0,2 0,4 0,8 1,2		
		$R : D_h$ 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	90 $^\circ$ - Τόξο 1,0 0,5 0,3 0,2 0,2			
		$R : D$ 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	90 $^\circ$ - Τόξο 0,8 0,4 0,3 0,2 0,2			
		$\alpha : D$ 1,0 1,5 2,0 3,0 5,0	Αριθμός των κυκλικών τομών 2 3 4 0,6 0,4 0,4 0,5 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4			
ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ		$m_2 : m_3$ Γωνία $\gamma = 90^\circ$ $D_1 = D_2$	$J_{2-3}$	$J_{1-3}$		
		0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	-1,2 -0,4 0,1 0,47 0,72 0,92	0,06 0,12 0,20 0,40 0,50 0,60		
		$m_2 : m_3$ Γωνία $\gamma = 45^\circ$ $D_1 = D_2$	$\zeta_{2-3}$	$\zeta_{1-3}$		
		0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	-0,9 0,37 0,00 0,22 0,37 0,38	0,05 0,15 0,10 0,06 -0,18 -0,54		
ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΤΕΜΑΧΙΑ		$A_1 : A_2$ 0,4 0,6 0,8	0,33 0,25 0,15 για στρογγυλεμένα χείλη εισόδου $\zeta = 0$			
		$A_1 : A_2$ 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	1,0 0,7 0,4 0,2 0,1 0			
		Γωνία $\gamma$ σε $^\circ$ 30 45 60	0,02 0,04 0,07			
ΚΑΛΥΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΡΟΧΗ		$H : D_h$ 0,5 1,0	1,5 1,0			

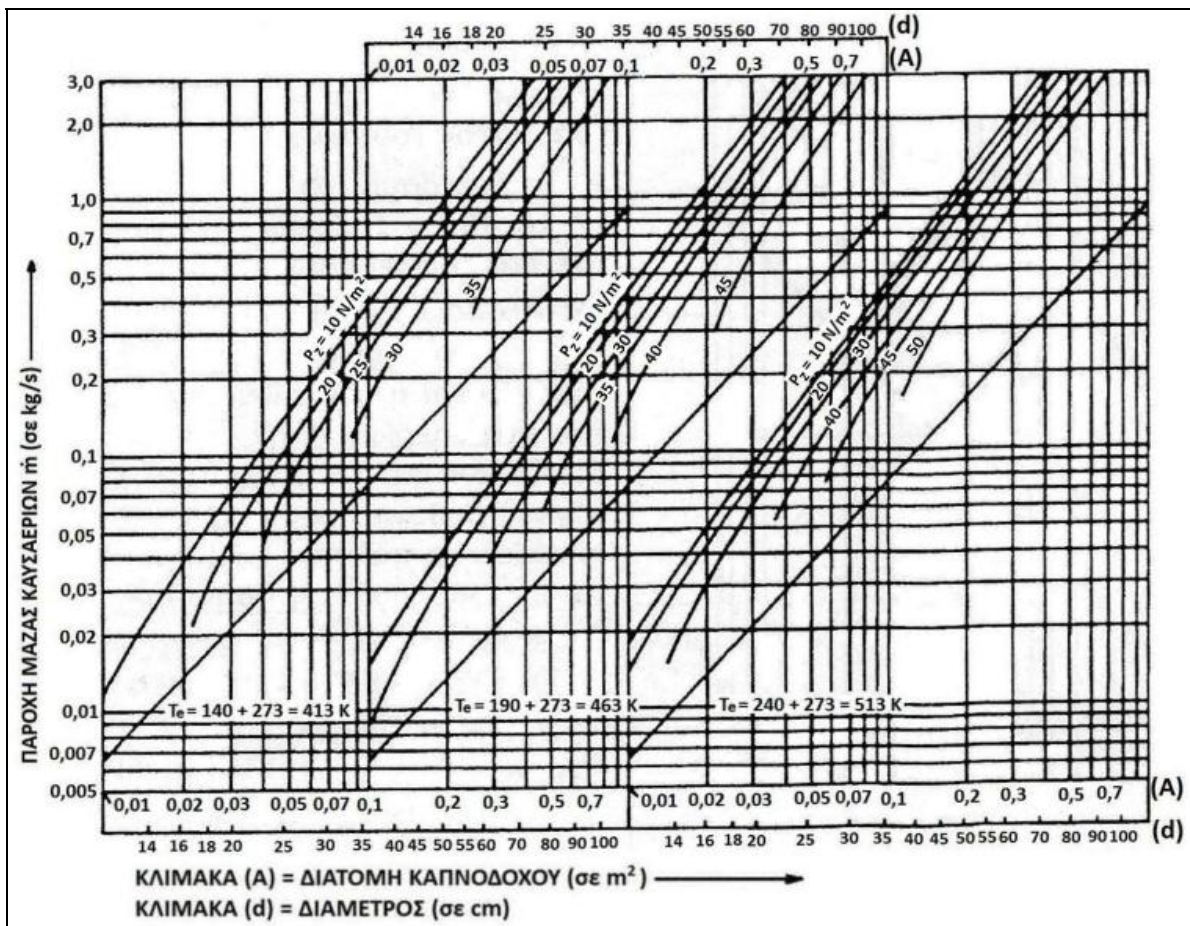
Πίνακας 7.4: ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΟΠΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΠΝΑΓΩΓΩΝ.



Σχήμα 7.10: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ( $P_z$ ) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ (σε  $N/m^2$ ), ΓΙΑ ΤΥΠΟ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ I ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟ ΥΨΟΣ 18 m.



Σχήμα 7.11: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ( $P_z$ ) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ (σε  $N/m^2$ ), ΓΙΑ ΤΥΠΟ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ II ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟ ΥΨΟΣ 10 m.



**Σχήμα 7.12:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ ( $P_z$ ) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ (σε  $N/m^2$ ), ΓΙΑ ΤΥΠΟ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ III ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟ ΥΨΟΣ 14 m.

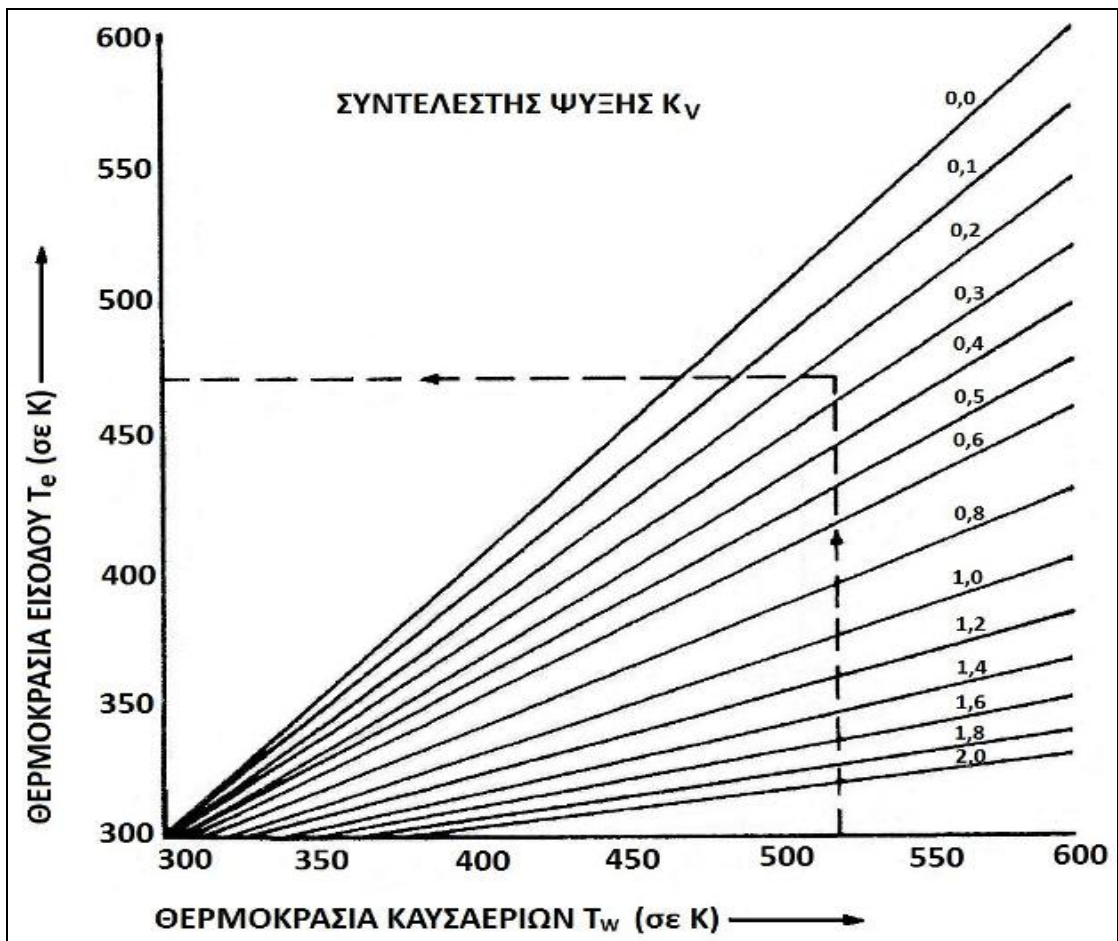
Τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να δίνονται από τον κατασκευαστή της καπνοδόχου όταν χρησιμοποιούνται έτοιμα συστήματα. Στην περίπτωση ιδιοκατασκευής ή χρησιμοποίησης προϊόντων διαφόρων κατασκευαστών, πρέπει να γίνεται αναλυτικός υπολογισμός.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων  $T_e$ , στην είσοδο της καπνοδόχου, προσδιορίζεται με τη βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 7.13, από τη θερμοκρασία των καυσαερίων ( $T_w$ ) του παραγωγού θερμότητας και τον συντελεστή ψύξεως  $K_v$  στον καπναγωγό.

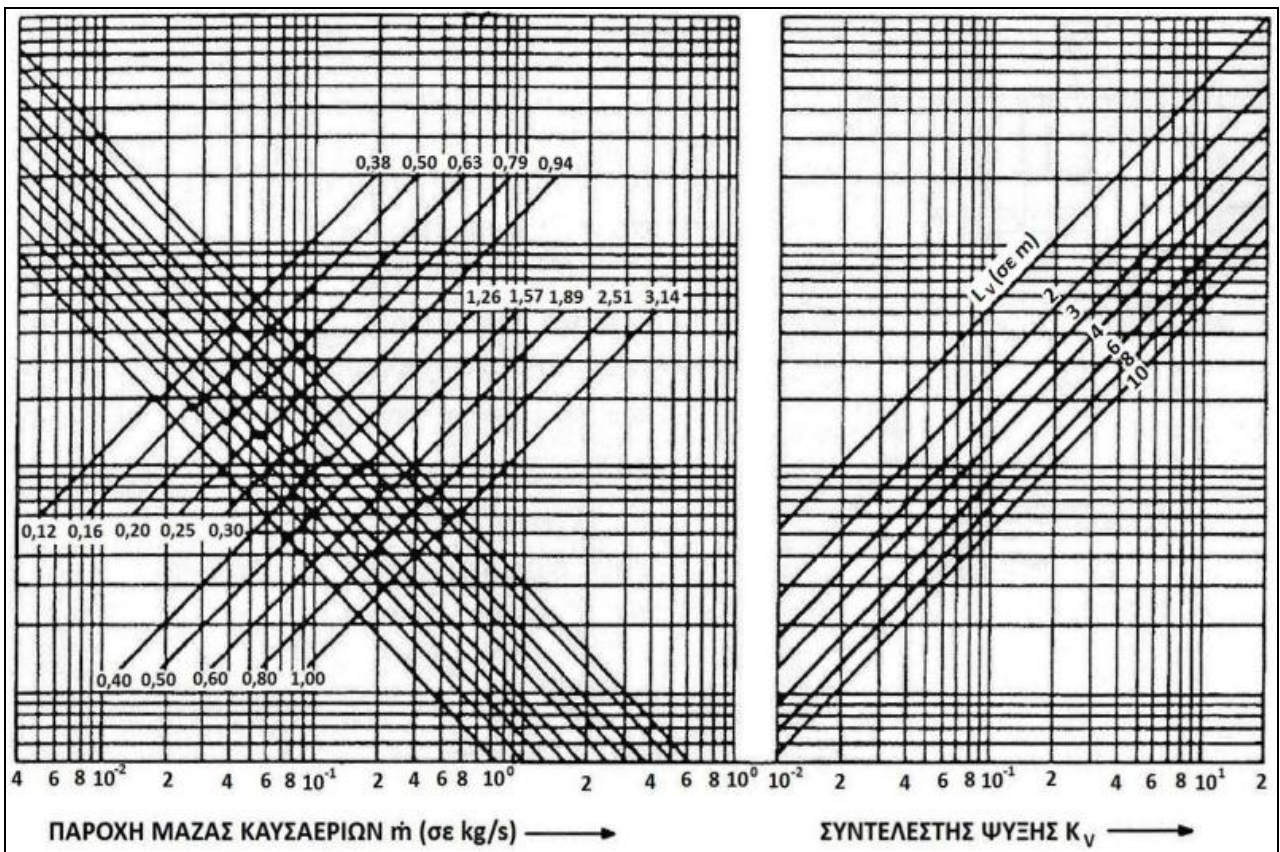
Ο συντελεστής ψύξης μπορεί να υπολογιστεί και με τη βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 7.14.

Τα διαγράμματα των σχημάτων 7.9 - 12 (όπως και τα σχήματα 7 έως και 36 του ΕΛΟΤ 447), αφορούν καπνοδόχους κυκλικής διατομής.

Για τετραγωνική διατομή πρέπει να καθορίζεται η υποπίεση  $P_z$  στην είσοδο των καπναερίων στην καπνοδόχο, προσαυξημένη κατά 5 % περίπου. Για καπνοδόχους ορθογωνικής διατομής (με σχέση πλευρών το πολύ 1 : 1,5), πρέπει να γίνεται προσαύξηση της τιμής του αναγκαίου  $P_z$  κατά 10 - 12 %.



**Σχήμα 7.13:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ( $T_e$ ) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ, ΟΤΑΝ ΕΙΝΑΙ ΓΝΩΣΤΑ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΕΒΗΤΑ ( $T_w$ ) ΚΑΙ Ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΥ.



**Σχήμα 7.14:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΨΥΞΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ  $K_V$  ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟ, ΟΤΑΝ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΟΕΛΑΣΜΑ ΚΑΙ ΕΧΕΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΘΕΙ ΕΛΑΦΡΑ (ΠΑΧΟΣ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ 3 cm). ΓΙΑ ΚΑΠΝΑΓΩΓΟ ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ  $K_V$  ΤΡΙΠΛΑΣΙΑΖΟΝΤΑΙ.

Όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων στην είσοδο της καπνοδόχου ή το ύψος της καπνοδόχου αποκλίνει σημαντικά από τις τιμές των διαγραμμάτων του ΕΛΟΤ 447, πρέπει η υποπίεση κατά την είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο να υπολογίζεται με διαδικασία παρεμβολής, με μεθοδολογία την οποία προτείνει ο ΕΛΟΤ 447, σε παράρτημά του.

Τα διαγράμματα του ΕΛΟΤ 447, (μερικά από τα οποία αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό ως σχήματα 7.5 - 14), έχουν σχεδιαστεί για θερμοκρασία εξωτερικού αέρα 15 °C πίεση εξωτερικού αέρα 93200 N/m<sup>2</sup> (= 0,932 bar) και ειδική σταθερά αερίων 290 J/kg K.

Ο απαραίτητος ελκυσμός ( $P_w$ ) για το σύστημα καυστήρα - λέβητα που παρουσιάζεται στο διάγραμμα του σχήματος 7.7, αναφέρεται σε λέβητες θέρμανσης που έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ 234.

Στο σχήμα 7.14 ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τον καπναγωγό έχει την τιμή  $K_v = 2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  και η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση την τιμή  $C_p = 1050 \text{ J/kg K}$ .

Οι τιμές των μεγεθών  $P_{EV}$  και  $P_{GV}$  της εξίσωσης  $P_{FV} = SE (P_{EV} + P_{GV})$ , λαμβάνονται από το σχήμα 7.8, στο οποίο η μέση θερμοκρασία των καπναερίων στον καπναγωγό, έχει ληφθεί 200 °C. Οι τιμές του διαγράμματος δίνουν ικανοποιητική προσέγγιση μέχρι και θερμοκρασία 250 °C.

Για θερμοκρασίες καπναερίων από 250 °C έως και 400 °C, ο απαιτούμενος ελκυσμός μπορεί να βασιστεί στο διάγραμμα του σχήματος 7.8, αλλά οι τιμές που προκύπτουν πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον παράγοντα  $(T_w + T_e)/946$  (σε Kelvin).

Για τον υπολογισμό της υποπίεσης κατά την είσοδο των καπναερίων στην καπνοδόχο (διαγράμματα της μορφής των σχημάτων 7.9 - 12) έχουν ληφθεί ως βάση θερμοκρασίας καυσαερίων 140 °C, 190 °C και 240 °C. Ο συντελεστής μετάβασης θερμότητας μεταξύ εξωτερικών επιφανειών και αέρα περιβάλλοντος ( $\alpha_a$ ) είναι 8 W/m<sup>2</sup> K.

Η εξάρτηση της εξωτερικής διαμέτρου ( $D_{ha}$ ) της καπνοδόχου από την εσωτερική ( $D_{hi}$ ) βασίζεται στη σχέση:

$$D_{ha} = 1,25 D_{hi} + 0,16 \text{ m}$$

Στους υπολογισμούς λαμβάνεται ως βάση συντελεστής διορθώσεως  $S_H = 0,5$  για την περίπτωση που δεν υπάρχει θερμοκρασιακή ισορροπία και ο συντελεστής ασφάλειας ροής  $S_E = 1,5$ . Με τον συντελεστή διορθώσεως  $S_H$  λαμβάνεται υπόψη η επίδραση που έχει η έλλειψη θερμοκρασιακής ισορροπίας στον αγωγό σύνδεσης και στην καπνοδόχο, στην ψύξη των καυσαερίων και επομένως στην πίεση σε κατάσταση ηρεμίας στην καπνοδόχο.

Για να γίνει ο υπολογισμός της διατομής της καπνοδόχου στην περίπτωση διακοπτόμενης λειτουργίας (π.χ. σε κάθε καύση με ρύθμιση "έναυση - διακοπή") με βάση τις σχέσεις που ισχύουν για συνεχή λειτουργία, πρέπει να γίνει διόρθωση των τιμών (αντίσταση διέλευσης θερμότητας, συντελεστής μετάβασης θερμότητας) που προκύπτουν για συνεχή λειτουργία. Ο συντελεστής διορθώσεως εξαρτάται κυρίως από τη θερμοχωρητικότητα της καπνοδόχου και για συνήθεις κατασκευές έχει την τιμή 0,5.

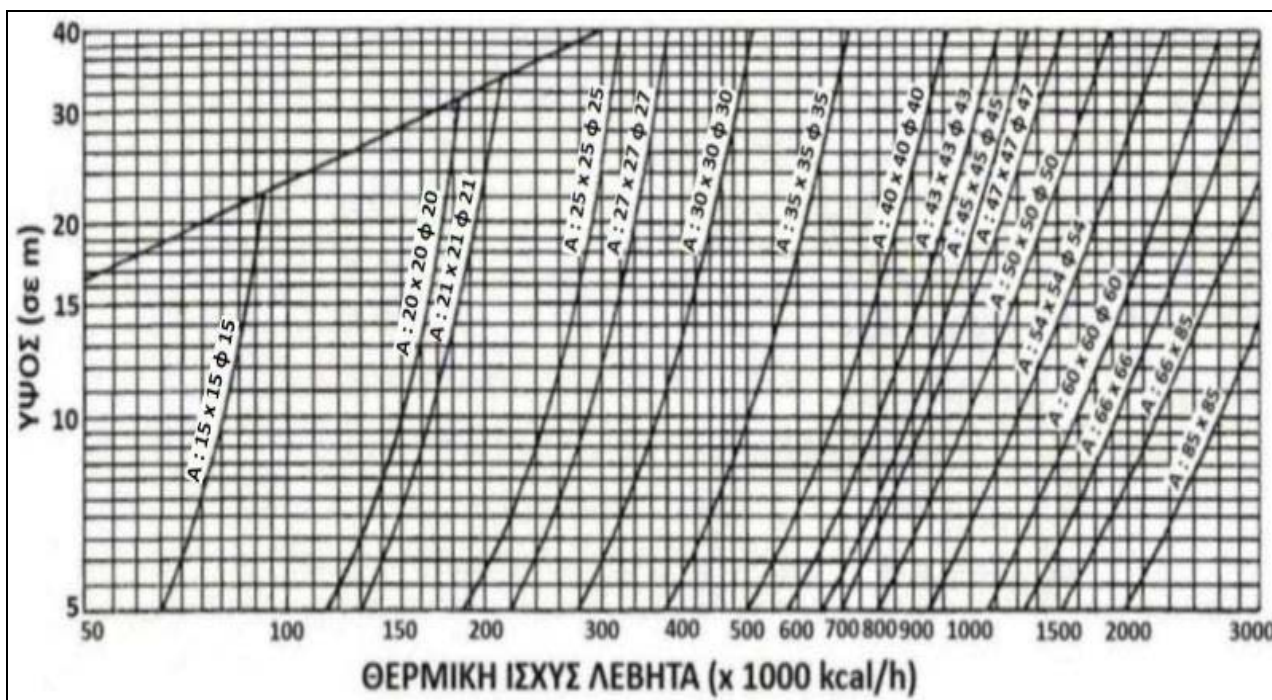


Με τον συντελεστή ασφάλειας ροής  $S_E$  καλύπτονται ανεπιθύμητες μικρές ανωμαλίες στη λειτουργία και την κατασκευή της καπνοδόχου όπως:

- όχι κανονική υπερφόρτιση του παραγωγού θερμότητας,
- περισσότερη περίσσεια αέρα στα καυσαέρια από ότι συνήθως,
- είσοδος ανεπιθύμητης ποσότητας αέρα στον αγωγό σύνδεσης ή στην καπνοδόχο,
- απόκλιση από τη βασική μέση τραχύτητα του εσωτερικού τοιχώματος της καπνοδόχου,
- αποκλίσεις των διαστάσεων της διατομής της καπνοδόχου,
- δυσμενείς ατμοσφαιρικές επιδράσεις.

Αρκετοί κατασκευαστές προτείνουν απλοποιημένους τρόπους για την επιλογή διαστάσεων της καπνοδόχου με τη βοήθεια διαγράμματος όπως του σχήματος 7.15.

Για την εξασφάλιση άριστης απαγωγής των καυσαερίων, η καπνοδόχος πρέπει να είναι αδιάβροχη και εσωτερικά απόλυτα λεία. Η εσωτερική επίστρωση της με λεπτά φύλλα λαμαρίνας εξασφαλίζει λεία εσωτερική επιφάνεια και διευκολύνει τον ελκυσμό.



Σχήμα 7.15: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ, ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (cm x cm) ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (σε cm).

### 7.2.3. Τεχνικές Προδιαγραφές και Περιορισμοί

Η καπνοδόχος είναι το σύνολο των δομικών στοιχείων που εξασφαλίζουν την απαγωγή των καυσαερίων από τις εστίες καύσης των λεβήτων, στον αέρα επάνω από τις στέγες. Η καπνοδόχος μπορεί να βρίσκεται μέσα στην οικοδομή ή επάνω σε κάποιον εξωτερικό τοίχο ή και σε κάποια απόσταση από το κτίριο.

Η δομική κατασκευή πρέπει να στηρίζεται με ασφάλεια σε φέροντα στοιχεία του κτιρίου ή στο έδαφος. Η όδυσή της πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κατακόρυφη. Επίσης πρέπει κατά την τοποθέτηση της καπνοδόχου να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα συστολής και διαστολής της.

Η εσωτερική δομή της καπνοδόχου, πρέπει να κατασκευάζεται από υλικά:

α) ανθεκτικά στην υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων,

β) που παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στην χημική διάβρωση από συμπυκνώματα καυσαερίων,

γ) αδιάβροχα,

δ) που δημιουργούν λεία εσωτερικά τοιχώματα, χωρίς ρωγμές, εσωτερικές διαβρώσεις, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν στροβιλισμούς, να κατακρατήσουν αιθάλη, μειώνοντας την εσωτερική διατομή της.

Ιδιαίτερα κατάλληλες είναι οι καπνοδόχοι που αποτελούνται από τρεις διαδοχικές στρώσεις των οποίων:

α) Η εσωτερική είναι στεγανή, άκαυστη, ανθεκτική και λεία, σε μορφή σωλήνα, ορθογωνικής ή κυκλικής διατομής.

β) Η ενδιάμεση αποτελείται από μονωτικό υλικό ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες, κατάλληλου πάχους ώστε να εξασφαλίζει επαρκή θερμομόνωση και ηχομόνωση, και

γ) Η εξωτερική στρώση ή δομή πρέπει να παρέχει μηχανική προστασία και να είναι αδιάβροχη.

Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο κίνδυνος δημιουργίας αιθάλης και εξασφαλίζεται προστασία από τη μετάδοση θορύβων. Καπνοδόχοι κατασκευασμένες με τρεις στρώσεις (στεγανό εσωτερικό σωλήνα, περίβλημα και ανάμεσα θερμική μόνωση), μπορούν να έχουν διαστάσεις μικρότερες από τις αντίστοιχες καπνοδόχους απλής κατασκευής. Στην περίπτωση αυτή, οι διαστάσεις τους πρέπει να προκύπτουν από σχετικό υπολογισμό. Σε περίπτωση καλής θερμικής μόνωσης πρέπει να αποφεύγονται διατομές μεγαλύτερες από το κανονικό.

Καπνοδόχοι που τοποθετούνται στο εσωτερικό των κτιρίων και όχι σε εξωτερικό τοίχο, μειώνουν τον κίνδυνο σημαντικής ψύξης των καυσαερίων και εμφάνισης συμπυκνωμάτων.

Στις υψηλές καπνοδόχους συνιστάται να γίνεται ιδιαίτερα καλή θερμική μόνωση. Αυτό ισχύει κυρίως για το επάνω τμήμα της καπνοδόχου που βρίσκεται εκτεθειμένο στον μη κτισμένο χώρο της στέγης ή επάνω από αυτήν. Καπνοδόχοι που βρίσκονται ή διέρχονται στο εσωτερικό κτιρίων, σε περιοχές που συχνάζουν άτομα, πρέπει να βρίσκονται εσωτερικά σε υποπίεση, ώστε σε περίπτωση μειωμένης στεγανότητας να αποκλείεται η διαφυγή καυσαερίων σε παρακείμενους χώρους.

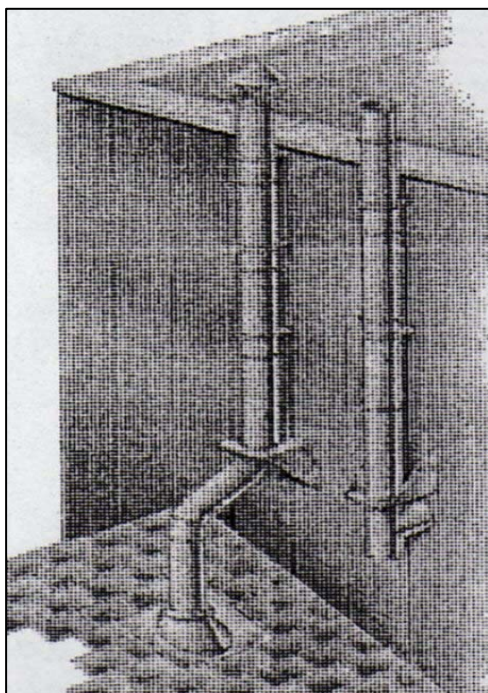
Σε κάθε λέβητα υγρών καυσίμων πρέπει να υπάρχει χωριστή καπνοδόχος, στην οποία δεν επιτρέπεται να συνδέονται καπνοδόχοι άλλων λεβήτων ή εγκαταστάσεις αερισμού. Σε υπάρχοντα κτίρια, κατ' εξαίρεση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία καπνοδόχος για περισσότερους από ένα λέβητες. Σε νέα κτίρια επιτρέπεται η σύνδεση περισσότερων λεβήτων σε μία καπνοδόχο εφόσον εξασφαλιστεί βεβαιασμένη ροή των καυσαερίων. Σε λέβητες αερίων καυσίμων επιτρέπεται η χρησιμοποίηση μιας καπνοδόχου για περισσότερους από ένα λέβητες.

Σε περίπτωση ανανέωσης ή αντικατάστασης λέβητα Κ.Θ., αν οι διατομές είναι πολλοί μεγάλες, πρέπει σε κάθε περίπτωση να γίνει έλεγχος και να εξετασθεί αν χρειάζεται να μειωθεί η διατομή.

Οι καπνοδόχοι πρέπει να καταλήγουν αρκετά υψηλότερα επάνω από την επιφάνεια της στέγης, ώστε να εξασφαλίζεται η απομάκρυνση των καυσαερίων σε ελεύθερο χώρο και να αποφεύγεται η εμφάνιση στροβιλισμών και κίνδυνοι ή ανεπιθύμητες ενοχλήσεις του περιβάλλοντος από σπινθήρες, στάχτη ή καπνό.

Σύμφωνα με τον Γ.Ο.Κ., το ύψος αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 m επάνω από το σημείο εξόδου της καπνοδόχου από τη στέγη. Επίσης η καπνοδόχος πρέπει να προεξέχει από οποιαδήποτε ακμή κάθε κτιρίου που βρίσκεται σε ακτίνα 3 m από την καπνοδόχο, κατά 0,7 m.

Η οριζόντια απόσταση της εξόδου των καυσαερίων από παράθυρα ή πόρτες άλλων γειτονικών κτιρίων, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 m. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να τηρηθεί περιορισμός, εάν υπάρχει, σύμφωνα με τη γνώμη της αρμόδιας υπηρεσίας, ενόχληση των γειτόνων από εκπομπή καυσαερίων, τότε η καπνοδόχος πρέπει να υπερυψωθεί κατά 2 m επάνω από το υψηλότερο σημείο των παραθύρων ή των εξωτερικών θυρών του κτιρίου που ενοχλείται από αυτήν.



**Σχήμα 7.16:** ΟΤΑΝ ΤΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ Η ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΤΗΡΙΧΘΕΙ Σ' ΑΥΤΟ, ΓΙΑ ΝΑ ΦΘΑΣΕΙ ΣΕ ΕΠΑΡΚΕΣ ΥΨΟΣ.

Σ' αυτήν την περίπτωση και εφόσον απαιτείται στήριξη της καπνοδόχου στο ενοχλούμενο κτίριο, ο ιδιοκτήτης του οφείλει να επιτρέψει τη στήριξη αυτή (σχήμα 7.16).

Σε ειδικές περιπτώσεις, όταν η κατασκευή αρκετά υπερυψωμένης καπνοδόχου δεν είναι δυνατή, επιτρέπεται η έξοδος των καυσαερίων επάνω από τη στέγη. (Αυτό μπορεί να γίνει με αύξηση του τεχνητού ελκυσμού, με αύξηση της ταχύτητας των καυσαερίων, με ανεμιστήρα καυσαερίων ή με προσθήκη ειδικού ακροφυσίου).

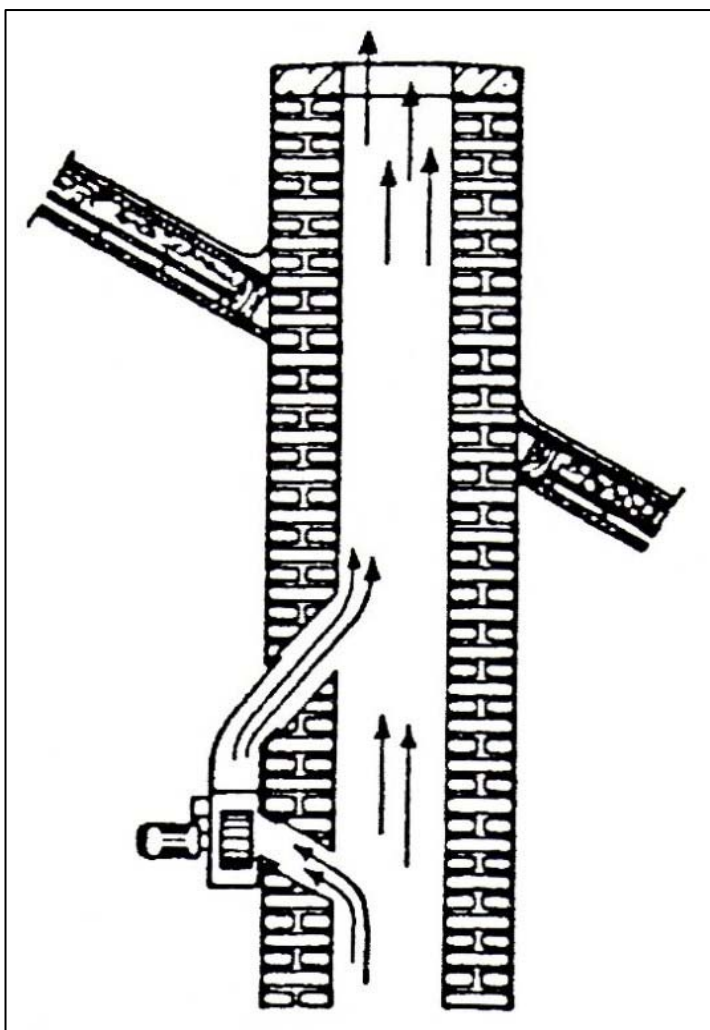
Κάθε καπνοδόχος πρέπει να έχει άνοιγμα καθαρισμού στη βάση της που να κλείνει ερμητικά και μπροστά από το οποίο πρέπει να υπάρχει ελεύθερος χώρος τουλάχιστον 1 m<sup>2</sup>.

Η εσωτερική διατομή που έχει υπολογισθεί, πρέπει, κατά το δυνατόν να διατηρείται σε σχήμα και διαστάσεις σταθερή σε όλη τη διαδρομή της. Σε ορθογωνικές καπνοδόχους η σχέση πλευρών, πρέπει να είναι μεταξύ 1 : 1 και 1 : 1,5.

#### 7.2.4. Καπνοδόχοι Τεχνητού Ελκυσμού.

Όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι πολύ χαμηλή και μεγάλο το φορτίο στον λέβητα, ή είναι πολύ μικρό το ύψος της καπνοδόχου, δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί ικανοποιητικός φυσικός ελκυσμός.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πετρέλαιο ή αέριο, η εκλογή πιεστικού καυστήρα μπορεί συνήθως να λύσει το πρόβλημα. Στην περίπτωση όμως στερεών καυσίμων είναι αναγκαία η προσθήκη κατάλληλου ανεμιστήρα, ο οποίος ή θα προσάγει αέρα κάτω από την εσχάρα ή θα προσδίδει κινητική ενέργεια στα καυσαέρια μέσα στην καπνοδόχο (σχήμα 7.16).



Σχήμα 7.16: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟ.

### 7.2.5. Θέση και Μορφή Του Υπερυψωμένου Τμήματος Της Καπνοδόχου.

Ένας σοβαρός παράγοντας, που δεν έχει μέχρι τώρα αναφερθεί, είναι ο άνεμος και η επίδρασή του στη λειτουργία αλλά και στην στήριξη της καπνοδόχου. Η τοποθέτηση της καπνοδόχου ως προς τον άνεμο, πρέπει να διασφαλίζει ότι:

- Οι πνέοντες άνεμοι θα υποβοηθούν τον διασκορπισμό των καπναερίων που εξέρχονται από την καπνοδόχο. Σε κάθε περίπτωση και σε συνδυασμό με τα γειτονικά εμπόδια, πρέπει να εξετάζεται μήπως κάποια κατεύθυνση ανέμου μπορεί να προκαλέσει αναστροφή της ροής ή να κατευθύνει τα καυσαέρια σε γειτονικό άνοιγμα. Η θέση στην οποία γίνεται η τελική εκροή, δημιουργεί συχνά προβλήματα τόσο σε θέματα ελκυσμού, όσο και σε θέματα ρύπανσης ή όχλησης. Αν και είναι δύσκολο να προβλεφθεί η συμπεριφορά της καπνοδόχου ανάλογα με την ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η εμπειρία των κατασκευαστών καπνοδόχων ή η συμπεριφορά γειτονικών κατασκευών.
- Η καπνοδόχος, ως υπερυψωμένο σημείο της δομικής κατασκευής, δέχεται έντονη μηχανική καταπόνηση τόσο από τα ρεύματα αέρα, όσο και από τις απότομες αλλαγές που μπορεί να προκύψουν από την πρόσκρουσή της σε γειτονικά εμπόδια. Η συνδυασμένη θερμική και μηχανική καταπόνηση της καπνοδόχου, πρέπει να έχει ληφθεί υπόψη κατά τη φάση του σχεδιασμού, της επιλογής της θέσης, την κατασκευή και τη σύνδεση με τα υπόλοιπα στοιχεία της δομικής κατασκευής.

Ακόμη, οι κατασκευαστές καπνοδόχων σε κατοικίες και κυρίως σε παραδοσιακά και διατηρητέα κτίρια, πρέπει να μη λησμονούν ότι το τμήμα της καπνοδόχου που προεξέχει από την οροφή, επηρεάζει σημαντικά τη συνολική αισθητική του κτιρίου. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ακόμη και οι καπνοδόχοι μεγάλων εγκαταστάσεων μπορούν, με κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, να συμβάλουν θετικά στην εμφάνιση και ίσως στην αποφυγή μονοτονίας μερικών κτιρίων.

## 7.3. ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΣ

Ο καπναγωγός είναι το τμήμα του συστήματος απαγωγής καυσαερίων που συνδέει τον λέβητα με την καπνοδόχο. Τα υλικά κατασκευής του καπναγωγού πρέπει να είναι ανθεκτικά σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300 °C. Σε περίπτωση χρησιμοποίησης στοιχείων από αμιαντοτσιμέντο, η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση από το σημείο σύνδεσής τους με τον λέβητα είναι 2 m και δεν πρέπει να εισέρχονται στα στοιχεία αυτά καυσαέρια θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 250 °C.

Ο καπναγωγός, εφόσον είναι κτιστός, πρέπει κατά το δυνατόν να κατασκευάζεται όπως η καπνοδόχος, κατά προτίμηση από περισσότερα στρώματα, με εσωτερικό στεγανό σωλήνα, ενδιάμεση ισχυρή και ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες θερμομόνωση (άνω των 300 °C), και εξωτερικό περίβλημα.

Σωλήνες καυσαερίων από χαλύβδινα ελάσματα, όταν διαθέτουν καλή θερμική μόνωση, διατηρούν υψηλή τη θερμοκρασία των καυσαερίων και εμποδίζουν τη διάβρωση από εμφάνιση συμπυκνωμάτων.

Το πάχος του τοιχώματος σωλήνων καυσαερίων από χαλυβδοέλασμα, για εσωτερική διάμετρο μέχρι 20 cm, πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 mm, για εσωτερική διάμετρο μέχρι 30 cm, τουλάχιστον 4 mm και για μεγαλύτερη τουλάχιστον 5 mm.

Συνδετικά τεμάχια κτιστά που παρεμβάλλονται μεταξύ λεβήτων και καπνοδόχων καθώς και σωλήνες καυσαερίων από χαλυβδοέλασμα, δεν πρέπει να έχουν μήκος μεγαλύτερο από το 1/4 του ύψους της καπνοδόχου. Στους καπναγωγούς πρέπει να αποφεύγονται οι απότομες καμπύλες και κατά την τοποθέτησή τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα συστολής και διαστολής τους.

Τα τεμάχια που συνθέτουν τον καπναγωγό (ή τον σωλήνα καυσαερίων), πρέπει να παρουσιάζουν κλίση προς τα επάνω, όπως απομακρύνονται από τον λέβητα. Η κλίση αυτή στους μεταλλικούς αγωγούς πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 % και στους κτιστούς τουλάχιστον 10 %. Η διατομή κτιστών καπναγωγών πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της καπνοδόχου κατά 20 %. Σε περιπτώσεις καλής θερμικής μόνωσης πρέπει να αποφεύγονται διατομές μεγαλύτερες από το κανονικό.

Σύρτες και διαφράγματα ρύθμισης (τάμπερ) πρέπει να αφαιρούνται εύκολα για τον καθαρισμό. Στο επάνω μέρος του καπναγωγού πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα καθαρισμού, των οποίων η σχετική διατομή να μη είναι μικρότερη του 3 % της επιφάνειας της διατομής του καπναγωγού και τουλάχιστον 200 cm<sup>2</sup>.

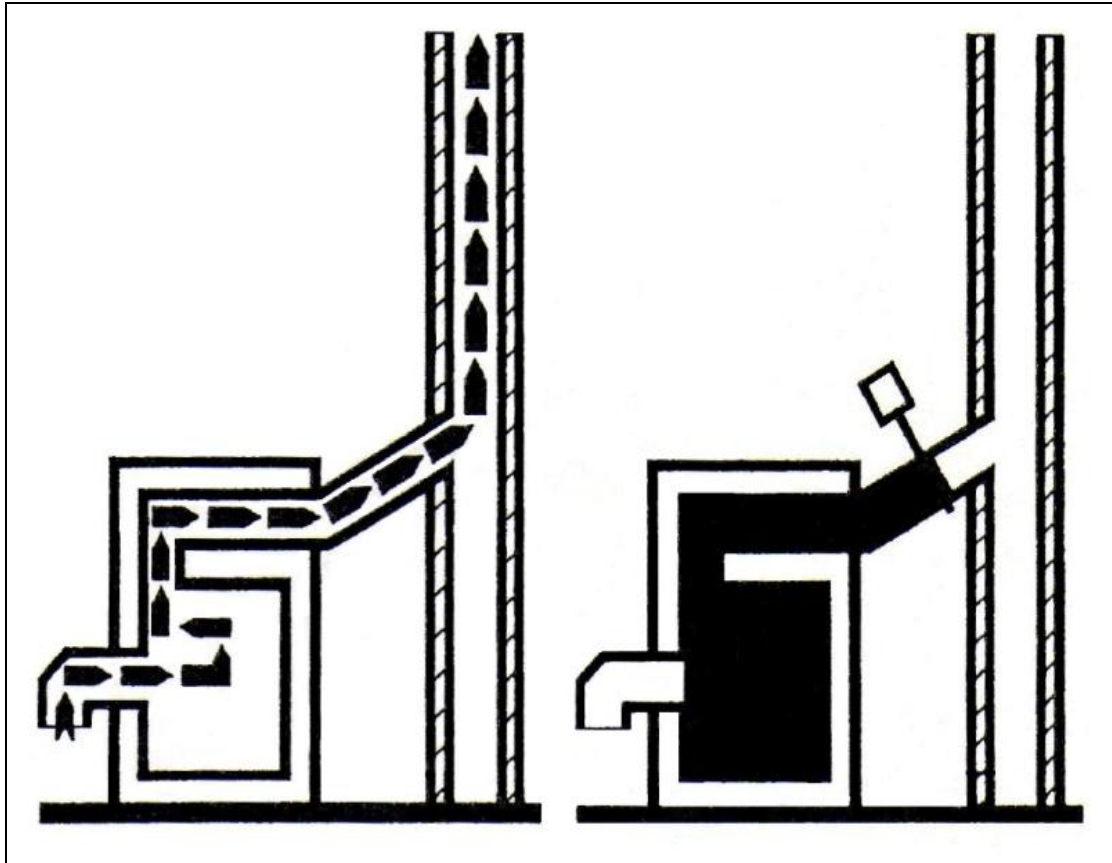
Στον καπναγωγό, πρέπει να υπάρχει ειδική οπή Φ 8 mm και σε απόσταση 40 cm από τον λέβητα, κατάλληλη για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της ποιότητας των καυσαερίων. Ο καπναγωγός πρέπει να εισέλθει στην καπνοδόχο σε ύψος τουλάχιστον 50 cm από τη βάση της και να μην προεξέχει στο εσωτερικό της.

Οι συνδέσεις του καπναγωγού με τον λέβητα και την καπνοδόχο πρέπει να είναι στεγανές, και πρέπει να εξετάζεται εάν χρειάζεται τοποθέτηση διαστολικού συνδέσμου. Οι συνδέσεις πρέπει να επιτρέπουν την εύκολη αποσυναρμολόγηση.

Όταν το λεβητοστάσιο βρίσκεται σε περιοχή με υψηλή στάθμη υπόγειων νερών, καπναγωγοί και σωλήνες καπναερίων δεν πρέπει να τοποθετούνται απ' ευθείας στο μπετόν του δαπέδου, αλλά να κατασκευάζονται υπερυψωμένοι, επάνω σε στηρίγματα, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία ρωγμών ή η εμφάνιση προβλημάτων στεγανότητας, λόγω θερμικών τάσεων. Υπόγεια τοποθέτηση των καπναγωγών και σωλήνων καυσαερίων πρέπει να αποφεύγεται γιατί περιορίζονται οι δυνατότητες καθαρισμού και αυξάνεται η πιθανότητα εισχώρησης υγρασίας και ο κίνδυνος ισχυρής ψύξης.

Σε ορθογώνιους καπναγωγούς οι σχέσεις πλευρών πρέπει να βρίσκονται μεταξύ των σχέσεων 1 : 1 και 1 : 1,5.

Μέσα στον καπναγωγό μπορεί να τοποθετηθεί κινητό αυτόματο διάφραγμα (τάμπερ) για να εμποδίζεται η δημιουργία ρευμάτων αέρα, που ψύχουν τον λέβητα κατά τη διάρκεια των στάσεων λειτουργίας του καυστήρα (σχήμα 7.17). Με τον τρόπο αυτό επιβραδύνει σημαντικά την ψύξη στον λέβητα και εξοικονομεί ενέργεια.

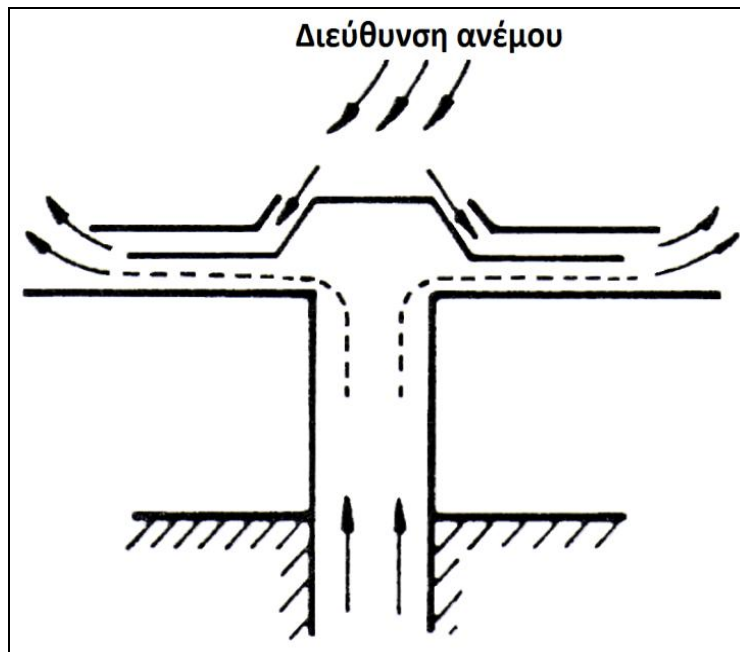


Σχήμα 7.17: ΔΙΑΤΑΞΗ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΕΛΚΥΣΜΟΥ ΜΕ ΚΙΝΗΤΟ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ (ΤΑΜΠΕΡ).

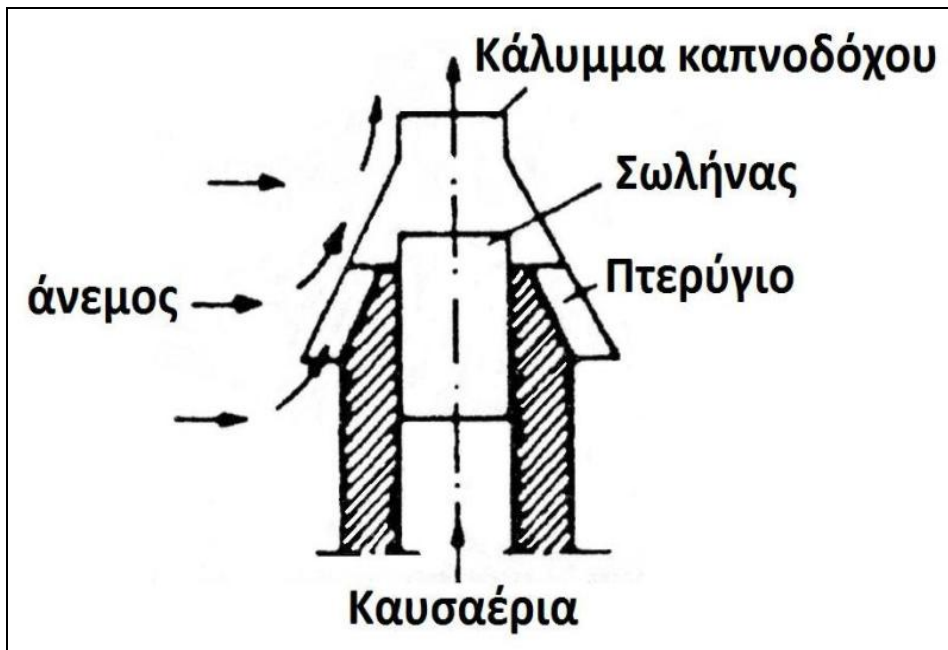
Η Τ.Ο.ΤΕΕ 2421 δεν επιτρέπει την τοποθέτηση συστήματος ρύθμισης ελκυσμού (περσίδες) στο εσωτερικό του καπναγωγού. Η απαγόρευση αυτή πηγάζει από τη βεβαιότητα ότι η κακή συντήρηση και η προχειρότητα των ρυθμίσεων στη χώρα μας, θα μπορούσαν να επιδεινώσουν σημαντικά, αντί να βελτιώσουν, τις αποδόσεις (θερμικές και οικολογικές) των λεβήτων. Πάντως στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε., οι κατασκευαστές προσφέρουν ρυθμιστικά διαφράγματα και τονίζουν τη συμβουλή τους στην καλή απόδοση των λεβήτων - καυστήρων, όπως και την επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας.

#### 7.4. ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ ΚΑΙ ΑΙΘΑΛΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Τα καλύμματα καπνοδόχου (δομικά στοιχεία ή μηχανισμοί), πρέπει να εξουδετερώνουν τις επιδράσεις του ανέμου ή να εκμεταλλεύονται τον άνεμο για τη βελτίωση του ελκυσμού. Στα σχήματα 7.18 και 19 φαίνονται δύο καλύμματα καπνοδόχου στατικού φυσικού ελκυσμού.



Σχήμα 7.18: ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΜΟΥ



Σχήμα 7.19: ΚΑΛΥΜΜΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΜΟΥ (ΕΝΙΣΧΥΕΙ ΤΟΝ ΕΛΚΥΣΜΟ)

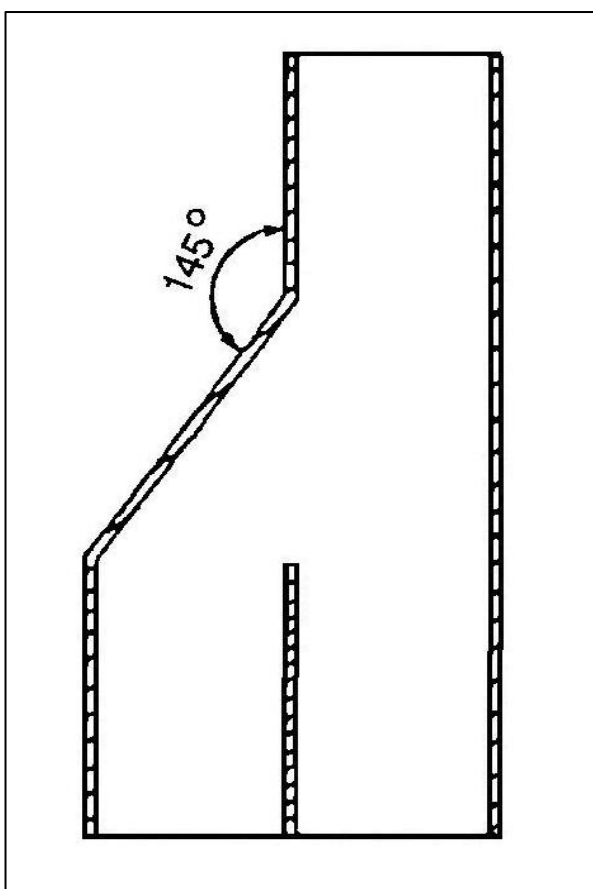
Οι αιθαλοσυλλέκτες (ή καπνοσυλλέκτες) είναι συστήματα εγκλωβισμού των στερεών τεμαχιδίων (καπνιά) που συμπαρασύρονται από τα καπναέρια, κυρίως κατά την καύση στερεών καυσίμων. Η επικράτηση των υγρών καυσίμων στα αστικά λεβητοστάσια και η έλευση του φυσικού αερίου, έχουν εκτοπίσει τους αιθαλοσυλλέκτες, που είναι άλλωστε ογκώδεις, δαπανηρές και αντιαισθητικές κατασκευές.

Η Τ.Ο.ΤΕΕ 2421 απαγορεύει τη χρήση καπνοσυλλεκτών σε λεβητοστάσια που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή αέριο, διότι δεν υποβοηθούν την καλή λειτουργία της εγκατάστασης (μείωση ελκυσμού) ενώ δημιουργούν αισθητική ρύπανση.



## 7.5. ΑΠΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Για την απαγωγή καυσαερίων από ατομικές μονάδες θέρμανσης, όταν υπάρχει δυσκολία χωριστών καπνοδόχων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοινή καπνοδόχος. Σ' αυτήν μπορούν να συνδεθούν περισσότερες της μιας συσκευές, που βρίσκονται στον ίδιο ή σε διαφορετικούς ορόφους. Σ' αυτήν την περίπτωση, πρέπει κάθε συσκευή να συνδεθεί με ένα δευτερεύοντα αγωγό, ύψους ίσου με έναν όροφο, και να εκπέμπει στην καπνοδόχο με γωνία, όχι μικρότερη των  $145^\circ$  (σχήμα 7.20).

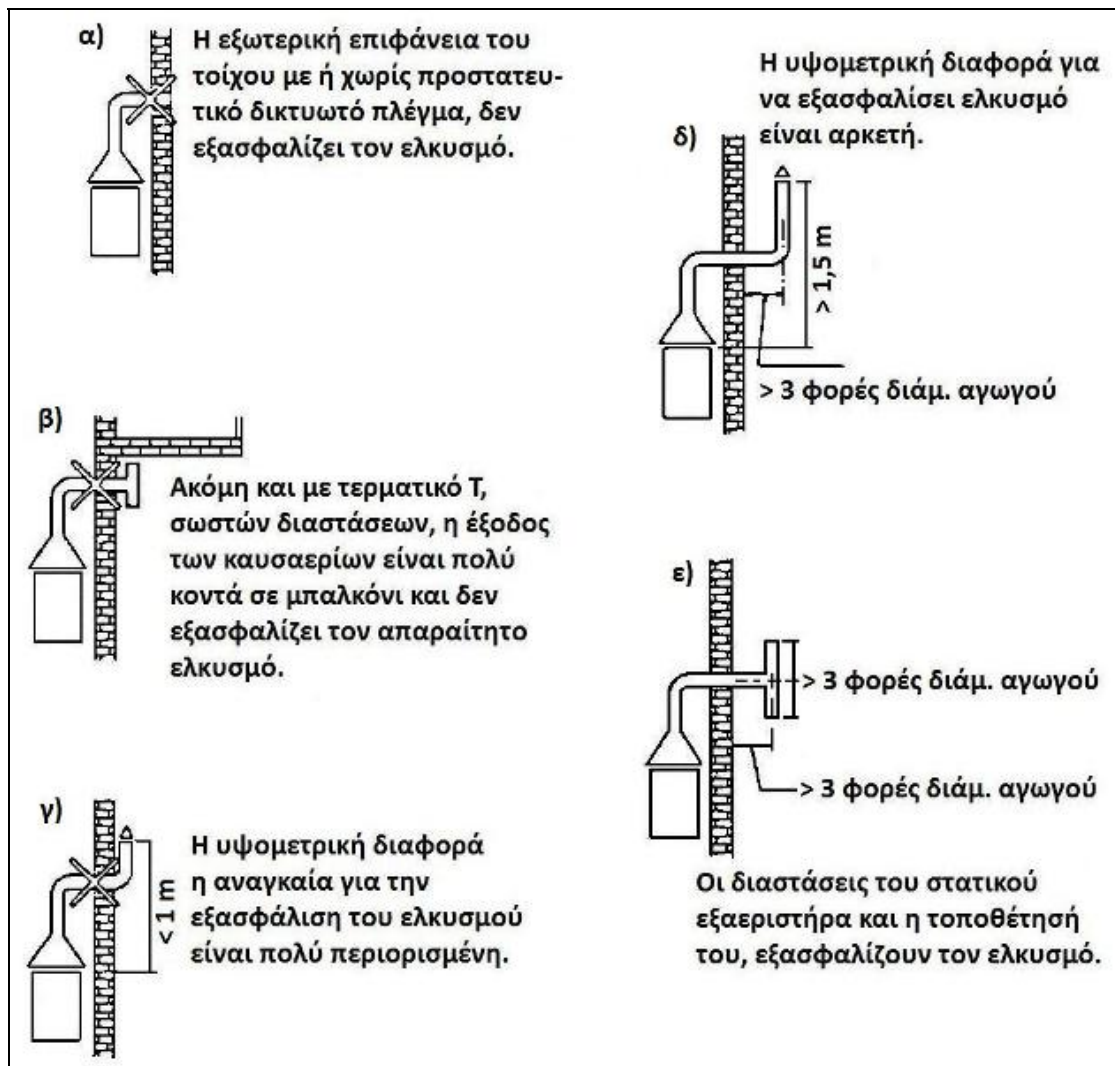


**Σχήμα 7.20:** Ο ΔΕΥΤΕΡΥΟΝ ΑΓΩΓΟΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ  $145^\circ$ .

Στην περίπτωση ατομικών μονάδων θέρμανσης, στις οποίες την απαγωγή των καυσαερίων εξασφαλίζει πρόχειρος μεταλλικός σωλήνας (μπουρί), πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατασκευαστική διαμόρφωση του τελικού τμήματός του που βρίσκεται εκτός του κτιρίου (σχήμα 7.21).

Πιο συγκεκριμένα:

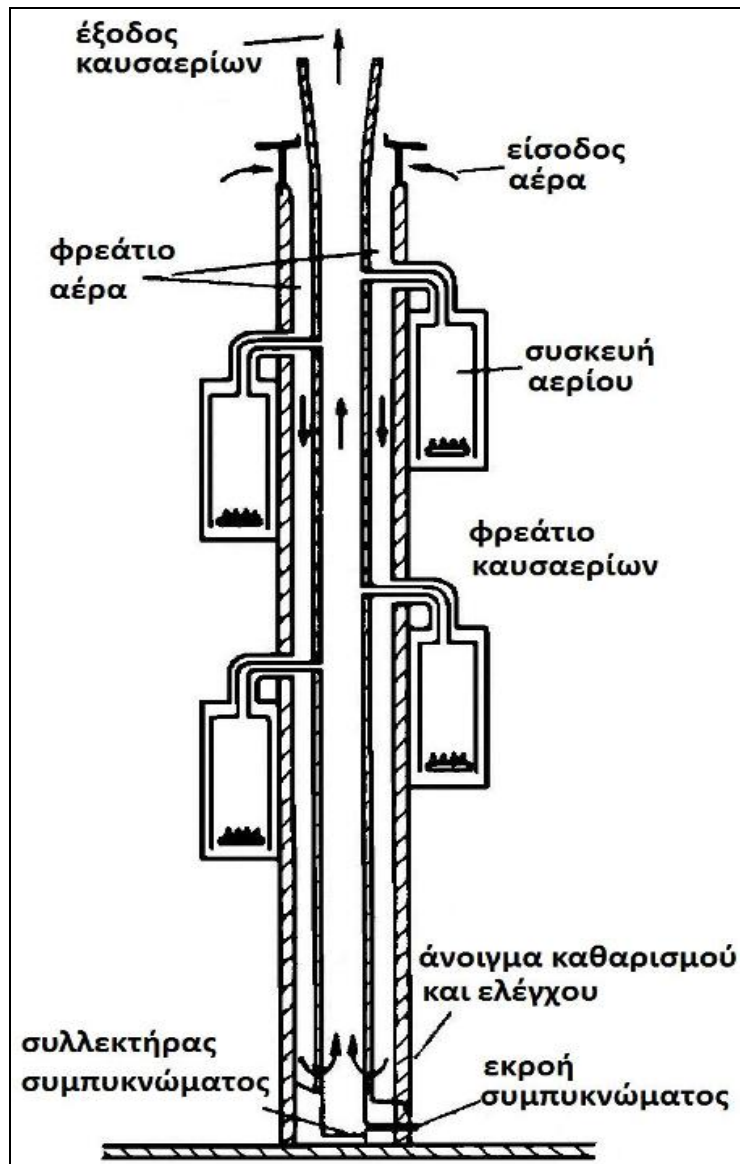
- Το οριζόντιο τμήμα της εξόδου δεν πρέπει να σταματάει στην εξωτερική επιφάνεια του εξωτερικού τοίχου, αλλά να απέχει μια απόσταση τουλάχιστον τριπλάσια από τη διάμετρο του σωλήνα (σχήματα 7.21α, 7.21δ).
- Στο τέλος του οριζοντίου τμήματος πρέπει να τοποθετούνται τα ακόλουθα εξαρτήματα:



Σχήμα 7.21: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.

α. Ένα τμήμα αγωγού, κάθετα συνδεδεμένο προς το οριζόντιο τμήμα, ύψους τέτοιου, που η απόσταση μεταξύ της εξόδου του στην ατμόσφαιρα και της κορυφής του λέβητα να είναι τουλάχιστον 1,5 m. Η έξοδος πρέπει να προστατεύεται από ειδικό εξάρτημα που να παρεμποδίζει τον σχηματισμό αντίθετων ρευμάτων και την είσοδο βρόχινου νερού. (σχήματα 7.21δ και 7.21γ).

β. Έναν στατικό αναρροφητήρα, που αποτελείται από έναν κάθετο αγωγό, που σχηματίζει Ταφ με το οριζόντιο τμήμα και έχει διαστάσεις τέτοιες, που τα δύο άκρα να έχουν μήκος τουλάχιστον τριπλάσιο από τη διάμετρο του αγωγού και η επάνω έξοδος του να απέχει τουλάχιστον 1 m από την κορυφή του λέβητα (σχήμα 7.21ε). Η κορυφή αυτών των εξαρτημάτων πρέπει να απέχει από πιθανά μπαλκόνια περισσότερο από 2 m (σχήμα 7.21β).



Σχήμα 7.22: ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ  
"ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ - ΑΕΡΑ

## 7.6. ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΙ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ - ΝΩΠΟΥ ΑΕΡΑ

Τα τελευταία χρόνια βρίσκει σημαντική διάδοση το σύστημα "καπνοδόχος μέσα σε καπνοδόχο" ή ορθότερα, το σύστημα συνδυασμού της καπνοδόχου τόσο με τη διαδικασία απαγωγής καυσαερίων όσο και με τη προσαγωγή νωπού αέρα.

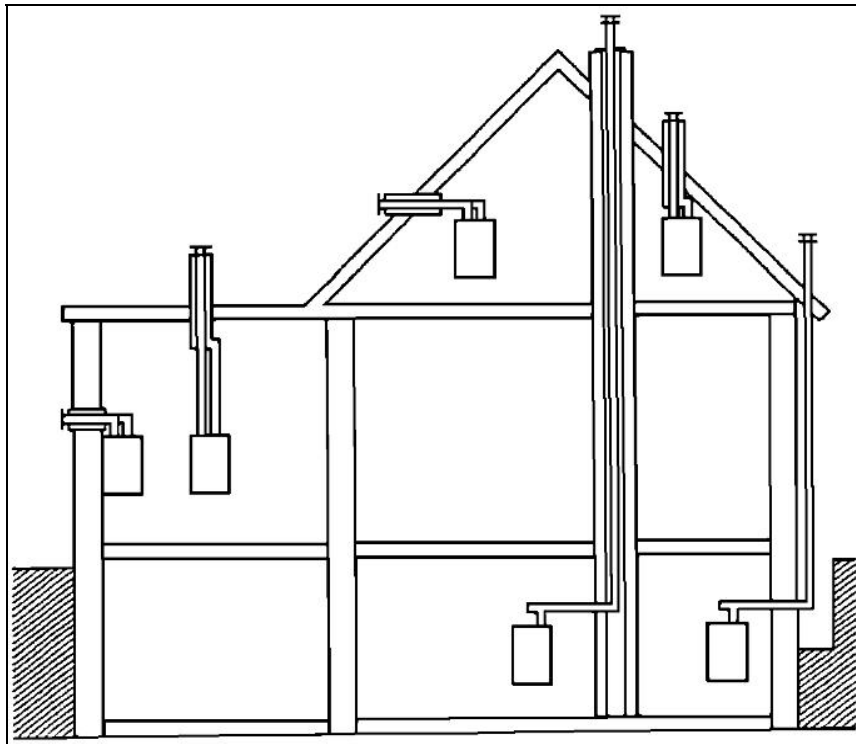
Στο σχήμα 7.22 φαίνεται η ενδεικτική κατασκευαστική διαμόρφωση καπνοδόχου καυσαερίων - αέρα, η οποία συνεργάζεται με οικιακές συσκευές καύσης αερίου.

Με το σύστημα αυτό, αφενός μεν επιτυγχάνονται δύο στόχοι με ένα άνοιγμα στο κτίριο, αφετέρου δε η διαδρομή του νωπού αέρα παράλληλα προς την καπνοδόχο, οδηγεί σε προθέρμανση και επομένως εξοικονόμηση ενέργειας.

Σε παρόμοιες εγκαταστάσεις εκείνα που χρειάζονται προσοχή είναι:

- Η διασφάλιση της ποιότητας του αέρα προσαγωγής, με τον αποκλεισμό της πιθανότητας να συμπαρασυρθούν καυσαέρια τόσο από το σημείο εξόδου (επαρκής απόσταση και κατάλληλη διαμόρφωση), όσο και από πιθανές διαρροές του σώματος της καπνοδόχου.

- Η ανάκτηση θερμότητας κατά την αντιρροή καπναερίων και νωπού αέρα, δεν πρέπει να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της θερμοκρασίας τους και σε πιθανή υγροποίηση υδρατμών.



**Σχήμα 7.23:** ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΩΝ "ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ - ΑΕΡΑ" ΠΟΥ ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΠΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Η ΑΕΡΙΟΥ.



**Εικόνα 7.24:** ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΖΑΧΑΡΗΣ  $\Phi$  1,5 m ΚΑΙ ΥΨΟΥΣ 30 m.

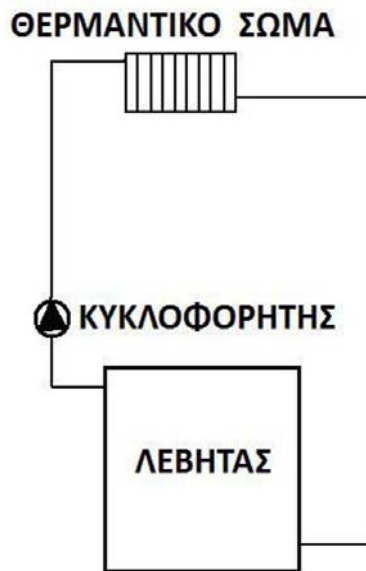
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ «ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ»

### 8. 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το δίκτυο διανομής αποτελεί το "δρόμο" που ακολουθεί ο φορέας της θερμότητας, για να τη μεταφέρει από την εστία παραγωγής της, στους χώρους που πρόκειται να θερμανθούν. Πρόκειται για ένα κλειστό κύκλωμα όπου ο φορέας επιστρέφει στην εστία, ώστε να παραλάβει νέα θερμικά ποσά και να επαναλάβει τη διαδικασία μεταφοράς τους.

Αποτελείται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- τις σωληνώσεις και τα εξαρτήματα διαμόρφωσής τους
- την αντλία λειτουργίας (κυκλοφορητή)
- τα στοιχεία απόδοσης της θερμότητας (θερμαντικά σώματα, boilers).

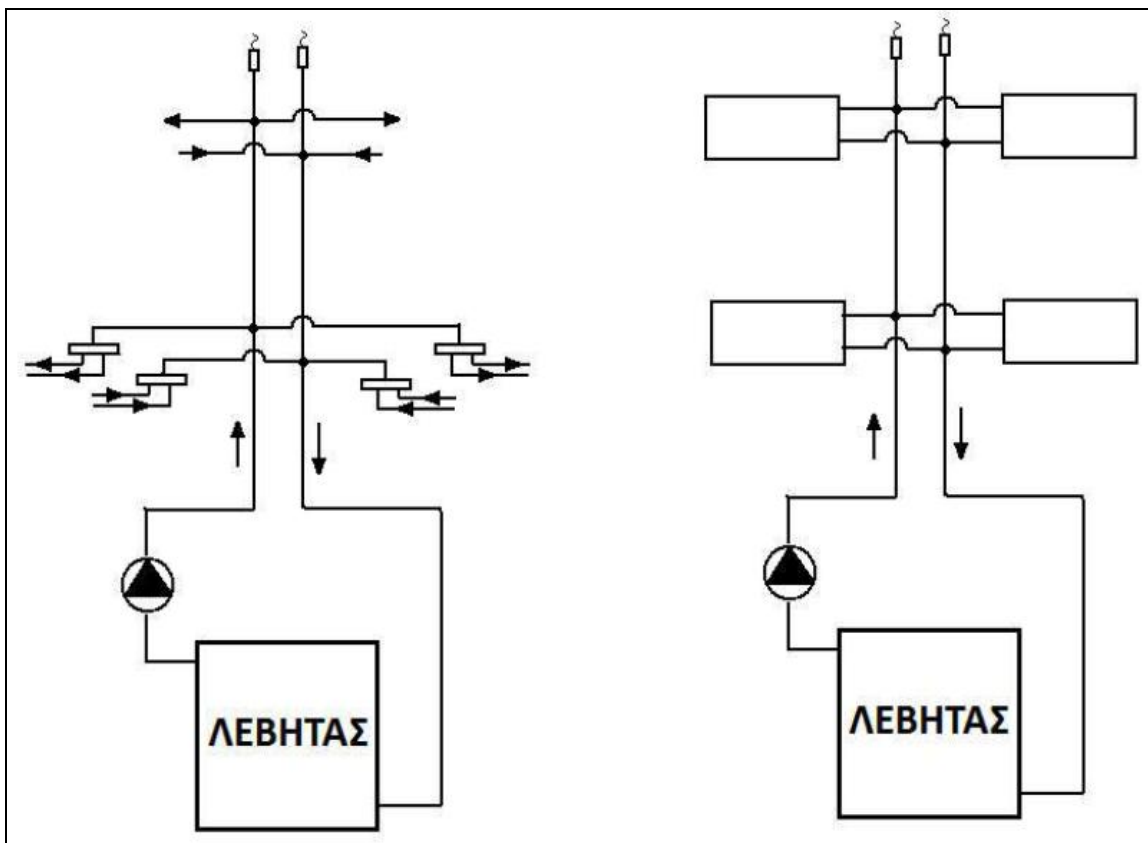


Σχήμα 8.1. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΣ ΚΥΚΛΩΜΑ Κ.Θ.

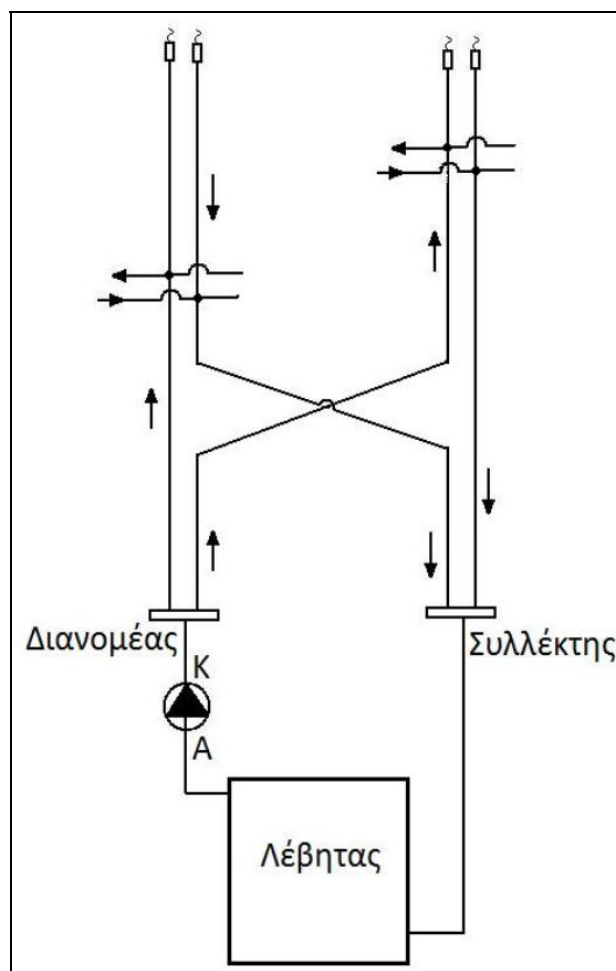
Το στοιχειώδες κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα 8.1., εμφανίζεται για κάθε ένα θερμαντικό σώμα (στο δισωλήνιο σύστημα) ή για κάθε βρόχο (στο μονοσωλήνιο), με άκρα του τα σημεία σύνδεσης με τις κατακόρυφες κεντρικές στήλες ή τους συλλέκτες διανομής. Σε πιο μεγάλα δίκτυα η ανάπτυξη μπορεί να απαιτεί περισσότερα ζεύγη κατακόρυφων στηλών και τότε, κάθε ένα από αυτά έχει τα δικά του άκρα (τους κεντρικούς συλλέκτες), τους κλάδους του και τα δικά του στοιχειώδη κυκλώματα.

Τα στοιχεία που χρειαζόμαστε για να προσδιορίσουμε ένα δίκτυο διανομής σε μια εγκατάσταση θέρμανσης είναι, η παροχή  $V$  (σε  $m^3/h$ ), η θερμοκρασιακή πτώση  $\Delta t = t_v - t_r$  (σε  $K$ ), το θερμικό φορτίο  $Q$  (σε  $W$ ), η ταχύτητα ροής  $u$  (σε  $m/s$ ) και η πτώση πίεσης  $\Delta p$  (σε  $Pa$ ).

Η παροχή σε κάθε γραμμή του δικτύου που διακλαδίζεται είναι ίση με το άθροισμα των παροχών των κλάδων της. Η δε κεντρική γραμμή, που περιέχει τον λέβητα και τον κυκλοφορητή, έχει τη συνολική παροχή του δικτύου.



**Σχήμα 8.2.** ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΕΝΑ ΖΕΥΓΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΗΛΩΝ:  
ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΣΕ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟ ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ ΣΕ ΔΙΣΩΛΗΝΙΟ.



**Σχήμα 8.3.** ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ  
ΔΥΟ ΖΕΥΓΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΗΛΩΝ.

Η θερμοκρασιακή πτώση είναι η διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εξόδου - εισόδου του νερού στο λέβητα. Αν θεωρήσουμε όλο το δίκτυο σωληνώσεων θερμομονωμένο, τότε αυτή είναι ίση και με τη διαφορά θερμοκρασίας εισόδου-εξόδου του νερού στο θερμαντικό σώμα του στοιχειώδους κυκλώματος. Στην πράξη έχει τιμές μεταξύ 10 και 20°C. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στο λέβητα και σε σώματα του δισωλήνιου συστήματος, ενώ οι μικρότερες στους βρόχους και στα σώματα του μονοσωλήνιου συστήματος.

Το θερμικό φορτίο  $Q$  είναι η θερμική ισχύς της εγκατάστασης. Γνωρίζουμε ότι η βασική σχέση της θερμιδομετρίας είναι ( $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ ), όπου  $m$  είναι η μάζα του νερού και  $c$  η ειδική θερμοχωρητικότητα. Επειδή όμως ( $m = \rho \cdot V$ ) όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα του νερού και έχει κατά προσέγγιση  $\rho = 1 \text{ kg/lit}$  και  $c = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ , η σχέση γίνεται:

$$Q = V \cdot \Delta t$$

Η ταχύτητα ροής του νερού στους σωλήνες δεν είναι ίδια σε όλα τα τμήματα του δικτύου και στην πράξη κυμαίνονται οι τιμές της μεταξύ 0,6 και 1 m/s. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = u \cdot S$$

Όπου  $S$  είναι η διατομή του σωλήνα. Από την σχέση μπορούμε να καταλάβουμε ότι μεγαλύτερες ταχύτητες δίνουν την επιθυμητή παροχή με μικρές διατομές (οικονομικές). Όμως αυτό δημιουργεί θορυβώδη κυκλοφορία (σφυρίγματα), μεγάλες αντιστάσεις τριβών και μικρή διάρκεια ζωής των σωλήνων. Οι πολύ μικρές ταχύτητες δίνουν μεγάλες διατομές (αντιοικονομικές) και καθυστερήσεις αρχικής ανταπόκρισης της εγκατάστασης στο ζητούμενο θερμικό αποτέλεσμα. Οι μεγάλες ταχύτητες δεν ευνοούν τη συγκράτηση αέρα σε μικροανωμαλίες της οριζόντιας ανάπτυξης και γι' αυτό προτιμούνται στα μονοσωλήνια συστήματα με ενδοδαπέδια διανομή. Στα τεχνικά εγχειρίδια και φυλλάδια των κατασκευαστών σωλήνων αναφέρονται σαν αποδεκτά τα όρια ταχύτητας 0,4 - 0,2 m/s.

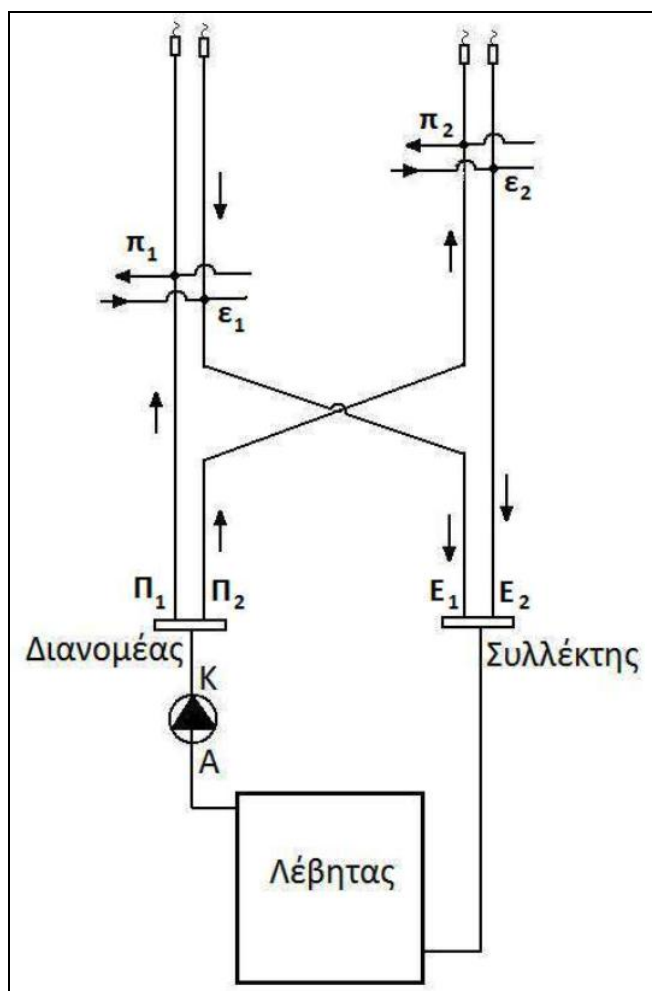
Για να διατηρηθεί σταθερή η παροχή του νερού στο δίκτυο (ή σε κάθε τμήμα του), πρέπει να υπερνικούνται οι αντιστάσεις τριβής που εμφανίζονται κατά τη ροή στις σωληνώσεις και τα άλλα στοιχεία του δικτύου. Οι αντιστάσεις αυτές εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- το υλικό και την τραχύτητα των σωλήνων
- τις διαστάσεις τους (μήκος - διάμετρο)
- το είδος της ροής (στρωτή - στροβιλώδης)
- την πυκνότητα του νερού (που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του) και
- την ταχύτητά του, η οποία είναι και η πιο σημαντική.

Η υπερνίκηση των αντιστάσεων τριβής γίνεται με την πρόσδοση στο νερό ενέργειας από την αντλία του δικτύου (κυκλοφορητή). Μέτρο της ενέργειας αυτής είναι η διαφορά πίεσης μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης της αντλίας.

Το ύψος του δικτύου δεν απαιτεί δυναμική ενέργεια για την υπερνίκησή του, γιατί σε κλειστό κύκλωμα, η δυναμική ενέργεια που παραλαμβάνει μια ποσότητα νερού για να φθάσει από μια αρχική στάθμη σε ένα συγκεκριμένο ύψος, αποδίδει στο σύστημα, επειδή, ταυτόχρονα, μια ισοδύναμη ποσότητα επιστρέφει από το ίδιο ύψος στην αρχική στάθμη. Κατά συνέπεια η απαιτούμενη ενέργεια εξαρτάται από το συνολικό μήκος των σωληνώσεων και όχι από το αν το μήκος αυτό αναπτύσσεται οριζόντια ή κατακόρυφα.

Το μέγεθος που χρησιμοποιείται στην Κ.Θ. για την εκτίμηση των αντιστάσεων τριβής είναι η διαφορά πίεσης  $\Delta p$  που απαιτείται μεταξύ αρχής και τέλους του δικτύου, ώστε να εξασφαλίζουμε ροή με την επιθυμητή ταχύτητα. Σαν άκρα του δικτύου θεωρούμε τα σημεία σύνδεσης του κυκλοφορητή, ενώ για τα επί μέρους τμήματα, τα σημεία σύνδεσής τους με την κεντρική γραμμή από την οποία τροφοδοτούνται. Αν υπάρχουν περισσότερες από μία κατακόρυφες στήλες, τότε άκρα τους είναι τα σημεία σύνδεσής τους με τους συλλέκτες προσαγωγής - επιστροφής.



**Σχήμα 8.4:** ΑΚΡΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ. Α-Κ: ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ, Π-Ε: ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΗΛΩΝ, Π-Ε: ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.

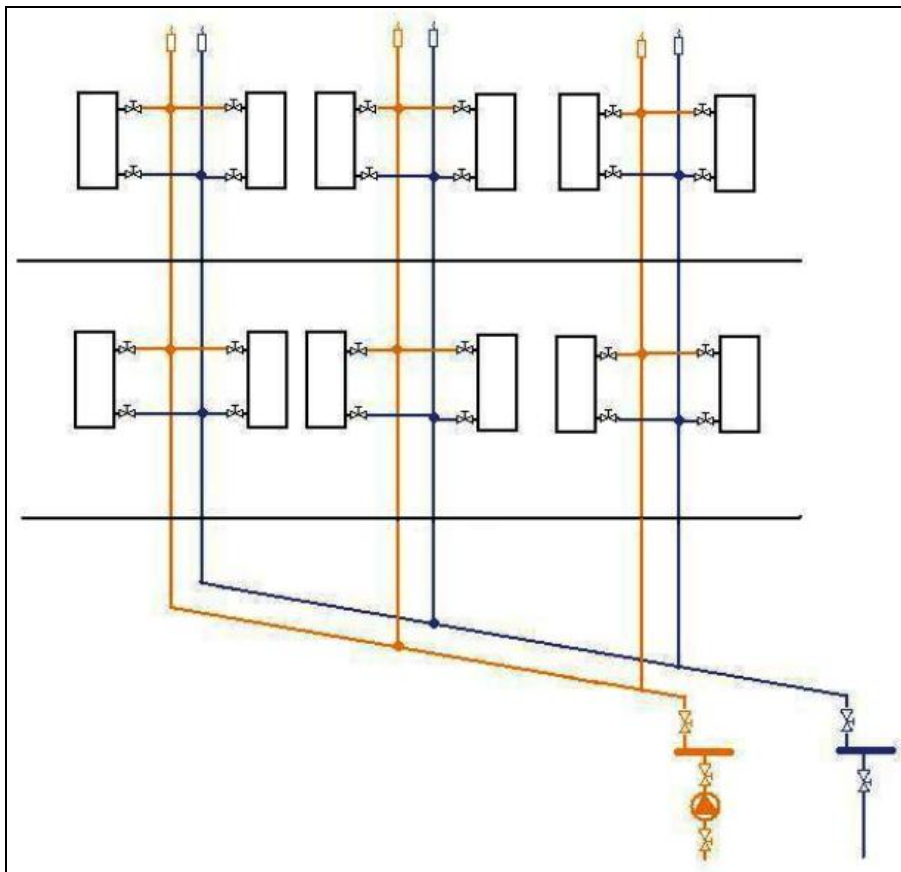


## 8.2. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

### 8.2.1. Κατασκευαστικά Στοιχεία

Τα τελικά τμήματα του δικτύου αποτελούνται από τις σωληνώσεις και τα σώματα που τροφοδοτούνται. Αν πρόκειται για δισωλήνιο σύστημα περιλαμβάνουν από ένα σώμα και είναι συνδεδεμένα παράλληλα μεταξύ τους με τις κεντρικές στήλες. Τα κυκλώματα των σωμάτων του ίδιου ορόφου (και, στην περίπτωση πολλών στηλών, της ίδιας κατακόρυφης στήλης) έχουν προφανώς την ίδια διαθέσιμη διαφορά πίεσης στα άκρα τους.

Σε περιπτώσεις κτιρίων μεγάλης έκτασης ή δυσχερειών της οριζόντιας ανάπτυξης σωληνώσεων στα επίπεδα των κατοικιών (ή άλλων χώρων), έχουμε συνήθως περισσότερα ζεύγη κατακόρυφων στηλών συνδεδεμένων στους συλλέκτες του λεβητοστασίου και αναπτυγμένων συνήθως οριζόντια στην οροφή του υπογείου.



Σχήμα 8.5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΣΩΛΗΝΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΡΙΑ ΖΕΥΓΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΣΤΗΛΩΝ.

Στο μονοσωλήνιο σύστημα κάθε τελικό κύκλωμα (βρόχος) περιλαμβάνει περισσότερα σώματα (συνήθως 2 ~ 4) που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά. Οι βρόχοι είναι μεταξύ τους συνδεδεμένοι παράλληλα, όπως και στο δισωλήνιο σύστημα. Αν ο όροφος διαθέτει πολλούς βρόχους, τα άκρα τους συνδέονται σε κατάλληλους συλλέκτες και έχουν και εδώ την ίδια διαθέσιμη πίεση  $\Delta p$ .

Σε κάθε περίπτωση το δίκτυο ολοκληρώνεται με τα απαραίτητα εξαρτήματα διαμόρφωσής του (ταυ, καμπύλες, συστολές, μούφες, ρακόρ κ.λ.π.), ελέγχου - ρυθμίσεών του (διακόπτες, βάνες κ.λ.π.), εξαερισμού του, καθώς και διάφορες διατάξεις αυτοματισμών.

Οι σωλήνες, από πλευράς υλικού κατασκευής, διακρίνονται σε χαλυβδοσωλήνες και "μαύρους" σιδηροσωλήνες, σε χαλκοσωλήνες και σε πλαστικούς σωλήνες. Οι τελευταίοι συνήθως είναι από πολυπροπυλένιο (PP) ή από πολυαιθυλένιο (PE). Τα εξαρτήματα ελέγχου και ρύθμισης της ροής (διακόπτες, βαλβίδες, βάνες) συνήθως είναι κατασκευασμένα από ορείχαλκο, δηλαδή κράμα Cu (χαλκού) και Sn (ψευδάργυρου). Κατασκευάζονται επίσης από μαλακό σίδηρο ή χυτοσίδηρο, σπάνια δε από χάλυβα (για μεγάλες πιέσεις). Τα εξαρτήματα διαμόρφωσης του δικτύου (μούφες, καμπύλες, ταυ, συστολές κ.λ.π.) κατασκευάζονται από μαλακό σίδηρο ή χυτοσίδηρο, και για δίκτυα χαλκοσωλήνων από χαλκό.

Σε όλους τους σωλήνες οι συνδέσεις γίνονται με ρακόρ και διπλά κωνικά δακτυλίδια, για να δημιουργηθεί απόλυτη στεγανότητα. Η σύνδεση αυτή έχει και τη δυνατότητα αντικατάστασης του σωλήνα σε περίπτωση καταστροφής του.

Στην κατακόρυφη στήλη χρησιμοποιείται σωλήνας βαρέου τύπου, ικανός να παραλάβει την παροχή νερού για τους ορόφους. Σε εγκαταστάσεις με χρήση χαλκοσωλήνα προτιμάται η χρήση χαλκοσωλήνα και για την κατακόρυφη στήλη, για λόγους προστασίας της εγκατάστασης από τις ηλεκτρολυτικές ιδιότητες του νερού.

Μερικοί κατασκευαστές προτείνουν και τη χρήση πλαστικού σωλήνα που χρησιμοποιείται σε ενδοδαπέδια συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Για εγκαταστάσεις όμως μονοσωλήνιου ή δισωλήνιου συστήματος δεν προτείνονται, για τον λόγο ότι οι συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασιακές) πλησιάζουν αρκετά τα όρια αντοχής αυτών, πράγμα που δεν συμβαίνει σε ενδοδαπέδια συστήματα, όπου η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή και αρκετά μακριά από τα όρια αντοχής τους.

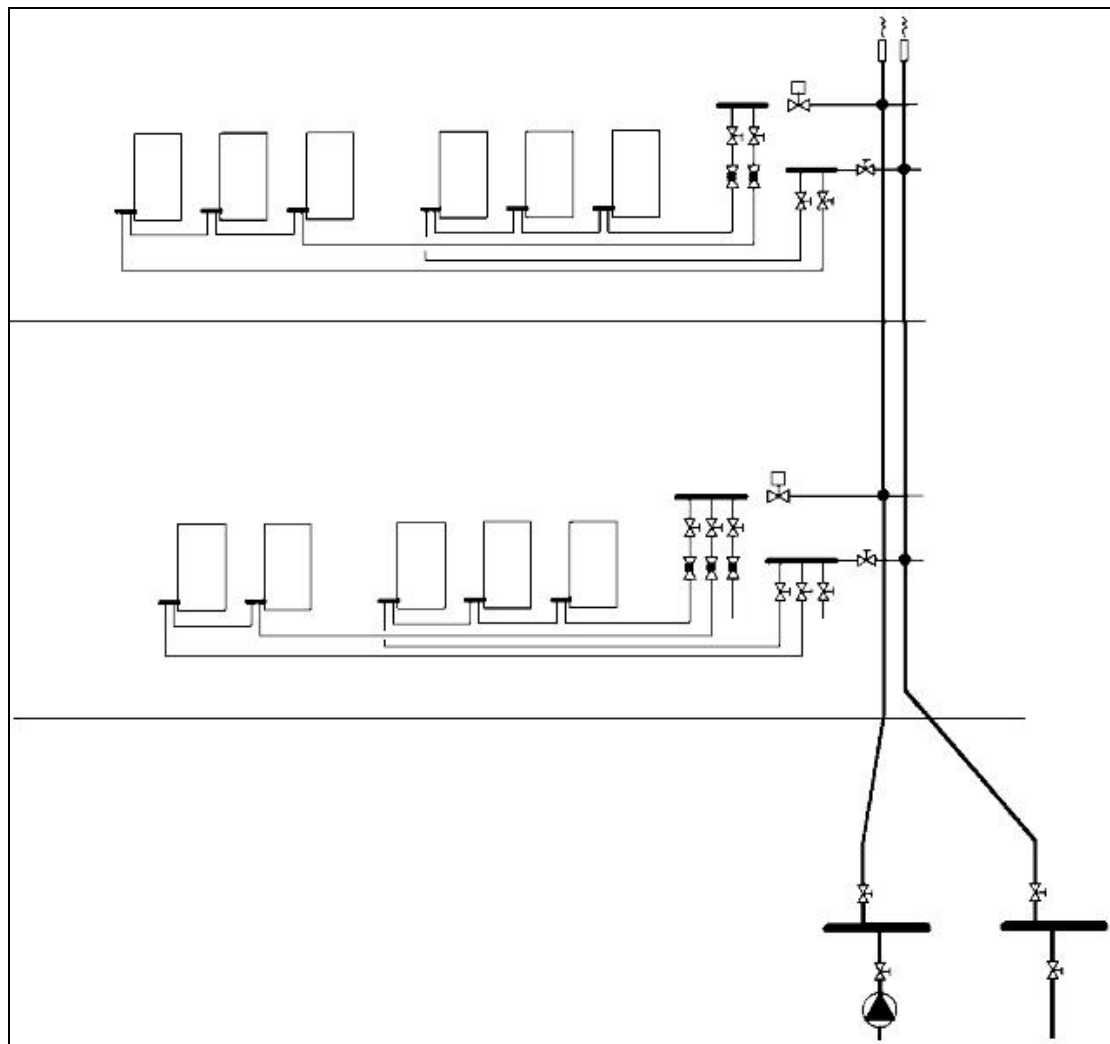
### **8.2.2. Χαρακτηριστικά στοιχεία**

Ο τύπος του σωλήνα που χρησιμοποιείται στο μονοσωλήνιο σύστημα είναι εύκαμπτος σωλήνας και εμφανίζει λιγότερες τριβές από το χαλύβδινο βαρέως τύπου, κάτι που μας ενδιαφέρει, επειδή το σύστημα αυτό εμφανίζει υψηλές τριβές.

Ο εύκαμπτος σωλήνας μπορεί να είναι χαλύβδινος (μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα) ή χάλκινος, ανάλογα με την εγκατάσταση στην οποία χρησιμοποιείται. Οι σωλήνες αυτοί διατίθενται σε διαμέτρους 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 28 και 32mm και με πάχος τοιχώματος που ξεκινά από το 1mm για χαλυβδοσωλήνα και από 0,8mm για χαλκοσωλήνα. Ο ελαστικός χαλυβδοσωλήνας διατίθεται με ειδική πλαστική επικάλυψη που του προσφέρει και κάποια θερμομονωτική προστασία, καθώς και προστασία από την υγρασία και τις διαβρώσεις, ενώ ο χαλκοσωλήνας διατίθεται γυμνός ή και με επικάλυψη.

Η αντοχή του σωλήνα σε πίεση κυμαίνεται από 400 μέχρι 1100 bar, αντιστρόφως ανάλογα της διαμέτρου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις με θερμοκρασία νερού μέχρι 110 °C.

Στα διαγράμματα 8.1, 8.2, 8.3 παρουσιάζονται οι αναπτυσσόμενες τριβές παροχής για εύκαμπτους χαλκοσωλήνες, ευθύγραμμους και χαλυβδοσωλήνες βαρέως τύπου αντίστοιχα.



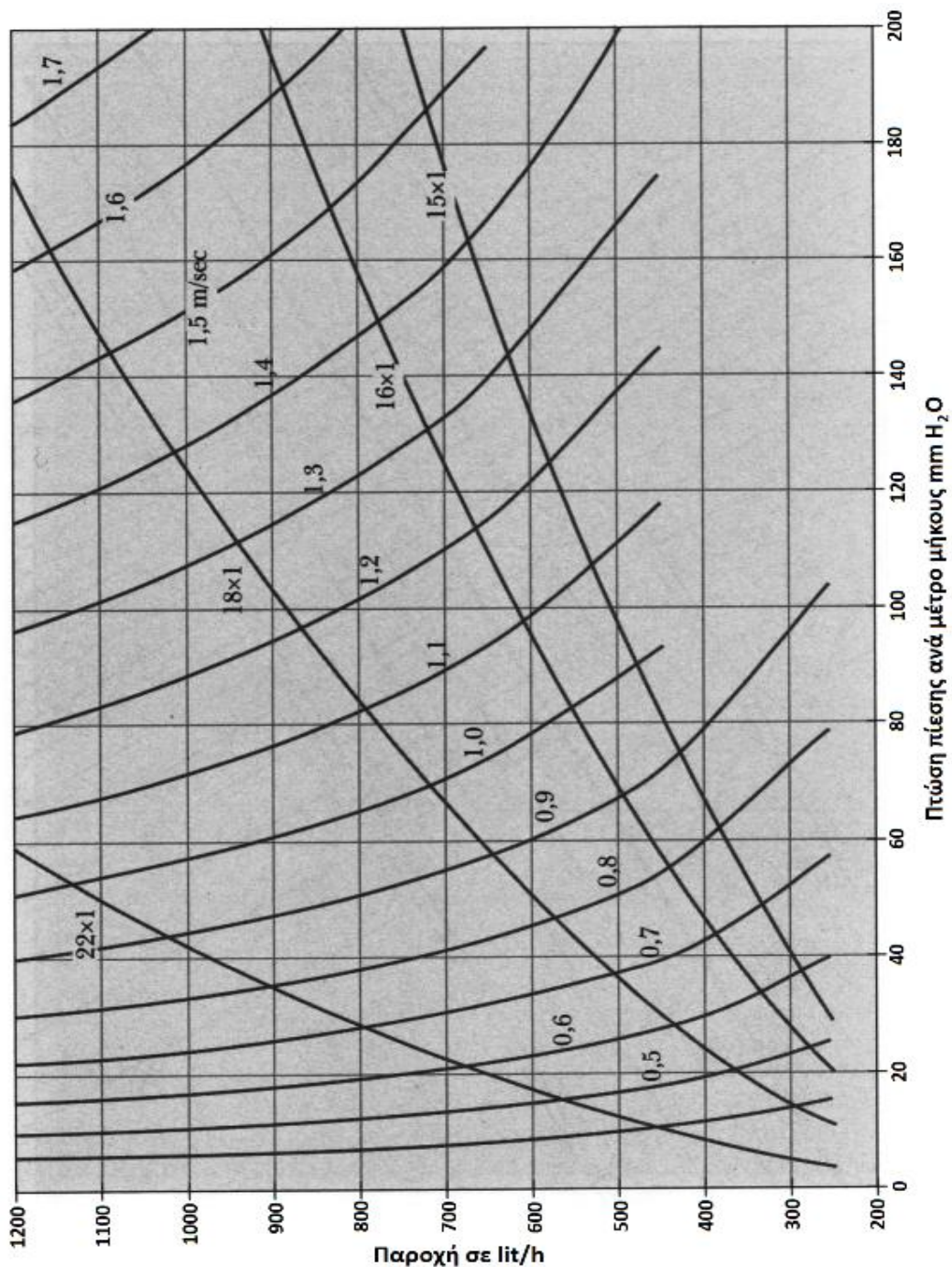
**Σχήμα 8.6:** ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΟΝΟΣΩΛΗΝΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΝΑ ΖΕΥΓΟΣ ΣΤΗΛΩΝ.

Σε περίπτωση χρήσης χαλκοσωλήνων, επειδή υπάρχει διαφορά ηλεκτροθετικότητας μεταξύ χαλκού και σιδήρου, δημιουργεί προβλήματα "ηλεκτροχημικής διάβρωσης" στα χαλύβδινα μέρη της εγκατάστασης (στοιχεία του λέβητα, χαλύβδινα θερμαντικά σώματα, σιδηροσωλήνες). Το φαινόμενο περιορίζεται με τη σύνδεση των ορειχάλκινων εξαρτημάτων ρύθμισης, αλλά για καλύτερη προστασία, συνδέεται στο δίκτυο ειδικό ηλεκτρόδιο από μαγνήσιο (Mg).

### **8.2.3. Συγκρίσεις και Χρήσεις.**

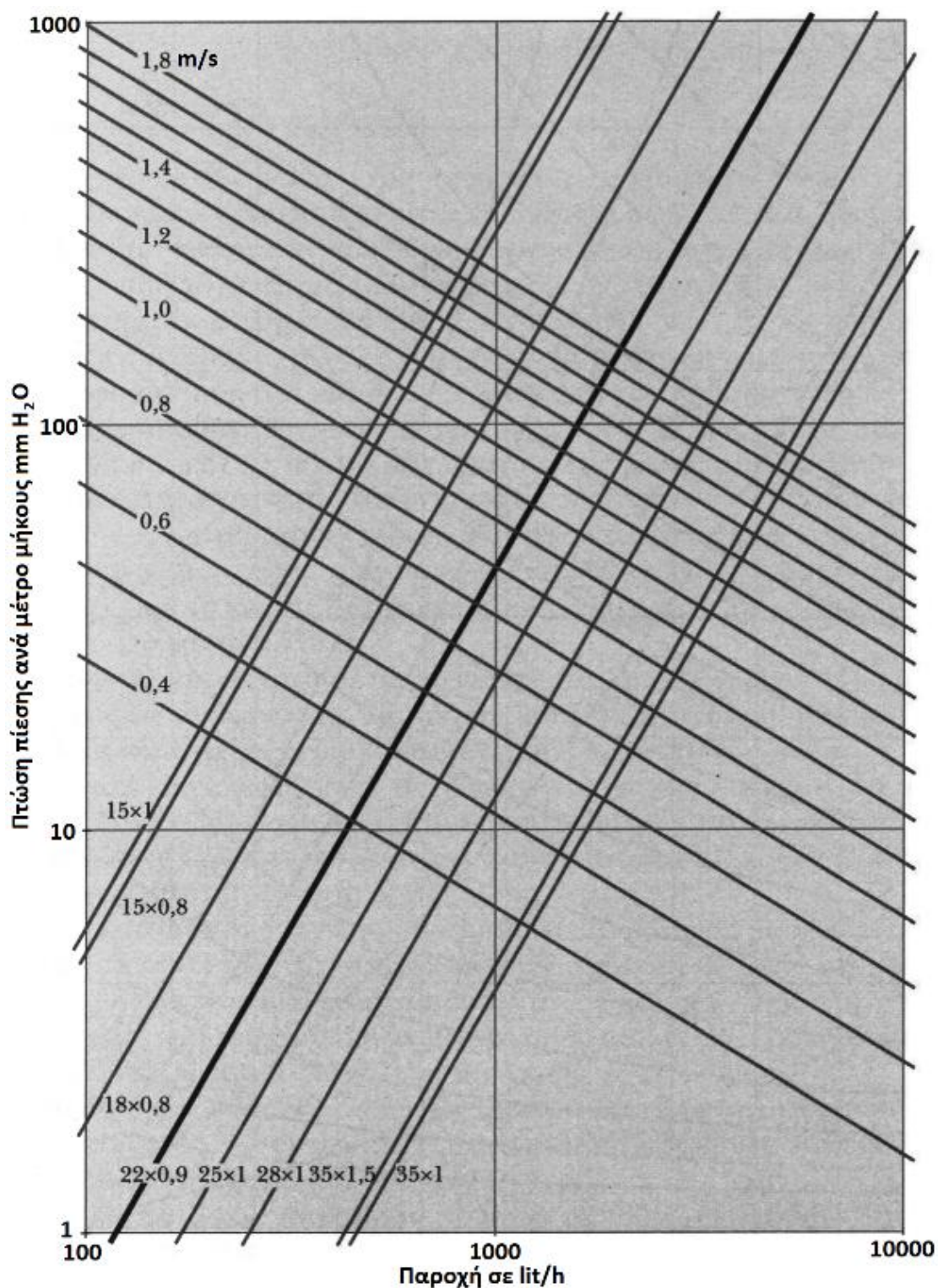
#### **8.2.3.1. Από πλευράς ανάπτυξης**

Το βασικό πλεονέκτημα του μονοσωλήνιου συστήματος είναι η ευχέρεια της λειτουργικής αυτονομίας των διάφορων ιδιοκτησιών ή των τμημάτων ενός κτιρίου (θέρμανση κατά ζώνες). Ο σχεδιασμός του δικτύου σε μεγάλο βαθμό επιβάλλεται από τα δεδομένα του κτιρίου, όπως είναι το ύψος του, οι οριζόντιες επιφάνειές του, η θέση και η επιφάνεια του λεβητοστασίου, ο αριθμός και οι θέσεις των θερμαντικών σωμάτων, οι κοινόχρηστοι χώροι, η ύπαρξη pilotis κ.λ.π.



**Διάγραμμα 8.1:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΙΒΩΝ-ΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΕΥΚΑΜΠΤΟΥΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ 80 °C.

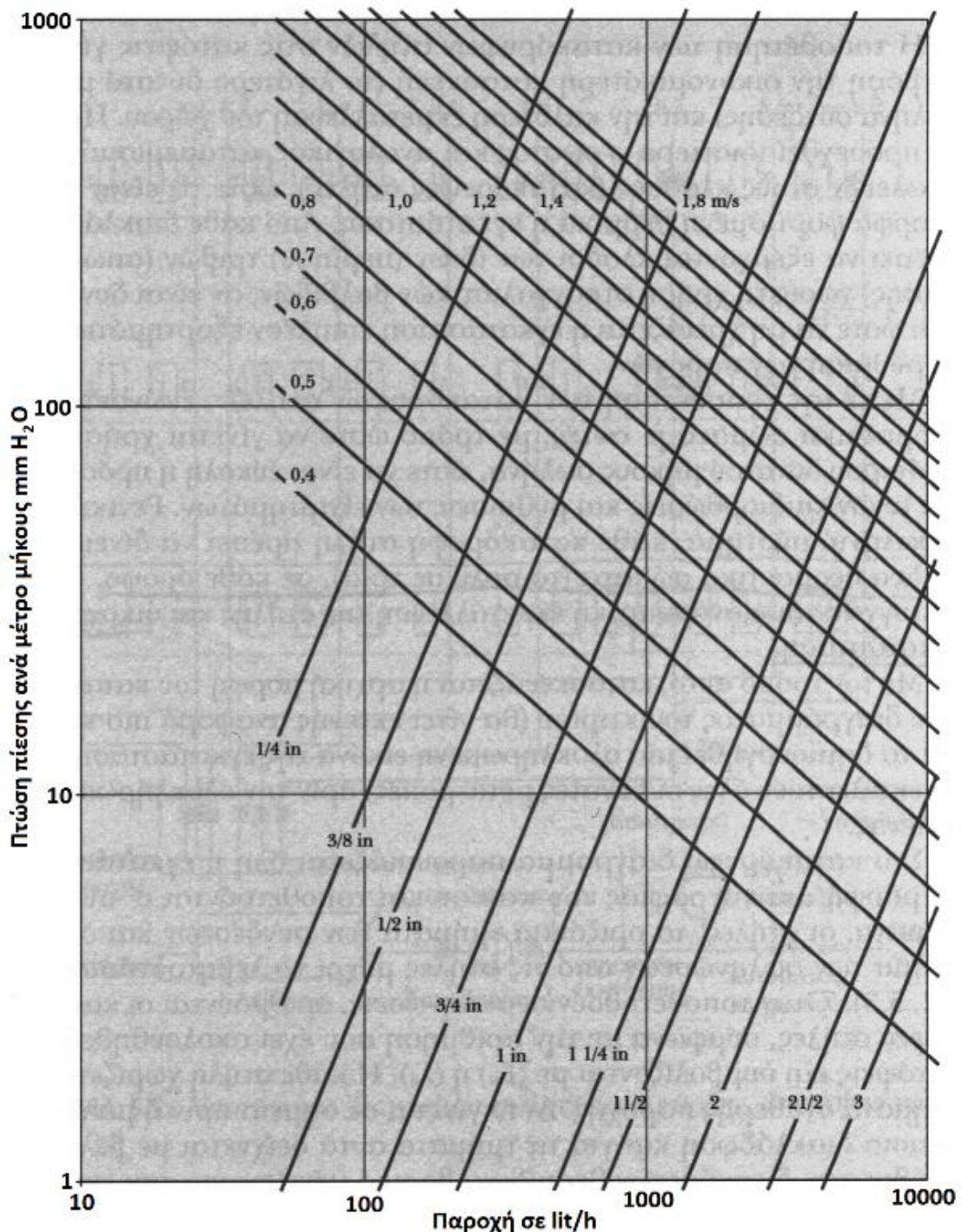
Όσο περισσότερα είναι τα ζεύγη των κατακόρυφων στηλών τόσο περιορίζεται η οριζόντια ανάπτυξη του δικτύου στους κατοικήσιμους χώρους και τα προβλήματα που αυτή δημιουργεί. Επίσης, με τη διαίρεση της εγκατάστασης σε τμήματα, διευκολύνονται οι ρυθμίσεις και οι επεμβάσεις που μπορεί να χρειαστούν (επισκευές, αντικαταστάσεις) κατά τη λειτουργία της. Προϋπόθεση βέβαια είναι η δυνατότητα οριζόντιων διαδρομών στην οροφή των υπογείων. Όμως ο σχεδιασμός αυτός επιβάλλει πολλά τρυπήματα στις πλάκες των ορόφων για το πέρασμα των κατακόρυφων στηλών. Επίσης έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη συνολική παροχή για τους υπολογισμούς των διατομών και του κυκλοφορητή. Η λύση αυτή συνηθίζεται σε δισωλήνια συστήματα με εμφανείς τις οριζόντιες γραμμές τροφοδότησης των σωμάτων.



**Διάγραμμα 8.2:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥΣ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ ΜΕ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ 80 °C.

Αντίθετα, στο μονοσωλήνιο σύστημα, που κατά κανόνα συνδυάζεται με ενδοδαπέδια ανάπτυξη των βρόχων τροφοδότησης των σωμάτων, ο αριθμός των ζευγών κατακόρυφων στηλών είναι πολύ περιορισμένος (έως και ένα σε κτίρια μικρής επιφάνειας) και οι διαδρομές τους συνήθως ακολουθούν κοινόχρηστους χώρους.

Ο σχεδιασμός θεωρείται επιτυχημένος, όταν συνδυάζει όσο το δυνατόν καλύτερη διανομή από λειτουργική άποψη, μικρότερες επεμβάσεις στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, ικανοποιητικά αισθητικά αποτελέσματα και οικονομική κατασκευή.



Διάγραμμα 8.3: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΙΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ 80 °C.

### 8.2.3.2. Από πλευράς υλικών

Οι **χαλυβδωσώληνες** πλεονεκτούν από πλευράς μηχανικής αντοχής, δε δημιουργούν ηλεκτροχημική διάβρωση στα χαλύβδινα ή χυτοσιδηρά στοιχεία της εγκατάστασης και είναι πιο φθηνοί. Υπάρχουν σε ποικιλία ποιοτήτων με βασικό διακριτικό τους την αντοχή στην πίεση. Έχουν μικρότερα προβλήματα θερμικών διαστολών από τους χαλκοσωλήνες και γι' αυτό προτιμούνται για τις κατακόρυφες στήλες, ιδιαίτερα ψηλών κτιρίων, όπου οι χαλκοσωλήνες θα δημιουργούσαν μεγαλύτερα προβλήματα λόγω μεγάλων διαστολών.

Οι **χαλκοσωλήνες** με τη σειρά τους πλεονεκτούν από πλευράς ευκαμψίας, πράγμα που διευκολύνει τις εργασίες διαμόρφωσης των δικτύων. Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, είναι πιο ανθεκτικοί στη διάβρωση και γι' αυτό προτιμούνται σε ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις, που τυχόν ζημιές σε σωλήνες συνεπάγονται δύσκολες εργασίες και μεγάλες δαπάνες αποκατάστασης. Προϋπόθεση βέβαια αποτελεί η προστασία τους από μηχανικές καταπονήσεις ή φθορές και η ανάπτυξή τους χωρίς συνδέσεις μέσα στα δάπεδα (μονοκόμματοι).

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των χαλκοσωλήνων είναι οι μικρότερες αντιστάσεις τριβής από τους χαλυβδοσωλήνες. Αυτό δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ταχυτήτων.

Επειδή ο χαλκός έχει μικρότερη ειδική θερμοχωρητικότητα από το χάλυβα, οι χαλκοσωλήνες θερμαίνονται και ψύχονται αντίστοιχα, πιο γρήγορα από τους χαλύβδινους.

Ιδιαίτερα για μικρές και μεσαίες διαστάσεις, είναι προτιμότεροι παρά το μεγαλύτερο κόστος αγοράς τους. Ειδικά στην περίπτωση των ενδοδαπέδιων σωληνώσεων του μονοσωλήνιου συστήματος, παρά την ύπαρξη και εύκαμπτων χαλυβδοσωλήνων σε κουλούρες, είναι αναντικατάστατοι.

Τέλος οι **πλαστικοί σωλήνες**, έχουν μεγάλη ευκαμψία, μικρό ειδικό βάρος, λειτουργούν αθόρυβα και είναι φθηνοί. Υστερούν όμως σημαντικά έναντι των μεταλλικών σε μηχανική αντοχή και είναι ευαίσθητοι σε μεγάλες θερμοκρασίες και στην ηλιακή ακτινοβολία. Κυρίως λόγω του μικρού τους κόστους και της εύκολης επεξεργασίας τους, έχουν διαδοθεί αρκετά στην Κεντρική Θέρμανση. Ειδικά για ενδοδαπέδια τμήματα υπάρχουν πλαστικοί σωλήνες με εξωτερική προστατευτική επένδυση από δεύτερο σωλήνα, μέσα στον οποίο μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα στην περίπτωση τυχόν αντικατάστασής τους.

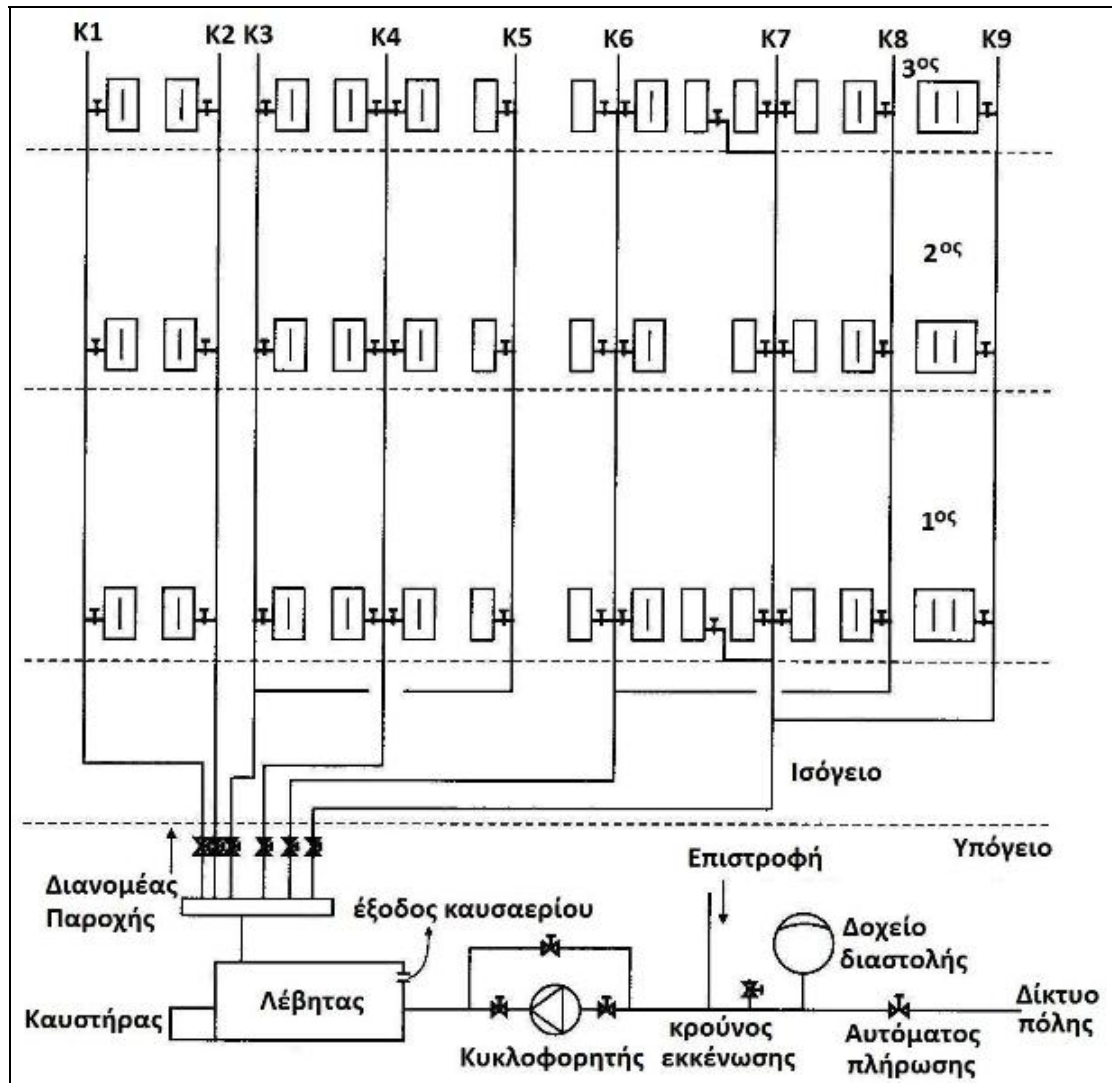
#### **8.2.4. Τοποθέτηση Κατακόρυφων Στηλών.**

Η τοποθέτηση των κατακόρυφων στηλών στις κατόψεις γίνεται με βάση την οικονομικότερη κατασκευή (το λιγότερο δυνατό μήκος σωλήνα σύνδεσης) και την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου. Πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο σωστός και αναλογικός καταμερισμός των απωλειών στους κλάδους (κατακόρυφες στήλες), ώστε να είναι ομοιόμορφα φορτισμένη θερμικά η εγκατάσταση. Από κάθε διακλάδωση πρέπει να εξέρχονται κλάδοι των ίδιων (περίπου) τριβών (απωλειών πίεσης) χωρίς τη χρήση στραγγαλιστικών βαλβίδων, αν είναι δυνατόν, έτσι ώστε να μη χρειάζεται η εγκατάσταση επιπλέον εξαρτημάτων για τη ρύθμιση των παροχών.

Μετά την τοποθέτηση των κατακόρυφων στηλών, ενώνονται τα θερμαντικά σώματα μ' αυτές, με τρόπο ώστε να γίνεται χρήση του λιγότερου δυνατού μήκους σωλήνα, ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση για τυχόν επιδιορθώσεις και ρυθμίσεις των εξαρτημάτων. Γενικά, στο δισωλήνιο σύστημα, κάθε κατακόρυφη στήλη πρέπει να δίνει νερό σε δύο θερμαντικά σώματα (το πολύ σε τρία), σε κάθε όροφο. Έτσι, επιτυγχάνεται ικανοποιητική εκμετάλλευση της στήλης και οικονομική εγκατάσταση.

Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζεται η αρχική μορφή του κατακόρυφου διαγράμματος του κτιρίου για να δημιουργηθεί μία ολοκληρωμένη εικόνα της εγκατάστασης και να εκτελεστούν όλες οι δυνατές μετατροπές, πριν την ολοκλήρωση της μελέτης.

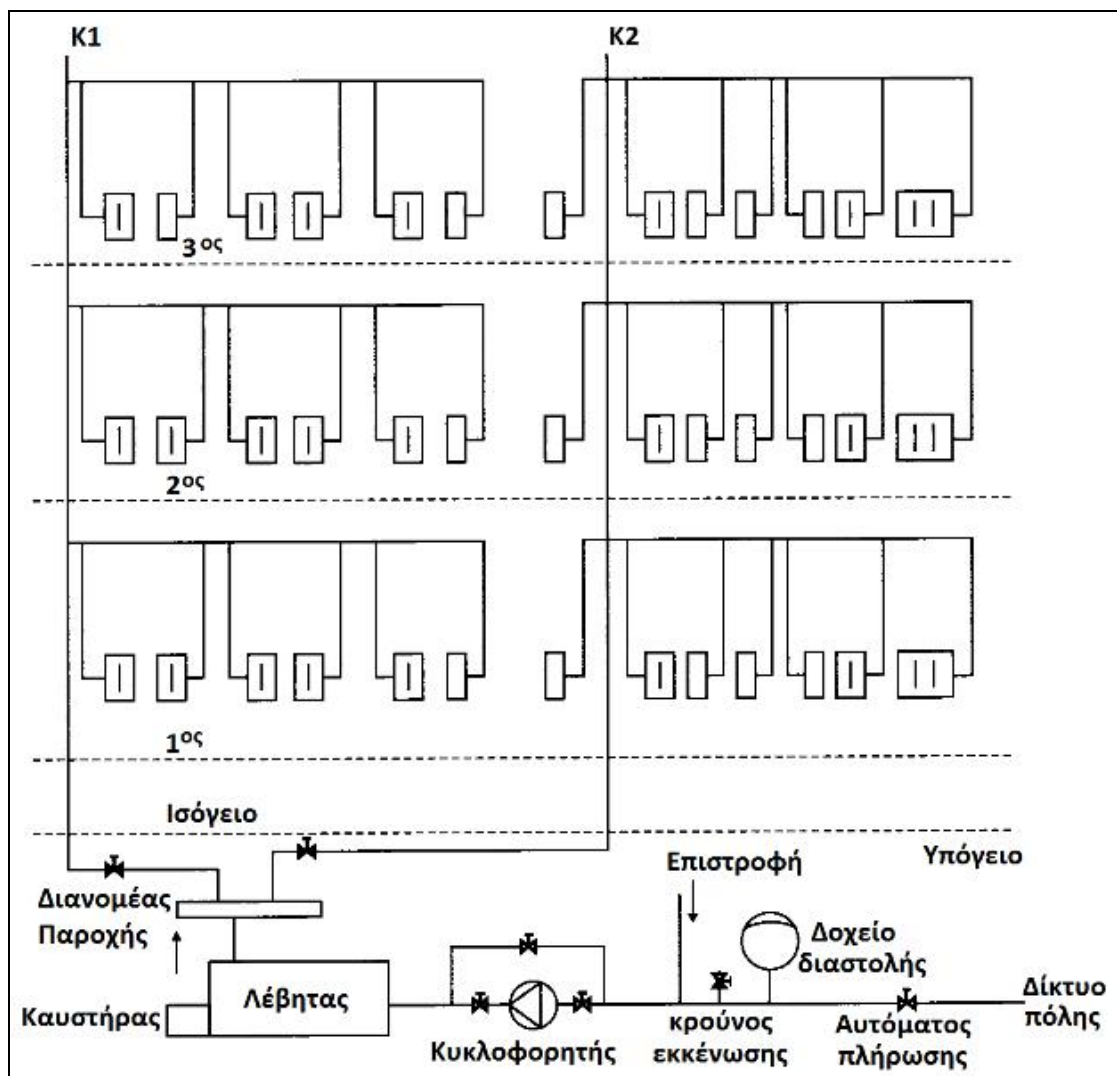
Στο παρακάτω κατακόρυφο διάγραμμα παρουσιάζεται όλη η εγκατάσταση σε μορφή ακτινογραφίας του κτιρίου και τοποθετούνται σ' αυτό τα σώματα, οι στήλες, τα οριζόντια τμήματα των συνδέσεων και όλο το τμήμα των σωληνώσεων από τις στήλες μέχρι το λεβητοστάσιο (σχ. 8.7, 8.8). Όταν τοποθετηθούν οι σωληνώσεις, αριθμούνται οι κατακόρυφες στήλες, σύμφωνα με την αρίθμηση που έχει ακολουθηθεί στις κατόψεις και συμβολίζονται με (K<sub>i</sub>) ή (Σ<sub>i</sub>). Η κάθε στήλη χωρίζεται σε τμήματα σταθερής παροχής. Αυτό γίνεται σε σημεία πριν ή μετά από κάποια διακλάδωση και για τα τμήματα αυτά δείχνεται με βέλος το πλήθος των διερχόμενων θερμίδων, βασικό μέγεθος για την επιλογή των διαμέτρων των σωληνώσεων.



Σχήμα 8.7: ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΔΙΣΩΛΗΝΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.

Για καλύτερη εγκατάσταση και για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αυτής είναι σκόπιμη η πρόβλεψη της ύπαρξης ρυθμιστικών διακοπών στη βάση κάθε κατακόρυφης στήλης, έτσι ώστε να είναι δυνατή η απομόνωση καθεμιάς και της ύπαρξης κρουνού (βρύσης) εκκένωσής τους. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η εκκένωση της εγκατάστασης, σε τυχόν πρόβλημα που θα εμφανιστεί σε κάποια κατακόρυφη στήλη και επίσης αποφεύγεται ο κίνδυνος πλήρους έλλειψης θέρμανσης του κτιρίου σε περίπτωση βλάβης κάποιων κατακόρυφων στηλών.





Σχήμα 8.8: ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΔΙΣΩΛΗΝΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΜΠΡΕΛΑ).

## 8.2.5. Υπολογισμοί και επιλογές

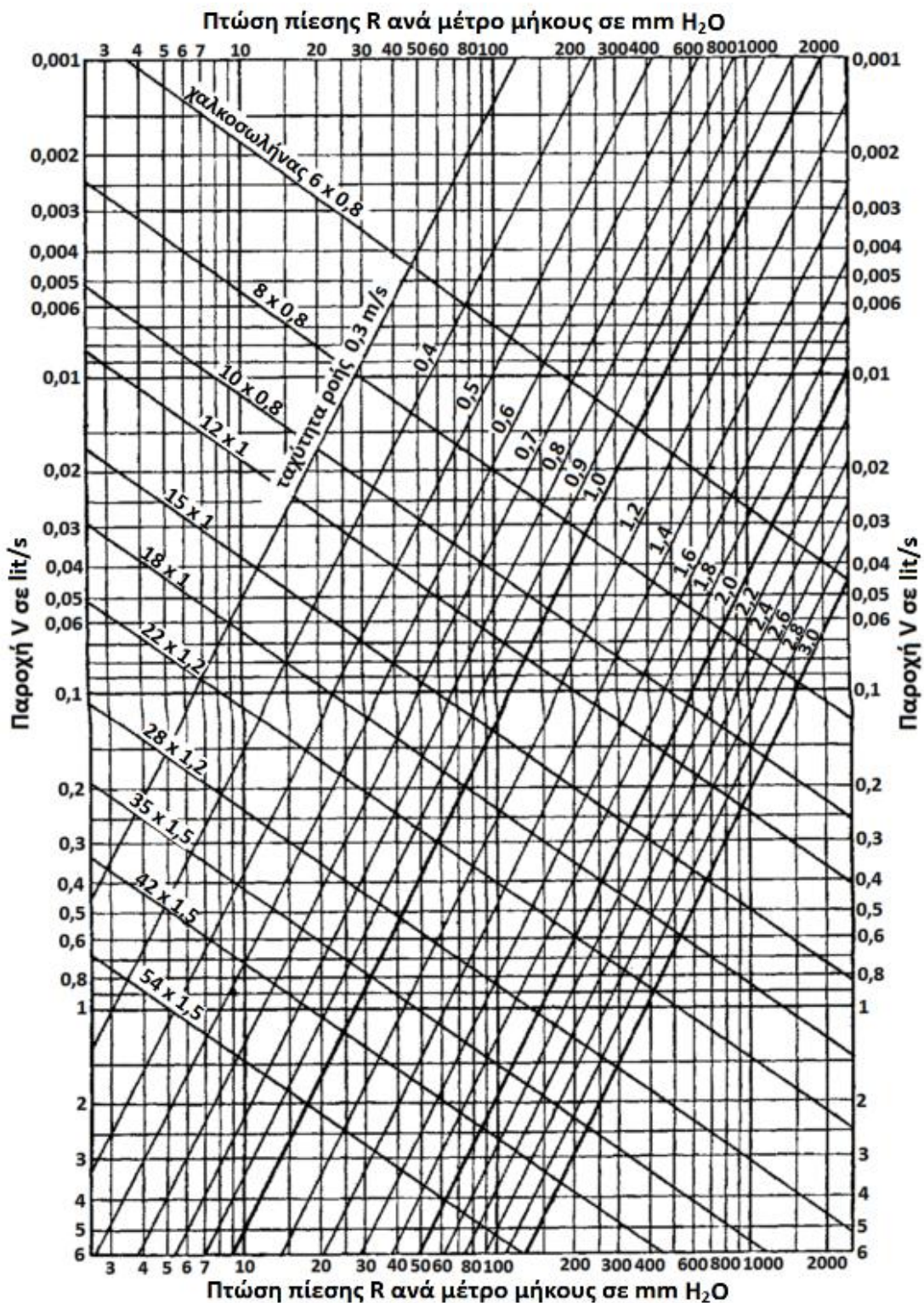
### 8.2.5.1. Για στοιχειώδες κύκλωμα

Μετά τη σχεδίαση του δικτύου σωληνώσεων και την επιλογή των υλικών, ακολουθεί η επιλογή των διαμέτρων των σωλήνων. Έτσι αν περιγράψουμε με απλό τρόπο την διαδικασία αυτή, θα έχει αρχικά τα εξής στάδια:

#### α) Για δισωλήνιο σύστημα

- Επιλέγουμε την επιθυμητή θερμοκρασιακή πτώση  $\Delta t = t_v - t_r$  στα επίπεδα των  $15^\circ\text{C}$  (μέγιστη τιμή  $20^\circ\text{C}$ ).
- Με βάση το θερμικό φορτίο  $Q$  του κυκλώματος, που ταυτίζεται με τις θερμικές απώλειες του χώρου, υπολογίζουμε την απαιτούμενη παροχή  $V$ .
- Για την παροχή αυτή και με επιδίωξη η ταχύτητα ροής να έχει αποδεκτή τιμή ( $u = 0,6 \sim 1 \text{ m/s}$ ), επιλέγουμε από τα διαγράμματα σωλήνων την κατάλληλη διάμετρο.
- Από τα ίδια διαγράμματα βρίσκουμε και την πτώση πίεσης  $R$  που προκαλείται ανά μέτρο μήκους του σωλήνα που διαλέξαμε, (σε χιλιοστά υδάτινης στήλης mm Υ.Σ.), για τη συγκεκριμένη ταχύτητα ροής, λόγω των τριβών. Το γινόμενο της  $R$  επί το μήκος  $L$  του σωλήνα μας δίνει την πτώση πίεσης  $\sigma'$  αυτόν. Είναι δηλαδή για τους σωλήνες.

$$\Delta p = R \cdot L$$



**Σχήμα 8.9: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΕΣ**

Για να συμπληρωθεί η απαραίτητη διαθέσιμη πίεση, ώστε να διατηρείται η επιθυμητή ταχύτητα ροής και η απαιτούμενη παροχή, πρέπει να συνυπολογιστούν και οι αντιστάσεις τριβής που προκαλούνται από τα κάθε είδους εξαρτήματα του δικτύου (διακόπτες, καμπύλες, συστολές κ.λπ.) καθώς και τα σώματα και στιδήποτε άλλο περιλαμβάνει το δίκτυο. Οι αντιστάσεις όλες αυτές συμβολίζονται με Z και η συνολική  $\Delta p$  γίνεται:

$$\Delta p = R \cdot L + Z$$

Τον αντίστοιχο συντελεστή τοπικής αντίστασης  $\zeta$  για κάθε στοιχείο τον βρίσκουμε από τον Πίνακα 8.1.

α/α	Στοιχείο	3/8" 1/2"	3/4" 1"	1 1/4" 1 1/2"	2" και άνω	
1	Γωνία και γωνιακός λυόμενος σύνδεσμος	2,0	1,5	1,0	1,0	
2	Καμπύλη 90°	1,5	1,0	0,5	0,5	
3	Βάνα	1,0	0,5	0,5	0,5	
4	Ρυθ. διακόπτης ευθύς	16	12	9	-	
5	Ρυθ. διακόπτης γωνιακ.	9	7	-	-	
6	Κρουνός ευθύς	4	2	-	-	
7	Κρουνός γωνιακός	7	4	-	-	
8	Διακόπτης	16	12	9	-	
9	Ατμοφράκτης	1,0	0,5	0,3	0,3	
α/α	<b>Στοιχείο</b>					
10	Λέβητας					2,5
11	Θερμαντικό σώμα					3,0
12	Κυκλοφορητής					2,5
13	«Τ.» σε διακλαδώσει					1,5
14	«Τ.» σε διελεύσει					1,0
15	«Τ.» σε διασταυρώσει					3,0
16	Διακλάδωση Διχάλα (Πανταλόνι)					1,5
17	Διπλή καμπύλη ανοιχτή					1,0
	Διπλή καμπύλη κλειστή					1,0

Πίνακας 8.1: ΕΙΔΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (ζ).

Στη συνέχεια, ο υπολογισμός του Z γίνεται με τη βοήθεια του Πίνακα 8.2., από το άθροισμα των τοπικών αντιστάσεων Σζ και τη ταχύτητα ροής.

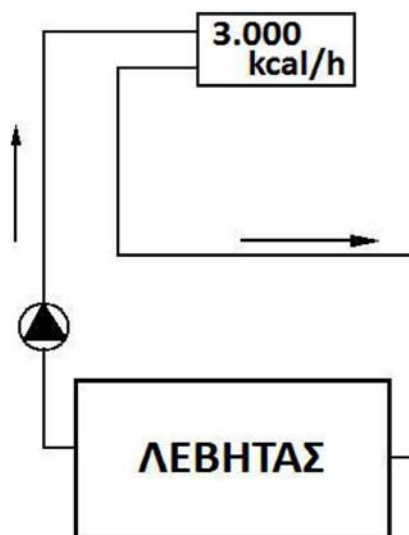
u	Τιμές του Z για Σζ										
	m/sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,02	0,02	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,30	0,40
0,03	0,05	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,50
0,04	0,10	0,20	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,70	0,80
0,05	0,10	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30
0,06	0,20	0,40	0,60	0,70	0,90	1,10	1,30	1,40	1,60	1,60	1,80
0,07	0,30	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	1,70	2,00	2,20	2,20	2,50
0,08	0,30	0,70	1,00	1,30	1,60	1,90	2,20	2,60	2,90	2,90	3,20
0,09	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	3,60	3,60	4,00
0,10	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	4,50	5,00
0,11	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	5,40	6,00
0,12	0,70	1,40	2,20	2,90	3,60	4,30	5,00	5,70	6,50	6,50	7,20
0,13	0,80	1,70	2,50	3,40	4,20	5,10	5,90	6,70	7,60	7,60	8,30
0,14	1,00	2,00	2,90	3,90	4,90	5,90	6,80	7,80	8,70	8,70	9,20
0,15	1,10	2,20	3,40	4,50	5,60	6,70	7,80	8,90	10,00	10,00	11,10
0,22	2,40	4,80	7,20	9,50	12,00	14,40	16,80	19,20	21,00	21,00	24,00
0,24	2,90	5,70	8,50	11,40	14,30	17,10	20,00	23,00	26,00	26,00	28,50

0,26	3,40	6,70	10,00	13,40	16,70	20,00	23,50	27,00	30,50	33,50
0,28	3,90	7,80	11,60	15,40	19,40	23,50	27,50	31,50	35,00	39,00
0,30	4,50	8,90	13,40	17,80	22,50	27,00	31,50	36,00	40,50	45,00
0,32	5,10	10,10	15,20	20,50	25,50	30,50	35,50	41,00	46,00	51,00
0,34	5,80	11,40	17,20	23,00	29,00	34,50	40,50	46,00	52,00	58,00
0,36	6,50	12,80	19,30	26,00	32,50	39,00	45,00	52,00	58,00	65,00
0,38	7,20	14,30	21,50	29,00	36,00	43,00	50,00	58,00	65,00	72,00
0,40	8,00	15,90	24,00	32,00	40,00	48,00	56,00	64,00	72,00	80,00
0,42	8,70	17,50	26,50	35,00	44,00	53,00	62,00	70,00	79,00	87,00
0,44	9,50	19,20	29,00	38,50	48,00	58,00	68,00	77,00	86,00	96,00
0,46	10,40	21,00	31,50	42,00	53,00	63,00	74,00	84,00	94,00	105,0
0,48	11,40	23,00	34,50	46,00	57,00	69,00	80,00	91,00	103,0	114,0
0,50	12,40	25,00	37,50	50,00	62,00	75,00	86,00	99,00	111,0	124,0
0,55	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	89,00	105,0	119,0	135,0	150,0
0,60	17,80	36,00	54,00	72,00	89,00	107,0	125,0	143,0	161,0	178,0
0,65	21,00	42,00	63,00	83,00	105,0	125,0	147,0	167,0	189,0	210,0
0,70	24,50	49,00	73,00	97,00	121,0	145,0	163,0	195,0	220,0	245,0
0,75	28,00	56,00	83,00	111,0	139,0	167,0	195,0	225,0	250,0	280,0
0,80	32,00	64,00	95,00	127,0	159,0	191,0	225,0	255,0	285,0	320,0
0,85	36,00	72,00	107,0	143,0	179,0	215,0	250,0	290,0	325,0	360,0
0,90	40,50	81,00	121,0	161,0	200,0	240,0	285,0	325,0	365,0	400,0
0,95	45,00	89,00	133,0	179,0	225,0	270,0	315,0	360,0	405,0	450,0
1,00	50,00	99,00	149,0	200,0	250,0	300,0	350,0	400,0	450,0	500,0
1,10	60,00	119,0	179,0	240,0	300,0	360,0	420,0	480,0	540,0	600,0
1,20	72,00	143,0	215,0	285,0	360,0	430,0	500,0	570,0	650,0	720,0
1,30	83,00	167,0	255,0	335,0	420,0	510,0	590,0	670,0	760,0	830,0
1,40	97,00	195,0	295,0	390,0	490,0	590,0	680,0	780,0	870,0	970,0
1,50	111,0	225,0	335,0	450,0	560,0	670,0	780,0	890,0	1000	1170
1,60	127,0	255,0	385,0	510,0	640,0	770,0	880,0	1010	1140	1270
1,70	143,0	290,0	430,0	580,0	720,0	850,0	1000	1140	1290	1430
1,80	161,0	325,0	485,0	650,0	800,0	960,0	1120	1280	1440	1610
1,90	179,0	360,0	540,0	720,0	890,0	1070	1250	1430	1610	1790
2,00	200,0	400,0	600,0	790,0	990,0	1190	1390	1580	1780	1980

**Πίνακας 8.2:** ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ (ΤΡΙΒΕΣ) ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (Z) ΣΕ mmH<sub>2</sub>O.

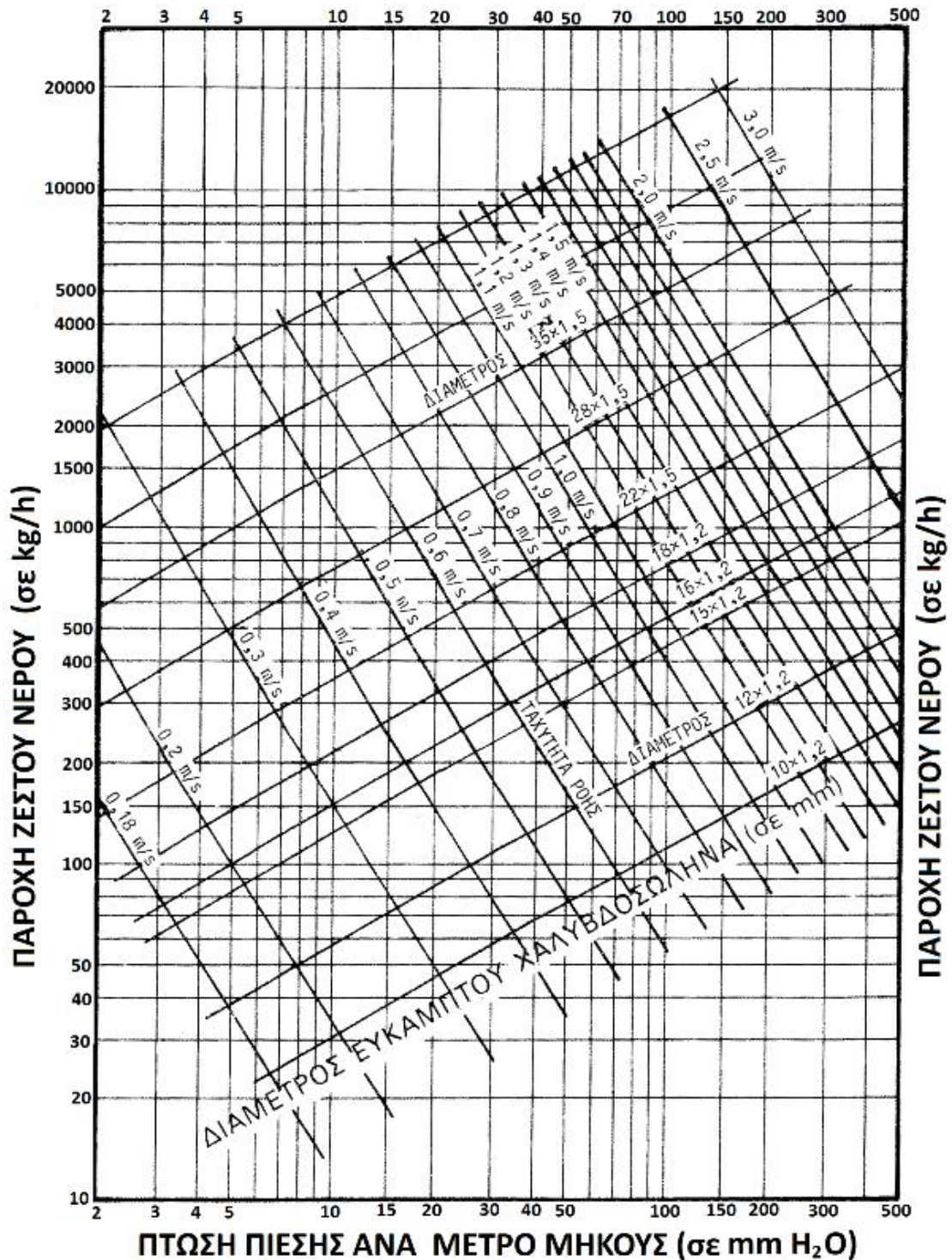
### Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε το στοιχειώδες κύκλωμα του σχήματος 8.10 με  $Q = 3000$  kcal/h και μήκος  $L = 15$  m. Επιλέγουμε  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$  και τότε η παροχή είναι  $V = 200$  lit/h.



**Σχήμα 8.10:** ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΣ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Επιλέγουμε εύκαμπτο χαλυβδосωλήνα 15 × 1,2 από το σχήμα 8.11, που δίνει ταχύτητα  $u = 0,46 \text{ m/s}$  (οριακά παραδεκτή) και πτώση πίεσης ανά μέτρο μήκους  $R = 23 \text{ mm H}_2\text{O}$ .



**Σχήμα 8.11:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΩΝ ΕΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ.  
 Παρατήρηση: Η παροχή δίνεται σε kg/h. Το σφάλμα για lit/h είναι μικρό.

Για τις τοπικές αντιστάσεις (πίνακας 8.1) έστω ότι έχουμε:

- 2 γωνιακούς διακόπτες 3/4''  $\zeta = 2 \times 7 = 14$
- 1 θερμαντικό σώμα  $\zeta = 3$
- 6 καμπύλες 90° 3/4''  $\zeta = 6 \times 1,0 = 6$
- λέβητα και κυκλοφορητή  $\zeta = 2 \times 2,5 = 5$

Είναι λοιπόν  $\Sigma z = 25$  και από τον πίνακα 8.2 για  $u = 0,46$  m/s παίρνουμε  $Z = 294$  mm H<sub>2</sub>O (επειδή δεν υπάρχει στον πίνακα  $\Sigma z = 28$  παίρνουμε αθροιστικά δύο φορές το 10 και το 8).

Είναι λοιπόν  $\Delta p = R \cdot L + Z = 23 \times 15 + 294 = 639$  mm H<sub>2</sub>O.

**β)** για μονοσωλήνιο σύστημα

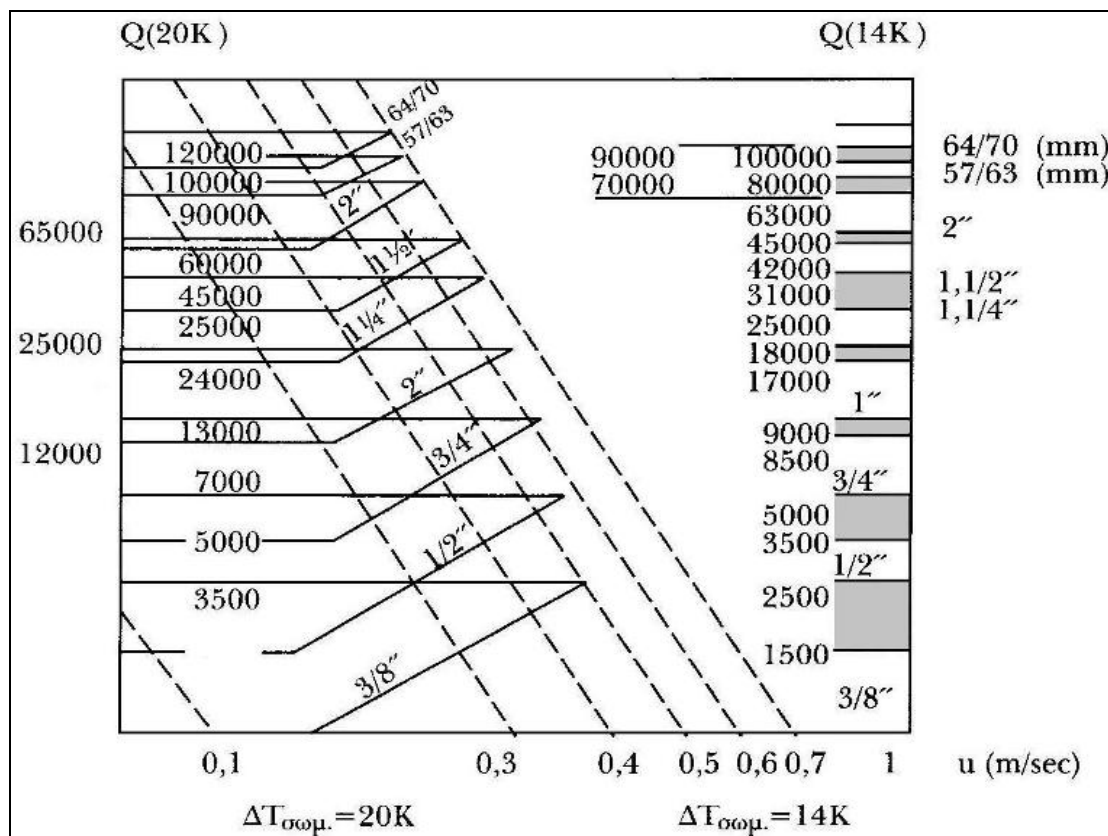
Ακολουθούμε την ίδια μεθοδολογία με τις εξής διαφορές:

- Δεν έχουμε πλέον ένα σώμα άλλα ένα βρόχο 2 ~ 4 σωμάτων.
- Το θερμικό φορτίο Q αφορά συνήθως περισσότερους χώρους, όσους θα θερμάνουν τα σώματα που ανήκουν στο βρόχο.
- Η θερμοκρασιακή πτώση στο βρόχο συνήθως λαμβάνεται μικρότερη από το σώμα του δισωλήνιου (10 ÷ 15°C). Αυτό γίνεται για να μην έχουμε μεγάλη καθυστέρηση στη θέρμανση των σωμάτων. Μπορεί να αυξηθεί έως το όριο των 20°C σε περιπτώσεις σωμάτων με μικρό περιεχόμενο νερού, τα οποία ζεσταίνονται πιο γρήγορα.
- Οι αντιστάσεις τριβής των κάθε είδους εξαρτημάτων του δικτύου συχνά εκφράζονται με το ισοδύναμο μήκος του σωλήνα στον οποίο συνδέονται, με το μήκος δηλαδή του σωλήνα που θα προκαλούσε τις ίδιες απώλειες τριβών για την συγκεκριμένη παροχή και ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτή η σχέση  $\Delta p = R \cdot L$  γίνεται:

$$\Delta p = R (L + L_{\sigma})$$

όπου  $L_{\sigma}$  το ισοδύναμο μήκος των εξαρτημάτων.

Το ισοδύναμο μήκος των εξαρτημάτων εξαρτάται από το είδος, την παροχή και την ποιότητά τους. Παρουσιάζει ποικιλία τιμών και πρέπει να τις αναζητούμε στα φυλλάδια των κατασκευαστών.



**Διάγραμμα 8.4:** ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΓΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ  $u = 0,6$  m/sec.

**Εξηγήσεις:** Στο διάγραμμα 8.4 δίνονται οι διατομές που είναι ενδεδειγμένες για πτώση θερμοκρασίας του νερού στα σώματα  $\Delta T_{\text{σωμ}} = 20\text{K}$ . Για την περίπτωση που αναπτύσσεται διαφορετική θερμοκρασιακή πτώση  $\Delta T_{\text{σωμ}} \neq 20\text{K}$ , προσδιορίζονται οι διατομές από το μεταφερόμενο φορτίο  $Q(20\text{K})$ , με προσέγγιση. Σε κάθε διάμετρο σωλήνα αντιστοιχεί μια μέγιστη και μια ελάχιστη δυνατότητα μεταφοράς θερμότητας (ζώνη), με παράμετρο το όριο της ταχύτητας.

Οι πλάγιες διακεκομμένες ευθείες είναι οι γραμμές σταθερής ταχύτητας και η αξονική καμπύλη δείχνει το μέγιστο δυνατό όριο για κάθε διάμετρο σωλήνα.

Στη δεξιά στήλη παρουσιάζεται η αντιστοιχία των μεταφερόμενων θερμικών φορτίων για θερμοκρασιακή πτώση στα σώματα  $\Delta T_{\text{σωμ}} = 14\text{K}$ , με τις ίδιες προϋποθέσεις ταχύτητας, όπως της  $\Delta T_{\text{σωμ}} = 20\text{K}$ .

Παρο- χή	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mmΥΣ/m) ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)							Παρο- χή	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mmΥΣ/m) ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)							
	lit/h	Φ15	Φ18	Φ22	Φ28	Φ35	Φ42		Φ54	lit/h	Φ15	Φ18	Φ22	Φ28	Φ35	Φ42
25	0,38 0,05	0,12 0,03						750			25,0 0,80	6,00 0,45	1,70 0,25	0,58 0,16	0,16 0,09	
50	1,50 0,11	0,48 0,07	0,15 0,04					800			30,0 0,85	7,00 0,47	1,90 0,27	0,67 0,18	0,18 0,10	
75	3,00 0,18	1,00 0,11	0,32 0,07	0,08 0,04				850			32,0 0,90	8,00 0,50	2,10 0,29	0,72 0,19	0,20 0,11	
100	5,00 0,25	1,80 0,16	0,55 0,09	0,13 0,05				900			35,0 0,95	8,50 0,53	2,30 0,31	0,80 0,20	0,21 0,12	
125	8,00 0,30	2,50 0,19	0,80 0,12	0,19 0,05	0,05 0,03			950			38,0 1,00	9,50 0,57	2,50 0,33	0,95 0,22	0,23 0,12	
150	10,0 0,35	3,70 0,22	1,20 0,15	0,28 0,08	0,07 0,04			1000			43,0 1,08	11,0 0,60	2,90 0,35	1,10 0,23	0,27 0,13	
175	15,0 0,45	5,00 0,28	1,50 0,17	0,05 0,09	0,09 0,05			1100			55,0 1,20	13,0 0,67	3,40 0,38	1,20 0,24	0,30 0,14	
200	19,0 0,50	6,50 0,32	2,00 0,20	0,48 0,06	0,13 0,04	0,05 0,04		1200			60,0 1,30	15,0 0,72	4,00 0,41	1,40 0,27	0,33 0,15	
225	24,0 0,56	7,50 0,35	2,00 0,22	0,60 0,12	0,16 0,07	0,06 0,05		1300			80,0 1,48	17,0 0,80	4,50 0,45	1,70 0,29	0,42 0,16	
250	29,0 0,64	9,00 0,39	3,00 0,24	0,70 0,13	0,19 0,06	0,07 0,05		1400				20,0 0,88	5,20 0,50	2,00 0,32	0,50 0,18	
275	35,0 0,70	12,0 0,45	3,50 0,28	0,85 0,15	0,24 0,08	0,08 0,06		1500					23,0 0,91	6,00 0,52	2,02 0,34	0,57 0,19
300	45,0 0,80	14,0 0,48	4,50 0,30	1,10 0,16	0,03 0,01	0,11 0,06		1600					26,0 1,00	7,00 0,57	2,50 0,36	0,63 0,21
325	53,0 0,85	15,0 0,52	5,00 0,32	1,30 0,18	0,33 0,11	0,13 0,07		1700					29,0 1,08	7,50 0,60	2,70 0,40	0,67 0,22
350	60,0 0,90	18,0 0,58	6,00 0,36	1,50 0,20	0,38 0,12	0,14 0,17		1800					32,0 1,11	9,00 0,65	3,00 0,41	0,75 0,23
375	63,0 0,96	21,0 0,61	6,50 0,38	1,60 0,21	0,42 0,12	0,15 0,08		1900					37,0 1,20	10,0 0,70	3,50 0,44	0,87 0,25
400	80,0 1,10	23,0 0,65	7,50 0,40	1,90 0,22	0,50 0,13	0,19 0,09		2000					40,0 1,30	11,0 0,72	4,00 0,48	1,00 0,28
425		26,0 0,70	8,00 0,42	2,10 0,24	0,55 0,14	0,20 0,09	0,05 0,05	2200					46,0 1,40	13,0 0,80	4,50 0,51	1,20 0,30
450		28,0 0,73	9,00 0,45	2,30 0,25	0,60 0,15	0,23 0,10	0,06 0,05	2400					55,0 1,50	15,0 0,88	5,10 0,56	1,40 0,32
475		30,0 0,77	10,0 0,49	2,60 0,27	0,67 0,16	0,25 0,10	0,06 0,06	2600						17,0 0,95	6,00 0,61	1,60 0,35
500		35,0 0,81	11,0 0,50	2,90 0,30	0,75 0,16	0,28 0,11	0,07 0,06	2800						20,0 1,00	7,00 0,66	1,90 0,37

**Πίνακας 8.3:** ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΡΟΗΣ (R) ΣΕ (mmH<sub>2</sub>O/m) ΓΙΑ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑ, ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟ (d) ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΑΥΤΟΥΣ.

Παρο- χή	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mmΥΣ/m) ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)							Παρο- χή	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (mmΥΣ/m) ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)							
	lit/h	Φ15	Φ18	Φ22	Φ28	Φ35	Φ42		Φ54	lit/h	Φ15	Φ18	Φ22	Φ28	Φ35	Φ42
550		42,0	13,0	3,50	0,90	0,33	0,07	3000					24,0	8,50	2,20	
		0,90	0,55	0,32	0,18	0,12	0,06							1,13	0,75	0,40
650		57,0	18,0	4,80	1,20	0,46	0,13	3400					30,0	11,0	2,70	
		1,08	0,67	0,38	0,21	0,14	0,08							1,32	0,84	0,47
700		80,0	21,0	5,50	1,50	0,55	0,14	3600					34,0	12,0	3,00	
		1,25	0,73	0,41	0,24	0,16	0,09							1,40	0,88	0,50
3800					36,0	13,0	3,40	4000					40,0	14,0	3,70	
					1,42	0,93	0,52							1,50	0,97	0,55
4000					40,0	14,0	3,70	4200						16,0	4,00	
					1,50	0,97	0,55								1,05	0,58
4200						16,0	4,00	4400							17,0	4,40
						1,05	0,58								1,08	0,62
4400						17,0	4,40	4600							19,0	4,80
						1,08	0,62								1,20	0,65
4600						19,0	4,80	4800							20,0	5,20
						1,20	0,65								1,22	0,68
4800						20,0	5,20	5000							22,0	6,00
						1,22	0,68								1,33	0,72
5000						22,0	6,00	6000							30,0	8,00
						1,33	0,72								1,50	0,82
6000						30,0	8,00	7000								11,0
						1,50	0,85									1,00
7000							11,0									
							1,00									

**Πίνακας 8.3:** ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΡΟΗΣ (R) ΣΕ (mmH<sub>2</sub>O/m) ΓΙΑ ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑ, ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟ (d) ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΑΥΤΟΥΣ.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ		ΚΑΜΠΗ 90°	ΚΑΜΠΗ 90° ΜΕΓΑ.ΑΚΤ.ΚΑΜΠΥΛΗ	ΚΑΜΠΥΛΗ 90° ΑΡΣΕΝ/ΘΗΛΥΚΟ	ΚΑΜΠΗΛΗ 45°	ΚΑΜΠΗΛΗ 45° ΑΡΣΕΝ/ΘΗΛΥΚΟ	ΚΑΜΠΗΛΗ 180°	ΤΑΥ ΔΙΑΚΛ./ΔΙΕΛ.	ΣΥΣΤΟΛΙΚΟ 1:4	ΣΥΣΤΟΛΙΚΟ 1:2
in	mm									
3/8	10	0,42	0,27	0,70	0,21	0,33	0,70	0,80	0,36	0,42
1/2	12,5	0,48	0,30	0,75	0,24	0,39	0,75	1,00	0,42	0,48
3/4	20,0	0,60	0,42	0,96	0,27	0,48	0,96	1,20	0,57	0,60
1	25,0	0,78	0,51	1,20	0,39	0,63	1,20	1,50	0,70	0,80
1 1/4	32,0	1,00	0,69	1,70	0,51	0,90	1,70	2,10	0,90	1,00
1 1/2	40,0	1,20	0,78	1,90	0,63	1,02	1,90	2,40	1,10	1,20
2	50,0	1,50	1,00	2,50	0,78	1,35	2,50	3,00	1,40	1,50
2 1/2	65,0	1,80	1,20	3,00	0,96	1,56	3,00	3,60	1,70	1,80
3	75,0	2,25	1,50	3,60	1,20	1,90	3,60	4,50	2,10	2,20
3 1/2	90,0	2,70	1,77	4,50	1,40	2,20	4,50	5,40	2,40	2,70
4	100	3,00	2,00	5,10	1,56	2,50	5,10	6,30	2,70	3,00
5	125	3,90	2,50	6,30	1,95	3,30	6,30	7,50	3,60	3,90
6	150	4,80	3,00	7,50	2,40	3,90	7,50	9,00	4,20	4,80
8	200	6,00	3,90	-	3,00	-	9,90	12,00	5,40	6,00
10	250	7,50	4,80	-	3,90	-	12,50	15,00	6,90	7,50
12	300	9,00	5,70	-	4,80	-	15,00	18,00	7,80	9,0

**Πίνακας 8.4:** ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΩΛΗΝΩΝ (ισοδύναμο μήκος σε m).



ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ		ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΕΥΘΥΣ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 60° γωνιακός;	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 45° γωνιακός	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΓΩΝΙΑΚΟΣ	ΒΑΝΑ	ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΝΤΕΠΙ-ΣΤΡΟΦΗΣ	ΦΙΛΤΡΟ ΥΔΑΤΟΣ-γων. (STRAINER)	
in	mm							ΦΛΑΝΤ.	ΒΙΔ.
3/8	10	5,10	2,40	1,80	1,80	0,15	-	-	-
1/2	12,5	5,40	2,70	2,10	2,10	0,21	1,80	-	0,90
3/4	20,0	6,60	3,30	2,70	2,70	0,27	2,40	-	1,20
1	25,0	8,70	4,50	3,60	3,60	0,30	3,00	-	1,50
1 1/4	32,0	11,40	6,00	4,50	4,50	0,45	4,20	-	2,70
1 1/2	40,0	13,00	7,20	5,40	5,40	0,54	4,80	-	3,00
2	50,0	16,50	9,00	7,20	7,20	0,70	6,00	8,10	4,20
2 1/2	65,0	21,00	10,50	8,70	8,70	0,84	7,50	8,40	6,00
3	75,0	25,00	12,90	10,50	10,50	0,96	9,00	12,6	12,0
3 1/2	90,0	30,00	15,00	12,30	12,30	1,20	10,50	14,40	-
4	100	36,00	17,40	14,10	14,10	1,35	12,00	18,00	-
5	125	42,00	21,30	17,40	17,40	1,80	15,00	24,00	-
6	150	51,00	26,40	21,00	21,00	2,10	18,00	33,00	-
8	200	66,00	34,50	25,50	25,50	2,70	24,00	45,00	-
10	250	84,00	43,50	31,50	31,50	3,60	30,00	57,00	-
12	300	96,00	49,50	39,00	39,00	3,90	36,00	75,00	-

Πίνακας 8.5: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ (Ισοδύναμο μήκος σωλήνα σε m).

### Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε το βρόχο του σχήματος 8.12 με τρία σώματα 2000, 1800 και 1600 kcal/h, άρα  $Q = 5400$  kcal/h και συνολικό μήκος (με μια προσαύξηση 10% για ασφάλεια)  $L = 30$  m.



Σχήμα 8.12: ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΣ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Για  $\Delta t = 15^\circ\text{C}$  έχουμε  $V = 360$  lit/h. Από το διάγραμμα του σχήματος 8.9 επιλέγουμε χαλκοσωλήνα  $15 \times 1$ , οπότε έχουμε  $R = 58$  mm  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}$  και  $u = 0,75$  m/s. Έστω ότι για το παράδειγμά μας έχουμε 3 γωνιακούς διακόπτες, 8 καμπύλες  $90^\circ$  και 2 ταυ διακλάδωσης.

Έτσι για τα εξαρτήματα έχουμε:

- Διακόπτες  $3 \times 2,3 = 6,9$  m
- καμπύλες  $8 \times 0,8 = 6,4$  m
- ταυ διακλάδωσης  $2 \times 1,08 = 2,16$  m.

Άρα είναι  $L_{\text{ισ}} = 15,46$  m. Στα άκρα λοιπόν του βρόχου θα έχουμε:

$$\Delta p = R (L + L_{\text{ισ}}) = 58 (30 + 15,46) = 2636 \text{ mm H}_2\text{O}.$$

### 8.2.5.2. Για κεντρικές γραμμές

Για κάθε τμήμα κεντρικής στήλης γίνεται αντίστοιχη επιλογή διαμέτρου με δεδομένη την παροχή του και για τα παραδεκτά όρια ταχύτητας ροής. Για να βρούμε την παροχή του, θεωρούμε δεδομένη την  $\Delta t = t_v - t_r$  (συνήθως  $15^\circ\text{C}$ ) κάθε κυκλώματος που τροφοδοτείται από αυτό. Εννοείται ότι η παροχή κάθε τμήματος

ισούνται με το άθροισμα των παροχών όλων των κλάδων του. Ταυτόχρονα υπολογίζονται και οι πτώσεις πίεσης όλων των τμημάτων των κεντρικών γραμμών.

Στις μελέτες Κεντρικής Θέρμανσης ο υπολογισμός αυτός που περιγράφηκε, γίνεται αρχικά για το δυσμενέστερο κύκλωμα του δικτύου. Ως τέτοιο επιλέγεται εκείνο που εκτιμάμε ότι μπορεί να έχει τη μεγαλύτερη  $\Delta p$ , δηλαδή τη μεγαλύτερη διαδρομή και τα περισσότερα στοιχεία, σε συνδυασμό και με μεγάλο απαιτούμενο φορτίο. Στη συνέχεια υπολογίζεται αθροιστικά το σύνολο των πτώσεων πίεσης για τη συνολική διαδρομή που ορίζεται από τα άκρα του δικτύου A-K (κατάθλιψη - αναρρόφηση του κυκλοφορητή). Αυτή είναι η απαιτούμενη  $\Delta p$  για την εγκατάσταση και θα χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του κυκλοφορητή σε συνδυασμό με την απαιτούμενη συνολική παροχή.

### Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε τη μοναδική κεντρική στήλη τριώροφης κατοικίας με ένα μονοσωλήνιο κύκλωμα στον 3ο και 2ο και δύο στον πρώτο όροφο. Για τα κυκλώματα αυτά είναι  $V_3 = 360 \text{ lit/h}$ ,  $V_2 = 400 \text{ lit/h}$  και  $V_1 = 500 \text{ lit/h}$  το καθένα .

- Για το τμήμα 3-2 επιλέγουμε, από το διάγραμμα του σχήματος 8.12, για παροχή  $V_{23} = V_3 = 360 \text{ lit/h}$  χαλυβδοσωλήνα διαμέτρου  $1/2''$  με  $u = 0,52 \text{ m/s}$  και  $R = 25 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ .
- Για το τμήμα 2-1, για παροχή  $V_{12} = 400 + 360 = 760 \text{ lit/h}$ , επιλέγουμε σωλήνα διαμέτρου  $3/4''$  με  $u = 0,6 \text{ m/s}$  και  $R = 24 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ .
- Για το τμήμα 1 - Λ (ως το λεβητοστάσιο), για παροχή  $V_{1\Lambda} = 760 + 2 \times 500 = 1760 \text{ lit/h}$ , επιλέγουμε σωλήνα διαμέτρου  $1 \frac{1}{4}''$  με  $u = 0,5 \text{ m/s}$  και  $R = 9 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ .

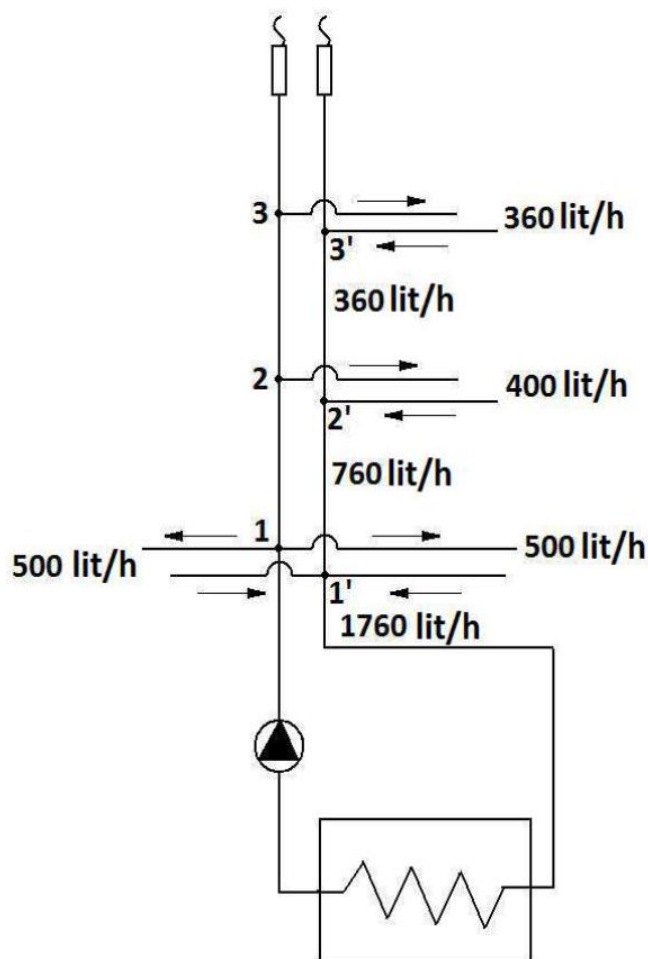
Οι αντιστάσεις τριβών ανά τμήμα της κατακόρυφης στήλης, αν τα μήκη τους είναι  $L_{23} = L_{12} = 3 + 3 = 6 \text{ m}$  και  $L_{1\Lambda} = 16 \text{ m}$ , θα είναι:

- $\Delta p_{32} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm H}_2\text{O}$
- $\Delta p_{21} = 6 \times 24 = 144 \text{ mm H}_2\text{O}$
- $\Delta p_{1\Lambda} = 16 \times 9 = 144 \text{ mm H}_2\text{O}$   
σύνολο = 438 mm H<sub>2</sub>O

Επειδή δεν υπολογίσαμε αναλυτικά, για συντομία, τις αντιστάσεις των εξαρτημάτων της στήλης (καμπύλες, συστολές κ.λ.π.), προσ αυξάνουμε κατά 20% περίπου και έχουμε σύνολο 525 mm H<sub>2</sub>O.

Αν τώρα υποθέσουμε ότι το κύκλωμα 3 είναι το δυσμενέστερο από άποψη πτώσης πίεσης και έχει  $\Delta p_3 = 2636 \text{ mm H}_2\text{O}$  (σχήμα 8.12), η ολική πτώση πίεσης θα είναι  $2636 + 525 = 3161 \text{ mm H}_2\text{O}$ .

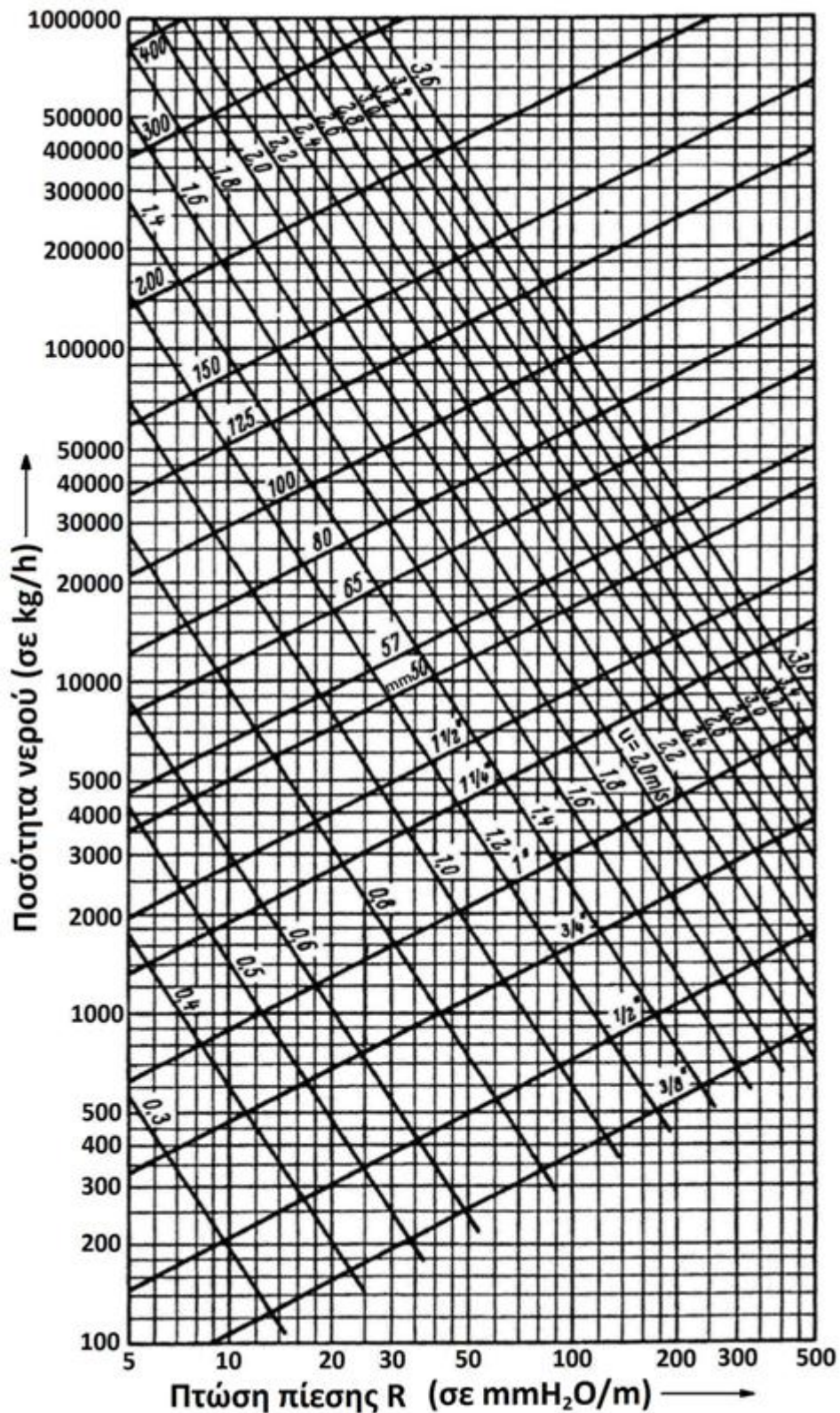
Για να βρούμε την ικανότητα του κυκλοφορητή (συνολική  $\Delta p$ ) πρέπει να συνεκτιμήσουμε και τις απώλειες των στοιχείων του λεβητοστασίου, που συνήθως είναι περίπου το 10% του συνόλου που βρήκαμε. Άρα τελικά:  $\Delta p = 3475 \text{ mm H}_2\text{O}$ .



Σχήμα 8.13: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

### 8.2.5.3. Για τα υπόλοιπα κυκλώματα

- Υπολογίζεται η διαθέσιμη  $\Delta p$  του κυκλώματος, αφού αφαιρεθούν από τη συνολική οι πτώσεις πίεσης που διατίθενται για τη ροή από τα άκρα του κυκλώματος, δηλαδή για τη ροή στις στήλες τροφοδότησης του κυκλώματος. Για κυκλώματα της ίδιας κατακόρυφης στήλης και του ίδιου ορόφου, η διαθέσιμη πίεση είναι ίδια. Για κυκλώματα της ίδιας κατακόρυφης στήλης αλλά διαφορετικού ορόφου, η διαθέσιμη πίεση στο χαμηλότερο, είναι μεγαλύτερη κατά τις αντιστάσεις τριβών της στήλης (και των δύο σωλήνων) μεταξύ των δύο ορόφων.
- Επιλέγεται ο σωλήνας και η επιθυμητή  $\Delta t$ , προσδιορίζεται η παροχή για το θερμικό φορτίο του κυκλώματος από τη σχέση  $V = Q/\Delta t$  και ελέγχεται, αν η ταχύτητα που θα προκύψει με βάση την παροχή αυτή είναι μέσα στα ανεκτά όρια. Στη συνέχεια υπολογίζεται η απαιτούμενη  $\Delta p$  για την παροχή αυτή και ρυθμίζεται, αν είναι απαραίτητο, η διαφορά της από την διαθέσιμη  $\Delta p$ . Ο έλεγχος μπορεί να γίνει ως εξής:



**Σχήμα 8.14:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ.  
 Παρατήρηση: Η παροχή δίνεται σε kg/h. Το σφάλμα για lit/h είναι μικρό.

- Επιλέγεται μια διάμετρος σωλήνα, ώστε η ταχύτητα ροής  $u$  να είναι μέσα στα επιθυμητά όρια ( $0,6 \div 1$  m/s) και να δίνει για το συνολικό μήκος του κυκλώματος (πραγματικό και ισοδύναμο μήκος των εξαρτημάτων) τόση πτώση πίεσης όση είναι η διαθέσιμη. Έτσι έχει προσδιοριστεί και η παροχή  $V$  και ελέγχεται αν η θερμοκρασιακή πτώση  $\Delta t$  που προκύπτει για το θερμικό φορτίο  $Q$  του κυκλώματος είναι μέσα στα παραδεκτά όρια ( $10 \div 15^\circ\text{C}$  για βρόχους μονοσωλήνιου και έως το πολύ  $20^\circ\text{C}$  για κυκλώματα σωμάτων δισωλήνιου).

Προσπαθούμε, αν αυτό είναι εφικτό, να έχουμε για τα οριζόντια κυκλώματα τις ίδιες διαμέτρους σωλήνων, ώστε να διευκολύνεται η προμήθειά τους και η δουλειά του τεχνίτη που θα κατασκευάσει το δίκτυο, να αποφεύγονται δε και ενδεχόμενα λάθη.

### Παράδειγμα:

Έστω η κατακόρυφη στήλη του προηγούμενου παραδείγματος (σχήμα 8.13). Έστω ακόμη ότι το δυσμενέστερο κύκλωμα του δικτύου είναι το 3, λόγω μεγάλου μήκους (παραδείγμα σχ. 8.12), με πτώση πίεσης  $\Delta p_{33'} = 2636 \text{ mmH}_2\text{O}$ . Τότε η διαθέσιμη πίεση  $\Delta p_{22'}$  θα είναι για το κύκλωμα 2:

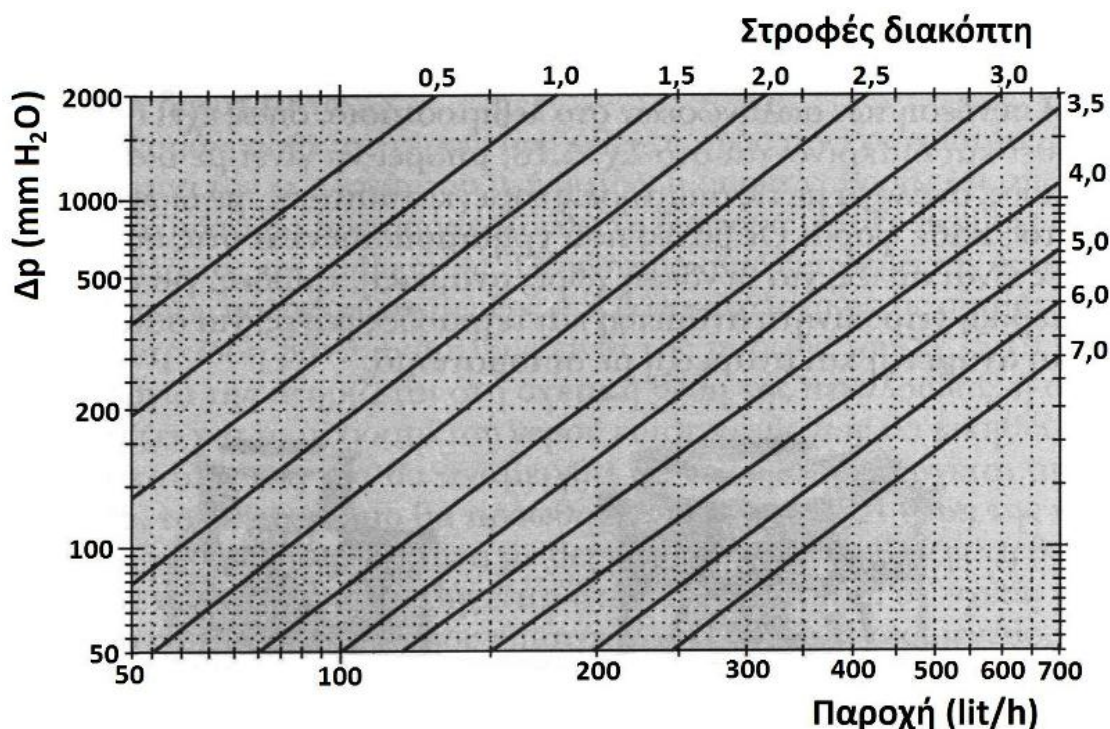
$$\Delta p_{22'} = \Delta p_{33'} + \Delta p_{32} = 2636 + 150 = 2786 \text{ mmH}_2\text{O}.$$

Έστω  $Q_2 = 6000 \text{ kcal/h}$ ,  $V_2 = 400 \text{ lit/h}$ , και  $L_2 = 29 \text{ m}$  ( $L + L_{\text{ισ}}$ ).

Αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τον ίδιο σωλήνα με το κύκλωμα 3, ( $C_u 15 \times 1$ ), από το διάγραμμα του σχήματος 8.11 έχουμε ταχύτητα  $0,8 \text{ m/s}$  (ικανοποιητική) και πτώση πίεσης  $65 \text{ mmH}_2\text{O /m}$ . Επομένως η απαιτούμενη  $\Delta p$  είναι:

$$\Delta p = 29 \times 65 = 1885 \text{ mmH}_2\text{O}.$$

Η διαφορά της από τη διαθέσιμη  $2786 - 1885 = 901 \text{ mmH}_2\text{O}$  πρέπει να εξουδετερωθεί με στραγγαλισμό στο ρυθμιστικό διακόπτη του συλλέκτη ή του πρώτου σώματος του κυκλώματος. Οι κατασκευαστές δίνουν διαγράμματα που δείχνουν πόσες στροφές ανοίγματος του διακόπτη από την τελείως κλειστή θέση χρειάζονται για τον απαιτούμενο στραγγαλισμό στη δεδομένη παροχή. (σχήμα 8.15)



Σχήμα 8.15: ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ.

Για την περίπτωσή μας ( $400 \text{ lit/h}$  και  $901 \text{ mmH}_2\text{O}$ ) ο διακόπτης πρέπει να κλείσει τελείως και μετά να ανοίξει  $3,0$  στροφές.

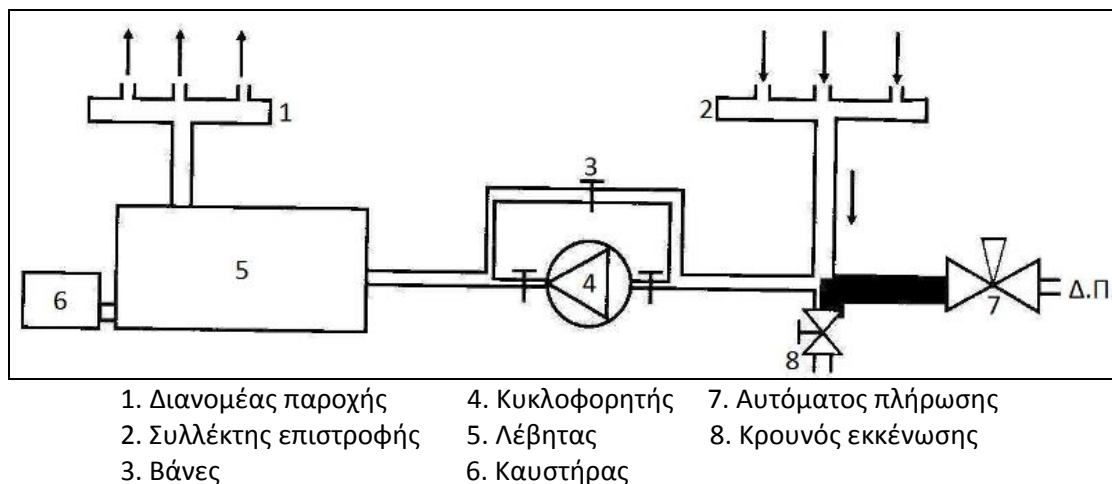
Αν δεν γινόταν ο στραγγαλισμός των  $901 \text{ mmH}_2\text{O}$ , η διαθέσιμη πίεση των  $2786 \text{ mmH}_2\text{O}$  θα έδινε, για τον ίδιο σωλήνα  $R = 2786/29 = 96 \text{ mmH}_2\text{O/m}$ , που όπως φαίνεται από το διάγραμμα θα έδινε ταχύτητα  $u = 1 \text{ m/s}$ , παροχή  $V = 504 \text{ lit/h}$  και  $\Delta t = 6000/504 = 11,9^\circ\text{C}$ .

Οι υπολογισμοί που προαναφέρθηκαν διευκολύνονται στην πρακτική των μελετών με τη χρήση διαφόρων εντύπων (φύλλων υπολογισμού απωλειών τριβής) που διατίθενται από προμηθευτές υλικών Κεντρικής Θέρμανσης και εκδοτικούς οίκους.

Συνήθως απαιτούνται αρκετές δοκιμαστικές προσεγγίσεις, ώστε όλα τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν να βρίσκονται σε αρμονική σχέση που να εξασφαλίζει ισορροπημένη και ικανοποιητική λειτουργία της όλης εγκατάστασης.

### 8.3. ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ - ΔΙΑΝΟΜΕΙΣ

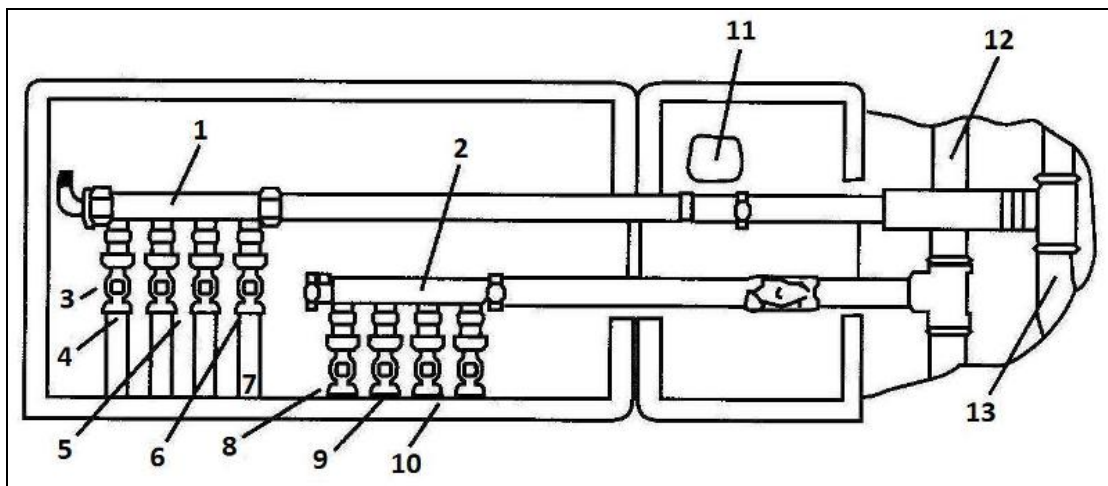
Όλοι οι κλάδοι εκκινούν και καταλήγουν στο λεβητοστάσιο, όπου ενώνονται στους διανομείς παροχής και τους συλλέκτες επιστροφής, αντίστοιχα. Σε περίπτωση εκτεταμένων δικτύων είναι δυνατή η ένωση των κλάδων μεταξύ τους, πριν οδηγηθούν στους συλλέκτες και με τρόπο, ώστε να χωρίζεται το κτίριο σε ομοιόμορφες θερμικά ζώνες. Οι συλλέκτες συνδέονται στη συνέχεια με τα διάφορα στοιχεία (μηχανήματα και συσκευές) της εγκατάστασης σε σειρά ή παράλληλα, όπως δείχνει το σχήμα 8.16.



**Σχήμα 8.16:** ΤΥΠΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

Στο μονοσωλήνιο σύστημα χρησιμοποιούνται διάφορα είδη τυποποιημένων συλλεκτών, σχετικά μικρού μεγέθους. Από άποψη μορφής, αυτοί έχουν μια είσοδο που συνδέεται με τη διακλάδωση από την κατακόρυφη στήλη και εξόδους, όσες τα θερμικά κυκλώματα, που θα τροφοδοτηθούν από αυτόν. Το υλικό κατασκευής τους είναι χάλυβας ή χαλκός. Η σύνδεση των συλλεκτών διακρίνεται στο σχήμα 8.17.

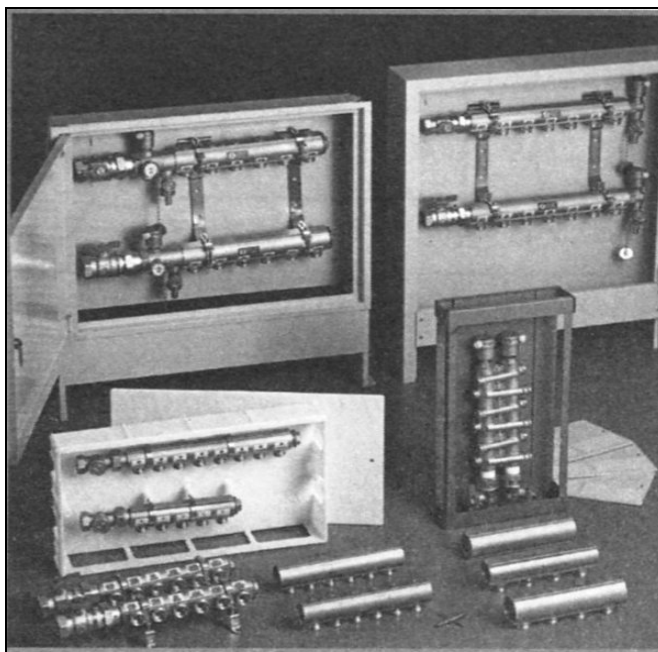
Το σύστημα αυτονομίας τοποθετείται και αυτό στην εγκατάσταση, πριν ή μετά από τους συλλέκτες προσαγωγής. Στις εξόδους των διανομέων (είσοδος των συλλεκτών), συνδέονται ρυθμιστικές βαλβίδες, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση των τριβών στα θερμικά κυκλώματα.



1. Διανομέας
2. Συλλέκτης
- 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Ρυθμιστικές βαλβίδες
11. Ηλεκτρική βάνα
12. Κατακόρυφος σωλήνας επιστροφής
13. Κατακόρυφος σωλήνας παροχής

**Σχήμα 8.17:** ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ, ΤΑΜΠΛΟ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ ΟΡΟΦΩΝ.

Άλλη μορφή σύνδεσης των συλλεκτών, χωρίς σύστημα αυτονομίας, διακρίνεται στο σχήμα 8.18.



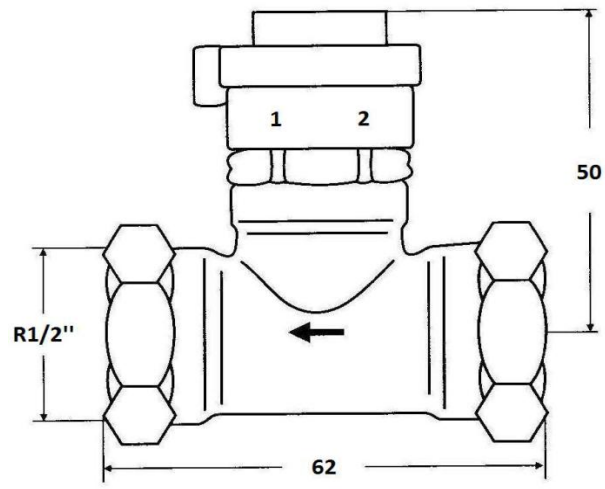
**Σχήμα 8.18:** ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΟΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ.

#### 8.4. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

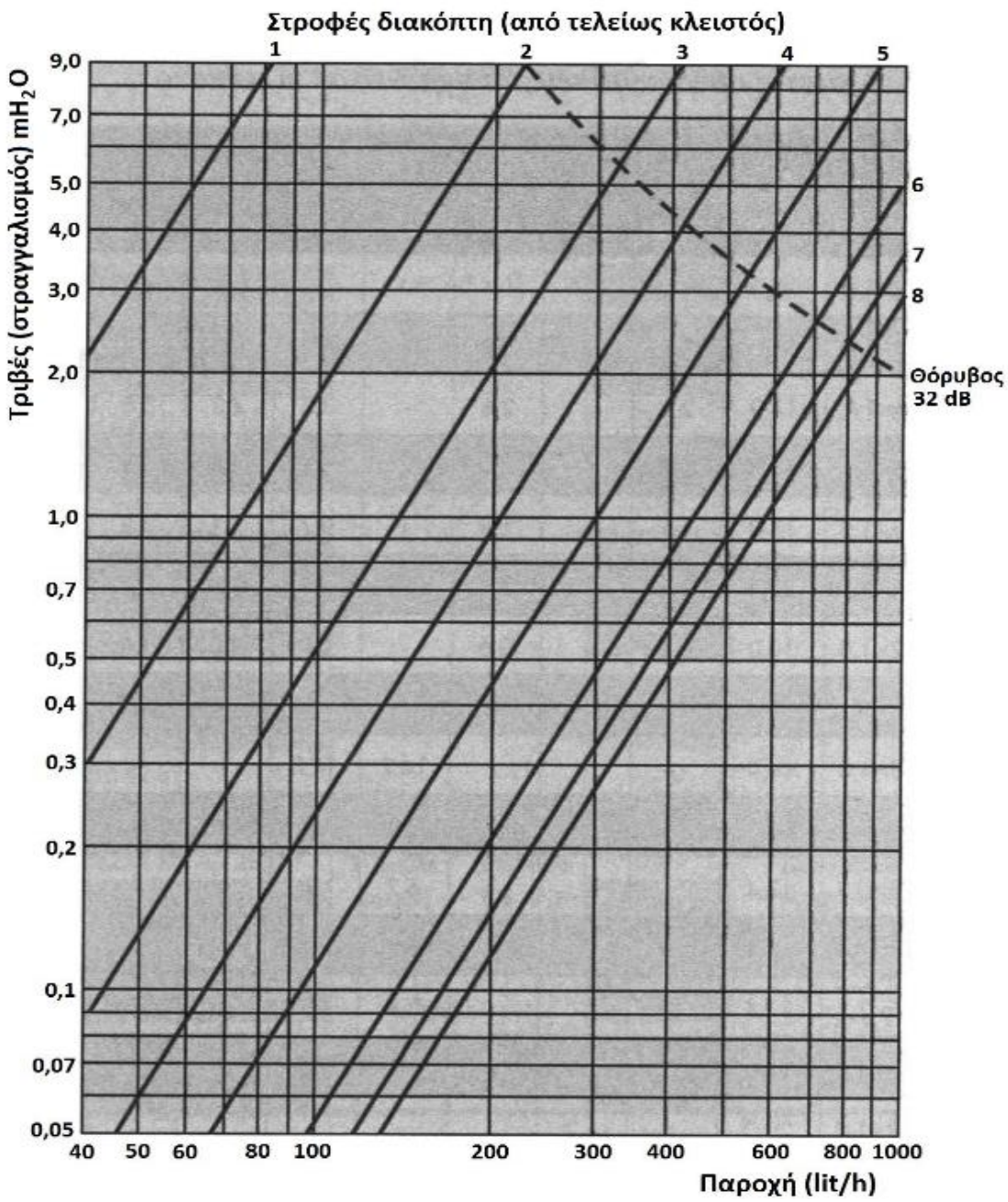
Στην αρχή και στο τέλος κάθε θερμικού κυκλώματος πρέπει να τοποθετούνται ρυθμιστικές βαλβίδες, ώστε να είναι δυνατή η απομόνωση του κάθε θερμικού κυκλώματος από την υπόλοιπη εγκατάσταση, καθώς επίσης και η ρύθμιση του θερμικού κυκλώματος με τα υπόλοιπα του ορόφου, από άποψη τριβών.

Για να μη δημιουργηθούν προβλήματα στην κατανομή των θερμίδων προς τα θερμικά κυκλώματα, λόγω του σχετικού μεγάλου ύψους τριβών, πρέπει να παρουσιάζονται στους συλλέκτες παροχής, για κάθε όροφο, ομοιόμορφες τριβές από όλα τα θερμικά κυκλώματα και να απομαστεύονται όσο το δυνατόν ίσες παροχές για αυτά.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ρυθμιστικών βαλβίδων που διατίθενται από τις διάφορες εταιρείες που προσφέρουν μονοσωλήνιο σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Μερικές από αυτές, καθώς και τα νομογραφήματα (διαγράμματα), αναφέρονται στο σχήμα 8.19 και στο Διάγραμμα 8.5.



Σχήμα 8.19: ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ STK



Διάγραμμα 8.5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ST

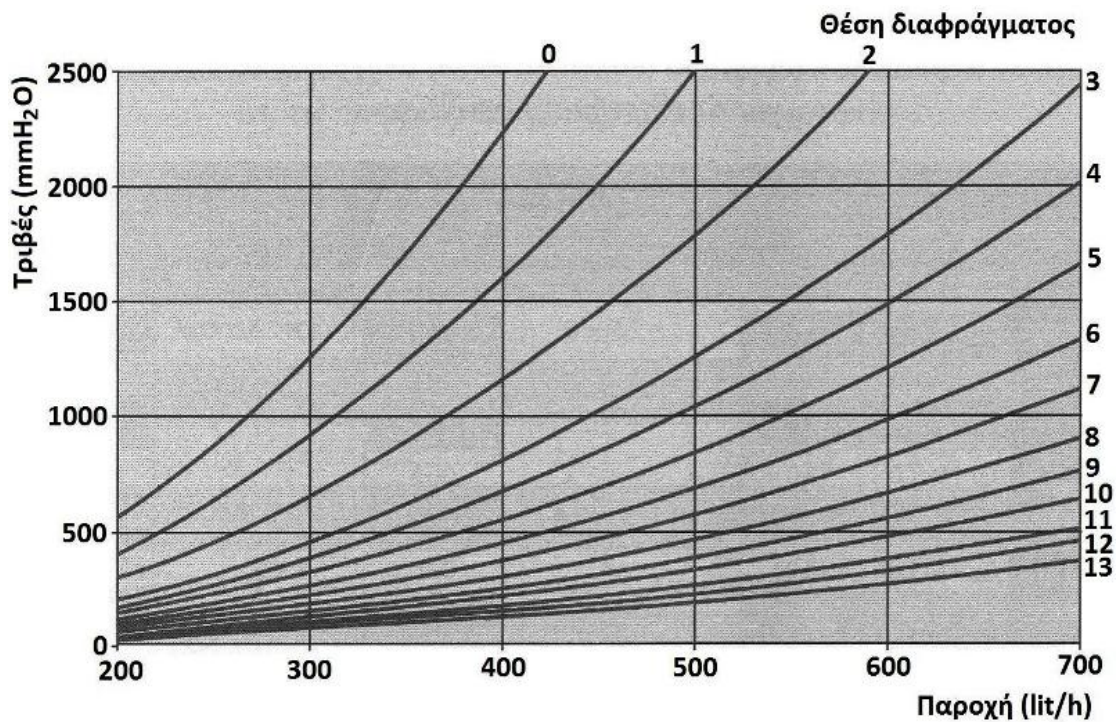


Τύπος	Σωλήνας mm	Διάμ. mm	Τριβές ανά m μήκους και προρρύθμιση								
			20%	30%	35%	40%	50%	60%	75%	90%	100%
Απλός M68.48	Cu 22×1,0	20,0	-	6,7	-	-	-	-	-	-	-
	Cu 18×1,0	16,0	3,8	-	4,8	-	6,9	8,0	11,0	13,6	15,9
Στραγγ. M68.41	Fe 16×1,0	14,0	2,0	-	2,6	-	3,8	4,3	5,8	7,2	8,4
	Cu 15×0,8	13,4	1,7	-	2,1	-	3,1	3,6	4,8	6,0	7,0
Γωνιακ. M68.80	Cu 15×1,0	13,0	1,5	-	1,8	-	2,7	3,1	4,2	5,2	6,0
	Fe 16×2,3	11,4	1,6	-	1,9	-	2,3	2,5	3,1	3,7	4,1
Στραγγ. M68.81	Cu 12×1,0	10,0	0,5	-	0,6	-	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8
Θερμοσ M68.44	Cu 18×1,0	16,0	-	-	-	14,2	11,3	-	-	-	-
	Fe 16×1,0	14,0	-	-	-	7,2	6,0	-	-	-	-
Στραγγ. — SF	Cu 15×0,8	13,4	-	-	-	6,2	5	-	-	-	-
	Cu 15×1,0	13,0	-	-	-	5,4	4,3	-	-	-	-
Μικτός M68.42	Fe 16×2,3	11,4	-	-	-	3,8	3,2	-	-	-	-
	Cu 12×1,0	10,0	-	-	-	1,6	1,3	-	-	-	-
Ειδικός τύπος M68.60	Cu 22×1,0	20,0	-	6,2	-	-	-	-	-	-	-
	Cu 18×1,0	16,0	3,0	-	3,8	-	5,6	6,9	9,5	11,8	14,0
	Fe 16×1,0	14,0	1,6	-	2,0	-	2,9	3,6	5,0	6,2	7,4
	Cu 15×0,8	13,4	1,3	-	1,6	-	2,4	3,0	4,1	5,1	6,1
	Cu 15×1,0	13,0	1,1	-	1,4	-	2,1	2,6	3,6	4,4	5,2
	Cu 12×1,0	10,0	0,4	-	0,5	-	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5

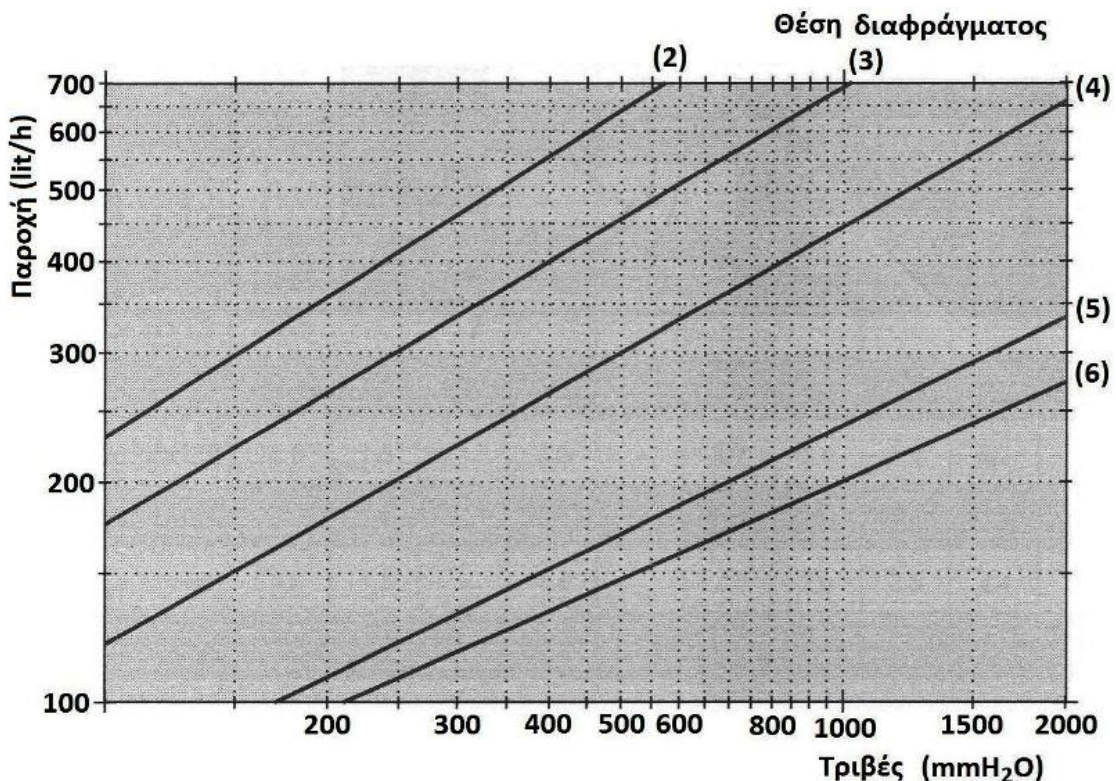
Πίνακας 8.6: ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΡΙΒΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ M68, ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΣΩΛΗΝΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΡΟΡΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΣΕ m ΜΗΚΟΣ.

Τύπος	Σωλήνας mm	Διάμ. mm	Τριβές ανοιγμένες σε (m)			
			Καμπύλη με κουρπαδόρο		Διακλάδωση συλλέκτη	
Απλός M68.48	Cu 22×1,0	20,0	Ακτίνα καμπυλότητας $r = 2,5 \times D$	0,25	Με μία καμπύλη $r = 2,5 \times D$	1,5
	Cu 18×1,0	16,0		0,20		1,0
Στραγγ. M68.41	Fe 16×1,0	14,0		0,15		0,8
	Cu 15×0,8	13,4		0,15		0,8
Γωνιακ. M68.80	Cu 15×1,0	13,0		0,15		0,8
	Fe 16×2,3	11,4		0,50		1,1
Στραγγ. M68.81	Cu 12×1,0	10,0		0,10		0,5
Θερμοσ M68.44	Cu 18×1,0	16,0		0,20		1,0
	Fe 16×1,0	14,0		0,15		0,8
Στραγγ. — SF	Cu 15×0,8	13,4		0,15		0,8
	Cu 15×1,0	13,0		0,15		0,8
Μικτός M68.42	Fe 16×2,3	11,4		0,50		1,1
	Cu 12×1,0	10,0		0,10		0,5
Ειδικός τύπος M68.60	Cu 22×1,0	20,0	Καμπύλη — εξάρτημα χαλκού $r = 1,5 \times D$	0,50	Διακλάδωση εξάρτημα Cu	1,5
	Cu 18×1,0	16,0		0,50		1,5
	Fe 16×1,0	14,0		0,50		1,5
	Cu 15×0,8	13,4		0,50		1,5
	Cu 15×1,0	13,0		0,50		1,5
	Cu 12×1,0	10,0		0,50		1,5

Πίνακας 8.7: ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΡΙΒΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ M68, ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΣΕ m ΜΗΚΟΣ, ΓΙΑ ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.



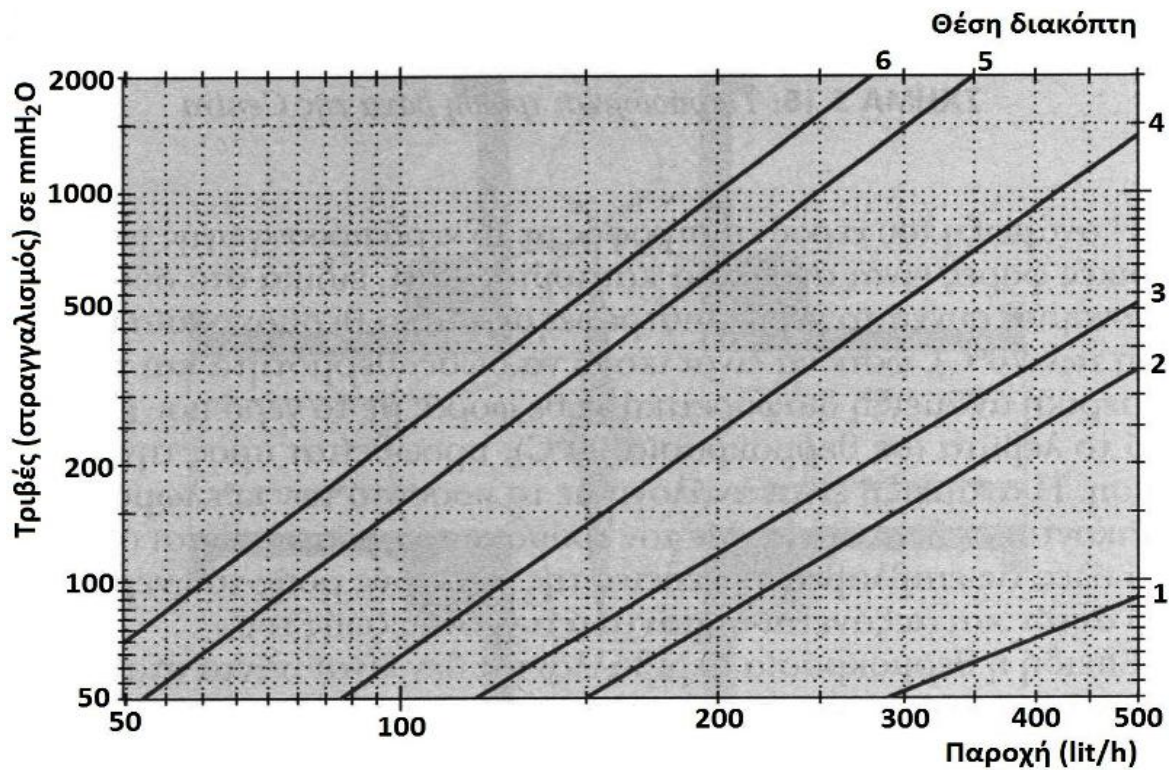
Διάγραμμα 8.6: ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ M68.41/81



Διάγραμμα 8.7: ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ, ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ M68.44-SF

## 8.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.

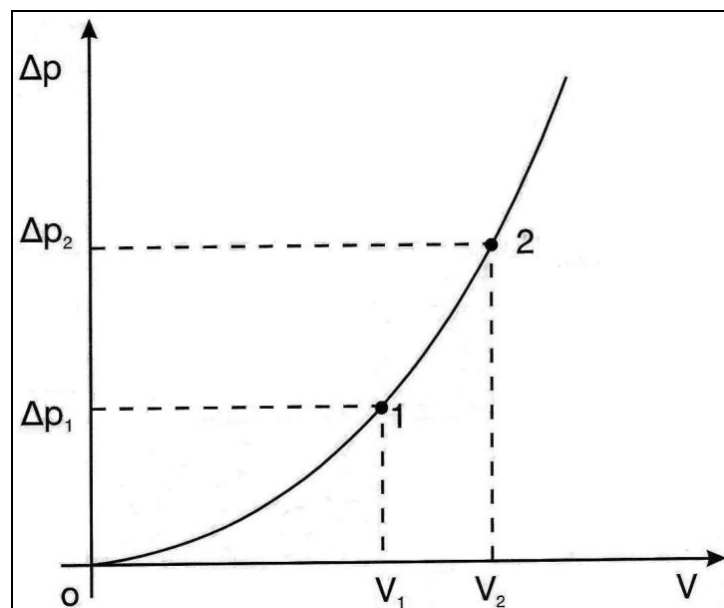
Το σύνολο των απωλειών που ισοδυναμεί με την απαραίτητη διαθέσιμη πίεση έχει διαφορετική τιμή, για το ίδιο δίκτυο, σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο μεταβληθεί η παροχή και η ταχύτητα. Αυτό μπορεί να συμβεί σε ένα δίκτυο, όταν π.χ. σε κάποια στιγμή λειτουργούν μέρη του και όχι το σύνολό του (περιπτώσεις αυτονομιών) με το δεδομένο κυκλοφορητή. Η συμπεριφορά του δικτύου σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας περιγράφεται παραστατικά με τη βοήθεια της "χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας" του.



Διάγραμμα 8.8: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Πρόκειται για μια καμπύλη γραμμή, σε ένα σύστημα συντεταγμένων με άξονες  $\Delta p$  και  $V$ , που σχηματίζεται από ζεύγη των αντίστοιχων τιμών ( $\Delta p$  και  $V$ ) σε κάθε κατάσταση, δεδομένου ότι σε κάθε τιμή συνολικής παροχής (άρα και ταχύτητας) αντιστοιχεί μια ορισμένη τιμή απωλειών τριβής (άρα και απαιτούμενης πίεσης).

Για να περιγράψουμε αυτό το χαρακτηριστικό κάθε δικτύου, θα αναφερθούμε αρχικά σε ένα στοιχειώδες κύκλωμα. Αφού έχει σχεδιαστεί το κύκλωμα και έχουν επιλεγεί η διάμετρος του σωλήνα και τα εξαρτήματά του, υπολογίζεται, για διάφορες τιμές παροχής, η αντίστοιχη πτώση πίεσης (σωλήνων και εξαρτημάτων).



Σχήμα 8.20: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Τα ζεύγη τιμών  $\Delta p - V$  που προκύπτουν παριστάνουν αντίστοιχα "σημεία λειτουργίας" του κυκλώματος και σημειώνονται στο σύστημα συντεταγμένων με άξονες  $\Delta p$  και  $V$ . Όταν τα ενώσουμε προκύπτει μια καμπύλη της μορφής που φαίνεται στο σχήμα 8.20.

Η μορφή της καμπύλης εξηγείται από το γεγονός ότι η παροχή ( $V$ ) αυξάνεται ανάλογα με την ταχύτητα ροής ( $u$ ) για τη συγκεκριμένη διατομή, ενώ η πτώση πίεσης ( $\Delta p$ ) αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας ροής ( $u^2$ ).

Η εξέταση της καμπύλης δείχνει παραστατικά ότι:

- α) αν αυξηθεί η διαθέσιμη  $\Delta p$  λόγω λειτουργίας μέρους του δικτύου, θα έχουμε αύξηση της παροχής και της ταχύτητας με ενδεχόμενους θορύβους (σφυρίγματα).
- β) αν μειωθεί η απαιτούμενη  $\Delta p$  του κυκλώματος λόγω τροποποίησης των στοιχείων του (αύξηση διαμέτρων ή μείωση μηκών), θα έχουμε τα ίδια αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν.
- γ) αν μειωθεί η διαθέσιμη  $\Delta p$  λόγω επεμβάσεων στο δίκτυο (αλλαγή κυκλοφορητή ή προσθήκη και άλλων στοιχείων), θα έχουμε μείωση της παροχής και της θερμικής απόδοσης του κυκλώματος.
- δ) αν αυξηθεί η απαιτούμενη  $\Delta p$  του κυκλώματος λόγω τροποποίησης των στοιχείων του (μείωση διαμέτρων ή αύξηση μηκών ή προσθήκη στοιχείων), θα έχουμε επίσης μείωση της παροχής και της θερμικής απόδοσης του κυκλώματος.

Αντίστοιχη είναι η μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης του όλου δικτύου. Ισχύουν επίσης αντίστοιχα συμπεράσματα με αυτά που προαναφέρθηκαν. Οποιοσδήποτε τροποποιήσεις στα στοιχεία ενός μελετημένου δικτύου θα προκαλέσουν μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις από την ισορροπημένη λειτουργία και την ικανοποιητική απόδοση της εγκατάστασης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ «ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ»

### 9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για να συντηρείται η κυκλοφορία του φορέα της θερμότητας στο δίκτυο με σταθερή ταχύτητα, αυτή που έχει υπολογιστεί για κάθε τμήμα, πρέπει να εξουδετερώνονται οι αντιστάσεις τριβής που εμφανίζονται κατά τη ροή του στις σωληνώσεις και στα άλλα στοιχεία του δικτύου. Η εξουδετέρωση των αντιστάσεων τριβής γίνεται με την πρόσδοση στο νερό ενέργειας, με τη διαφορά πίεσης μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης μιας αντλίας.

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις θέρμανσης με ζεστό νερό, η κυκλοφορία του νερού είναι σχεδόν πάντοτε εξαναγκασμένη (βεβιασμένη). Σε αντίθεση με πολύ παλαιότερα συστήματα ή πολύ μικρές εγκαταστάσεις που βασίζονται στη "φυσική" κυκλοφορία του ζεστού νερού, σήμερα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά φυγοκεντρικές αντλίες, οι οποίες στις μικρότερες εγκαταστάσεις, με μικρά μανομετρικά ύψη, ονομάζονται **κυκλοφορητές**.

Στην πράξη με τον όρο "κυκλοφορητής", αναφερόμαστε στο σύνολο των αντλιών οι οποίες χρησιμοποιούνται στα δίκτυα κεντρικών θερμάνσεων, με την προϋπόθεση ότι το σύστημα είναι "κλειστό" και το αντλούμενο νερό "κυκλοφορεί" σε μια κλειστή διαδρομή. Ενώ όμως μία αντλία μπορεί να διαθέτει ποικιλία κινητήριων μηχανισμών, όταν αναφερόμαστε σε κυκλοφορητές, δεχόμαστε συμβατικά ότι διαθέτουν ενσωματωμένο μικρό ηλεκτροκινητήρα.

Ο ρόλος λοιπόν σήμερα του κυκλοφορητή είναι η δημιουργία της απαιτούμενης πτώση πίεσης στα άκρα του δικτύου (Α-Κ), ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη για την εγκατάσταση παροχή του φορέα της θερμότητας.

Ο κυκλοφορητής είναι ουσιαστικά μια ηλεκτροκίνητη φυγοκεντρική αντλία με ενσωματωμένο στο κέλυφός της τον ηλεκτροκινητήρα και κατασκευαστικές προδιαγραφές κατάλληλες για εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης. Είναι ανθεκτικός σε θερμοκρασίες της τάξης των 120°C, υδρολίπαντος και δεν απαιτεί συντήρηση.

Η λειτουργία του είναι ικανοποιητικά αθόρυβη, με την προϋπόθεση ότι έχει γίνει σωστή επιλογή του μεγέθους του καθώς και των διαμέτρων των σωλήνων. Γενικά οι πολλές στροφές και οι μικρές διάμετροι (μεγάλες ταχύτητες) ευνοούν τους θορύβους. Χρειάζεται επίσης προσοχή στη στήριξη των σωλήνων στα δομικά στοιχεία του κτιρίου (μέριμνα ηχομόνωσης), γιατί από τα σημεία αυτά μεταδίδεται ο θόρυβος σε όλο το κτίριο.

Οι σύγχρονοι κυκλοφορητές έχουν δυνατότητες ρύθμισης των στροφών τους, ώστε να προσαρμόζονται καλύτερα στις απαιτήσεις των εγκαταστάσεων. Η ρύθμιση αυτή άλλοτε είναι χειροκίνητη και άλλοτε, σε σύγχρονους τύπους, αυτόματη. Στους ηλεκτρονικά ελεγχόμενους κυκλοφορητές υπάρχουν δυνατότητες αυτόματων ρυθμίσεων (με βάση δεδομένα θερμοκρασίας ή πίεσης), καθώς και δυνατότητα χρονικού προγραμματισμού. Εξασφαλίζεται έτσι οικονομικότερη λειτουργία και χαμηλότερη στάθμη θορύβου.



**Εικόνα 9.1:** ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ DAB ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ.

Αριστερά με ρακόρ, δεξιά με φλάντζα.  
 Λειτουργικό εύρος από 1 έως 12 m<sup>3</sup>/h,  
 Θερμοκρασία υγρού από -10°C έως +110°C,  
 Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).



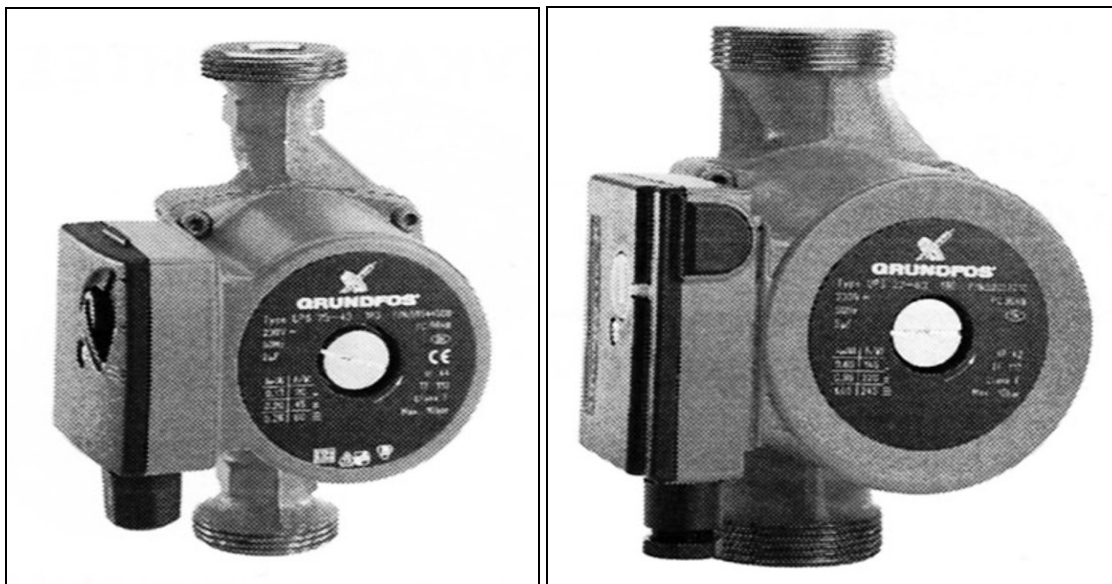
**Εικόνα 9.2:** ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ DAB ΜΕ ΔΥΟ ΚΕΦΑΛΕΣ.

Λειτουργικό εύρος από 1 έως 12 m<sup>3</sup>/h,  
 Θερμοκρασία υγρού από -10°C έως +110°C,  
 Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).

Κάθε κυκλοφορητής συνδέεται με δύο ρακόρ ή με δύο φλάντζες στο δίκτυο σωληνώσεων, στην αναχώρηση ή σπανιότερα στην επιστροφή. Διαθέτει πτερωτή η οποία ωθεί το νερό, ώστε να εξασφαλίζεται εξαναγκασμένη ροή και ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση της πτερωτής.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κυκλοφορητών, οι οποίοι προσφέρονται από τους κατασκευαστές τους τόσο για την εξυπηρέτηση δικτύων κεντρικής θέρμανσης, όσο και για δίκτυα ζεστού νερού χρήσης (μικρότερες θερμοκρασίες).

Στις εικόνες 9.1 μέχρι και 9.6 φαίνονται κλασικοί τύποι κυκλοφορητών, που συναντώνται στην ελληνική αγορά.



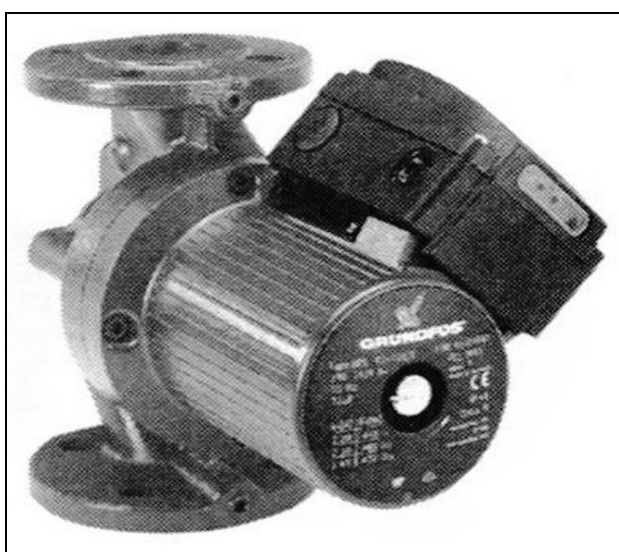
**Εικόνα 9.3:** ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ UPS ΜΕ ΡΑΚΟΡ ΤΗΣ GRUNDFOS.

Θερμοκρασία υγρού αριστερά από +2°C έως +110°C και δεξιά από -25°C έως +110°C  
Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).



**Εικόνα 9.4:** ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ COMFORT ΜΕ ΡΑΚΟΡ ΤΗΣ GRUNDFOS.

Θερμοκρασία υγρού από +2°C έως +95°C (Μέγιστο +60°C για ζεστό νερό χρήσης),  
Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).



**Εικόνα 9.5:** ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ UPS ΜΕ ΦΛΑΝΤΖΑ ΤΗΣ GRUNDFOS.

Θερμοκρασία υγρού από -25°C έως +110°C,  
Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).



**Εικόνα 9.6:** ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ GRUNDFOS.

Θερμοκρασία υγρού από +15°C έως +95°C,  
Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 10 bar (1000 kPa).

Στα έντυπα των κυκλοφορητών αναφέρονται, μαζί με τις λειτουργικές ιδιότητες της κάθε αντλίας, και δεδομένα που σχετίζονται με τις κύριες διαστάσεις και το βάρος της, πράγμα ιδιαίτερο σημαντικό για τα κάπως μεγαλύτερα μεγέθη.

## 9.2. ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ

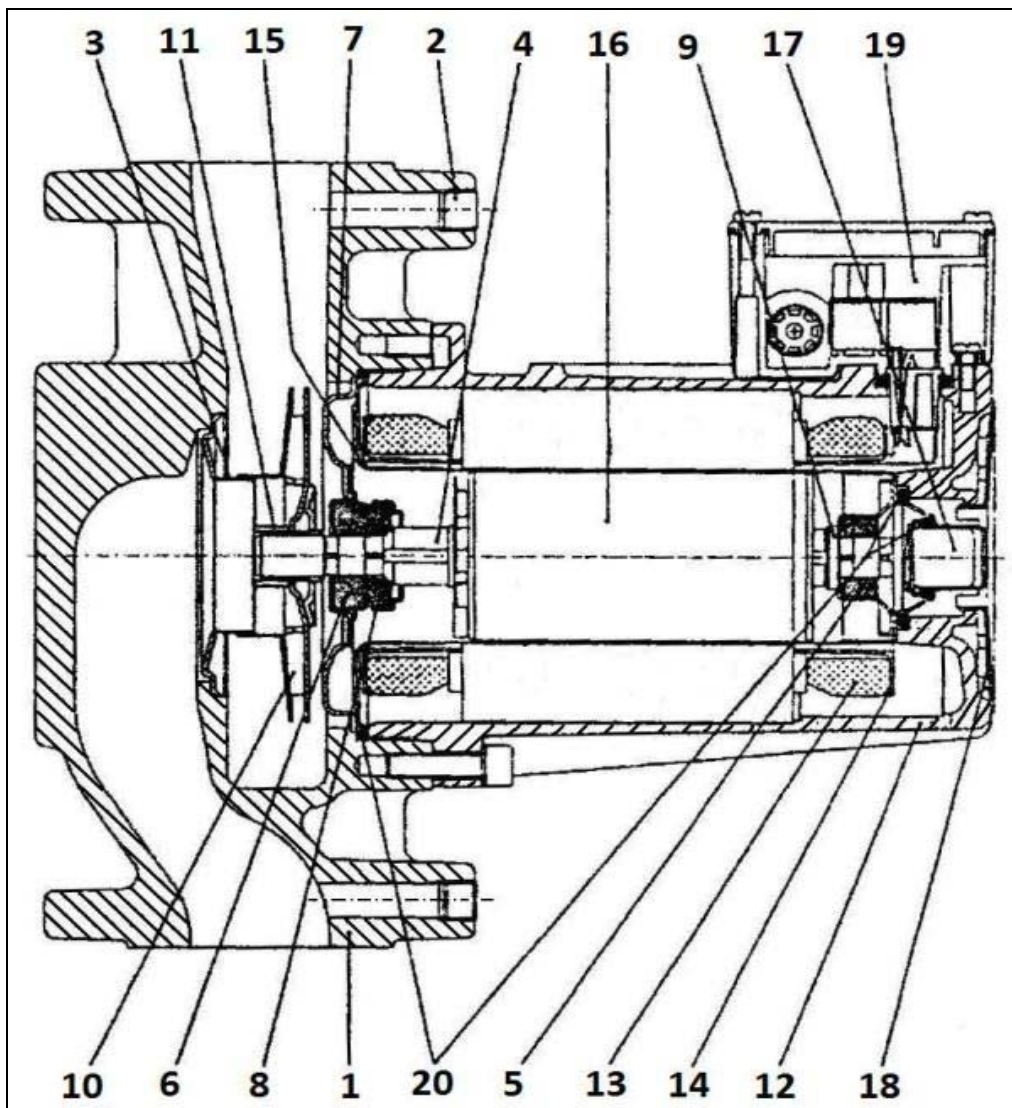
Στα διάφορα σημεία ενός δικτύου κεντρικής θέρμανσης, κατά τη λειτουργία του, επικρατούν πιέσεις διαφορετικών τιμών. Η κατανομή των πιέσεων στο δίκτυο εξαρτάται από το σημείο σύνδεσης του κυκλοφορητή.

Η πίεση σε κάθε σημείο εξετάζεται, συνήθως, σε σχέση με την πίεση που επικρατεί σε ένα σημείο του δικτύου (ουδέτερο σημείο), όπου έχει τιμή ανεξάρτητη από τη λειτουργία του κυκλοφορητή (πίεση ηρεμίας). Το σημείο αυτό πρακτικά είναι στη θέση σύνδεσης του ασφαλιστικού συστήματος και η πίεσή του εξαρτάται από το είδος και τα χαρακτηριστικά του δοχείου διαστολής.

- Αν έχουμε ανοιχτό δοχείο, η πίεση ηρεμίας, μετρημένη σε ύψος στήλης νερού, ισούται με το στατικό ύψος της εγκατάστασης (ύψος μεταξύ στάθμης νερού στο δοχείο και σημείου σύνδεσης του σωλήνα πλήρωσης).
- Στο κλειστό δοχείο η πίεση ηρεμίας ισούται με την πίεση λειτουργίας του δοχείου.

Θεωρούμε θετικές (υπερπιέσεις) τις πιέσεις με τιμή μεγαλύτερη από την πίεση ηρεμίας και αρνητικές (υποπιέσεις) τις μικρότερες.





- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1. Περίβλημα (Χυτοσίδηρος ή Ορείχαλκος) | 11. Περικόχλιο (Ανοξ. χάλυβας)       |
| 2. Τάπα αντλίας (Χάλυβας)               | 12. Περίβλημα στάτη (Αλουμίνιο)      |
| 3. Δακτύλιος λαιμού (Ανοξ. χάλυβας)     | 13. Περιέλιξη στάτη (Χάλκινο σύρμα)  |
| 4. Άξονας (Ανοξ. χάλυβας)               | 14. Μονωτικά χιτώνια (Συνθετικό)     |
| 5. Δακτύλιος άνω εδράνου (Κεραμικό)     | 15. Χιτώνιο ρότορα (Ανοξ. χάλυβας)   |
| 6. Δακτύλιος κάτω εδράνου (Κεραμικό)    | 16. Περίβλημα ρότορα (Ανοξ. χάλυβας) |
| 7. Δίσκος εδράνου (Ανοξ. χάλυβας)       | 17. Βίδα επιθεώρησης (Ανοξ. χάλυβας) |
| 8. Ωστικό έδρανο (Γραφίτης)             | 18. Πινακίδα (Συνθετικό)             |
| 9. Ωστικός δίσκος (Συνθετικό)           | 19. Ακροκιβώτιο (Συνθετικό)          |
| 10. Πτερωτή (Ανοξ. χάλυβας)             | 20. Δακτύλιοι "Ο" (Ελαστικό)         |

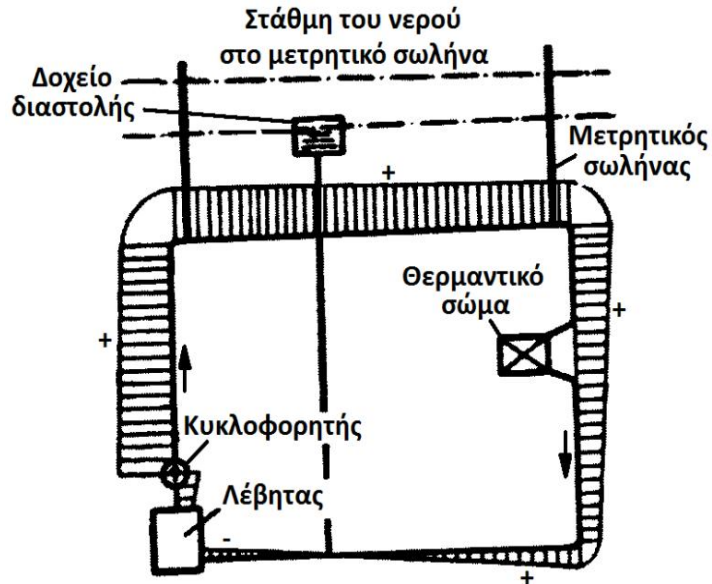
**Σχήμα 9.1:** ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΤΥΠΟΥ "DN32-100" ΤΗΣ GRUNDFOS ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΤΕΡΩΤΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ, ΜΕ ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.

Ανάλογα με τη σχετική θέση του ουδέτερου σημείου ως προς τον κυκλοφορητή, έχουμε διαφορετικές κατανομές πιέσεων στο δίκτυο.

Έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

α) Κυκλοφορητής στην προσαγωγή

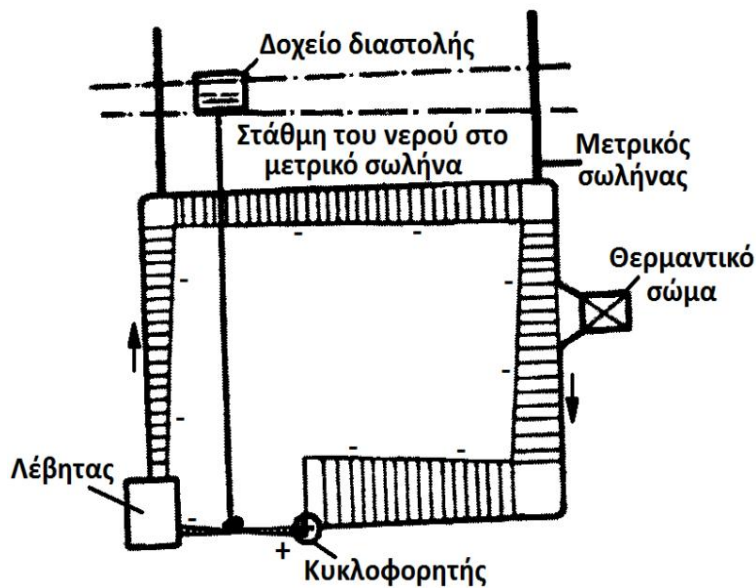
Από την κατάθλιψη έως το ουδέτερο σημείο (σύνδεση σωλήνα πλήρωσης) έχουμε υπερπίεσεις (+), ενώ από το ουδέτερο σημείο ως την αναρρόφηση έχουμε υποπίεσεις (-), σε σχέση πάντα με την πίεση ηρεμίας που είναι το ύψος της στάθμης του σωλήνα πλήρωσης.



Σχήμα 9.2.α: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ.

β) Κυκλοφορητής στην επιστροφή

Από την κατάθλιψη έως το ουδέτερο σημείο έχουμε υπερπίεσεις (+), ενώ από το ουδέτερο σημείο έως την αναρρόφηση έχουμε υποπίεσεις (-).



Σχήμα 9.2.β: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ.

Η περίπτωση να βρίσκεται το δίκτυο σε υποπίεση (σχήμα 9.2.β), περικλείει δύο κινδύνους:

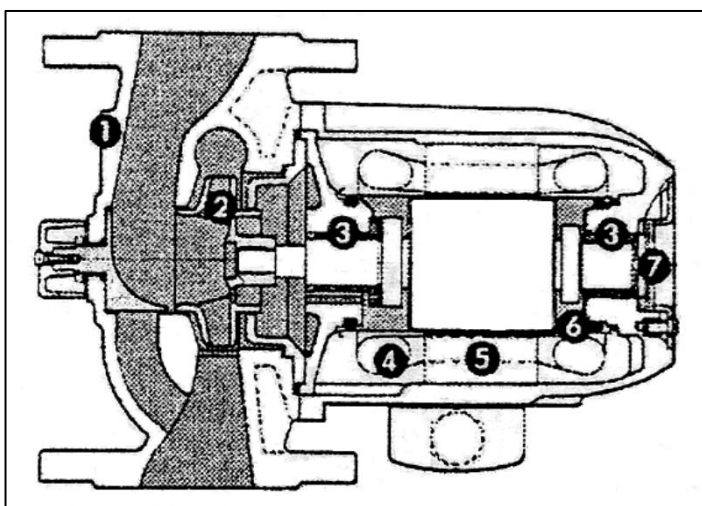
- Αν η πίεση στο πιο απομακρυσμένο σώμα είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική, θα έχουμε είσοδο αέρα στο δίκτυο από μη πλήρως αεροστεγείς συνδέσεις (διακόπτες κ.λπ.), με προβλήματα και λειτουργικά και φθορές των σωλήνων, λόγω διάβρωσης από το οξυγόνο αέρα.
- Χαμηλή πίεση στην αναρρόφηση του κυκλοφορητή, κάτω από ένα όριο που εξαρτάται από τον τύπο του, θα δημιουργήσει προβλήματα ομαλής λειτουργίας του.

Πράγματι η αύξηση της ταχύτητας στην είσοδο της αντλίας, πριν από την πτερωτή, σημαίνει μείωση της στατικής πίεσης (νόμος Bernoulli) και ενδεχόμενη ατμοποίηση του νερού. Αυτό μπορεί να συμβεί, γιατί όσο μικρότερη είναι η πίεση τόσο μικρότερη είναι και η θερμοκρασία ατμοποίησης. Οι φυσαλίδες του ατμού όταν περάσουν στην πτερωτή, στην περιοχή των μεγάλων πιέσεων, εμφανίζονται βίαια φαινόμενα που διαβρώνουν τα μέταλλα.

Συνιστάται, λοιπόν, να συνδέεται ο κυκλοφορητής στην αναχώρηση του νερού από το λέβητα προς τα σώματα.

Πρέπει πάντως να μη συνδέεται σε θέση μεταξύ του λέβητα και του σωλήνα ασφάλειας (όταν και αυτός είναι στην προσαγωγή), όπου, άλλωστε, απαγορεύεται και η σύνδεση οποιουδήποτε διακόπτη.

Μόνο σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων που στην αναχώρηση του νερού επικρατούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 110°C πρέπει να τοποθετείται ο κυκλοφορητής στην επιστροφή του νερού στον λέβητα, όπως είναι η περίπτωση τζακιού - λέβητα που δεν μπορούμε να ελέγξουμε εύκολα τις θερμοκρασίες του νερού.



1. Κέλυφος από χυτοσίδηρο
2. Πτερωτή από εγγυημένο θερμοανθεκτικό πλαστικό
3. Έδρανα (κουζινέτα) υδρολίπαντα
4. Στάτορας ηλεκτροκινητήρα
5. Ρότορας ηλεκτροκινητήρα
6. Διάφραγμα στεγανής προστασίας του στάτορα
7. Οπή παρατηρήσεως

Σχήμα 9.3: ΤΟΜΗ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΤΗΣ "GUSTAVS-BERG".

## 9.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ

### 9.3.1. Λειτουργικά Χαρακτηριστικά των Κυκλοφορητών

Κάθε αντλία είναι μια εργομηχανή, που μετατρέπει το μηχανικό έργο που της παρέχει ο κινητήρας της σε δυναμική ενέργεια, που παραλαμβάνεται από το υγρό του δικτύου της. Τα βασικά λοιπόν τεχνικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Η ισχύς της  $P_{\alpha}$  (σε W), δηλαδή η υδραυλική ενέργεια ανά μονάδα χρόνου, που τη χαρακτηρίζει από πλευράς μεγέθους.
- Ο βαθμός απόδοσής της  $\eta$ , που τη χαρακτηρίζει από πλευράς ποιότητας. Αν είναι  $P_{\kappa}$  η ισχύς του κινητήρα της, τότε είναι:

$$\eta = P_{\alpha} / P_{\kappa} (<1)$$

Εδώ αναφέρεται η μηχανική ισχύς του κινητήρα, η οποία συνδέεται με την ηλεκτρική ισχύ (την ηλεκτρική ενέργεια που απορροφάται από το δίκτυο στη μονάδα του χρόνου) με τη σχέση:

$$\eta = P_{\kappa} / P_{\eta\lambda} (<1)$$

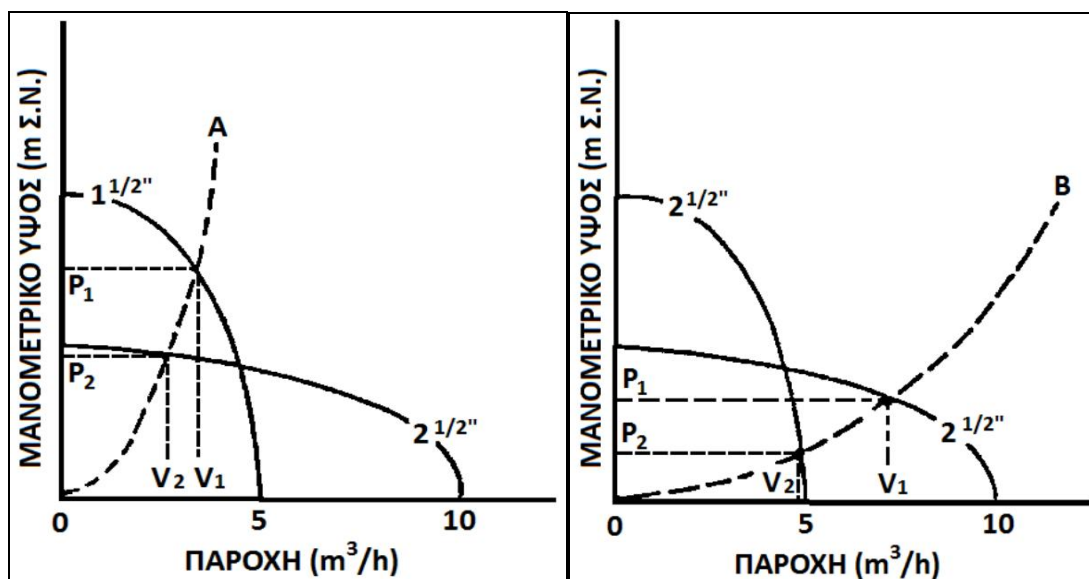
Από πλευράς λειτουργίας του κυκλοφορητή που θα εξυπηρετήσει ικανοποιητικά μια εγκατάσταση θέρμανσης, απαιτούνται δύο χαρακτηριστικά στοιχεία, που προκύπτουν από τη μελέτη της θέρμανσης:

1. Η παροχή του νερού, δηλαδή πόσα  $m^3/h$  νερού πρέπει να κυκλοφορούν στην εγκατάσταση, και

2. Το μανομετρικό ύψος του κυκλοφορητή, δηλαδή οι τριβές και οι ειδικές αντιστάσεις που πρέπει συνολικά να υπερνικήσει ο κυκλοφορητής, για να εξασφαλίσει την κυκλοφορία του νερού.

Η αντίληψη μερικών εμπειρικών τεχνικών, ότι ο κυκλοφορητής επιλέγεται με βάση τη διάμετρο του σωλήνα στον οποίο πρόκειται να συνδεθεί, είναι λανθασμένη. Το πόσο αντιεπισημονική και αντιτεχνική είναι η επιλογή του κυκλοφορητή με βάση τη διάμετρο συνδέσεως στο δίκτυο, φαίνεται από τον σχηματισμό των καμπυλών των σχημάτων 9.4.α και 9.4.β.

Στο σχήμα 9.4.α. η καμπύλη Α δίνει τις τριβές  $P$  του δικτύου για μεταβαλλόμενη παροχή  $V$ . Το δίκτυο αυτό αναφέρεται σε λίγους και σημαντικού μήκους κλάδους με πολλές τριβές. Με τον κυκλοφορητή της  $1^{1/2}$ " είχαμε πίεση  $P_1$  και παροχή  $V_1$ . Βάζοντας ένα μεγαλύτερο κυκλοφορητή των  $2^{1/2}$ " αλλά με χαρακτηριστική καμπύλη χαμηλή, θα έχουμε μικρότερη κυκλοφορία  $V_2$  αντί για μεγαλύτερη που θα περίμενε κανείς.



Σχήμα 9.4: ΚΑΜΠΥΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ α) ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ, ΜΕ ΠΟΛΛΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ, ΚΑΙ β) ΜΙΚΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ, ΜΕ ΛΙΓΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ.

Στο σχήμα 9.4.β. η καμπύλη Β δίνει πάλι τις τριβές  $P$  του δικτύου για μεταβαλλόμενη παροχή  $V$ . Το δίκτυο αυτό αναφέρεται σε πολλούς παράλληλους μικρού μήκους κλάδους και του ταιριάζει ένας κυκλοφορητής χαμηλής πίεσεως  $2^{1/2}$ ". Βάζοντας πάλι κυκλοφορητή  $2^{1/2}$ " αλλά υψηλής πίεσεως, θα έχουμε μείωση της παροχής  $V$  από το  $V_1$  στο  $V_2$ .

Για κάθε αντλία (κυκλοφορητή) πρέπει να είναι γνωστές οι χαρακτηριστικές καμπύλες που αναφέρονται στη μεταβολή:

- του μανομετρικού ύψους,  $H$
- του βαθμού απόδοσης,  $\eta$
- της καταναλισκόμενης ισχύος,  $P_k$  (ισχύς του κινητήρα)

σε συνάρτηση με τη μεταβολή της παροχής, V. Οι σχετικές καμπύλες βασίζονται σε εργαστηριακές μετρήσεις.

Τα μεγέθη αυτά συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση:

$$P_k = \frac{VHg}{\eta} \text{ (σε W)}$$

όπου:

V = η ποσότητα του νερού (σε m<sup>3</sup>/h), που για τις προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας προκύπτει από τη διαφορά θερμοκρασίας Δt (προσαγωγής και επιστροφής) και τη θερμική ισχύ της όλης εγκατάστασης. Η Τ.Ο.ΤΕΕ 2421 συνιστά Δt = 20°C για θερμάνσεις με σώματα και 10°C για θερμάνσεις οροφής και δαπέδου.

H = το μανομετρικό ύψος (σε m Σ.Ν.), που προσδιορίζεται από το σύνολο των αντιστάσεων της ροής, που για τις προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας έχει υπολογισθεί στη μελέτη ροής.

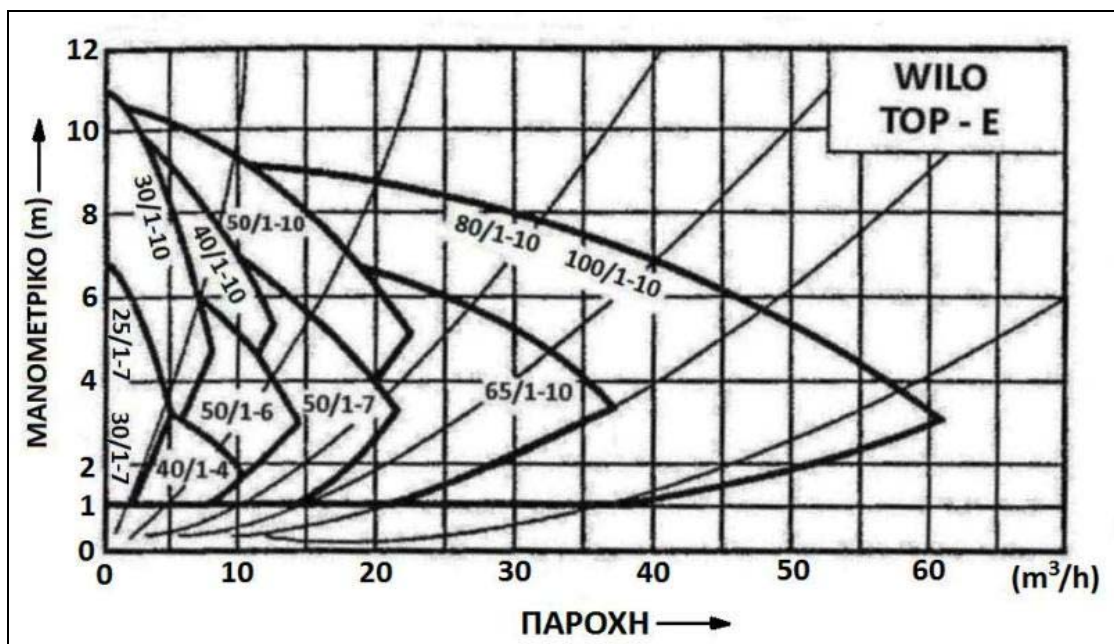
ρ = η πυκνότητα του νερού (σε kg/m<sup>3</sup>)

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας (σε m/s<sup>2</sup>) και

η = ο βαθμός απόδοσης της αντλίας.

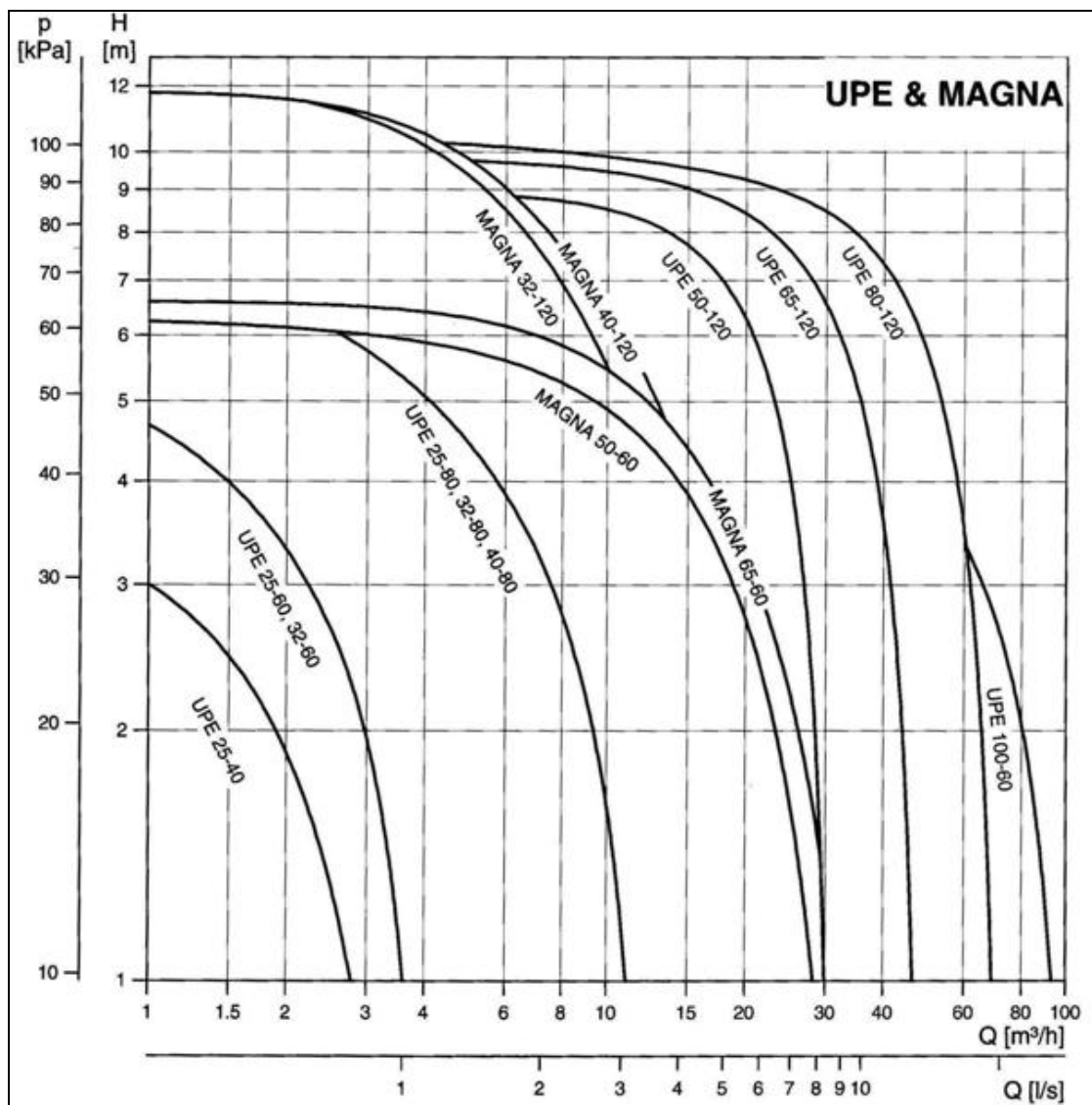
Σε μια λεπτομερέστερη μελέτη δικτύου, σωστό είναι να υπολογίζονται οι αντιστάσεις ροής όχι μόνο για τις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας, αλλά για μικρότερη και μεγαλύτερη παροχή. Έτσι προκύπτει η καμπύλη μεταβολής τους σε συνάρτηση. Η τομή της καμπύλης αυτής και της καμπύλης μεταβολής της αντλίας, θα μας δώσει τις συνθήκες (H και V), που μπορούμε να επιτύχουμε με την αντλία.

Οι κατασκευαστές διαθέτουν έτοιμες καμπύλες για οικογένειες κυκλοφορητών. Οι καμπύλες αυτές (ενδεικτικά σχήματα 9.5 μέχρι 9.7), μας βοηθούν στην επιλογή της αντλίας, με αφετηρία την αναγκαία παροχή και το υπολογισμένο μανομετρικό.

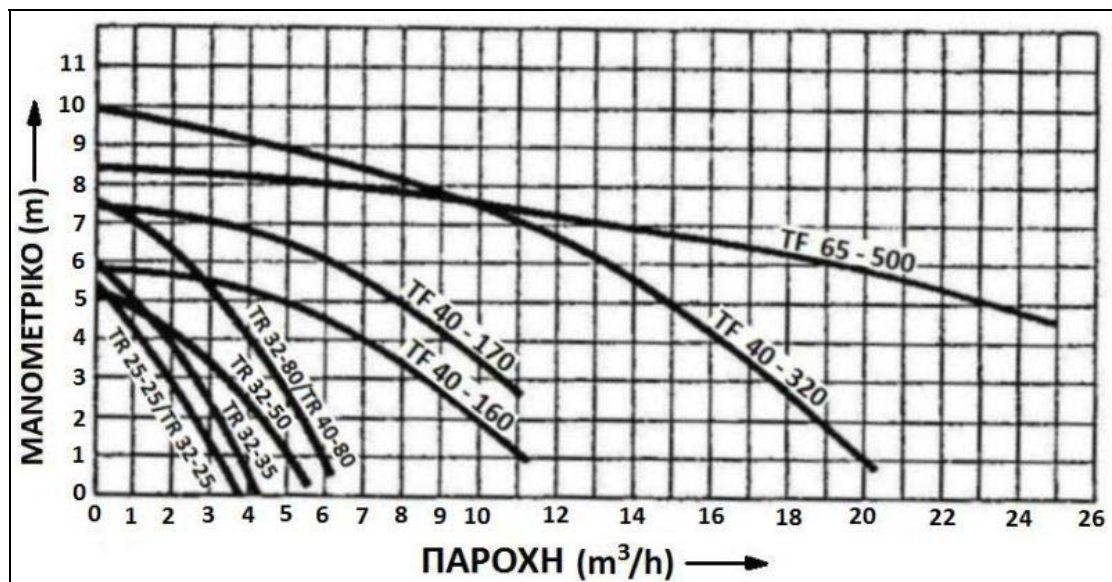


**Σχήμα 9.5:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ "WILO" ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ "TOP-E".

Διαθέτουν ενσωματωμένο αυτοματισμό για συνεχή μεταβολή στροφών (inverter), που επιτρέπει στον κυκλοφορητή να αντιμετωπίζει μεγάλη διακύμανση φορτίων. Μανομετρικό μέχρι 1 m Σ.Ν., παροχή μέχρι 50 m<sup>3</sup>/h.



Σχήμα 9.6: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ ΤΗΣ GRUNDOS (ΤΥΠΟΙ UPE & MAGNA).



Σχήμα 9.7: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ "TORRENT".

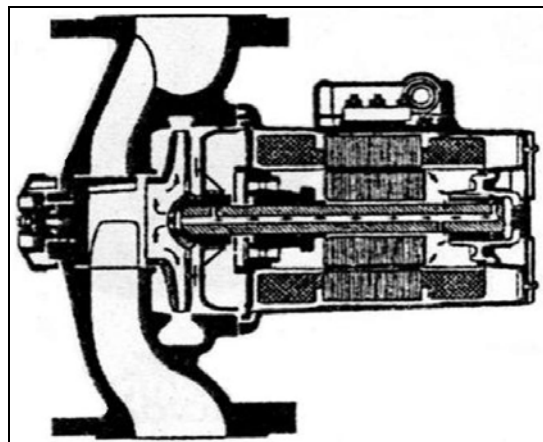
Για να επιτυγχάνεται μεγάλη διάρκεια ζωής και χαμηλή στάθμη θορύβου, είναι καλύτερα να επιλέγονται κυκλοφορητές και αντλίες σχετικά χαμηλού αριθμού στροφών (π.χ. 1450 U/min).

Όταν διαφοροποιούνται οι συνθήκες λειτουργίας, στις αντλίες που η μετάδοση κίνησης γίνεται με μάντες, υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής της αντλίας στις νέες συνθήκες με μεταβολή του αριθμού στροφών. Έτσι λοιπόν αν μεταβληθούν οι στροφές της, μεταβάλλονται και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της ανάλογα:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

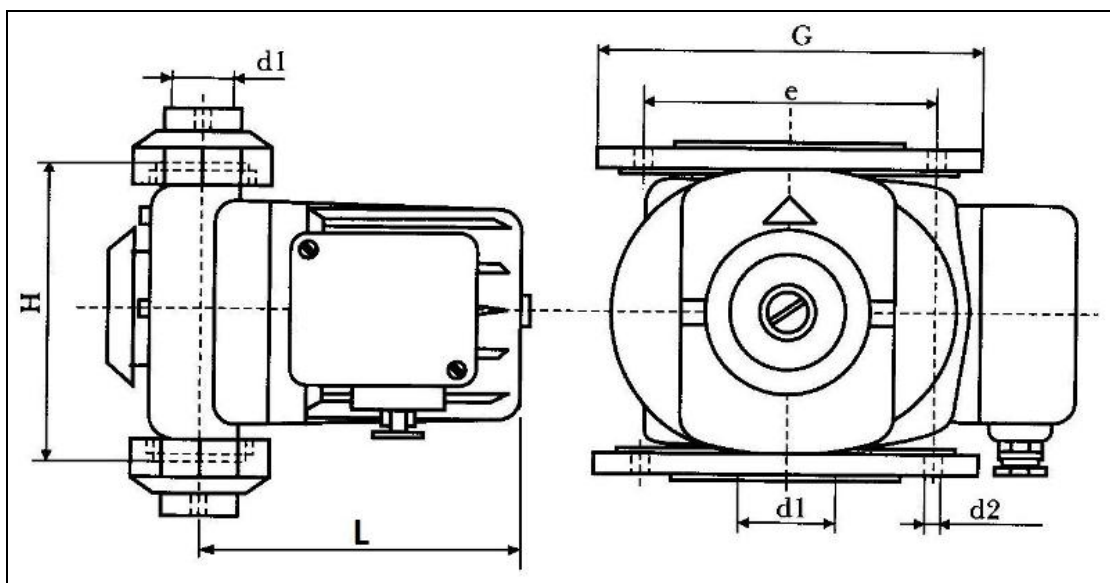
Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει ότι η παροχή (V) μιας αντλίας μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο του αριθμού ( $n^2$ ) και η ισχύς (P) ανάλογα με την τρίτη δύναμη του αριθμού στροφών ( $n^3$ ).

Δηλαδή όταν διπλασιάζεται ο αριθμός στροφών διπλασιάζεται και η παροχή, τετραπλασιάζεται το μανομετρικό αλλά και οκταπλασιάζεται η κατανάλωση ισχύος.



Σχήμα 9.8: ΤΟΜΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ "TORRENT".

Είναι υδρολίπαντοι, δίνουν παροχές μέχρι 25 m<sup>3</sup>/h, μέγιστο μανομετρικό 10 m Σ.Ν., μέγιστη πίεση λειτουργίας 10 bar και θερμοκρασιακά όρια από -20°C μέχρι +130°C. Είναι μονοβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες, απ' ευθείας συνδεδεμένες με υδρολίπαντο ηλεκτροκινητήρα που δεν χρειάζεται συτιοθλίπτες. Η πτερωτή στερεώνεται στον άξονα του κινητήρα και το κέλυφος της αντλίας είναι κατασκευασμένο κατά τρόπον ώστε τα στόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης να βρίσκονται σε ευθεία και να έχουν την ίδια διατομή. Το κέλυφος τους κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο (GG25), η πτερωτή από ελαστικό Noryl, ο άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα και τα έδρανα του κινητήρα από ειδικό γραφίτη.



Σχήμα 9.9: ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ DROUARD.

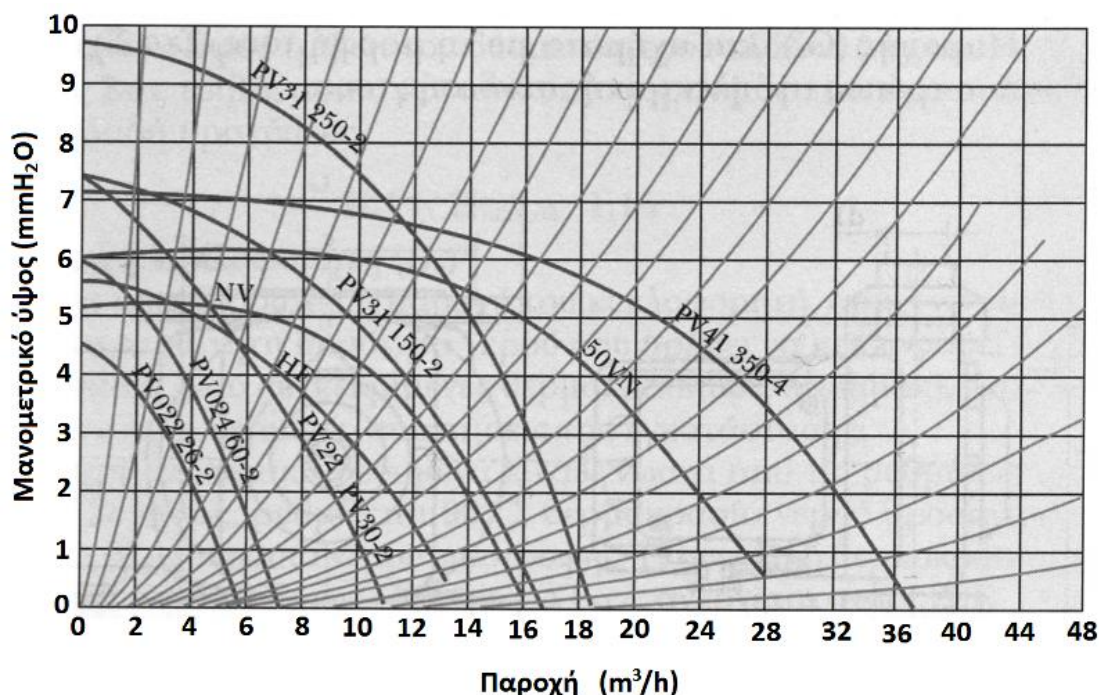
Μοντέλο	Τύπος	W	V/PH/Hz	A	RPM	H	L	G	e	d1	d2	kp	φλάντζες
PV 022	30-2	30	220/1/50	0,40	2430	130	124	-	-	1"	-	3,5	Ρακόρ 1"
PV 024	50-2	50	220/1/50	0,65	2400	180	135	-	-	1 1/4"	-	4	Ρακόρ 1 1/4"
PV 22	90-2	90	220/1/50	1,00	2500	180	171	-	-	1 1/2"	-	10	Ρακόρ 1 1/2"
PV 31	150-2	150	220/1/50	1,80	2600	250	211	140	110	50 mm	4x14	18	ND6Φ50 (*)
	250-2	250	350/3/50	1,4±0,8	2550	250	211	140	110	50 mm	4x14	18	ND6Φ50 (*)
PV 41	350-2	350	380/3/50	2,2±1,3	1300	300	217	160	130	65 mm	4x15	28	ND6Φ65 (*)

**Πίνακας 9.1:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ DROUARD.

όπου (\*): Συγκολλητές, W: Ισχύς, V/PH/Hz: Τάση/Φάσεις/Συχνότητα,

A: Ένταση, RPM: Στροφές, kp: Βάρος,

H, L, G, e, d1, d2: Διαστάσεις σε (mm) από σχήμα 9.9



**Σχήμα 9.10:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ DROUARD.

### 9.3.2. Λίπανση των Κυκλοφορητών

Η λίπανση των κυκλοφορητών και των αντλιών αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της λειτουργίας τους και γι' αυτό είναι εξαιρετικά διαδεδομένη η διάκριση σε υδρολίπαντους και ελαiolίπαντους.

Πλεονεκτήματα των υδρολίπαντων κυκλοφορητών θεωρούνται:

- Η αθόρυβη λειτουργία
- Η πολύ απλή κατασκευή - δεν απαιτεί συντήρηση.
- Οι 2 - 4 ταχύτητες
- Το χαμηλό κόστος.

Για την καλή λειτουργία των υδρολίπαντων κυκλοφορητών πρέπει κατά την τοποθέτησή τους ο άξονας να βρίσκεται σε οριζόντια θέση (εκτός αν άλλως ορίζει ο κατασκευαστής) και το νερό που κυκλοφορεί να είναι καθαρό (χωρίς άλατα). Μετά από παρατεταμένη ακινησία μπορεί να χρειάζεται "ξεκόλλημα" κατά την εκκίνηση.



Στους υδρολίπαντους κυκλοφορητές έχουμε πάντα τον άξονα οριζόντιο, γιατί διαφορετικά θα είχαμε συγκράτηση αέρα στο ψηλότερο έδρανο και επομένως ελλιπή λίπανση στο σημείο αυτό. Χρειάζεται εξαέρωση πάντα στην πρώτη εκκίνηση και μετά από κάθε νέα πλήρωση.



**Εικόνα 9.7:** ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

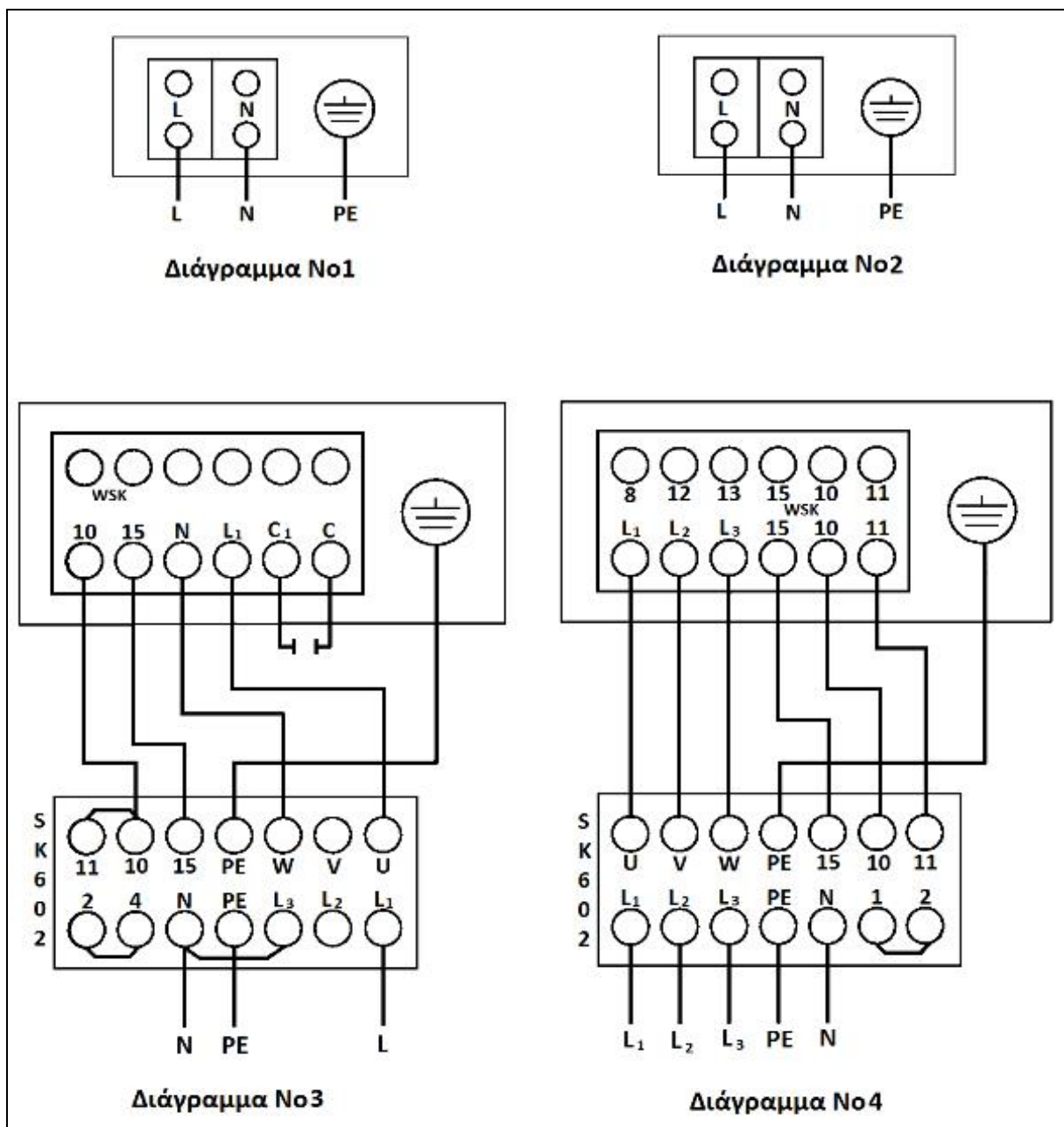
Στους ελαιολίπαντους κυκλοφορητές απαγορεύεται η τοποθέτηση κατά την οποία ο κινητήρας κρέμεται προς τα κάτω. Και σ' αυτούς και στους υδρολίπαντους απαγορεύεται η λειτουργία χωρίς νερό, γιατί καίγεται το στεγανοποιητικό.



**Εικόνα 9.8:** ΕΛΑΙΟΛΙΠΑΝΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

Οι κυκλοφορητές με μονοφασικό κινητήρα, είναι σχεδόν πάντα υδρολίπαντοι. Σ' αυτούς δεν απαιτείται έλεγχος της φοράς περιστροφής και δεν χρειάζεται θερμική προστασία.

Κυκλοφορητές με τριφασικό κινητήρα είναι οι μεγάλοι υδρολίπαντοι και όλοι οι ελαιολίπαντοι. Χρειάζονται απαραίτητα για την εκκίνησή τους ρελέ με θερμικό προστασίας, για τον συγκεκριμένο κυκλοφορητή. Κόβοντας τη μία φάση, πρέπει το θερμικό να πέφτει το πολύ σε 40". Πρέπει πάντα να γίνεται αυτός ο έλεγχος (να μη θεωρείται αξιόπιστη η ένδειξη της κλίμακας του θερμικού).



**Διάγραμμα Νο1:** Μονοφασικός κινητήρας 220 V με ενσωματωμένο πυκνωτή. Προστασία κινητήρα δεν χρειάζεται, ούτε έλεγχος φοράς περιστροφής.

**Διάγραμμα Νο2:** Ότι ισχύει για το Νο1.

**Διάγραμμα Νο3:** Μονοφασικός κινητήρας 220V με ενσωματωμένα θερμικά προστασίας περιέλιξης (WSK). Πλήρης προστασία του κινητήρα με χρήση του αυτόματου διακόπτη θερμικής προστασίας κινητήρα WILO, SK602.

\*\* Αν εμφανιστεί άλλου είδους προστασία πρέπει να συνδεθεί στις επαφές WSK και να ρυθμιστεί το θερμικό του αυτόματου προστασίας του κινητήρα, ανάλογα με την ταχύτητα που θα λειτουργήσει ο κυκλοφορητής. Δε χρειάζεται έλεγχος της φοράς περιστροφής.

**Διάγραμμα Νο4:** Τριφασικός κινητήρας 380 V με ενσωματωμένα θερμικά προστασίας περιέλιξης (WSK). Πλήρης προστασία του κινητήρα με χρήση αυτόματου διακόπτη θερμικής προστασίας WILO, SK602.

\*\* Αν εμφανιστεί άλλου είδους προστασία, ισχύει ότι και για Νο3.

Για την αλλαγή της φοράς πρέπει να εναλλαχτούν δύο οποιοσδήποτε φάσεις.

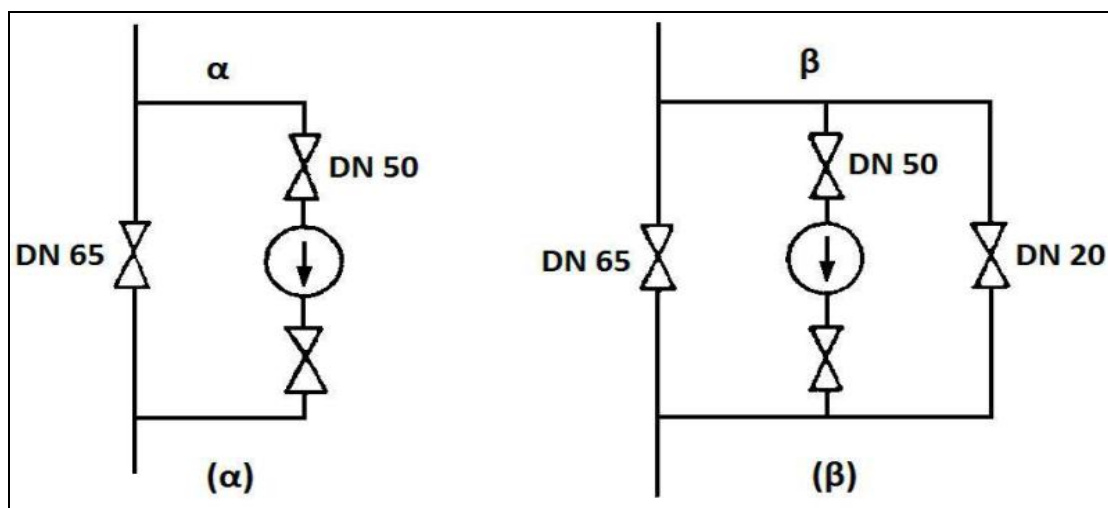
**Σχήμα 9.11:** ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ WILO.

### 9.3.3. "Παράλληλη" και "Εν Σειρά" Σύνδεση Κυκλοφορητών

Κάθε αντλία πρέπει να είναι εφοδιασμένη με δικλείδες στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη και μικρή παρακαμπτήρια γραμμή με δικλείδα για την καλύτερη ρύθμιση.

Στην περίπτωση εγκατάστασης περισσότερων παράλληλων αντλιών (για λειτουργία ή εφεδρεία), συνιστάται να εφοδιάζονται με δικλείδα αντεπιστροφής στην κατάθλιψη. Όλες οι αντλίες αυτές πρέπει να έχουν τις ίδιες καμπύλες. Σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε εικοσιτετράωρη βάση, συνιστάται και η εγκατάσταση μικρότερης αντλίας, που να ανταποκρίνεται στα νυχτερινά φορτία.

Όταν - ως εκ της διαμορφώσεως του δικτύου - υπάρχει δυνατότητα να λειτουργήσει η εγκατάσταση, έστω μερικώς, και με βαρύτητα και μόνο, γι' αυτήν την περίπτωση συνιστάται να συνδέεται ο κυκλοφορητής σε παρακαμπτήρια διάταξη, όπως στο παράδειγμα του σχήματος 9.12α. Καλύτερη ρύθμιση επιτυγχάνεται με μικρή παρακαμπτήρια γραμμή όπως αυτή του σχήματος 9.12β.

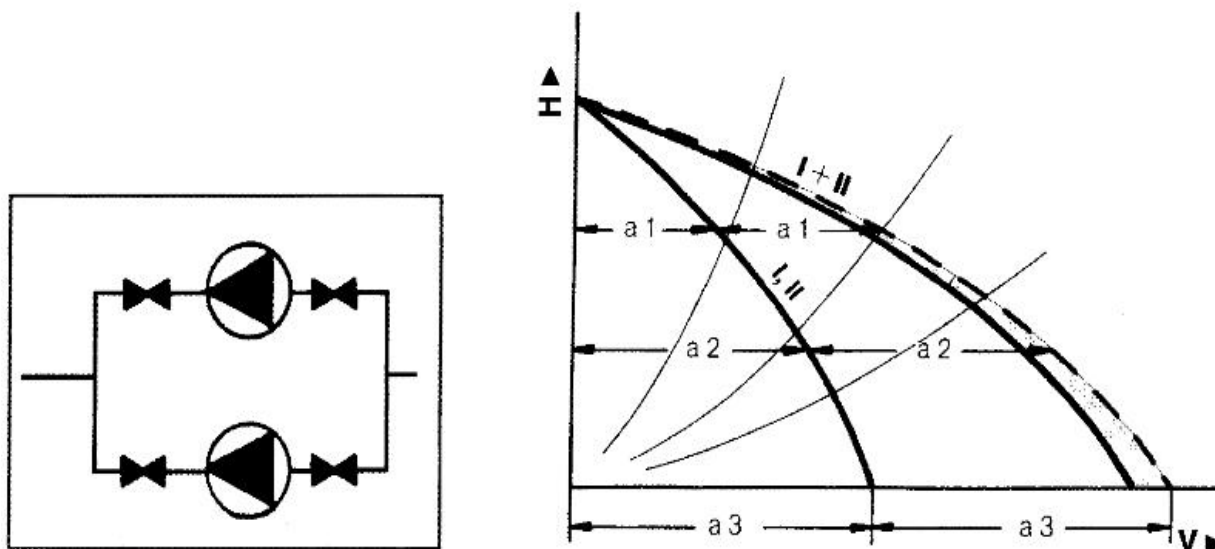


Σχήμα 9.12: ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ Τ.Ο.ΤΕΕ 2421.

Έτσι λοιπόν όταν σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις μιας εγκατάστασης από έναν κυκλοφορητή, είτε λόγω πολύ μεγάλης παροχής και μικρού μανομετρικού ύψους είτε λόγω πολύ μεγάλου μανομετρικού και μικρής παροχής. Στις περιπτώσεις αυτές μπορούν να συνδεθούν δύο κυκλοφορητές είτε παράλληλα είτε σε σειρά. Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία δύο ίδιων κυκλοφορητών με τη μορφή της καμπύλης της συστοιχίας.

- Παράλληλη σύνδεση:

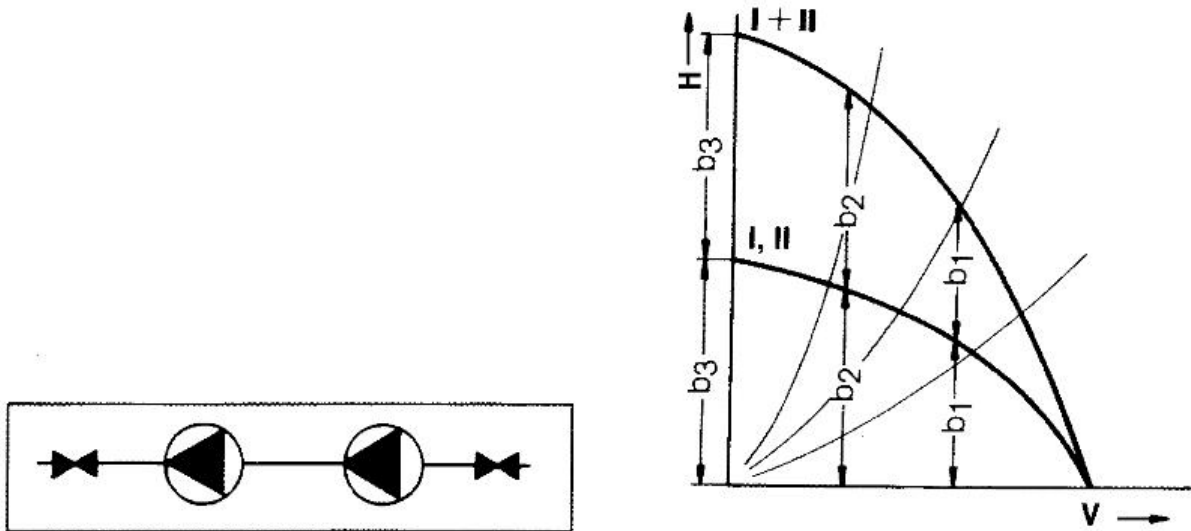
Στη σύνδεση αυτή, για κάθε μανομετρικό η παροχή της συστοιχίας είναι διπλάσια από την αντίστοιχη του κάθε κυκλοφορητή.



Σχήμα 9.13.α: ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ

- Σύνδεση σε σειρά:

Στη σύνδεση αυτή, για κάθε παροχή το μανομετρικό της συστοιχίας είναι διπλάσιο από το αντίστοιχο του κάθε κυκλοφορητή.



Σχήμα 9.13.β: ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

#### 9.3.4. Στάθμη Θορύβου Λειτουργίας Κυκλοφορητών

Το πρόβλημα του θορύβου που οφείλεται στη λειτουργία κυκλοφορητών είναι ιδιαίτερα σοβαρό, κυρίως γιατί τα δίκτυα μεταφέρουν τους θορύβους αυτούς μέσα στους χώρους διαμονής

Για να μειωθούν οι σχετικοί θόρυβοι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην εκλογή της αντλίας ή του κυκλοφορητή και στην ποιότητα της κατασκευής των δικτύων (αντικραδασμικές στερεώσεις κ.λπ.).

Με το πνεύμα των σημερινών αξιώσεων, το πρόβλημα της ελάττωσης των θορύβων παίζει σπουδαίο ρόλο, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες, γενικά στις κατοικίες.

Για τις επιτρεπόμενες τιμές θορύβων σε χώρους διαμονής σύμφωνα με τα:

- **DIN 4109**, "προστασία από θόρυβο στην οικοδομή",
- **VDI 2715**, "ελάττωση θορύβου στις εγκαταστάσεις θέρμανσης",  
ισχύουν οι ακόλουθες τιμές στάθμης θορύβου:  
Την ημέρα 40 dB (A)  
Τη νύχτα 30 dB (A)

Οι θόρυβοι που προέρχονται από την αντλία χωρίζονται:

- Στους "**ήχους κραδασμών**" που μεταδίδονται με ταλαντώσεις μέσα από τα υλικά της εγκατάστασης.
- Στους "**ήχους αέρα**" που μεταδίδονται με τον αέρα.

Γενικά αποδεικνύεται ότι και οι δύο περιπτώσεις θορύβου εξαρτώνται πολύ από τον αριθμό στροφών της αντλίας.

- Πολλές στροφές → πολύ θόρυβος
- Λίγες στροφές → λίγος θόρυβος

Συνιστάται επομένως να χρησιμοποιούνται αντλίες με όσο γίνεται λιγότερες στροφές.

#### 9.3.4.1. Θόρυβοι κραδασμών

Οι "θόρυβοι κραδασμών" που μεταδίδονται μέσα από τα υλικά της εγκατάστασης, είναι ταλαντώσεις που δεν ακούγονται ακριβώς στο σημείο λειτουργίας της αντλίας, αλλά μεταδίδονται στο σύστημα σωληνώσεων και είναι ενδεχόμενο να προκαλέσουν "συντονισμούς" σε ορισμένες θέσεις της εγκατάστασης.

Ως συντονισμός, εννοείται η ταλάντωση που δημιουργείται σε ένα σύστημα σωμάτων (π.χ. σωλήνωση, στήλη υγρού ή εγκλωβισμένη στήλη αέρα ή αερίου), όταν η ιδιοσυχνότητα του συστήματος συμπίπτει με τη συχνότητα της ταλάντωσης του κινούμενου μέρους που συνδέεται με το σύστημα, που χαρακτηρίζεται από κάποια ελαστικότητα.

Ο "θόρυβος κραδασμών" ο οποίος αναπτύσσεται παράλληλα με τον μηχανικό θόρυβο της λειτουργίας της αντλίας, παράγεται από:

- Όλα τα περιστρεφόμενα μέρη, όπως ο άξονας, ο ρότορας του κινητήρα, η πτερωτή και οι εναλλασσόμενες δυνάμεις των εδράνων, παρά τη σύγχρονη τεχνική της ζυγοστάθμισης.
- Τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις του κινητήρα που επηρεάζεται από τις περιοδικές μεταβολές του μονοφασικού ή τριφασικού ρεύματος.
- Το είδος της πίεσης που ασκείται από τα πτερύγια της πτερωτής στη στήλη νερού (το γινόμενο του αριθμού στροφών επί τον αριθμό των πτερυγίων της πτερωτής, παίζει αποφασιστικό ρόλο).

Ο "θόρυβος κραδασμών" δεν οφείλεται μόνο στην αντλία, αλλά περισσότερο στη διάταξη ολόκληρου του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης και της αντλίας.

Συμβαίνει πολλές φορές, ακριβώς όμοιες αντλίες, ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης, να τίθενται σε λειτουργία χωρίς κανένα πρόβλημα αλλά υπάρχει και ενδεχόμενο σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η ιδιοσυχνότητα κάποιων μερών της εγκατάστασης (συνήθως θερμαντικών σωμάτων) ταιριάζει με τη συχνότητα ταλάντωσης της αντλίας, να προκαλείται ενοχλητικός θόρυβος.

Στην περίπτωση αυτή η κατάσταση συνήθως διορθώνεται, αν αντικαταστήσουμε την αντλία με άλλη ίδιας ή περίπου όμοιας απόδοσης (παροχή - μανομετρικό), αλλά διαφορετικής κατασκευής και διαστάσεων, με διαφορετική συχνότητα ταλαντώσεων. Προτιμούμε πάντα στην περίπτωση αυτή αντλία με τη μικρότερη απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύ, διότι η ένταση των κραδασμών είναι μικρότερη. Βέβαια για τη λύση τέτοιου είδους προβλημάτων, δεν υπάρχουν συγκεκριμένες "συνταγές".

Ειδικά οι αντλίες υγρού δρομέα, σε αντίθεση με εκείνες του ξηρού δρομέα, παρουσιάζουν, εξ αιτίας της κατασκευής τους και του περιορισμένου μεγέθους τους, μια σχετική μικρή ένταση των δυνάμεων που προκαλούν την ταλάντωση.

Αντλίες με περισσότερες από μία ταχύτητες, παρέχουν τη δυνατότητα, με τη μείωση των στροφών κίνησης, της μείωσης των πιθανών θορύβων της αντλίας.

Αυτό γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα, με εξάρτηση από το φορτίο, με χρονοδιακόπτη, θερμοστάτη στην προσαγωγή του νερού ή διαφορικό πιεζοστάτη.

### **Μέτρα προστασίας**

Η αποτροπή ή μείωση του θορύβου που οφείλεται σε κραδασμούς με επέμβαση στο δίκτυο της εγκατάστασης, είναι ένα πολύ δαπανηρό πρόβλημα.

Το πιο απλό και πιο φθηνό μέτρο, είναι να επιλέξουμε από την αρχή μία αντλία με τη μικρότερη στάθμη θορύβου κραδασμών. Γι' αυτό, για την επιλογή της αντλίας, πρέπει να προσέξουμε τα εξής:

- Να διαλέγουμε την αντλία με τη μικρότερη ηλεκτρική ισχύ.
- Να προτιμάται η αντλία με τον χαμηλότερο αριθμό στροφών.
- Να επιλέγουμε την αντλία στην περιοχή του καλύτερου βαθμού απόδοσής της, που συνήθως είναι στο μεσαίο από τα τρία ίσα μέρη της χαρακτηριστικής καμπύλης ή στην αρχή του τελευταίου.
- Να λάβουμε μέτρα που δίνουν καλές ιδιότητες απόσβεσης των ταλαντώσεων στα μέρη της εγκατάστασης που προκαλούν κραδασμούς.

#### **9.3.4.2. Θόρυβοι αέρα**

Ο "θόρυβος αέρα" ακούγεται άμεσα στην πηγή του ήχου και είναι δυνατό να συνίσταται από τους ακόλουθους παράγοντες θορύβων:

- Θόρυβος λειτουργίας αντλίας και ηλεκτροκινητήρα
- Θόρυβος ροής
- Θόρυβος εξ αιτίας του φαινομένου της σπηλαιώσεως.

Ο ήχος των αντλιών που μεταδίδεται μέσω του αέρα, εκφράζεται ως "**στάθμη εντάσεως θορύβου**" και συμβολίζεται με ντεσιμπέλ στην κλίμακα A, **dB (A)**, σύμφωνα με το DIN 45635.

Το (A) υποδηλώνει ότι έχει ληφθεί υπ' όψη η απαιτούμενη διόρθωση για το ανθρώπινο αυτί στη μέση περιοχή συχνοτήτων.

Η αύξηση του αριθμού των στροφών του κυκλοφορητή, προκαλεί σημαντική αύξηση της εντάσεως του ήχου. Οι τιμές της στάθμης εντάσεως θορύβου, βασίζονται σε μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε ειδικούς ηχομονωμένους χώρους δοκιμών και σε απόσταση περίπου 1 m από την αντλία.

#### **9.3.4.3. Θόρυβος λειτουργίας**

Οι κυκλοφορητές τύπου υγρού δρομέα, χαρακτηρίζονται από τόσο ελάχιστη ένταση θορύβου αέρα, ώστε τις περισσότερες φορές, εξ αιτίας των θορύβων του περιβάλλοντος, δεν γίνεται αντιληπτό αν η αντλία λειτουργεί ή όχι. Οι τιμές της στάθμης θορύβου εξ αιτίας της ειδικής εδράσεως του άξονα και της απουσίας της περωτής ψύξης του κινητήρα, είναι πολύ χαμηλότερες από τις τιμές στάθμης θορύβου των κυκλοφορητών τύπου ξηρού δρομέα.

Έτσι, επειδή οι θόρυβοι λειτουργίας των κυκλοφορητών υγρού δρομέα υπερκαλύπτονται από άλλες πηγές θορύβου της εγκατάστασης, δεν έχουν σημασία.

Οι συνήθεις τιμές στάθμης θορύβου για κυκλοφορητές υγρού δρομέα σε εξάρτηση από την ονομαστική ισχύ του κινητήρα P (W), δίνονται στον Πίνακα 9.2.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (P)	ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΘΟΡΥΒΟΥ dB (A) ΣΕ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΑΡΙΘΜΟ ΣΤΡΟΦΩΝ	
	2700 στροφές/min (διπολικόι κινητήρες)	1400 στροφές/min (τετραπολικόι κινητήρες)
(W)	dB (A) <sup>(1)</sup>	
μέχρι 100	μέχρι περίπου 35	μέχρι περίπου 32
μέχρι 500	μέχρι περίπου 40	μέχρι περίπου 37
μέχρι 2500	μέχρι περίπου 50	μέχρι περίπου 45

- Τάση κινητήρα 220, 380, 500 V, 50 Hz
  - Στάθμη εντάσεως θορύβου dB (A) σύμφωνα με τον DIN 45635
- (1) Δυνατή απόκλιση εξ αιτίας κατασκευαστικών ανοχών 3 dB (A)

**Πίνακας 9.2:** ΤΙΜΕΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΥΓΡΟΥ ΔΡΟΜΕΑ.

Χωρίς εξαίρεση στις αντλίες τύπου ξηρού δρομέα η στάθμη θορύβου καθορίζεται από την ένταση του θορύβου (αέρα) των κινητήρων με επιφανειακή ψύξη.

Η στάθμη θορύβου που προέρχεται από την πτερωτή ψύξης του κινητήρα και από τα έδρανα κύλισης (ρουλεμάν), είναι ασύγκριτα υψηλότερη από τη στάθμη θορύβου που δημιουργείται μέσα στην αντλία από τη ροή του νερού.

Ο Πίνακας 9.3. περιέχει συνήθεις τιμές στάθμης θορύβου για αντλίες τύπου ξηρού δρομέα με τριφασικούς κινητήρες, σε συνάρτηση της ισχύος του κινητήρα P (W).

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (P)	ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΘΟΡΥΒΟΥ dB (A) ΜΕ ΑΡΙΘΜΟ ΣΤΡΟΦΩΝ "ΕΝ ΚΕΝΟ" <sup>(2)</sup>	
	3000 στροφές/min (διπολικόι κινητήρες)	1500 στροφές/min (τετραπολικόι κινητήρες)
(kW)	περίπου dB (A) <sup>(1)</sup>	
0,37	57	44
0,55	57	48
0,75	60	48
1,1	60	52
1,5	64	52
2,2	64	54
3	66	54
4	67	57
5,5	74	61
7,5	74	61
11	78	65
15	78	65
18,5	78	69
22	81	69
30	81	70

37	81	77
45	81	77
55	81	77
75	84	79
90 <sup>(3)</sup>	84	79

- Τάση κινητήρα 220, 380, 500 V, 50 Hz
  - Στάθμη εντάσεως θορύβου dB (A) σύμφωνα με τον DIN 45635
- (1) Δυνατή απόκλιση εξ αιτίας κατασκευαστικών ανοχών 3 dB (A)  
(2) Σε ονομαστικό φορτίο αυξάνονται οι ανωτέρω τιμές στάθμης θορύβου "εν κενό" κατά 2 ως 3 dB (A)  
(3) Ελάχιστη τάση 380 V

**Πίνακας 9.3:** ΤΙΜΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΝΤΛΙΩΝ INLINE ΤΥΠΟΥ ΞΗΡΟΥ ΔΡΟΜΕΑ ΜΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.

#### 9.3.4.4. Θόρυβος ροής

Ο θόρυβος ροής προέρχεται από μεγάλες ταχύτητες ροής στα στόμια της αντλίας ή του κυκλοφορητή. Η αιτία γι' αυτό είναι συχνά η πολύ μεγάλη απόδοση της αντλίας (σε παροχή). Ο θόρυβος στην περίπτωση αυτή, εξαλείφεται μόνο με την εγκατάσταση μιας αντλίας μικρότερης απόδοσης (παροχής).

Ο Πίνακας 9.4. δίνει για διάφορες ονομαστικές διαμέτρους στομίων τις ταχύτητες ροής, στα στόμια της αντλίας, που δεν πρέπει να υπερβούμε προκειμένου να αποφύγουμε θορύβους.

ΔΙΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟΜΙΩΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ DN (mm)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ u (m/sec)
Για κεντρικές εγκαταστάσεις	
μέχρι 1 <sup>1/4</sup> δηλ. DN 32	μέχρι 1,2
DN 40 και DN 50	μέχρι 1,5
DN 65 και DN 80	μέχρι 1,8
DN 100 και άνω	μέχρι 2,0
Για σωληνώσεις θέρμανσης	2,5 μέχρι 3,5

**Πίνακας 9.4:** ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΡΟΗΣ ΠΟΥ ΣΥΝΙΣΤΩΝΤΑΙ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΛΙΩΝ - ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ.

#### 9.3.4.5. Θόρυβος εξ αιτίας του φαινομένου της σπηλαιώσης.

Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με τις συνθήκες ροής του ρευστού στο στόμιο της αντλίας. Εάν η απόλυτη πίεση του ρευστού στο στόμιο βρίσκεται κοντά στη τάση ατμών του ρευστού, δημιουργούνται θύλακες ατμοποιημένου νερού με σοβαρές επιπτώσεις στην αντοχή της αντλίας και έντονο θόρυβο.

#### 9.3.4.6. Προστασία από τους θορύβους

Ιδεώδες είναι να βρεθεί μια λύση, από πλευράς αντλίας, με τη χρησιμοποίηση π.χ. μιας αντλίας με λίγες στροφές.

Από πλευράς εγκατάστασης παρουσιάζεται μια σχετική καλυτέρευση, λ.χ., στον τομέα της μετάδοσης του θορύβου αέρα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί προστατευτικό κάλυμμα επάνω από τον ηλεκτροκινητήρα.



Στον τομέα της μετάδοσης θορύβου κραδασμών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντικραδασμικά στοιχεία στις σωληνώσεις.



Εικόνα 9.9: ΑΝΤΙΚΡΑΔΑΣΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Τύπος	Στροφές ή RPM	Απορροφ. Ισχύς P1 (Watt)	Ονομαστ. ισχύς P2 (Watt)	$\alpha/\alpha^6$	Ρύθμιση A	Αυτόματος προστασίας	Πυκνωτ. $\mu\text{F/VDB}$
<b>Ρεύμα Μονοφασικό 220V - 50 Hz</b>							
RS 25/60 RS 30/60	1max 2000	65÷79	24	1		Δεν απαιτείται	2,6/400
	2 1800	54÷67	17				
	3 1600	43÷53	11				
	4min 1300	34÷41	7				
RS 25/70 RS 30/70 S 40/70	1max 2000	93÷131	47	1		Δεν απαιτείται	3/400
	2 1800	70÷104	32				
	3 1600	54÷76	18				
	4min 1300	42÷53	10				
RS 25/80 RS 30/80	1max 2000	176÷226	70	1	1,10	Δεν απαιτείται	5/400
	2 1800	106÷156	60		0,80		
	3 1600	73÷107	45		0,57		
	4min 1300	55÷73	30		0,38		
RS 30/100	1max 2000	260÷440	170	3	2,30	SK 602 <sup>7</sup>	7/400
	2 1800	250÷410	150		2,20		
	3 1600	245÷390	120		2,10		
	4min 1300	220÷360	80		1,90		
S 40/80	1max 2000	176÷226	70	1	1,10	Δεν απαιτείται	5/400
	2 1800	106÷156	60		0,80		
	3 1600	73÷107	45		0,57		
	4min 1300	55÷73	30		0,38		
S 40/90	1max 2000	280÷440	170	3	2,30	SK 602	7/400
	2 1800	270÷425	150		2,20		
	3 1600	250÷400	120		2,10		
	4min 1300	240÷360	80		1,90		
S 50/80	1max 2000	220÷415	170	3	2,30	SK 602	7/400
	2 1800	200÷410	150		2,20		
	3 1600	180÷395	120		2,10		
	4min 1300	165÷360	80		1,90		

Z 20	2500	25	5	1	Δεν απαιτείται		0,8/400
Z 25	1600	40÷47	12	1	Δεν απαιτείται		1,5/400
Z 30	2300	94÷110	40	2	Δεν απαιτείται		3/400
Z 40	1 max 2600	280÷350	170	3	2,30	SK 602	7/400
	2 2400	260÷335	150		2,20		
	3 2200	245÷320	120		2,10		
	4min 2000	235÷310	80		1,90		
<b>Ρεύμα Τριφασικό 3 × 380V - 50Hz</b>							
S 50/100	1 max 2700	415÷645	320	4	1,60	SK 602	
	2 2500	380÷560	290		1,40		
	3 2300	340÷480	230		1,10		
	4min 2100	280÷390	150		0,90		
S 65/80	1 max 2700	0,3÷0,6	320	4	2,20	SK 602	
	2 2600	0,3÷0,5	290		2,00		
	3 2400	0,3÷0,5	230		1,60		
	4min 2100	0,2÷0,4	150		1,30		
S 65/125	1 max 2500	0,6÷1,1	550	4	2,20	SK 602	
	2 2300	0,6÷1,0	450		2,00		
	3 2000	0,6÷0,9	320		1,60		
	4min 1300	34÷41	7		1,30		
S 80/125	1 max 2600	1,1÷1,6	850	4	3,20	SK 602	
	2 2500	1,0÷1,4	780		2,80		
	3 2300	0,9÷1,2	620		2,40		
	4min 2000	0,7÷0,9	400		2,00		
S 100/125	1 max 2700	1,7÷2,2	1300	4	4,40	SK 602	
	2 2600	1,6÷2,0	1100		4,10		
	3 2400	1,4÷1,7	900		3,80		
	4min 2200	1,2÷1,4	580		3,40		
Z 50	1 max 2700	0,4÷0,6	320	4	1,60	SK 602	
	2 2550	0,3÷0,5	290		1,30		
	3 2400	0,3÷0,5	230		1,10		
	4min 2200	0,2÷0,4	150		0,90		
Z 50	1 max 2600	1,1÷1,6	850	4	3,20	SK 602	
	2 2500	1,0÷1,4	780		2,80		
	3 2300	0,9÷1,2	620		2,40		
	4min 2000	0,7÷0,9	400		2,00		

6. Αριθμός ηλεκτρικού σχεδίου.

7. SK 602: Αυτόματος διακόπτης θερμικής προστασίας κινητήρα.

**Πίνακας 9.5: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΩΝ WILO.**

## **9.4. ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ**

Ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους της παγκόσμιας περιβαλλοντικής πολιτικής είναι η μείωση της έκλυσης αερίων που επηρεάζουν το κλίμα, ιδιαίτερα του CO<sub>2</sub>. Νέες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να διερευνηθούν και εκμεταλλευτούν για να επιτευχθούν αυτοί οι φιλόδοξοι στόχοι. Χάρη στις νέες τεχνολογίες, αναπτύσσονται μεγάλες ευκαιρίες ιδιαίτερα στον κατασκευαστικό κλάδο γιατί εδώ χρησιμοποιούνται φορτία με μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια ή μικρά φορτία σε μεγάλες ποσότητες, για παράδειγμα κυκλοφορητές σε συστήματα θέρμανσης / ψύξης. Οικονομική σημασία των κυκλοφορητών

Περίπου 70 με 90 εκατομμύρια κυκλοφορητές είναι εγκατεστημένοι και λειτουργούν σε όλη την Ευρώπη. Αν και σπάνια θεωρούνται καταναλωτές ενέργειας, και μόνο το μέγεθος της χρήσης τους καταλήγει σε υπέρογκη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Αναλογούν σε 35 με 50 δισεκατομμύρια kWh κάθε χρόνο!

### **9.4.1. Πλεονεκτήματα των Υδρολίπαντων Κυκλοφορητών**

Το μεγαλύτερο μέρος των υπαρχόντων εγκατεστημένων κυκλοφορητών καλύπτεται με αυτό που καλείται υδρολίπαντη κατασκευή. Αυτοί οι κυκλοφορητές επικράτησαν τα τελευταία 40 χρόνια στον χώρο της κεντρικής θέρμανσης αφού έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται συντήρηση και είναι πρακτικά αθόρυβοι. Το σχεδιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των υδρολίπαντων κυκλοφορητών είναι ότι ο ρότορας που κινεί την πτερωτή περιστρέφεται μέσα στο νερό το οποίο λιπαίνει και τα κουζινέτα του άξονα και επίσης ψύχει τον στάτορα του κινητήρα. Ένα χιτώνιο κατασκευασμένο από αντιμαγνητικό ανοξείδωτο χάλυβα φροντίζει για τον διαχωρισμό του στάτορα από το νερό. Αυτό έχει όμως σαν αποτέλεσμα την χαμηλότερη απόδοση του υδρολίπαντου κυκλοφορητή σε σχέση με τους κλασικούς κινητήρες, συνεπώς άμεση επίδραση στην απορροφώμενη ισχύ και έτσι και σε λειτουργικά έξοδα. Αν κάποιος λάβει υπόψη του, ότι εκτός από τον μεγάλο αριθμό κυκλοφορητών στα κτίρια, αυτές οι μονάδες έχουν και μεγάλη διάρκεια λειτουργίας (κυκλοφορητές θέρμανσης ως περίπου 6,000 ώρες λειτουργίας ετησίως), διακρίνεται η δυνατότητα τεράστιας εξοικονόμησης, η οποία όμως δεν μπορούσε να υλοποιηθεί με την προηγούμενη τεχνολογία των κινητήρων.

### 9.4.2. Κυκλοφορητής Υψηλής Απόδοσης

Γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκε μία νέα σειρά κυκλοφορητών, με στόχο τη δραστική μείωση των απαιτήσεων σε ενέργεια. Χάρη στη νέα τεχνολογία κινητήρων και την πρωτοποριακή κάψουλα υγρού χώρου (wet space encapsulation) η απαιτούμενη ενέργεια μπορούσε να μειωθεί ως και 80 τοις εκατό σε σύγκριση με τους συνηθισμένους κυκλοφορητές! Με αυτήν την επαναστατική τεχνολογία αναπτύχθηκε παγκοσμίως ο πρώτος υδρολίπαντος κυκλοφορητής με τεχνολογία ECM και χρήση σε εφαρμογές κρύου και ζεστού νερού ( $T_{\text{Medium}} -10^{\circ}\text{C}$  ως  $+110^{\circ}\text{C}$ ). ECM σημαίνει Electronic Commutated Motor (Ηλεκτρονικά Ελεγχόμενος Κινητήρας) με μόνιμο μαγνήτη ως ρότορα. Εξαιτίας του μεγάλου φάσματος εφαρμογών αυτού του προϊόντος και της ευρείας διάδοσής του, αυτή η πρωτοπορία συμβάλλει σημαντικά στην επίτευξη των ενεργειακών και περιβαλλοντολογικών στόχων.

### 9.4.3. Η Ανάπτυξη των Κινητήρων των Κυκλοφορητών

Κάτω από τις συνθήκες που προαναφέρθηκαν η προσοχή στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς κυκλοφορητών εξοικονόμησης ενέργειας επικεντρωνόταν πρώτα στο φάσμα της απορρόφησης ισχύος (P1) ως 1000 Watts.

Στο συγκεκριμένο εύρος κατανάλωσης χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως κυκλοφορητές με ασύγχρονους υδρολίπαντους κινητήρες. Όπως ήδη αναφέρθηκε, αυτοί έχουν χαμηλό βαθμό απόδοσης εξαιτίας του μεγάλου διάκενου μεταξύ στάτορα και ρότορα, αλλά δεν απαιτούν συντήρηση και είναι πρακτικά αθόρυβοι. Ασύγχρονοι κινητήρες με μηχανικό στυπιοθλίπτη, οι ελαιολίπαντοι, έχουν πράγματι μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης χάρη στο μικρότερο διάκενο, αλλά δεν είναι αποδεκτοί σε κτίρια κατοικιών, γιατί χρειάζονται συντήρηση και έχουν μεγαλύτερο επίπεδο θορύβου.



Εικόνα 9.10: ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ο συνήθης βαθμός απόδοσης των υδρολίπαντων κινητήρων κυμαίνεται στο κατώτατο επίπεδο ισχύος  $P_2 < 100 \text{ Watt}$  από 7% έως 30%. Κινητήρες με ισχύ από  $P_2 = 100 \text{ W}$  έως  $P_2 = 500 \text{ W}$  επιτυγχάνουν αποδόσεις 45% έως 65%. Κυκλοφορητές με αυτούς τους κινητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως εξαιτίας της κατασκευής νέων κτιρίων και τον εκσυγχρονισμό εγκαταστάσεων θέρμανσης. Γύρω στα 10 εκατομμύρια κυκλοφορητές εγκαθίστανται ετησίως στην Ευρώπη. Από αυτούς περισσότεροι από 70% χρησιμοποιούνται για αντικατάσταση και ανακατασκευή.

#### **9.4.4. Στάδια Ανάπτυξης**

Παρακάτω φαίνονται τα τεχνολογικά στάδια στην ανάπτυξη των κυκλοφορητών. Και τα παλαιότερα χρόνια κεντρικός στόχος ήταν η βελτίωση του μηχανικού και υδραυλικού βαθμού απόδοσης λαμβάνοντας υπόψη τα έξοδα κατασκευής. Με αυτόματη μεταβολή στροφών μπορούσε να επιτευχθεί σημαντική μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Μία περαιτέρω αύξηση της αποτελεσματικότητας με οικονομικά αποδεκτό κόστος δεν μπορούσε πια να επιτευχθεί εξαιτίας της τεχνολογίας των υδρολίπαντων κυκλοφορητών. Γι' αυτό έπρεπε να αναπτυχθούν ιδιαίτερα στο θέμα του κινητήρα νέες αρχές λειτουργίας, όπως επίσης στο υδραυλικό μέρος.

- Κινητήρες σταθερών στροφών <1970
- Κινητήρες με δυνατότητα επιλογής στροφών 1970 - 1980
- Κινητήρες με ελεγχόμενη μεταβολή στροφών 1980 - 1990
- Κινητήρες με δυνατότητα επικοινωνίας με διαγνωστικό σύστημα 1990 - 2000
- Νέας τεχνολογίας EC-κινητήρες με μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας >2000.

#### **9.4.5. Τεχνολογίες Κινητήρων**

Διάφοροι τύποι κινητήρων εξετάστηκαν για την επιλογή και οριοθέτηση των κινητήρων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για κυκλοφορητές εξοικονόμησης ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης, η δυνατότητα εφαρμογών, η αποδοχή από το αγοραστικό κοινό και το κόστος βρίσκονταν στο προσκήνιο της αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ξεκάθαρα ένα πλεονέκτημα στην εξέλιξη των σύγχρονων EC-κινητήρων με μόνιμο μαγνήτη ως ρότορα σαν τους μελλοντικούς κινητήρες κυκλοφορητών, μια και αυτοί έχουν ξεκάθαρα πιο υψηλή απόδοση από τους ασύγχρονους κινητήρες που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν. Οι κινητήρες EC (γνωστοί και ως Brushless Motors) χρησιμοποιούνται ήδη σε ελαιολίπαντες κατασκευές όπως σε ανεμιστήρες. Δεν υπάρχουν ακόμα πολλά χρόνια εμπειρίας για αυτούς τους κινητήρες με ισχύ που κυμαίνεται από 50W-1000W. Οι μεγάλες ποσότητες περιορίζονται σε ισχύ κάτω των 50 Watt και ταχύτητες πάνω των 10,000 rpm. Εφαρμογές EC-κινητήρων στη τεχνολογία των υδρολίπαντων κυκλοφορητών σε τυπικούς κινητήρες δεν ήταν προηγουμένως γνωστές.

Η ανάπτυξη έπρεπε να αποδείξει, ότι ένας σύγχρονος κινητήρας EC με μόνιμο μαγνήτη ως ρότορα είναι κατάλληλος τόσο για κυκλοφορητές θέρμανσης, όσο και για κυκλοφορητές ψύξης. Έπρεπε να εξεταστεί σε βάθος το αν αυτός ο κινητήρας έχει ένα καθαρό πλεονέκτημα απόδοσης με αποδεκτό κόστος σε αντιπαράθεση με αντίστοιχους ασύγχρονους υδρολίπαντους κινητήρες. Σε αυτή την περίπτωση βασικά ερωτήματα σε σχέση με τη διάρκεια ζωής, την ποιότητα, την διάβρωση και τον θόρυβο έπρεπε να ξεκαθαριστούν.

Μπορούν να αναγνωριστούν τα παρακάτω πλεονεκτήματα για τον κινητήρα EC σαν κινητήρα κυκλοφορητή:

- Μειώνει στο μισό την απορροφώμενη ισχύ P1
- Σαφώς βελτιωμένος μηχανικός βαθμός απόδοσης σε συνθήκες πλήρους και μερικού φορτίου
- Βελτιωμένος υδραυλικός βαθμός απόδοσης
- Μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας με την βοήθεια της ηλεκτρονικής μεταβολής στροφών ανάλογα με το φορτίο μέχρι και 80%
- Μείωση μεγέθους και βάρους

#### 9.4.6. Αρχή Λειτουργίας της ECM-Τεχνολογίας

Η αρχή λειτουργίας ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων με μόνιμο μαγνήτη βασίζεται στις εξής φυσικές αρχές:

- Η **μαγνητική ροή** στον κινητήρα παράγεται από τον μόνιμο μαγνήτη στο ρότορα τόσο κατά την ακινησία όσο και κατά την περιστροφή.
- Η **άσκηση δύναμης** δημιουργείται από την αλληλεπίδραση μεταξύ της μαγνητικής ροής του μόνιμου μαγνήτη και της ηλεκτρικής ροής μέσα από τα τυλίγματα, ή αλλιώς μεταξύ ηλεκτρικών (στάτορας) και μαγνητικών πόλων (ρότορας) (έλξη αντίθετων πόλων, N - S).
- Η **συνεχής περιστροφική κίνηση** επιτυγχάνεται με περιοδική αλλαγή των τυλιγμάτων σε συνάρτηση με τη θέση του ρότορα (ηλεκτρονικός έλεγχος του ρεύματος).
- Η **ταχύτητα περιστροφής** είναι σύγχρονη με την ταχύτητα αλλαγής των τυλιγμάτων (σύγχρονος κινητήρας) και ρυθμίζεται αδιαβάθμητα μέσω ενός μετατροπέα.
- Ο **εντοπισμός της θέσης του ρότορα** πραγματοποιείται με τη βοήθεια αισθητηρίων (π.χ. αισθητήριο Hall) ή με μοντέρνες μεθόδους χωρίς αισθητήρια.
- Η **επαγωγική τάση** στα τυλίγματα του στάτορα δημιουργείται από την περιστροφή του μόνιμου μαγνήτη στον ρότορα σε συνάρτηση με την ταχύτητα περιστροφής, αλλά ανεξάρτητα από την ηλεκτρική ροή.

Αυτή η ιδιότητα έχει μεγάλη σημασία για τις διαφορετικές μεθόδους ηλεκτρονικού ελέγχου και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της θέσης του ρότορα χωρίς αισθητήριο.

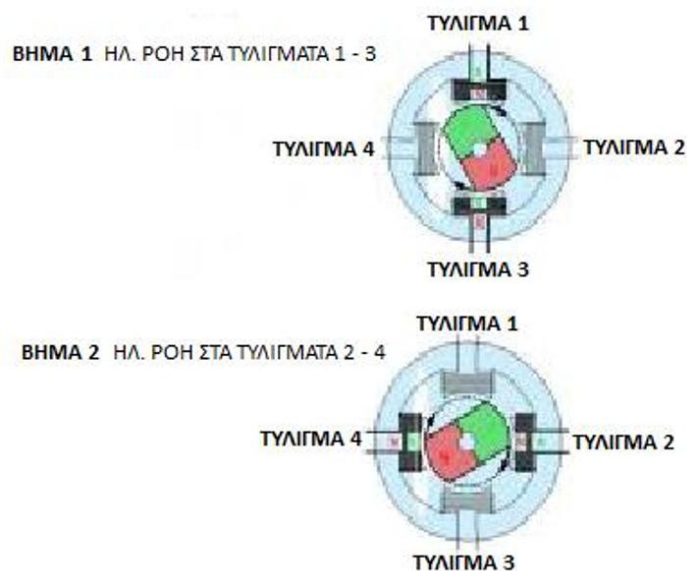
- Ο **ηλεκτρονικός έλεγχος** πραγματοποιείται με μετατροπέα ο οποίος παρεμβάλλεται μεταξύ ηλεκτρικής τροφοδοσίας και κινητήρα.

Για μείωση του θορύβου η ημιτονοειδής ηλεκτρική ροή δημιουργείται μέσω ηλεκτρονικών ισχύος, τα οποία είναι ενσωματωμένα σε μοντέρνους κινητήρες. Η απευθείας σύνδεση στο δίκτυο είναι σε αντίθεση με ασύγχρονους κινητήρες αδύνατη.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος πρέπει να ενεργοποιεί τα ακίνητα τυλίγματα του στάτορα κάθε φορά όταν βρίσκονται ως προς το περιστρεφόμενο πεδίο του μαγνήτη σε ευνοϊκή θέση για τη δημιουργία ροπής περιστροφής. Η με αυτόν τον τρόπο χρονικά μεταβαλλόμενη μαγνητική πολικότητα στα τυλίγματα οδηγεί σε αλληλεπίδραση με τη σταθερή πολικότητα του μαγνήτη-ρότορα σε ελκτικές και απωθητικές δυνάμεις και έτσι σε περιστροφική κίνηση.

#### 9.4.7. Περιστροφική Κίνηση του Μόνιμου Μαγνήτη-Ρότορα

Το σχήμα 2 δείχνει απλοποιημένα τις φάσεις ενεργοποίησης (ηλεκτρική ροή) σε τέσσερα τυλίγματα. Ανάλογα με την εκάστοτε κατεύθυνση της ηλεκτρικής ροής σχηματίζεται ένα μαγνητικό πεδίο στον στάτορα με θετικό και αρνητικό πόλο. Ο μόνιμος μαγνήτης-ρότορας που εδράζεται εντός αυτού του μαγνητικού πεδίου αρχίζει να περιστρέφεται από ελκτικές ή απωθητικές δυνάμεις ομοίων ή αντίθετων πόλων. Η ομοιόμορφη περιστροφική κίνηση προκύπτει από την ομαλά χρονικά μεταβαλλόμενη ηλεκτρική ροή των ξεχωριστών τυλιγμάτων.



Σχήμα 9.15: ΦΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕ ΤΕΣΣΕΡΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ

#### **9.4.8. Πλεονεκτήματα των Ηλεκτρονικά Ελεγχόμενων Κυκλοφορητών με ECM-Τεχνολογία.**

Το πλεονέκτημα των κυκλοφορητών με ηλεκτρονικά μεταβαλλόμενες στροφές και ασύγχρονο κινητήρα ως προς την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας συγκριτικά με τους κυκλοφορητές χωρίς έλεγχο είναι γνωστά. Το αυξανόμενο κόστος ενέργειας έχει οδηγήσει σε ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις για μηχανισμούς με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας κυρίως στην περιοχή ισχύος μέχρι περίπου 1 kW.

Μία επιπλέον μείωση της κατανάλωσης ενέργειας δεν μπορεί να επιτευχθεί για τεχνολογικούς και επίσης λόγους κόστους στους ηλεκτρονικά ελεγχόμενους κυκλοφορητές με την τεχνολογία του κλασικού ασύγχρονου κινητήρα. Σε σύγκριση με τους ασύγχρονους κινητήρες, η ECM-τεχνολογία προσφέρει εκτός από καλές ιδιότητες ελέγχου επίσης τα πλεονεκτήματα του βαθμού απόδοσης τόσο σε πλήρες όσο και σε μερικό φορτίο.

#### **9.4.9. Χρόνος Απόσβεσης**

Ενώ σε κινητήρες μεγάλης ισχύος η απόλυτη εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική για τον τελικό χρήστη, σε μικρότερα επίπεδα ισχύος η εξοικονόμηση για τον τελικό καταναλωτή είναι ενδεχομένως χαμηλή. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τη μεγάλη ποσότητα εγκατεστημένων μικρών κυκλοφορητών προκύπτει εδώ ένα μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Αναμένεται συνεπώς μια αυξανόμενη ζήτηση σε προϊόντα εξοικονόμησης ενέργειας από τελικούς χρήστες, οι οποίοι θέλουν κι αυτοί να συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Προϊόντα με υψηλότερους βαθμούς απόδοσης και συνεπώς χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας είναι κατά κανόνα πιο ακριβά στην κατασκευή και επομένως στην τιμή πώλησης από ότι τα συμβατικά προϊόντα. Τα επιπλέον κόστη που οφείλονται στα ηλεκτρονικά έχουν κάνει μέχρι τώρα την είσοδο στην αγορά πολύ δύσκολη. Με τη διαθεσιμότητα των μετατροπέων και την πρόοδο στο πεδίο των ηλεκτρονικών ισχύος και μικροηλεκτρονικών η κατάσταση έχει σαφώς βελτιωθεί. Η EC τεχνολογία του κινητήρα συνδυάζει υψηλά οφέλη για τον καταναλωτή με μικρό χρόνο απόσβεσης του επιπλέον κόστους, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κύκλου ζωής. Διότι τα έξοδα λειτουργίας κατά τη διάρκεια ζωής των κυκλοφορητών, δηλαδή ειδικότερα η κατανάλωση ρεύματος, ανέρχονται σε πολλαπλάσιο του κόστους αγοράς. Ο νέος ηλεκτρονικός κυκλοφορητής υψηλής απόδοσης Wilo-Stratos ανάγει την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση του κόστους σε μία εντελώς καινούργια διάσταση και με αυτό τον τρόπο καθιερώνεται ως σημαντικός οικονομικός παράγοντας. Πολλές καινοτομίες



όπως η τρισδιάστατη περωτή και το τρισδιάστατο σπειροειδές κέλυφος με τη λεία επικάλυψη από καταφόρεση έχουν συμβάλει στην βελτίωση και του υδραυλικού βαθμού απόδοσης. Ένα άλλο πλεονέκτημα του Wilo-Stratos είναι η δυνατότητα εφαρμογής του και σε εγκαταστάσεις ψύξης με θερμοκρασίες νερού έως και  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , αφού τα ηλεκτρονικά μέρη του δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τον κινητήρα κι έτσι δεν κινδυνεύουν από συμπυκνώματα. Η ευκολία στον χειρισμό ενός μηχανήματος υψηλής τεχνολογίας είναι σημαντικό κριτήριο επιλογής. Όπως και η επιτυχημένη σειρά Wilo-TOP-E ο Wilo-Stratos διαθέτει το περίφημο "κόκκινο κουμπί" ρυθμίσεων και την οθόνη υγρών κρυστάλλων, η οποία μάλιστα εμφανίζει τις ενδείξεις της πάντα εύκολα προς ανάγνωση ανεξάρτητα από οριζόντια ή κατακόρυφη τοποθέτηση του κυκλοφορητή.



**Εικόνα 9.9:** WILO-STRATOS ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ ΥΓΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ ΜΕ ΒΙΔΩΤΗ Η ΦΛΑΝΤΖΩΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ, ΜΟΤΕΡ EC ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



**Εικόνα 9.10:** WILO-TOP-E ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ ΥΓΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ ΜΕ ΒΙΔΩΤΟ ΦΛΑΝΤΖΩΤΟ ΣΤΟΜΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΙΣΧΥΟΣ

## 9.5: ΑΝΤΛΙΕΣ ΞΗΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ (ΕΛΑΙΟΛΙΠΑΝΤΕΣ)

Οι ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενες αντλίες Inline, Wilo-VeroLine-IP-E έρχονται με βελτιστοποιημένη λειτουργικότητα και καλύτερα εξοπλισμένες στην αγορά, αντικαθιστώντας τη γνωστή σειρά IP-E. Η Wilo έφερε στην αγορά μια νέα γενιά ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενων αντλιών ξηρού ρότορα: Η μονή αντλία Wilo-VeroLine-IP-E και η δίδυμη Wilo-VeroTwin-DP-E είναι προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις του μέλλοντος και αντικαθιστούν άμεσα τη γνωστή σειρά αντλιών IP-E και DP-E. Οι μονοβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες χαμηλής πίεσης είναι οι ιδανικές αντλίες για μεγαλύτερες, τεχνολογικά άρτιες, εγκαταστάσεις με ευρύτατο φάσμα εφαρμογών στον τομέα του ζεστού νερού ως επίσης και στον τομέα της ψύξης/κλιματισμού. Επιπλέον επιλέγονται ξεχωριστά οι τρόποι λειτουργίας για εφαρμογές σε θέρμανση και κλιματισμό. Τα παλιά μοντέλα μπορούν χωρίς πρόβλημα να αντικατασταθούν με τις νέες αντλίες, διότι τόσο οι διαστάσεις, η ηλεκτρική σύνδεση αλλά και οι χαρακτηριστικές καμπύλες είναι τα ίδια. Η θερμοκρασία λειτουργίας του υγρού κυκλοφορίας κυμαίνεται από 10 μέχρι + 120 °C. Ο δοκιμασμένος και επαληθευμένος στην πράξη μηχανικός στυπιοθλίπτης εγγυάται υψηλά όρια ζωής για τις αντλίες. Η επικάλυψη καταφόρεσης προσδίδει στις αντλίες ξηρού ρότορα μια ιδιαίτερη ικανότητα αντοχής σε διάβρωση έναντι διαβρωτικών ατμοσφαιρικών συνθηκών όπως η υγρασία του αέρα, τα συμπυκνώματα ή το υφάλμυρο περιβάλλον. Ο ενσωματωμένος μετατροπέας συχνότητας για την ηλεκτρονική ρύθμιση της σταθερής και μεταβαλλόμενης διαφορικής πίεσης απέκτησε με τον επανασχεδιασμό του μια νέα λειτουργικότητα. Ιδιαίτερα βελτιστοποιήθηκε στις νέες γενιές των αντλιών η διαχείριση δίδυμου κυκλοφορητή για εφαρμογές σε ψύξη/κλιματισμό. Επιπλέον επιτεύχθηκε ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια ρύθμισης των αντλιών. Το γνωστό «κόκκινο κουμπί» εξυπηρετεί τη ρύθμιση των σημαντικότερων βασικών δεδομένων των αντλιών. Τα εύληπτα και συνοπτικά στοιχεία της οθόνης πληροφορούν για όλες τις ουσιαστικές λειτουργίες όπως π.χ. για την κατάσταση λειτουργίας, τον τρόπο ρύθμισης, τη διαφορική πίεση και τον αριθμό στροφών-επιθυμητή τιμή όπως και τον τρόπο λειτουργίας. Ένα επιπλέον θετικό στοιχείο αποτελεί το IR-Monitoring (Έλεγχος μέσω υπερύθρων) : Το τηλεχειριστήριο Wilo-IR-Monitor, που είναι συσκευή χειρισμού και Service, επικοινωνεί ασύρματα με την αντλία. Οι αντλίες των σειρών VeroLine-IP-E και VeroTwin-DP-E είναι συμβατές με συστήματα / δίκτυα επικοινωνίας LON και PLR, μπορούν λοιπόν να συνδεθούν στο κεντρικό σύστημα ελέγχου κτιρίου. Οι δίδυμες αντλίες διαθέτουν ενσωματωμένη διαχείριση δίδυμης αντλίας.



**Εικόνα 9.11:** WILO-VEROLINE-IP-E.  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗ ΔΙΠΛΗ ΑΝΤΛΙΑ ΞΗΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ INLINE ΜΕ  
ΦΛΑΝΤΖΩΤΟ ΣΤΟΜΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΙΣΧΥΟΣ.



**Εικόνα 9.12:** WILO-VEROTWIN-DP-E  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗ ΔΙΠΛΗ ΑΝΤΛΙΑ ΞΗΡΟΥ ΡΟΤΟΡΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ INLINE ΜΕ  
ΦΛΑΝΤΖΩΤΟ ΣΤΟΜΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΙΣΧΥΟΣ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ**

### **«ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-ΕΛΕΓΧΟΥ-ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ»**

#### **10.1. Η ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Οι διατάξεις των κεντρικών θερμάνσεων εφευρέθηκαν παράλληλα με την τάση των ανθρώπων να κατοικούν σε κοινά κτίρια. Έτσι, τα συστήματα χρήσης μείωναν το κόστος διαβίωσης και για την εποχή τους βελτίωναν την ποιότητα ζωής.

Η τάση αυτή αναπτύχθηκε λόγω του μεγάλου κόστους ζωής που δημιούργησε η ανεξάρτητη κατοικία, ειδικά στις φτωχότερες κοινωνικές τάξεις, οι οποίες με τον τρόπο αυτό βελτίωναν αφενός την ποιότητα ζωής τους (καθημερινές ανέσεις), μεταφέρονταν όμως σε συνθήκες απόμακρες από τη φύση και το φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας σιγά-σιγά τις συνθήκες που βιώνουμε σήμερα και οι οποίες είναι ιδιαίτερα ενεργειοβόρες, εφόσον έχουν βελτιωθεί οι οικονομικές συνθήκες επιβίωσης.

Από τη πρώτη στιγμή δημιουργήθηκε η ανάγκη για ανεξάρτητη χρήση των εγκαταστάσεων, χωρίς να επιβαρύνεται ταυτόχρονα το σύνολο των ενοίκων. Για το λόγο αυτό, αρχικά, στις χώρες της δυτικής Ευρώπης και στη συνέχεια στις υπόλοιπες χώρες αναπτύχθηκαν συνθήκες ανεξάρτητης χρήσης με αντίστοιχη κατανομή της δαπάνης χρήσης και λειτουργίας του συστήματος.

Η λογική της αυτονομίας στηρίζεται στη λογική της θερμικής απομόνωσης του κάθε ανεξάρτητου διαμερίσματος με τόσο ισχυρή μόνωση σαν αποτελούσε ανεξάρτητο κτίριο. Έτσι, οι απώλειες θερμότητας προς τα γειτονικά διαμερίσματα μειώνονται χαρακτηριστικά και τόσο όσο δεν είναι δυνατή η εκμετάλλευση της διαρρέουσας θερμότητας από τα γειτονικά διαμερίσματα.

Από την εμπειρία αποδεικνύεται ότι οι κανόνες θερμομόνωσης προς το περιβάλλον ήταν ικανοί για τη δημιουργία ανεξάρτητων ενεργειακών χώρων και το μόνο που απέμεινε ήταν η καταμέτρηση της χρήσης ενέργειας για κάθε διαμέρισμα, εφόσον φυσικά αυτό έχει απομονωθεί θερμικά.

Στην Ελλάδα η εφαρμογή της αυτονομίας στη θέρμανση δεν εφαρμόστηκε με βάση τους διεθνείς κανόνες, ούτε η πολιτική ενδιαφέρθηκε, ώστε να εφαρμόσει κάποιους κανόνες για την εφαρμογή της "σωστής αυτονομίας" στη θέρμανση.

Ελάχιστοι οι κατασκευαστές, οι οποίοι ακολούθησαν μια διαδικασία "ουσιαστικής" αυτονομίας των διαμερισμάτων, και αυτοί εφόσον πιέστηκαν από τους μελλοντικούς ενοίκους της πολυκατοικίας.

Αντίθετα με την εφαρμογή των συστημάτων "αυτονομίας", στην Ελλάδα αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες προσδιορισμού της κατανομής δαπανών μέσα από τη χρονική διάρκεια της χρήσης της εγκατάστασης, όπως εφαρμόστηκε και σε πλήθος ευρωπαϊκών χωρών υπό τις προϋποθέσεις όμως της μονωτικής προστασίας που προαναφέρθηκε. Όταν στις Ευρωπαϊκές χώρες διαπιστώθηκε ότι η χρονομέτρηση δεν είναι ακριβής μέθοδος προσδιορισμού της ενεργειακής εκμετάλλευσης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, από τον κάθε ένοικο, τότε εφαρμόστηκε η μέθοδος της θερμιδομέτρησης με την οποία προσδιορίζεται ακριβώς η χρησιμοποιούμενη από τον ένοικο ενέργεια, ανεξάρτητη από τη στιγμή εκκίνησης της χρήσης της εγκατάστασης.

Η μέθοδος της ωρομέτρησης χρησιμοποιεί έναν κοινό ωρομετρητή μέσω του οποίου μετράται ο χρόνος κατά τον οποίο η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του διαμερίσματος παραμένει ανοικτή και επιτρέπει τη διέλευση του θερμού νερού. Η μέθοδος της θερμιδομέτρησης ορίζεται από την επιπρόσθετη μέτρηση της θερμοκρασίας στα σημεία εισόδου και εξόδου του νερού από το διαμέρισμα ή πιο συγκεκριμένα της θερμοκρασιακής διαφοράς, ώστε αυτόματα να προσδιορίζεται η χρησιμοποιούμενη θερμική ενέργεια μέσω της σταθερής σχέσης:

$$Q_i = \dot{Q}_i t = A_i \Delta T_i t \quad \text{kWh} \quad (1)$$

όπου:

$Q_i$  : Η θερμική ενέργεια του κάθε διαμερίσματος (kWh)

$\dot{Q}_i$  : Η θερμική ισχύς του κάθε διαμερίσματος (kW)

$t$  : Ο χρόνος χρήσης του κυκλώματος (hours)

$A_i$  : Σταθερός παράγοντας του κάθε διαμερίσματος, ορίζεται από την παροχή

νερού σε αυτό (kW/K)

$\Delta T_i$  : Η θερμοκρασιακή διαφορά κάθε πεπερασμένη χρονική περίοδο (K)

$t$  : Ο χρόνος που αντιστοιχεί σε κάθε θερμοκρασιακή διαφορά (h)

Η σχέση (1) μπορεί να αντικατασταθεί από το άθροισμα:

$$Q = A_i \sum_{j=1}^m \Delta T_j \cdot \Delta t_j \quad \text{kWh} \quad (2)$$

όπου:

$j$  : Πλήθος βημάτων

$\Delta t_j$  : Σταθερά χρονικά βήματα (min, hours)

$\Delta T_j$  : Μέση θερμοκρασιακή διαφορά κάθε χρονικού βήματος

## 10.2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ

Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μορφής και σ' αυτές χρησιμοποιείται πλήθος συσκευών, οργάνων, εξαρτημάτων, μηχανημάτων και αυτοματισμών. Κάθε τέτοιο πολύπλοκο σύστημα, πρέπει να παρέχει ασφάλεια, λειτουργικότητα και αξιοπιστία, να λειτουργεί με τρόπο οικονομικό, οικολογικά ανεκτό και με απλές παρεμβάσεις των χρηστών.

Η **ασφάλεια**, είναι ζωτικής σημασίας για εγκαταστάσεις στις οποίες πραγματοποιούνται καύσεις και κυκλοφορούν υγρά και αέρια σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Έτσι λοιπόν η ασφάλεια σε κάθε εγκατάσταση πρέπει να καλύπτει όλους τους πιθανούς κινδύνους που αναφέρονται στη συνέχεια:

- Η θέρμανση του θερμομεταφορέα προκαλεί διαστολές των μαζών και αυτό προκαλεί τάσεις στο σύστημα.
- Η θερμοκρασία του θερμομεταφορέα μπορεί να περάσει τα όρια ατμοποίησης του νερού, ή αν πρόκειται για εγκαταστάσεις ατμού, η τιμή της πίεσης να περάσει τα όρια αντοχής του δικτύου.
- Μια τρίτη περίπτωση που δημιουργεί κινδύνους κατά τη λειτουργία είναι να μην καίγεται το παρεχόμενο συνεχές καύσιμο.

- Τέταρτος κίνδυνος προέρχεται από την πιθανή πτώση της θερμοκρασίας, κάτω από 45°C, μέσα στο φλογοθάλαμο, οπότε έχουμε προβλήματα διάβρωσης και καταπόνησης του λέβητα από απότομες διαστολές.

Η **λειτουργικότητα**, αναφέρεται στην ικανοποιητική προσέγγιση των επιθυμητών συνθηκών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις ανάγκες των χρηστών.

Η **αξιοπιστία**, που συνδέεται με τη λειτουργικότητα, σχετίζεται με τη λογική βεβαιότητα ότι η εγκατάσταση, σε κάθε χρονική στιγμή και σε κάθε περίπτωση, θα ανταποκριθεί στις ανάγκες των χρηστών. Αυτό σημαίνει ότι η εγκατάσταση λειτουργεί με επάρκεια ως προς τα φορτία και χαμηλό βαθμό βλαβών που διακόπτουν, υποβαθμίζουν ή περιορίζουν τη λειτουργία τους.

Η **οικονομική λειτουργία** είναι πάγιος στόχος των χρηστών και συναρτάται με σωστή μελέτη, ορθή επιλογή εξοπλισμού, προσεκτική κατασκευή και σύμφωνα με τους κανόνες της τέχνης, ικανοποιητική συντήρηση και ρύθμιση.

Η "**οικολογική ανεκτή**" λειτουργία, αποτελεί σημαντική όσο και σύγχρονη απαίτηση, τόσο σαν στοιχείο κοινωνικής ευαισθησίας, όσο και σαν υποχρέωση προσαρμογής σε θεσμοθετημένες υποχρεώσεις που πληθαίνουν καθημερινά. Η οικονομική και η οικολογική λειτουργία, σε άλλα θέματα κινούνται παράλληλα (π.χ. προϋποθέτουν καλή συντήρηση και ρύθμιση της εγκατάστασης) και σε άλλα αντιπαρατίθενται, κυρίως γιατί μερικές υποχρεώσεις που προκύπτουν από περιβαλλοντικούς περιορισμούς, συνεπάγονται αύξηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Η **απλότητα** των μικρών και μεσαίων εγκαταστάσεων, που συνήθως συμβαδίζει με κάποιο βαθμό αυτοματισμού της εγκατάστασης, είναι απόλυτα αναγκαίος παράγοντας, γιατί την επιτήρηση αυτών των εγκαταστάσεων αναλαμβάνουν κατά κανόνα μη τεχνικοί (διαχειριστές των πολυκατοικιών). Πρέπει δηλαδή η εγκατάσταση να αρχίζει να λειτουργεί και να διακόπτει τη λειτουργία της με πολύ απλό τρόπο.

Πρέπει ακόμη να υπάρχει σήμανση και επισήμανση κάθε πιθανού κινδύνου, με απλά όργανα και αξιόπιστους μηχανισμούς. Η απλότητα, αν και είναι προσόν κάθε κατασκευής, δεν είναι τόσο απαραίτητη σε πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις, που ελέγχονται και παρακολουθείται συνεχώς η λειτουργία τους από εξειδικευμένους και ειδικά εκπαιδευμένους τεχνικούς.

### **10.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ**

Το σύστημα αυτονομίας μπορούμε να το χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες. Στην αυτονομία με "θερμοκρασία αναμονής" και στην αυτονομία "σε κάθε ζήτηση".

#### **α) Αυτονομία με θέρμανση αναμονής**

Στην κατηγορία αυτή ο καυστήρας δουλεύει με δύο τρόπους. i) Με θερμοκρασία ανωτάτου ορίου και ii) Με θερμοκρασία ανωτάτου και κατωτάτου ορίου.

i) Όταν ο καυστήρας λειτουργεί με θερμοστάτη ανωτάτου ορίου τότε, άσχετα με την ζήτηση θερμοκρασίας από τους θερμαινόμενους χώρους, ο λέβητας διατηρεί για όλη την χρονική περίοδο θέρμανσης (κυρίως μόνο το χειμώνα), την θερμοκρασία νερού στους 85 βαθμούς Κελσίου συνήθως.

Αυτό δεν αποτελεί και την καλύτερη λύση, από οικονομική άποψη, γιατί μια διάφορα θερμοκρασίας 65 βαθμών μεταξύ λέβητα και χώρου είναι μεγάλη, κυρίως αν ο λέβητας δεν είναι καλά μονωμένος.

ii) Στον δεύτερο τρόπο ο καυστήρας ελέγχεται από δύο θερμοστάτες, που ρυθμίζονται στους 45 ο ένας και στους 85 βαθμούς Κελσίου ο άλλος. Έτσι, όταν δεν υπάρχει ζήτηση από κανένα διαμέρισμα, ο καυστήρας λειτουργεί πολύ λίγο χρόνο, για να διατηρήσει την θερμοκρασία νερού στους 45 βαθμούς. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται οι μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας του νερού του λέβητα και πετυχαίνουμε και τον οικονομικότερο τρόπο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Σε ένα λοιπόν σύστημα αυτονομίας θέρμανσης, πρέπει να δώσουμε μεγάλη σημασία στην λειτουργία του καυστήρα.

### **β) Αυτονομία σε κάθε ζήτηση**

Στην περίπτωση αυτή, η λειτουργία του καυστήρα (και του κυκλοφορητή) διακόπτονται αν δεν υπάρχει ζήτηση, για την θέρμανση των χώρων. Ενεργοποιούμε δηλαδή τον καυστήρα, μόνο σε κάθε ζήτηση για θέρμανση χώρου ή και ζεστού νερού χρήσης.

Κατά την διάρκεια της νύχτας, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα (σχεδόν γίνεται πάντα) η θερμοκρασία του νερού του λέβητα να φτάσει την θερμοκρασία περιβάλλοντος. που πολλές φορές μπορεί να είναι 0 ή κάτω των 0 βαθμών Κελσίου. Το πρωί λοιπόν, στην πρώτη ζήτηση θέρμανσης, ο λέβητας θα ξεκινήσει από πολύ χαμηλή θερμοκρασία για να φτάσει τους 85 βαθμούς,

Αποτέλεσμα αυτών των μεγάλων διακυμάνσεων θερμοκρασίας του λέβητα, είναι οι μεγάλες συστολές και διαστολές και παρουσιάζεται και το φαινόμενο των υγροποιήσεων (υγροποιήσεις που παρουσιάζονται στον θάλαμο καύσης του λέβητα).

Πρώτο κακό λοιπόν, μείωση του χρόνου ζωής του λέβητα και ίσως σπάσιμο από το πάγωμα των μαντεμένιων λεβήτων και παραμόρφωση των χαλύβδινων.

Οι βλάβες που θα παρουσιαστούν θα φανούν στους μαντεμένιους λέβητες με ανοίγματα και διαρροές νερού ή καυσαερίων μεταξύ των στοιχείων. Επίσης εκείνο που θα συμβεί σίγουρα είναι οι υγροποιήσεις της καμινάδας, που τις περισσότερες φορές είναι χωρίς μόνωση (και αυτό συντελεί στην αύξηση των υγροποιήσεων).

## **10.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΝΕΡΟΥ**

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης αποτελεί ένα κλειστό σύστημα, που είναι πάντα γεμάτο με νερό και τούτο, γιατί η έλλειψη νερού από την εγκατάσταση δημιουργεί προβλήματα τόσο από άποψη μεταφοράς θερμότητας όσο και από άποψη αντοχής της (υπερθερμάνσεις) στο χρόνο.

Η επιθυμία κατά την κατασκευή είναι να μη συγκρατείται αέρας σε κανένα σημείο του κυκλώματος νερού και τούτο, γιατί η ύπαρξη του αέρα διαβρώνει (οξειδώνει) τα στοιχεία και τους σωλήνες της εγκατάστασης. Επίσης, ο αέρας εγκλωβισμένος σε διάφορα σημεία, λόγω της ελαστικότητάς του στις πιέσεις που του ασκούνται (συμπύεση), λειτουργεί σαν ελατήριο και δεν επιτρέπει την κυκλοφορία του νερού.

Είναι λοιπόν αναγκαία η πρόβλεψη των τρόπων διαφυγής του αέρα από τα κυκλώματα νερού, καθώς και η αποφυγή μορφών εγκατάστασης, που έχουν σημεία, όπου μπορεί να εγκλωβιστεί ο αέρας, που τυχόν θα διεισδύσει σ' αυτά, όπως λ.χ. μεγάλα οριζόντια τμήματα κ.λπ.

Σε οριζόντια εκτεταμένα δίκτυα προβλέπονται ειδικά σημεία εγκλωβισμού του αέρα, στα οποία τοποθετούνται αυτόματα εξαεριστικά για τη διαφυγή του αέρα.

Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η κατασκευή οριζόντιων τμημάτων, αυτά πρέπει να έχουν κλίση τουλάχιστον 5 ως 15% για να παρουσιάζουν ασφάλεια ως προς αποφυγή εγκλωβισμού αέρα.

Στην άκρη κάθε κατακόρυφης στήλης πρέπει να τοποθετούνται πάντα εξαεριστικά (συνήθως αυτόματα), που διώχνουν τις ποσότητες αέρα που με οποιοδήποτε τρόπο έχουν διεισδύσει στην εγκατάσταση, καθώς και σε κάθε άλλο σημείο της που είναι ικανό να συγκρατήσει ποσότητα αέρα, όπως τα σώματα κ.λπ..



Εικόνα 10.1: ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΕΞΑΕΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το νερό των κυκλωμάτων υπόκειται, κατά τη λειτουργία, σε θερμική διεργασία και από χαμηλές θερμοκρασίες φθάνει σε υψηλές. Η διεργασία αυτή δημιουργεί διαστολές που λόγω της ύπαρξης κλειστού κυκλώματος δημιουργούν επικίνδυνες υπερπίεσεις για την εγκατάσταση. Πρέπει λοιπόν να προβλεφθεί σύστημα διαφυγής του επιπλέον όγκου νερού τη στιγμή της διαστολής του, το οποίο όμως να επανέρχεται, όταν η εγκατάσταση σταματήσει και το νερό ανακτήσει την αρχική του θερμοκρασία λόγω της συστολής του. Δεν είναι ορθή η αναζήτηση νέας ποσότητας νερού από το δίκτυο για τη συμπλήρωση της εγκατάστασης, γιατί αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη συχνή συμπλήρωση της με άλατα και άλλα διαβρωτικά στοιχεία που περιέχει το νερό του δικτύου, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής της. Ο χώρος, όπου εκτονώνεται ο επιπλέον όγκος νερού, ονομάζεται **δοχείο διαστολής** και είναι το πλέον απαραίτητο σύστημα ασφάλειας της εγκατάστασης.

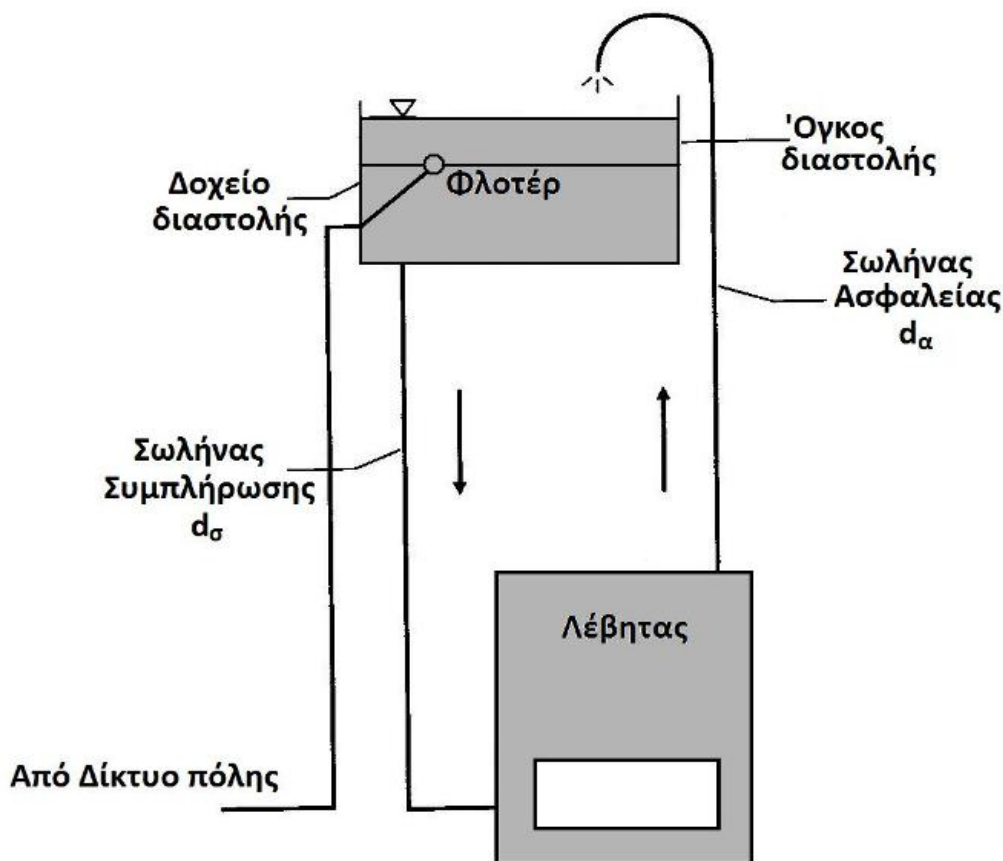
Υπάρχουν δύο ειδών δοχεία διαστολής, το **ανοιχτού** και το **κλειστού** τύπου. Ο κάθε τύπος έχει το δικό του τρόπο υπολογισμού και διαφορετικού τρόπο τοποθέτησης στην εγκατάσταση. Η επιλογή του τύπου του δοχείου διαστολής είναι σε εξάρτηση με την ποιότητα της εγκατάστασης και την οικονομικότητα, που δημιουργείται από τη χρήση του ενός ή του άλλου τύπου. Τελευταία, το δοχείο κλειστού τύπου είναι αυτό που χρησιμοποιείται. Αυτό οφείλεται στο ότι στο



δοχείο ανοιχτού τύπου πραγματοποιείται συχνότερη ανανέωση νερού της εγκατάστασης και συχνότερη συγκέντρωση αέρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανάγκη συχνής απαέρωσης της εγκατάστασης και οι μεγαλύτερες πιθανότητες για διαβρώσεις των εξαρτημάτων της.

#### 10.4.1. Δοχείο Ανοιχτού Τύπου

Τα δοχεία διαστολής ανοιχτού τύπου (Σχήμα 10.1) έχουν αρχίσει να αποσύρονται και συναντώνται μόνο σε παλιές εγκαταστάσεις. Σήμερα χρησιμοποιούν, σχεδόν αποκλειστικά και μόνο σε κεντρικές θερμάνσεις με λέβητες στερεών καυσίμων και σε λέβητες αερίων ή υγρών καυσίμων πάνω από 300.000 kcal/h, όπου δεν μπορούμε εύκολα να ελέγξουμε τη θερμοκρασία του νερού. Αυτός ο τύπος αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από χαλύβδινο έλασμα (λαμαρίνα), συνήθως ορθογωνικής διαμόρφωσης, ανοικτό από πάνω (στη στάθμη του επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση) και μέσα περιέχει σύστημα σταθερής στάθμης (φλοτέρ), ώστε να περιέχει μόνιμα τη ποσότητα νερού που είναι απαραίτητη για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης. Ο όγκος του είναι ικανός να παραλάβει την ποσότητα του νερού που διαστέλλεται στην εγκατάσταση κατά τη λειτουργία και να την επιστρέψει σ' αυτή, όταν τη χρειαστεί.



Σχήμα 10.1: ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Το δοχείο διαστολής ανοιχτού τύπου τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του κτιρίου, αν αυτό αρκεί στη διατήρηση πίεσης μεγαλύτερης από αυτή του κυκλοφορητή για να γίνεται η πλήρωση και συμπλήρωση όλης της εγκατάστασης με νερό με τη βοήθεια της βαρύτητας. Σε άλλη περίπτωση, είναι αναγκαία ειδική κατασκευή για την τοποθέτησή του σε ακόμη υψηλότερη θέση.

Η σύνδεση του ανοιχτού δοχείου διαστολής στην εγκατάσταση γίνεται με δυο σωλήνες. Ο ένας είναι για τη συμπλήρωση ( $d_{\sigma}$ ) και ο άλλος, από τον οποίο διέρχεται το νερό των διαστολών, για την ασφάλεια ( $d_{\alpha}$ ). Το δοχείο συνδέεται με

το δίκτυο πόλης (αυτόματη πλήρωση της εγκατάστασης, φλοτέρ), που συμπληρώνει νερό στην εγκατάσταση, όταν αυτό χρειαστεί. Έτσι ώστε να ασφαρίζεται αυτή από τυχόν έλλειψη νερού. Έτσι, προκύπτει μια μόνιμη στάθμη νερού που είναι πάντα ικανό να τροφοδοτεί και να συμπληρώνει κάθε διαρροή.

Τα μειονεκτήματα του είναι:

1. Μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα με την παγωσιά (γι αυτό θα πρέπει και το δοχείο και οι σωληνώσεις σε πολλές περιπτώσεις να μονώνονται).
2. Μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης λόγω των σωλήνων εκτόνωσης ( με διάμετρο από 1 ίντσα για μικρές εγκαταστάσεις) και πλήρωσης (διάμετρος 3/4 της ίντσας και πάνω).
3. Προβλήματα αισθητικής του χώρου.
4. Προβλήματα λειτουργίας σωμάτων του τελευταίου ορόφου της οικοδομής (λόγω χαμηλής πίεσης νερού σε αυτά) .
5. Η εύκολη διάβρωση του λέβητα.

Η εκλογή του δοχείου διαστολής ανοικτού τύπου έγκειται στον υπολογισμό του ελάχιστου όγκου που πρέπει να έχει αυτό, καθώς και στον υπολογισμό των διατομών των σωλήνων, ασφάλειας και συμπλήρωσης.

**α.** Ο ελάχιστος όγκος ( $V_{\delta.min}$ ) του δοχείου διαστολής υπολογίζεται εμπειρικά, γρήγορα και με αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια από:

$$V_{\delta.min} = A_{\theta,\sigma} \quad (\text{lit})$$

όπου  $A_{\theta,\sigma}$  : Η επιφάνεια που έχουν τα θερμαντικά σώματα σε  $m^2$  (για κλασικά σώματα από χαλύβδινο έλασμα)

**β.** Η ελάχιστη διάμετρος για το σωλήνα ασφάλειας ( $d_{\alpha.min}$ ) είναι:

$$d_{\alpha.min} = 15 + 1,6 \cdot \sqrt{\frac{\dot{Q}_\lambda}{1000}} \quad (\text{mm})$$

όπου  $\dot{Q}_\lambda$  : Η θερμαντική ικανότητα του λέβητα σε (kW)

**γ.** Η ελάχιστη διάμετρος του σωλήνα συμπλήρωσης ( $d_{\sigma.min}$ ) είναι:

$$d_{\sigma.min} = 15 + 1,1 \sqrt{\dot{Q}_\lambda} \quad (\text{mm})$$

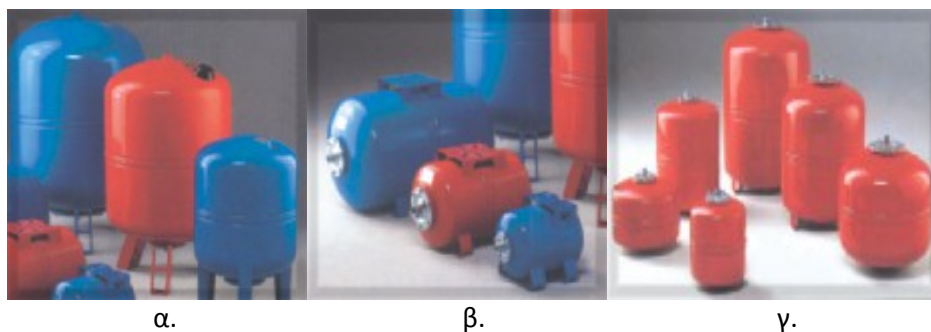
#### 10.4.2. Δοχείο Κλειστού Τύπου

Το κλειστό δοχείο διαστολής, είναι ένα δοχείο κλειστό κυλινδρικό και με διαστάσεις ανάλογες της απαιτούμενης χωρητικότητας του και έχει σπείρωμα για σύνδεση με την εγκατάσταση θέρμανσης

Το δοχείο αυτό χωρίζεται σε δύο μέρη με μία μεμβράνη. Στο ένα μέρος που χωρίζει η μεμβράνη αυτή, εισχωρεί το νερό της εγκατάστασης θέρμανσης και το άλλο μέρος είναι γεμάτο με αέρα και με πίεση ανάλογη της εγκατάστασης.

Όταν το νερό διαστέλλεται, τότε αυξάνεται ο όγκος του και πιέζει την μεμβράνη, η οποία με την σειρά της συμπιέζει τον αέρα στο άλλο μέρος του

δοχείου. Έτσι, αυξάνεται μεν η πίεση του αέρα μέσα στο δοχείο, η πίεση όμως του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης, παραμένει σταθερή. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το νερό συστέλλεται. Η μεμβράνη επανέρχεται στην θέση της.



**Εικόνα 10.2:** ΚΛΕΙΣΤΑ ΔΟΧΕΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

- α.** Κάτω από την μαύρη τάπα που φαίνεται στην εικόνα υπάρχει η βαλβίδα για την συμπλήρωση ή την αφαίρεση του αέρα.
- β.** Ειδικά δοχεία με βάση για πιεστικά συγκροτήματα.
- γ.** Στην εικόνα φαίνεται το σπείρωμα σύνδεσης του δοχείου με την εγκατάσταση.

Τα κλειστά δοχεία διαστολής τα χρησιμοποιούμε σε εγκαταστάσεις υγρών ή αερίων καυσίμων ισχύος μέχρι 300.000 kcal/h. Είναι επικίνδυνο να τα χρησιμοποιούμε σε εγκαταστάσεις με λέβητες στερεών καυσίμων. Βέβαια υπάρχουν και συγκροτήματα τριών π.χ. δοχείων διαστολής για εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης ισχύος 1.000.000 Kcal/h και ύψος οικοδομής 20 μέτρα. Όμως το ύψος των δοχείων αυτών είναι 1,5 μέτρο, η διάμετρος του καθενός 64cm το συνολικό μήκος που καταλαμβάνουν 2 μέτρα και το συνολικό τους βάρος 225 κιλά.

Για τον υπολογισμό του κατάλληλου δοχείου διαστολής κλειστού τύπου λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία:

- α.** Η περιεκτικότητα σε νερό της εγκατάστασης.
- β.** Η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής.
- γ.** Η θερμοκρασία του νερού επιστροφής.
- δ.** Το στατικό ύψος της εγκατάστασης.
- ε.** Το τελικό ή ολικό ύψος της εγκατάστασης (μέγιστη πίεση λειτουργίας).

Ο υπολογισμός του νερού που περιέχει η εγκατάσταση ξεκινά με βάση τη θερμική απόδοση του λέβητα και τη μορφή του δικτύου (εκτεταμένο ή περιορισμένο δίκτυο).

Για τον υπολογισμό κοινών εγκαταστάσεων, ανάλογα με τον τύπο των σωμάτων που έχουν επιλεγεί για την εγκατάσταση, αντιστοιχούν οι εξής χωρητικότητες νερού ανά 1 kWatt ισχύος λέβητα, που φαίνονται στον Πίνακα10.1.

Τύπος σώματος	V <sub>v</sub> (lit)
Κονβέκτορες	5
Αερόθερμα ή Fan-Coils	7
Άβακες	1

Πάνελ	2,5
Κοινά σώματα	3,5

**Πίνακας 10.1:** ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ (LIT)  
ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑ 1 kWatt.

Για τα κοινά σώματα είναι γνωστή η αντιστοιχία του νερού ανά φέτα (στοιχείο), ανάλογα με τον τύπο του σώματος και παρουσιάζεται στον Πίνακα 10.2.

Τύπος	Δίστηλα	Τρίστηλα	Τετράστηλα
905	0,84	1,35	1,60
655	0,68	1,00	1,16
505	0,54	0,87	1,06
355	0,47	0,70	0,80

**Πίνακας 10.2:** ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΦΕΤΑ ΚΟΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (LIT).

Για το δίκτυο (σωληνώσεις) υφίσταται αντιστοιχία μεταξύ του τύπου του σωλήνα που χρησιμοποιείται (διάμετρος σωλήνα), στη μονάδα μήκους αυτού. Η αντιστοιχία αυτή παρουσιάζεται στους Πίνακες 10.3 και 10.4.

Διατομή	V (lit)	Διατομή	V (lit)	Διατομή	V (lit)
3/8"	0,12	1 1/4 "	1,02	3"	4,60
1/2"	0,20	1 1/2 "	1,38	4"	7,85
3/4"	0,37	2"	2,21	5"	12,25
1"	0,58	2 1/2 "	3,22	6"	17,70

**Πίνακας 10.3:** ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ ΜΗΚΟΥΣ ΧΑΛΥΒΙΝΟ ΣΩΛΗΝΑ

Διατομή	V (lit)	Διατομή	V (lit)
15	0,14	35	0,85
18	0,21	42	1,23
22	0,32	54	2,09
28	0,54	64	3,02

**Πίνακας 10.4:** ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ ΜΗΚΟΥΣ ΧΑΛΚΙΝΟ ΣΩΛΗΝΑ.

Χαρακτηριστικό μέγεθος, απαραίτητο για τον υπολογισμό του δοχείου διαστολής, είναι η μέση θερμοκρασία του νερού της εγκατάστασης κατά τη λειτουργία της. Για τον υπολογισμό αυτής είναι αναγκαία η γνώση της θερμοκρασίας προσαγωγής και της θερμοκρασίας επιστροφής του νερού.

Η μέση θερμοκρασία του νερού στην εγκατάσταση  $T_m$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_m = \frac{T_a + T_e}{2} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

όπου:

$T_a$  : Θερμοκρασία νερού προσαγωγής, °C

Μέση Θερμοκρασία νερού $T_m$ (°C)	Συντελεστής διαστολής $A_f$	Μέση Θερμοκρασία νερού $T_m$ (°C)	Συντελεστής διαστολής $A_f$
0	0,000117	75	0,02572
4	0,000000	80	0,02891
5	0,000008	85	0,03222
10	0,000264	90	0,03571
15	0,000852	95	0,03932
20	0,001741	100	0,04312
25	0,002897	110	0,05119
30	0,004300	120	0,05993
35	0,005820	130	0,06936
40	0,007710	140	0,07949
45	0,009810	150	0,09030
50	0,011860	160	0,10179
55	0,014340	170	0,11395
60	0,016920	180	0,12678
65	0,019610	190	0,14026
70	0,022630	200	0,15438

$T_e$  : Θερμοκρασία νερού επιστροφής, °C

**Πίνακας 10.5:** ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΝΕΡΟΥ ( $A_f$ )

Ο απαραίτητος ωφέλιμος όγκος του δοχείου διαστολής είναι συνάρτηση του όγκου νερού που περιέχει η εγκατάσταση και της μέσης θερμοκρασίας του νερού κατά τη λειτουργία της. Αν καθοριστεί σαν όγκος νερού στην εγκατάσταση ( $W_g$ ) και αν ( $A_f$ ) ο συντελεστής διαστολής του νερού, τότε από την παρακάτω σχέση υπολογίζεται ο όγκος ( $W_a$ ) του δοχείου διαστολής (όγκος διαστολής):

$$W_a = W_g \cdot A_f$$

Τιμές για το συντελεστή διαστολής ( $A_f$ ) του νερού δίνονται στον Πίνακα 10.5.

Ο συντελεστής πίεσης ( $D_f$ ) καθορίζεται σαν συντελεστής που εξαρτάται από τις πιέσεις που επικρατούν στην εγκατάσταση και χρησιμεύει για τον καθορισμό του ολικού όγκου του δοχείου διαστολής κλειστού τύπου ( $V_v$ ).

Ο συντελεστής πίεσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$D_f = \frac{(P_T + 1) - (P_G + 1)}{P_T + 1}$$

όπου:

$P_T$  : Η τελική πίεση της εγκατάστασης - μέγιστη πίεση λειτουργίας, bar.

$P_G$  : Η αρχική πίεση (στατικό ύψος) εγκατάστασης, bar.

Η τελική πίεση της εγκατάστασης είναι περίπου ίση με:

$$P_{\tau} = P_{\sigma} + 0,70 \text{ (bar)}$$

Ο ολικός όγκος του δοχείου διαστολής υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση και είναι γεμάτος με άζωτο, άλλο αδρανές αέριο ή αέρα, πριν τοποθετηθεί στην εγκατάσταση.

$$V_V = \frac{W_a}{D_f} \text{ (lit)}$$

Στο δοχείο διαστολής επικρατεί η πραγματική στατική πίεση της εγκατάστασης που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_{\delta,\delta} = P_{\sigma} = \frac{(1 + P_{\tau}) \cdot V_V}{V_V - W_a} - 1 \text{ bar}$$

όπου:

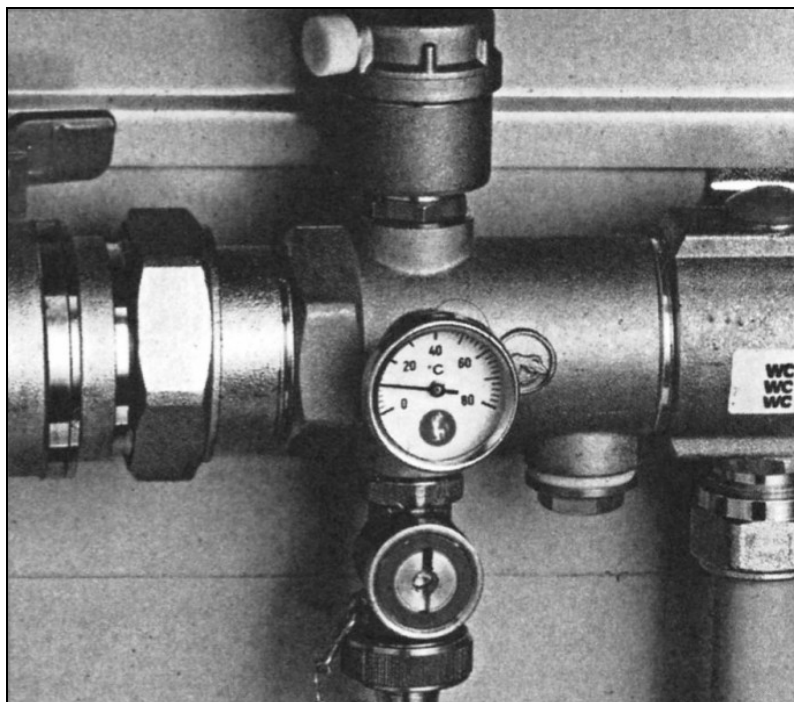
$P_{\delta,\delta}$  ή  $P_{\sigma}$ : η πραγματική στατική πίεση της εγκατάστασης (μανομετρική), bar.

Η εκλογή της βαλβίδας ασφάλειας (Σχήμα 10.2) γίνεται με βάση την τελική πίεση και πρέπει να ανοίγει σε πίεση τουλάχιστον 0,5 bar μεγαλύτερη από τη μέγιστη της εγκατάστασης.

Αν η βαλβίδα που υπολογίστηκε ανοίγει σε πίεση μεγαλύτερη από 3,5 bar, τότε επιλέγεται το αμέσως μεγαλύτερο δοχείο διαστολής από αυτό που αρχικά εμφανίζεται ικανό κατά τους υπολογισμούς, για λόγους ασφαλείας.

Τα κλειστά δοχεία διαστολής παραλαμβάνονται από το εργοστάσιο κατασκευής με πίεση αζώτου (ή αέρα) 1,5 bar. Αυτή η πίεση αντιστοιχεί σε στατικό ύψος εγκατάστασης περίπου 15 mH<sub>2</sub>O. Αν το στατικό ύψος είναι διαφορετικό από 15 mH<sub>2</sub>O, τότε πρέπει να προστεθεί αέριο ή να αφαιρεθεί αντίστοιχα, ώστε η πίεση του αερίου να ανταποκρίνεται στο στατικό ύψος της εγκατάστασης. Σε περίπτωση που το στατικό ύψος είναι μικρότερο από 8 mH<sub>2</sub>O, τότε η ρύθμιση της πίεσης στο αέριο παραμένει στα 0,8 bar, ανεξάρτητα από το στατικό ύψος, είναι δηλαδή η ελάχιστη πίεση του αερίου στο δοχείο. Η πίεση αυτή ελέγχεται με ένα κοινό μανόμετρο.

ΤΥΠΟΣ	Όγκος Lit	Διαστάσεις (mm)		Διάμετρος οπής Α	Βάρος kg
		B	C		
N	1	166	155	R 3/4"	1,8

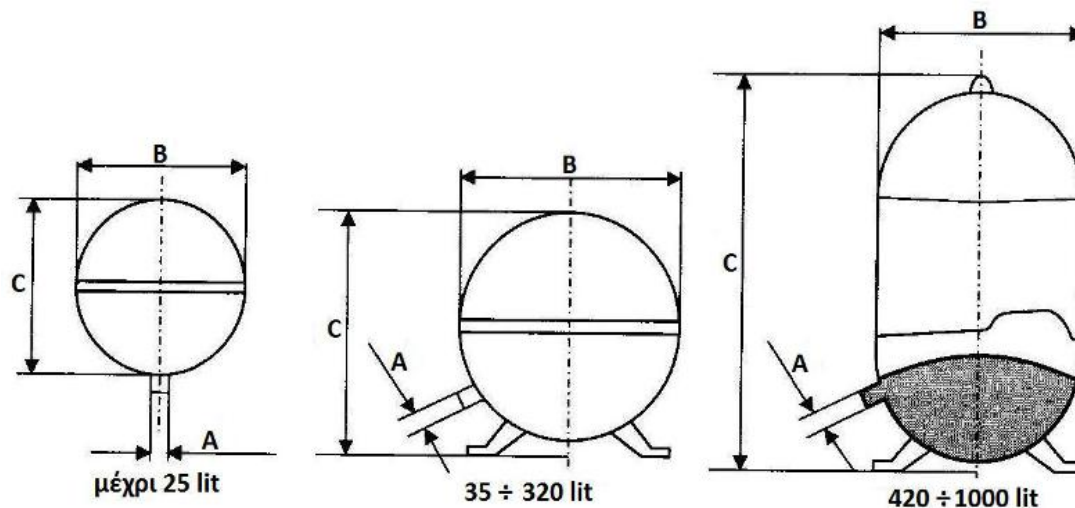


**Σχήμα 10.2:** ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

**Πίνακας 10.6:** ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΧΕΙΩΝ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΗΣ REFLEX ΤΥΠΟΥ Ν ΚΑΙ Ε.

Στους Πίνακες 10.6, 10.7 και 10.8. παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση των διάφορων τύπων κλειστών δοχείων διαστολής της Reflex, στα δε σχήματα 10.3 και 10.4 διακρίνεται η μορφή τους, καθώς και ο τρόπος που συνδέονται και τοποθετούνται στην εγκατάσταση του λεβητοστασίου.

	8	270	215	R 3/4"	2,4
	12	270	300	R 3/4"	3,0
	18	305	320	R 3/4"	3,8
	25	305	430	R 3/4"	4,5
	35	380	435	R 3/4"	10,0
	50	436	450	R 3/4"	13,0
	80	505	535	R 1"	18,0
	110	505	685	R 1"	22,5
	140	660	570	R 1"	27,0
	200	660	770	R 1"	34,0
	250	660	915	R 1"	46,0
	280	660	1015	R 1"	46,8
	320	660	1115	R 1"	47,5
E	420	750	1150	R 1"	57,0
	525	750	1395	R 1"	65,0
	640	750	1660	R 1"	96,0
	1000	750	2240	R 1"	116,0



Σχήμα 10.3: ΔΟΧΕΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΗΣ REFLEX ΤΥΠΟΥ N ΚΑΙ E.

Για νερό διαφορετικής θερμοκρασίας από 90°C, γίνεται αναγωγή της χωρητικότητας του νερού σε αυτή των 90°C. Αυτό γίνεται με τη χρήση των συντελεστών του Πίνακα 10.9.

ΤΥΠΟΣ	Τελική πίεση bar	Στατικό ύψος (mH <sub>2</sub> O)							Πίεση ανοίγματος βαλβίδας ασφαλείας
		5	10	15	20	25	30	35	
A200-100	2,5	3046	2378	1574	787				3,0
	3,0	3046	2771	2074	1381	693			3,5
	3,5	3046	3046	2427	1845	1230	615		4,0
	4,0	3046	3046	2771	2214	1656	1107	553	4,5
	4,5	3046	3046	3046	2517	2009	1509	1004	5,0
A280-110	2,5	3046	3046	2230	1102				3,0



	3,0	3046	3046	2911	1935	968			3,5
	3,5	3046	3046	3046	3046	1722	861		4,0
	4,0	3046	3046	3046	3046	2328	1550	775	4,5
	4,5	3046	3046	3046	3046	2812	2107	1402	5,0
A350-110	2,5	3046	3046	2722	1378				3,0
	3,0	3046	3046	3046	2427	1213			3,5
	3,5	3046	3046	3046	2772	2157	1074		4,0
	4,0	3046	3046	3046	2046	2895	1935	1107	4,5
	4,5	3046	3046	3046	2046	3046	2640	2009	5,0
A400-220	2,5	6093	4688	3149	1574				3,0
	3,0	6093	5543	4149	2763	1386			3,5
	3,5	6093	6093	4854	3690	2460	1218		4,0
	4,0	6093	6093	5593	4428	3313	2214	1107	4,5
	4,5	6093	6093	6093	5035	4018	3018	2009	5,0
A560-220	2,5	6093	6093	4461	2198				3,0
	3,0	6093	6093	5822	3870	1935			3,5
	3,5	6093	6093	6093	5166	3362	1722		4,0
	4,0	6093	6093	6093	6093	4658	3100	1550	4,5
	4,5	6093	6093	6093	6093	5625	4215	2804	5,0
A700-220	2,5	6093	6093	5543	2755				3,0
	3,0	6093	6093	6093	4854	2419			3,5
	3,5	6093	6093	6093	5543	4813	2148		4,0
	4,0	6093	6093	6093	6093	5789	3870	1935	4,5
	4,5	6093	6093	6093	6093	6093	5281	3510	5,0
A840-330	2,5	9139	9139	6691	3305				3,0
	3,0	9139	9139	8733	5806	2907			3,5
	3,5	9139	9139	9139	7749	5166	2583		4,0
	4,0	9139	9139	9139	9139	6986	4649	2325	4,5
	4,5	9139	9139	9139	9139	8438	6322	4207	5,0
A1050-330	2,5	9139	9139	9139	4139				3,0
	3,0	9139	9139	9139	7282	3633			3,5
	3,5	9139	9139	9139	8315	6470	3231		4,0
	4,0	9139	9139	9139	9139	8684	5806	2903	4,5
	4,5	9139	9139	9139	9139	9139	7921	5264	5,0

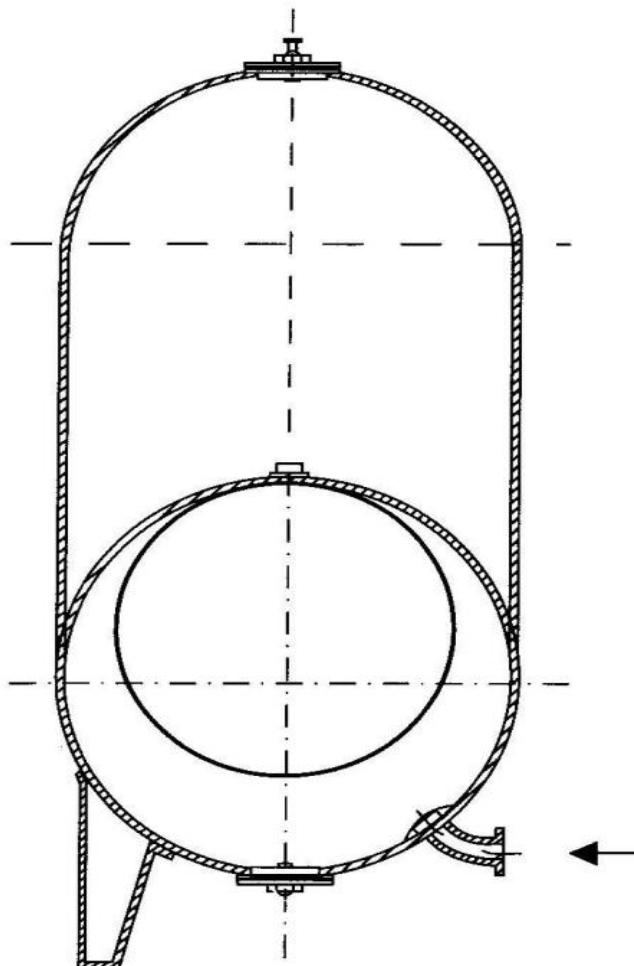
**Πίνακας 10.7:** ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΗΣ REFLEX ΤΥΠΟΥ Α ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΑ ΛΙΤΡΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ Η ΕΓΚΤΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ 90°C.

ΤΥΠΟΣ Α	Ολικός όγκος (lit)	Ωφέλιμος όγκος (lit)	Ύψος (mm)	Διάμετρος ή πλάτος (mm)	Βάρος (kg)
200-100	200	110	1025	640	65
280-110	280	110	1285	640	75
350-110	350	110	1505	640	85
400-220	400	220	1025	1290	130
560-220	560	220	1285	1290	150

700-220	700	220	1505	1290	170
840-330	840	330	1285	1940	225
1050-330	1050	330	1505	1940	255

Πίνακας 10.8: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΧΕΙΩΝ REFLEX ΤΥΠΟΥ Α.

Ο Πίνακας 10.9 αναφέρεται και σε εγκαταστάσεις ατμού, όπου υπάρχουν συντελεστές προσαρμογής όγκου για θερμοκρασίες μέχρι 120°C.



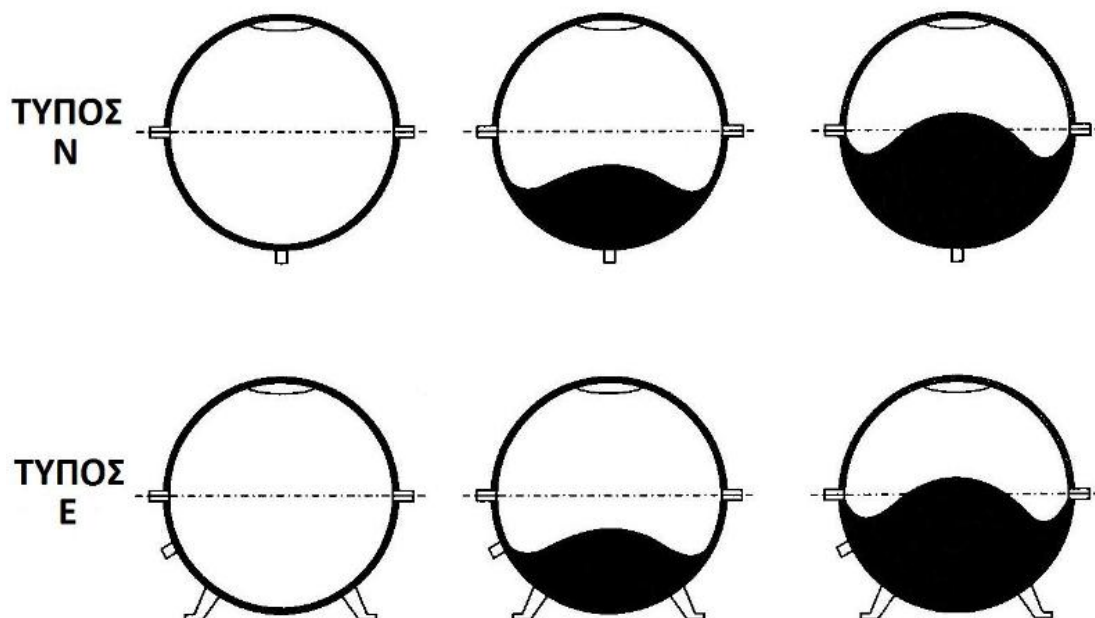
Σχήμα 10.4: ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ REFLEX ΤΥΠΟΥ Α.

Θερμοκρασία °C	Συντελεστής α	Θερμοκρασία °C	Συντελεστής α
50	3,03	75	1,39
55	2,50	80	1,23
60	2,13	85	1,10
65	1,82	95	0,90
70	1,59	100	0,82
Για κεκορεσμένο ατμό πάνω από 150°C			

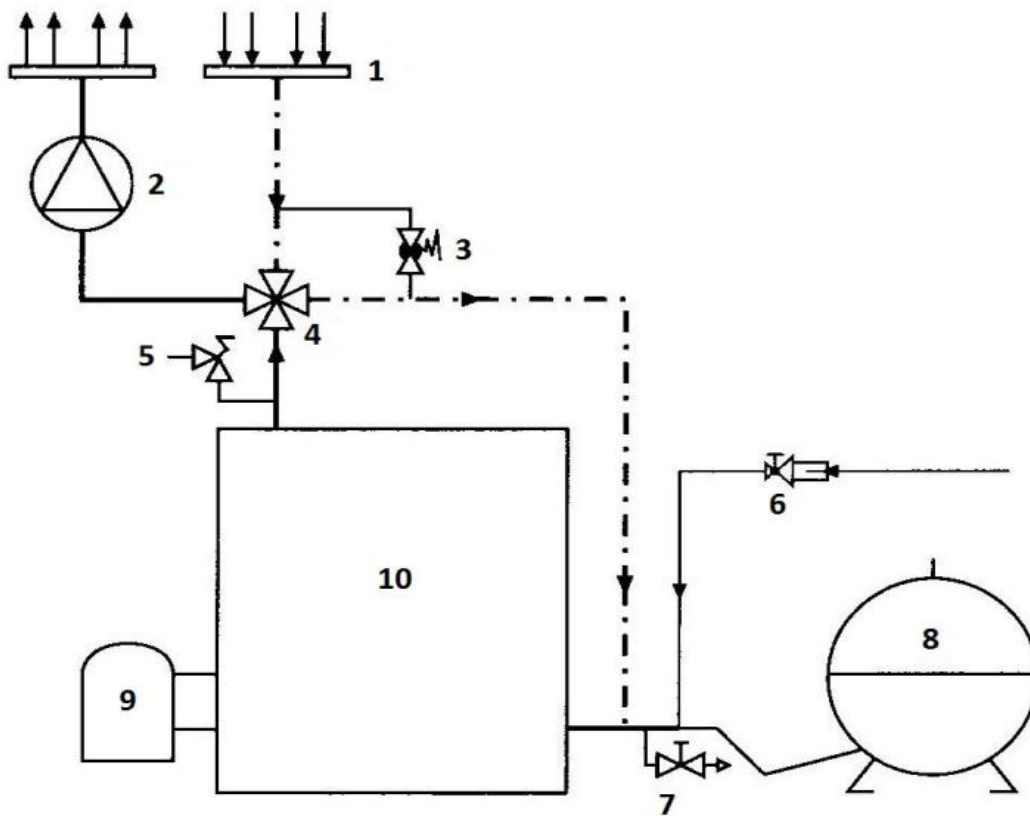
105	0,75	115	0,64
110	0,69	120	0,59

**Πίνακας 10.9:** ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ( $\alpha$ ) ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.

Στο σχήμα 10.5 παρατηρούνται οι διάφορες φάσεις της λειτουργίας σε ένα δοχείο διαστολής κλειστού τύπου και συγκεκριμένα της Reflex και των τύπων N και E. Στα σχήματα 10.6, 10.7 και 10.8 φαίνονται τυπικές εγκαταστάσεις λεβητοστασίου και διακρίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται το δοχείο διαστολής κλειστού τύπου στο λεβητοστάσιο, ανάλογα με το σύστημα διαμονής του νερού στην εγκατάσταση (είδος βάνας και τρόπος σύνδεσης). Στο σχήμα 10.9 παρουσιάζεται η διάταξη των εγκαταστάσεων με δοχείο διαστολής ανοικτού και κλειστού τύπου, αντίστοιχα. Για την επιλογή του δοχείου διαστολής κλειστού τύπου, χρησιμοποιείται ο Πίνακας 10.10.

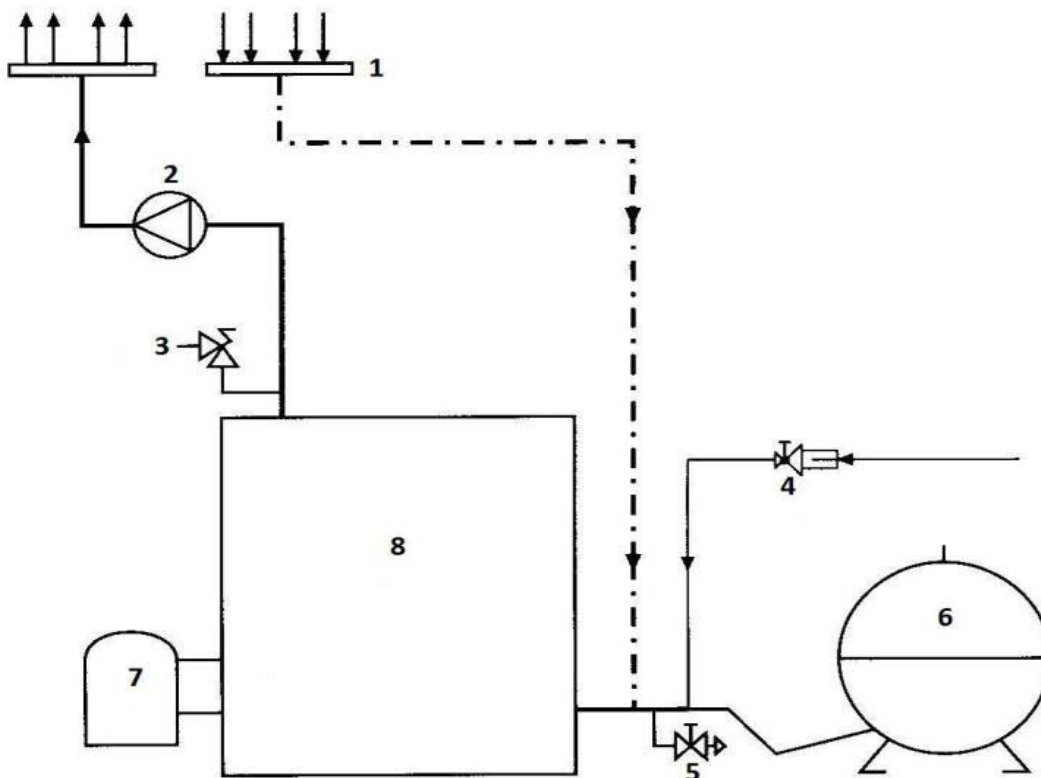


**Σχήμα 10.5:** ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ



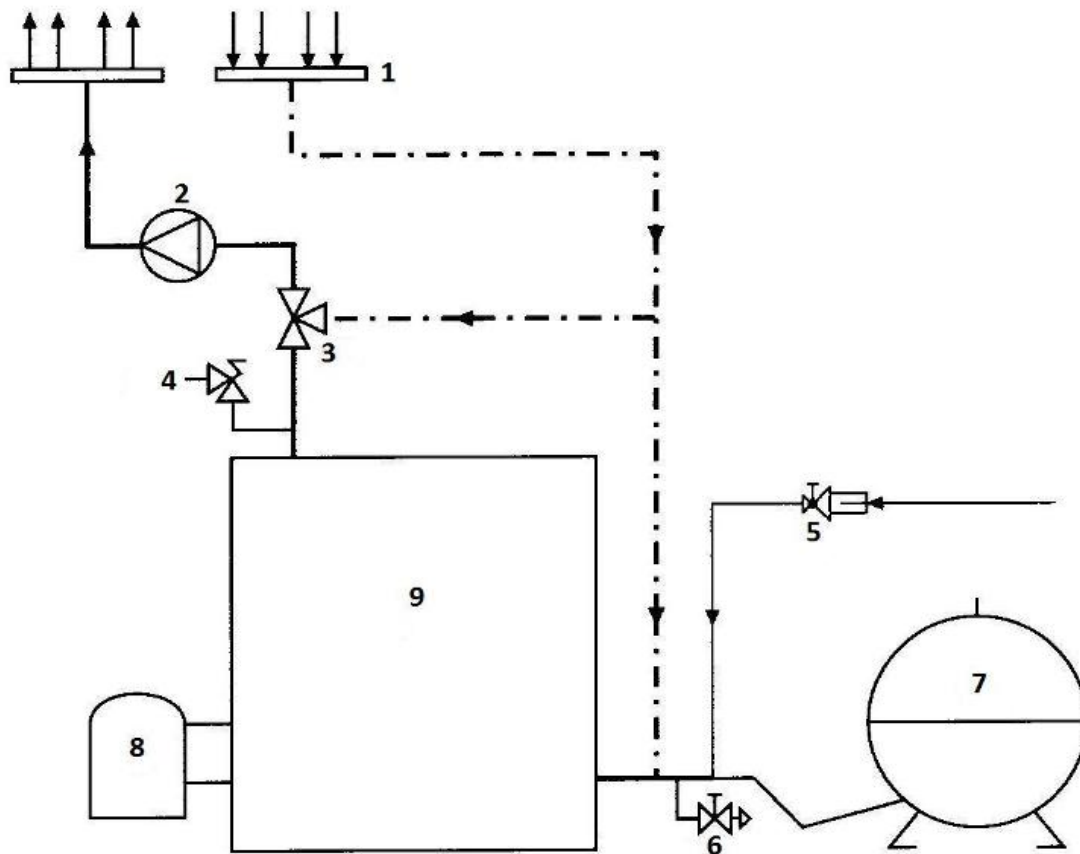
- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. Συλλέκτης         | 6. Αντεπιστροφή     |
| 2. Κυκλοφορητής      | 7. Κρουός εκκένωσης |
| 3. Βαλβίδα ασφάλειας | 8. Δοχείο διαστολής |
| 4. Τετράοδη βάνα     | 9. Καυστήρας        |
| 5. Κρουός ασφάλειας  | 10. Λέβητας         |

**Σχήμα 10.6:** ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ



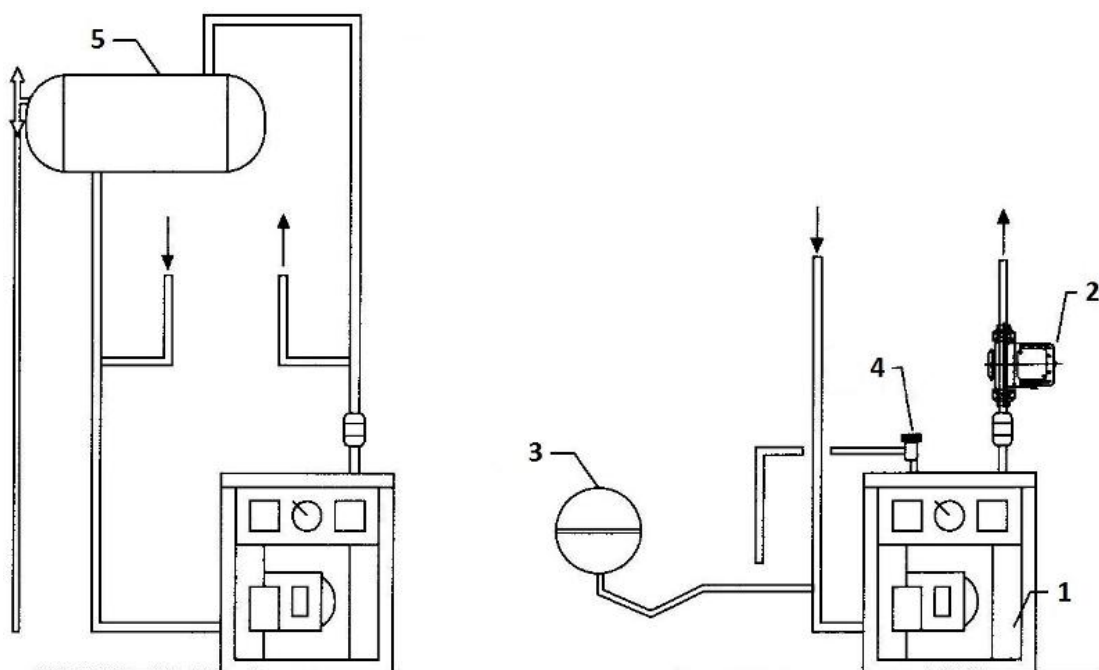
- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1. Συλλέκτης        | 5. Κρουός εκκένωσης |
| 2. Κυκλοφορητής     | 6. Δοχείο διαστολής |
| 3. Κρουός ασφαλείας | 7. Καυστήρας        |
| 4. Αντεπίστροφη     | 8. Λέβητας          |

**Σχήμα 10.7:** ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ



- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. Συλλέκτης         | 6. Κρουνός εκκένωσης |
| 2. Κυκλοφορητής      | 7. Δοχείο διαστολής  |
| 3. Τρίοδο βάνα       | 8. Καυστήρας         |
| 4. Κρουνός ασφάλειας | 9. Λέβητας           |
| 5. Αντεπιστροφή      |                      |

**Σχήμα 10.8:** ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ.



- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Λέβητας                  | 4. Βαλβίδα ασφάλειας        |
| 2. Κυκλοφορητής             | 5. Ανοιχτό δοχείο διαστολής |
| 3. Κλειστό δοχείο διαστολής |                             |

**Σχήμα 10.9:** ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ

ΤΥΠΟΣ	Στατικό ύψος	Μέγιστη ποσότητα νερού εγκατάστ.	Θερμική ισχύς	ΤΥΠΟΣ	Στατικό ύψος	Μέγιστη ποσότητα νερού εγκατάστ.	Θερμική ισχύς
lit	mH <sub>2</sub> O	lit	kcal/h	lit	mH <sub>2</sub> O	lit	kcal/h
1	5,0	19,2	-	140	5,0	2800	210000
	10,0	14,5	-		10,0	2100	158000
	15,0	9,4	-		15,0	1400	108000
8	5,0	160,0	11850	200	5,0	4000	300000
	10,0	120,0	7770		10,0	3000	220000
	15,0	80,0	5370		15,0	2000	160000
12	5,0	240,0	17950	250	5,0	4900	373000
	10,0	180,0	12950		10,0	3610	255000
	15,0	120,0	8950		15,0	2410	170000
16	5,0	320,0	23700	280	5,0	5500	410000
	10,0	240,0	15540		10,0	4000	300000
	15,0	160,0	10740		15,0	2800	195000
18	5,0	360,0	27950	320	5,0	6200	435000
	10,0	270,0	19450		10,0	4650	326000
	15,0	180,0	14450		15,0	3100	218000
25	5,0	500,0	37470	420	5,0	8400	620000
	10,0	380,0	27470		10,0	6300	452000
	15,0	250,0	19970		15,0	4200	296000
35	5,0	700,0	54970	525	5,0	10300	787000
	10,0	530,0	37970		10,0	7650	536000
	15,0	350,0	27970		15,0	5050	354000
50	5,0	1000,0	74970	640	5,0	9800	686000
	10,0	760,0	54970		10,0	9300	650000
	15,0	500,0	39970		15,0	6200	434000
80	5,0	1600,0	119950	1000	5,0	15200	1065000
	10,0	1200,0	87950		10,0	14500	1015000
	15,0	800,0	60000		15,0	9650	676000
110	5,0	1900,0	166000				
	10,0	1450,0	110000				
	15,0	1100,0	85000				

**Πίνακας 10.10:** ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΧΕΙΟΥ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΕΛΙΚΗ ΠΙΕΣΗ 2,5 BAR ΚΑΙ ΓΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑ 3,0 BAR.

#### 10.4.2.1. Αυτόματος πλήρωσης

Βασικό εξάρτημα της εγκατάστασης δοχείου διαστολής κλειστού τύπου είναι ο αυτόματος πλήρωσης, ο οποίος ασφαλίζει την εγκατάσταση από έλλειψη νερού, σε περίπτωση που υπάρξει διαρροή νερού από αυτήν. Τη στιγμή του γεμίσματος της εγκατάστασης με νερό, ο αυτόματος πλήρωσης ρυθμίζεται σε πίεση 2 m μεγαλύτερη από το στατικό ύψος της εγκατάστασης. Η πίεση παρακολουθείται από το μανόμετρο που είναι τοποθετημένο στον αυτόματο πλήρωσης.

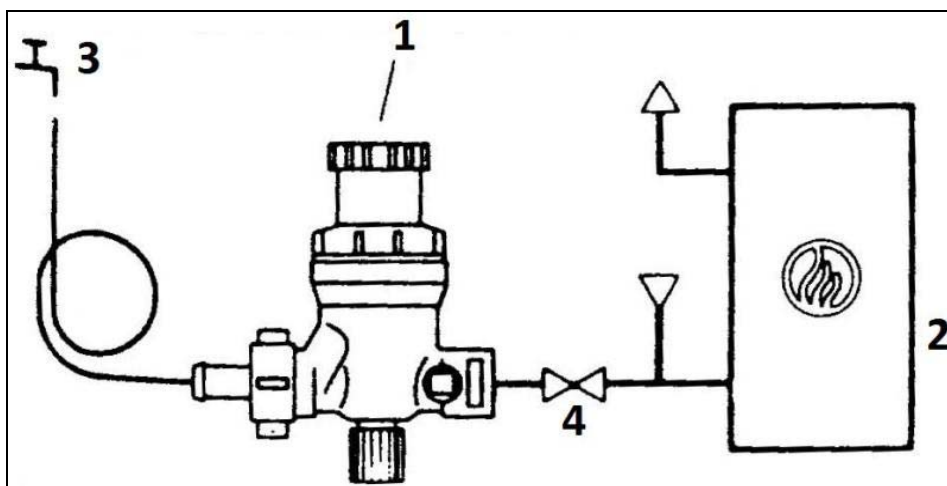
Για τη ρύθμιση του αυτόματου πλήρωσης ανοίγεται ο διακόπτης που βρίσκεται στο κάτω μέρος του και στρέφεται το πάνω κυλινδρικό τμήμα προς τα αριστερά (-), στη συνέχεια στρέφεται αργά προς τα δεξιά (+), μέχρι να ακουστεί ο χαρακτηριστικός ήχος της ροής του νερού, οπότε σταματά η περιστροφή. Όταν πλησιάζει να γεμίσει η εγκατάσταση, στρέφεται λίγο ακόμα το κυλινδρικό τμήμα προς τα δεξιά και μετά εξαερώνεται η εγκατάσταση (σώματα, στήλες) και διατίθεται χρόνος μέχρι η πίεση να φθάσει την επιθυμητή.

Είναι φρόνιμο, επειδή η πίεση του δικτύου πόλης αυξάνεται κατά τις νυχτερινές ώρες, την άλλη μέρα να ξαναελεγχθεί η πίεση του νερού της εγκατάστασης. Μετά την τελική ρύθμιση της εγκατάστασης τίθεται σε λειτουργία ο καυστήρας του λέβητα και παρατηρείται η αύξηση της πίεσης της εγκατάστασης λόγω της διαστολής του νερού σ' αυτήν. Η πίεση αυτή όμως δεν πρέπει να ξεπερνά τα 7 m επιπλέον από το στατικό ύψος της εγκατάστασης ή από την πίεση, στην οποία ρυθμίστηκε, όταν ήταν κρύα. Μορφή του αυτόματου πλήρωσης διακρίνεται στο Σχήμα 10.10.

Στη σύνδεση του αυτόματου πλήρωσης τοποθετείται και η βαλβίδα αντεπιστροφής του νερού, ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα διαφυγής του από την εγκατάσταση προς το δίκτυο. Συνήθως αυτή είναι ενσωματωμένη πάνω στον αυτόματο πλήρωσης. Είναι θετικό να τοποθετηθεί, πριν από το δοχείο διαστολής, φίλτρο καθαρισμού του νερού και ασφαλιστική βαλβίδα πριν τον κυκλοφορητή, που να ανοίγει σε πίεση 0,5 bar ( $\approx 5\text{mH}_2\text{O}$ ) μεγαλύτερη από την τελική πίεση της εγκατάστασης.

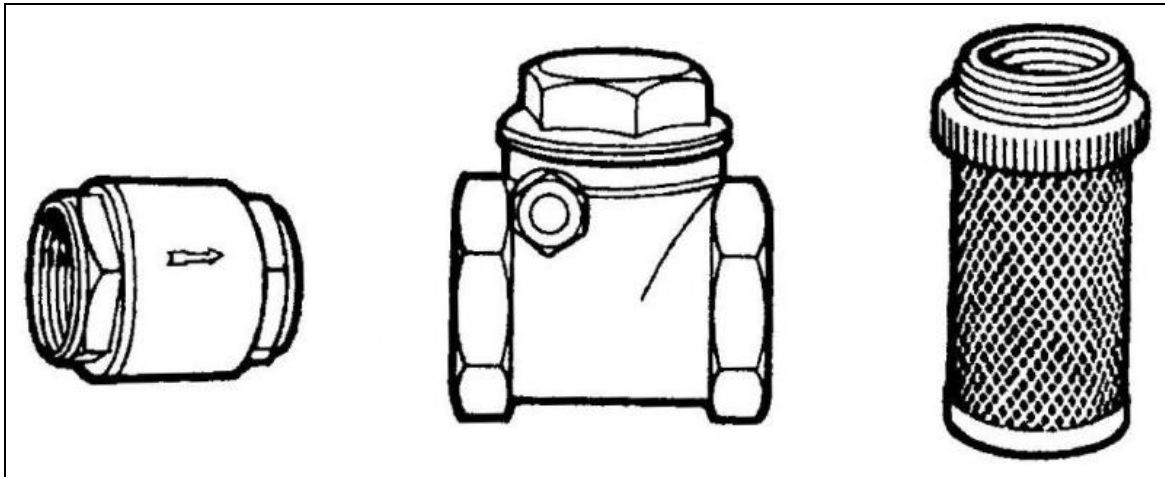


Σχήμα 10.10: ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΜΕ ΜΑΝΟΜΕΤΡΟ



- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1. Αυτόματος πλήρωσης | 3. Σύνδεση με δίκτυο ύδρευσης |
| 2. Λέβητας            | 4. Βαλβίδα ασφαλείας          |

Σχήμα 10.11: ΘΕΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΠΛΗΡΩΣΗΣ



Σχήμα 10.12: ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ ΠΟΥ ΣΥΝΔΥΑΖΕΤΑΙ ΜΕ ΑΥΤΕΣ.

#### 10.4.2.2. Βαλβίδα ασφαλείας ή εκτόνωσης

Σε εγκαταστάσεις με κλειστό δοχείο διαστολής, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να ανέβει η πίεση του νερού της εγκατάστασης, πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Συνήθως, οι κατασκευαστές λεβήτων και θερμαντικών σωμάτων, δίνουν σαν όριο λειτουργίας της εγκατάστασης, πίεση ίση με 3 και σπάνια ίση με 4 bar.

Για να αποφύγουμε τον κίνδυνο πίεσης πάνω από τα όρια αυτά, τοποθετούμε στο κύκλωμα εγκατάστασης θέρμανσης με κλειστό δοχείο διαστολής μία βαλβίδα, η οποία πάνω από την επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας, "ανοίγει" και έτσι το περίσσιο νερό της εγκατάστασης, φεύγει από αυτήν.

Την βαλβίδα αυτήν την ονομάζουμε βαλβίδα ασφαλείας ή βαλβίδα εκτόνωσης (Εικ 10.3).



Εικόνα 10.3: ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στρέφοντας ή τραβώντας το κόκκινο καπάκι του ελατηρίου της βαλβίδας, ανοίγουμε αυτήν για έλεγχο. Επάνω στο καπάκι αυτό είναι γραμμένο σε πόσα bar ανοίγει η βαλβίδα.

Η βαλβίδα ασφαλείας τοποθετείται όσο πιο κοντά στον λέβητα, στον σωλήνα προσαγωγής ή πάνω σε αυτόν.



Ανάμεσα στην βαλβίδα ασφαλείας και στον λέβητα, δεν επιτρέπεται να παρεμβάλλεται βάνα, βαλβίδα αντεπιστροφής ή άλλο αποφρακτικό όργανο και αυτό γιατί όλα τα παραπάνω, μπορεί να εμποδίσουν σε κάποια στιγμή, την ασφαλή λειτουργία της βαλβίδας. Πάνω στην βαλβίδα υπάρχει ανάγλυφο διάγραμμα ροής. Και στα δύο στόμια της βαλβίδας υπάρχει σπείρωμα. Το ένα στόμιο είναι για σύνδεση πάνω στην εγκατάσταση και στο άλλο βιδώνουμε σωλήνα για να οδηγήσουμε το νερό λόγω διαρροής, σε μέρος που δεν θα βλάψει την υπόλοιπη εγκατάσταση (συνήθως σε φρεάτιο ή σιφόν δαπέδου).

Για την εκλογή της κατάλληλης βαλβίδας ασφαλείας θεωρητικά, πρέπει να γνωρίζουμε

1. Την παροχή νερού που θα έχουμε στην βαλβίδα, όταν η διαφορά πίεσης στα άκρα της είναι ίση με 1 bar,
2. Την πτώση πίεσης σε bar στα άκρα της βαλβίδας και
3. Την πυκνότητα του νερού που είναι  $\rho=1\text{Kg/lit}$ .

Εμπειρικά για την εκλογή της κατάλληλης βαλβίδας ασφαλείας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω πίνακας.

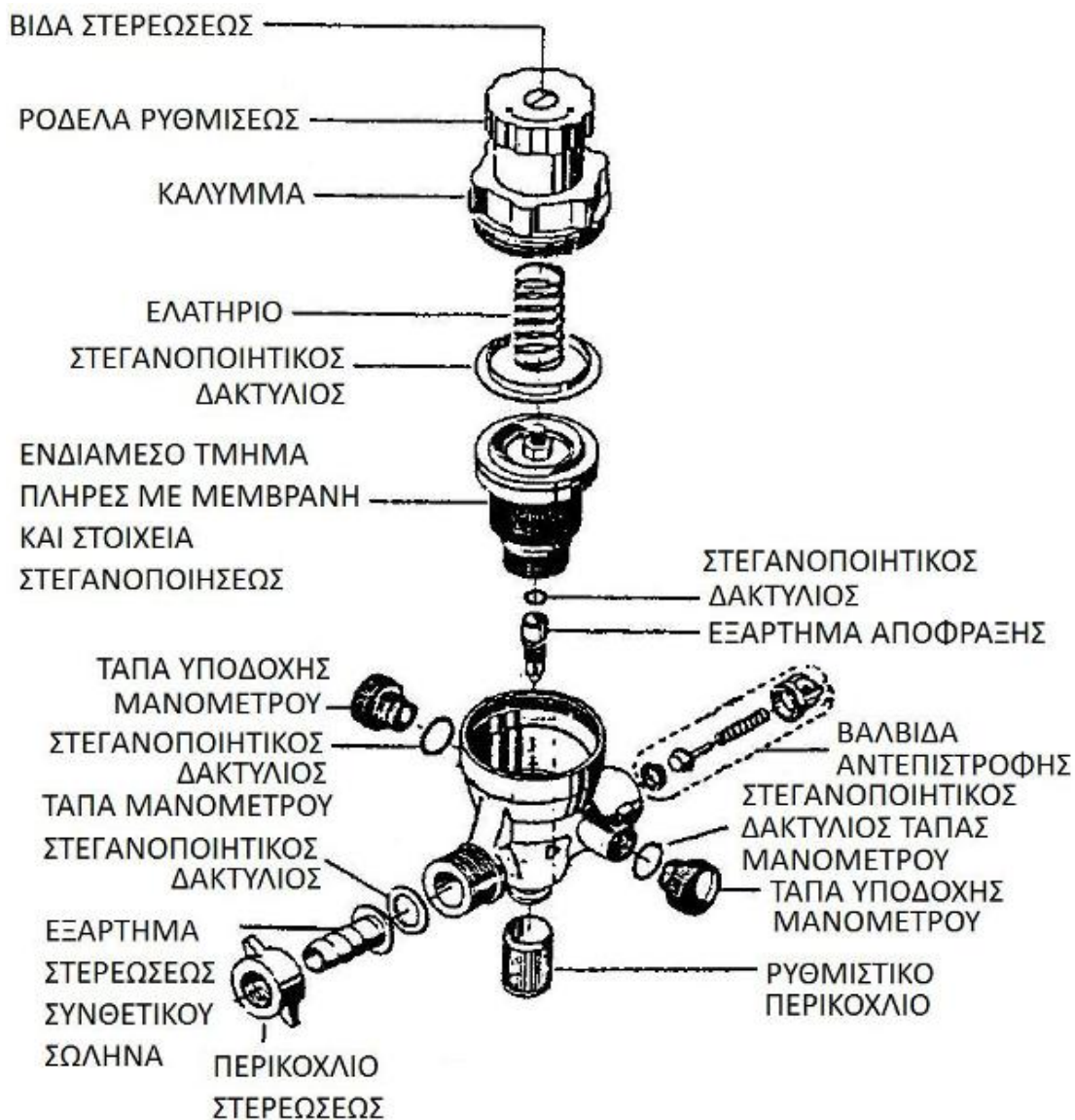
Θερμική ισχύς λέβητα (kcal/h)	Διατομή βαλβίδας (in)
÷ 45000	1/2
÷ 90000	3/4
÷ 175000	1
÷ 300000	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
÷ 500000	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
÷ 750000	2

**Πίνακας 10.11:** ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που η πίεση του νερού μέσα σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, μπορεί να ανέβει πάνω από την αρχική ρύθμιση, ή πάνω από τα όρια ασφαλείας. Ένας λόγος, είναι η υπερθέρμανση του νερού, λόγω βλάβης των συστημάτων ασφαλείας του καυστήρα (υδροστάτης καυστήρα και θερμική ασφάλεια αυτού). Επίσης, η πίεση μπορεί να ανέβει, λόγω βλάβης του δοχείου διαστολής ή κακής ρύθμισης αυτού. Ακόμη μπορεί να ανέβει η πίεση του νερού και λόγω βλάβης του αυτόματου πλήρωσης ή κακής του ρύθμισης.

Η βαλβίδα μπορεί να "κολλήσει", γι αυτό ένας έλεγχος λειτουργίας της κατά διαστήματα, θεωρείται απαραίτητος. Ελέγχουμε την βαλβίδα, συνήθως αναγκάζοντας την να ανοίξει μηχανικά, είτε τραβώντας προς τα πάνω το ελατήριο της, είτε στρέφοντας αυτό (ανάλογα της βαλβίδας)

Στο εμπόριο κυκλοφορούν βαλβίδες ασφαλείας 3,4,6,8 και 10 bar. Αυτές των 8 και 10 bar, χρησιμοποιούνται συνήθως σε μπόιλερ για νερά χρήσης, σε συνδυασμό με ειδικά δοχεία διαστολής.



**Σχήμα 10.13:** ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΟΥ ΤΗΝ ΣΥΝΑΠΟΤΕΛΟΥΝ.

### 10.4.3. Άλλες Ασφαλιστικές Διατάξεις

#### 10.4.3.1. Υδροστάτης κυκλοφορητή

Είναι ένας θερμοστάτης ο οποίος μπορεί να είναι εμβαπτιζόμενος ή επαφής τοποθετημένος στον σωλήνα προσαγωγής και ρυθμίζει την λειτουργία του κυκλοφορητή. Στην περίπτωση αυτή, η στερέωση του γίνεται με την βοήθεια κατάλληλου ελατηρίου. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην καλή εφαρμογή του σωλήνα ώστε η θερμοκρασία που αντιλαμβάνεται να είναι η πραγματική.

Η λειτουργία του υδροστάτη έχει ως εξής. Επιλέγουμε την επιθυμητή θερμοκρασία στην οποία ο κυκλοφορητής θέλουμε να εκκινήσει (συνήθως γύρω στους 40-45° C).

Μόλις το νερό επιτύχει αυτή την θερμοκρασία, ο υδροστάτης δίνει εντολή και ξεκινά ο κυκλοφορητής. Όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει (ο καυστήρας είναι σταματημένος) ο θερμοστάτης ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και ο κυκλοφορητής σταματά.

Η ρύθμιση αυτή είναι απαραίτητη, διότι όταν ο καυστήρας σταματήσει να λειτουργεί και το νερό συνεχίσει να κυκλοφορεί στο δίκτυο, σταδιακά η θερμοκρασία του θα πέσει. Το αποτέλεσμα θα είναι ο λέβητας να ψυχθεί καθώς το ψυχρό νερό θα κυκλοφορεί στο εσωτερικό του. Η ψύξη αυτή των τοιχωμάτων του λέβητα είναι καταστροφική διότι σχηματίζονται συμπυκνώματα στο εσωτερικό του και προκαλείται σταδιακή διάβρωση.

#### **10.4.3.2. Θερμοστάτης καυστήρα**

Ο θερμοστάτης του καυστήρα ελέγχει την θερμοκρασία του νερού στο λέβητα και δίνει ανάλογα εντολές λειτουργίας στον καυστήρα. Συνήθως είναι εμβλαπτιζόμενου τύπου καθώς το αισθητήριο του τοποθετείται σε κατάλληλη θέση στο σώμα του λέβητα.

Η λειτουργία του είναι ως εξής. Επιλέγουμε την επιθυμητή θερμοκρασία στην οποία θέλουμε να βρίσκεται το νερό που κυκλοφορεί στον λέβητα. Μόλις επιτευχθεί η θερμοκρασία αυτή, ο θερμοστάτης κόβει την λειτουργία του καυστήρα με σκοπό να μην ανέβει περισσότερο η θερμοκρασία. Εάν η θερμοκρασία ανέβει περισσότερο από το επιτρεπτό όριο, θα αναπτυχθούν μεγάλες θερμοκρασίες στο λέβητα και υπάρχει κίνδυνος ατμοποίησης του νερού.

Η θερμοκρασία στην οποία ρυθμίζεται ο θερμοστάτης είναι γύρω στους 75-80ο C.

#### **10.4.3.3. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου**

Τοποθετείται μετά την δεξαμενή πετρελαίου στην γραμμή τροφοδοσίας του καυστήρα με πετρέλαιο. Είναι η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η οποία συνδέεται με τον καυστήρα και ελέγχεται από αυτόν. Στα σύγχρονα μοντέλα καυστήρων τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά υπάρχει και ενσωματωμένη στο σώμα της αντλίας.



**Εικόνα 10.4:** ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ BRAHMA.

Εάν για οποιοδήποτε λόγο η λειτουργία του καυστήρα σταματήσει, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακόπτει την ροή του πετρελαίου( από την δεξαμενή) για λόγους ασφαλείας.

Φέρει πηνίο το οποίο όταν διεγείρεται από το ρεύμα η βαλβίδα επιτρέπει την ροή. Η ταχύτητα ανοίγματος και κλεισίματος είναι καθοριστικής σημασίας.

#### 10.4.3.4. Θερμοστάτες χώρου

Θερμοστάτες χώρου υπάρχουν πολλοί. Στους απλούς μηχανικούς θερμοστάτες, ένα έλασμα διαστέλλεται ή συστέλλεται και κλείνει η ανοίγει επαφή.

Επίσης υπάρχουν και θερμοστάτες ηλεκτρονικοί, με πλακέτα και κυκλώματα και με μεγάλη ευαισθησία θερμοκρασίας. Ακόμη, υπάρχουν και περισσότερο περίπλοκοι θερμοστάτες χώρου, με φωτεινό πίνακα ή πίνακα υγρών κρυστάλλων, με προγραμματιστή ωρών χρήσης για υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες χώρου.

Οι θερμοστάτες τοποθετούνται στο εσωτερικό ενός χώρου του οποίου θέλουμε να ελέγξουμε την θερμοκρασία. Είναι συσκευές απλές στην χρήση και μέσω κατάλληλα περιστρεφόμενου χειριστηρίου επιλέγουμε την επιθυμητή θερμοκρασία χώρου.



Εικόνες 10.5: ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΕΣ ΧΩΡΟΥ, ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ, ΔΕΞΙΑ ΨΗΦΙΑΚΟΣ

Οι θερμοστάτες έχουν την δυνατότητα να επέμβουν στην λειτουργία ηλεκτροβάνας στην περίπτωση που υπάρχει αυτονομία όπως επίσης και στον πίνακα αυτονομίας εάν υπάρχει. Σε περίπτωση εξωτερικής αντιστάθμισης, συνδέονται με τον προγραμματιστή λειτουργίας και ελέγχου.

Τοποθετούνται σε μέρος μακριά από θερμαντικά σώματα και ρεύματα αέρα ώστε να μην επηρεάζεται η μέτρηση τους. Επενεργούν στον καυστήρα και ρυθμίζουν την λειτουργία του.

Ορισμένοι τύποι θερμοστατών έχουν και την ενσωματωμένη δυνατότητα ρύθμισης της λειτουργίας του boiler.

Ο θερμοστάτης με το που θα αντιληφθεί ότι ο χώρος έχει επιτύχει την επιθυμητή θερμοκρασία δίνει εντολή στον καυστήρα να παύσει την λειτουργία. Όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από το επιθυμητό επίπεδο, δίνει εντολή και ο καυστήρας εκκινεί.

Σε περιπτώσεις αυτονομίας ο θερμοστάτης μπορεί να συνδεθεί στην ηλεκτροβάνα που ρυθμίζει την θέρμανση του συγκεκριμένου χώρου.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο διαφορικό του θερμοστάτη. Εάν είναι μικρό αυτό θα προκαλεί συχνό ξεκίνημα και σταμάτημα της εγκατάστασης θέρμανσης με συνεπακόλουθο αυξημένη κατανάλωση.

Εάν το διαφορικό είναι μεγάλο, η λειτουργία του θα είναι προβληματική καθώς δεν θα μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του χώρου. Θα υπάρχουν χρονικά διαστήματα όπου θα επικρατεί ή υψηλή θερμοκρασία ή αίσθημα ψύχους.

#### **10.4.3.5. Φωτοηλεκτρικός αισθητήρας φλόγας (φωτοκύτταρο)**

Ο φωτοηλεκτρικός (οπτικός) αισθητήρας φλόγας μπορεί να είναι ένα φωτοστοιχείο ή φωτοαντίσταση.

Το **φωτοστοιχείο** έχει στρώμα σεληνίου, όπου με την πρόσπτωση φωτός παράγεται ασθενής συνεχής τάση, η οποία ενισχυόμενη ηλεκτρονικά δίνει σήμα στη συσκευή διεύθυνσης. Η ευαισθησία απόκρισης στο φωτοστοιχείο είναι 100 - 150 Lux.

Η **φωτοαντίσταση** έχει στρώμα θειούχου καδμίου, όπου με την πρόσπτωση φωτός μεταβάλλεται η ηλεκτρική του αντίσταση, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ένταση του διερχόμενου ρεύματος. Η ευαισθησία απόκρισης στη φωτοαντίσταση είναι 15 - 25 Lux.

Οι λειτουργίες του φωτοηλεκτρικού αισθητήρα φλόγας είναι οι εξής:

- Διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα, εάν εξαντληθεί ο χρόνος ασφάλειας, χωρίς να δημιουργηθεί φλόγα. (Χρόνος ασφάλειας είναι ο ανώτερος επιτρεπόμενος χρόνος, που επιτρέπει ο αυτόματος διακόπτης να εκτοξεύεται καύσιμο στο χώρο καύσης, χωρίς να υπάρχει φλόγα, και εξαρτάται από το μέγεθος του καυστήρα. Καυστήρες με κατανάλωση μέχρι 30 kg/h έχουν χρόνο ασφάλειας 10 sec, ενώ αυτοί με άνω των 30 kg/h έχουν χρόνο ασφάλειας 5 sec).
- Διακόπτει τη λειτουργία του μετασχηματιστή, εφόσον υπάρχει φλόγα και λήξει ο χρόνος μετασπινθηρισμού.
- Θέτει σε λειτουργία το μετασχηματιστή, ενώ λειτουργεί ο καυστήρας. Αυτό συμβαίνει, όταν υφίσταται φλόγα, αλλά κάποια στιγμή σβήσει. Εφόσον ξαναδημιουργηθεί συνεχής φλόγα, διακόπτει το μετασχηματισμό, εάν όχι, τότε διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα και ο αυτόματος διακόπτης μπλοκάρει.

Αναλαμβάνει την επιτήρηση της φλόγας. Αντιλαμβάνεται την έλλειψη ή παρουσία της φλόγας και στέλνει σήμα στο ηλεκτρονικό του καυστήρα ρυθμίζοντας ως αποτέλεσμα την λειτουργία της αντλίας.

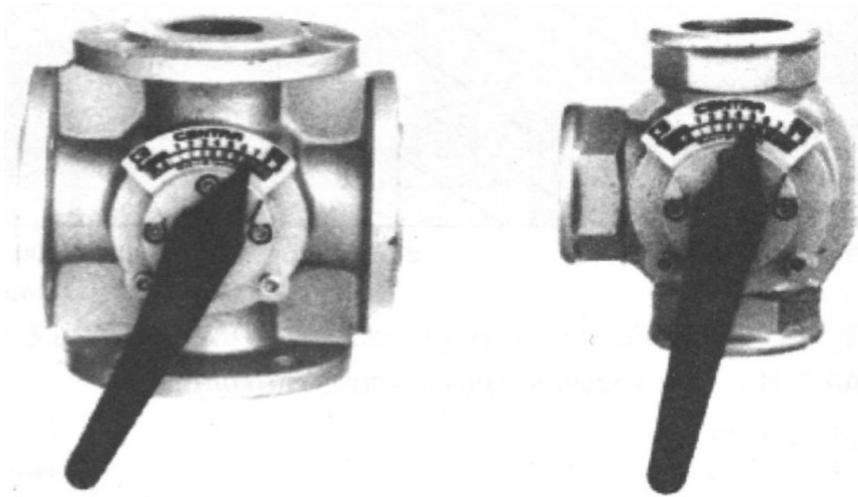
Σε περίπτωση που επικαθίσει κάπνα στην επιφάνεια του φωτοκύτταρου, η λειτουργία του καθίσταται αναποτελεσματική. Μπορεί να διακόψει την λειτουργία του καυστήρα χωρίς να υπάρχει σβήσιμο της φλόγας ή βλάβη.



**Εικόνα 10.6:** ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΦΛΟΓΑΣ

## 10.5. ΒΑΝΕΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η σύνδεση των σωληνώσεων στο λεβητοστάσιο, μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, με διαφορετικό κόστος κάθε φορά. Οι βάνες που χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις αυτές είναι απλές, για σύνδεση χωρίς ανάμειξη, τρίοδες, για σύνδεση με μερική χειροκίνητη ανάμειξη και τετράοδες βάνες, για σύνδεση με ολική ανάμειξη και ανάμειξη με αυτοματισμό.



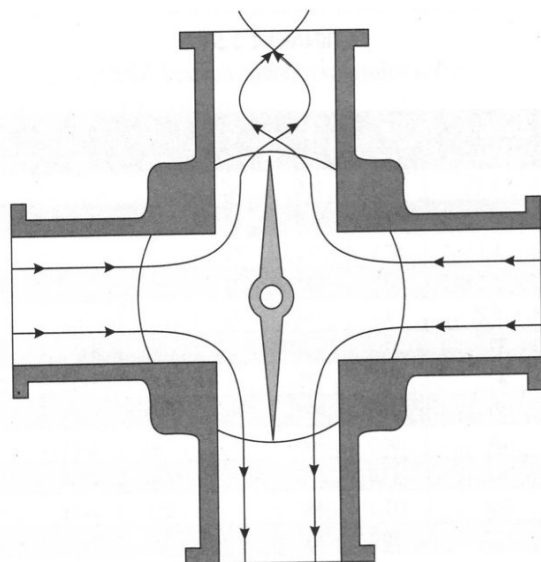
Εικόνα 10.7: ΤΕΤΡΑΟΔΗ ΚΑΙ ΤΡΙΟΔΗ ΒΑΝΑ ΤΗΣ CENTRA

Η ανάμειξη του νερού επιστροφής με το νερό προσαγωγής του λέβητα μερικές φορές είναι αναγκαία και τούτο, γιατί, ειδικά στο σύστημα με αυτονομία, συχνά το νερό επιστρέφει σε τέτοια θερμοκρασία (μεγαλύτερη των 70°C), ώστε να είναι ικανό να δώσει θερμότητα και το οποίο, με μερική ανάμειξη διαφορετική κάθε φορά, με το νερό που εξέρχεται από το λέβητα (σε θερμοκρασία 90°C), προωθείται προς την εγκατάσταση. Η ανάμειξη είναι ανάλογη με το ποσοστό των κυκλωμάτων που βρίσκονται σε λειτουργία. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται ο λέβητας από όλες τις επιβλαβείς συνέπειες της συνεχούς ροής του νερού μέσα από αυτόν και αυξάνεται σημαντικά ο χρόνος ζωής του.

Επειδή η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν είναι πάντα σταθερή και φυσικά δεν έχει πάντα τη χαμηλότερη της τιμή, δεν είναι αναγκαίο το νερό προσαγωγής να ανέρχεται πάντα σε θερμοκρασία 90°C για κάλυψη των αναγκών. Αντίθετα, για λόγους οικονομίας, τα σώματα πρέπει να τροφοδοτούνται με νερό χαμηλότερης και μεταβλητής θερμοκρασίας, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν "αντιστάθμιση θερμοκρασίας" και επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των βανών ανάμειξης (τρίοδες ή τετράοδες), που έχουν αυτή τη δυνατότητα.

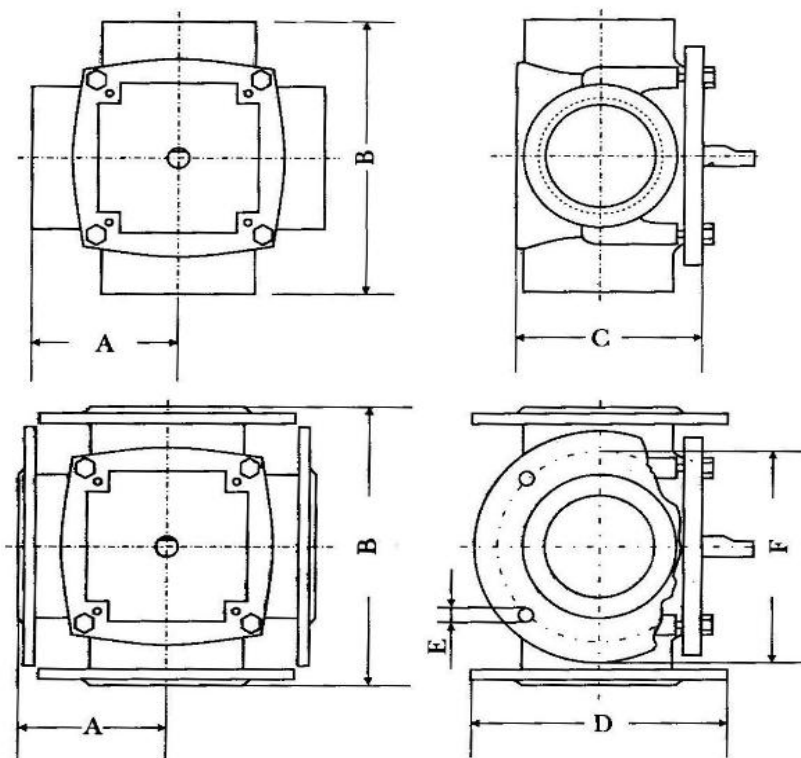
Η θερμοκρασία του νερού, που ωθείται προς την εγκατάσταση, προκύπτει από την αναλογία του μείγματος, η οποία καθορίζεται από ηλεκτρονικό σύστημα που παρακολουθεί τη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας περιβάλλοντος και επιθυμητής. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την αυτόματη ρύθμιση του ποσοστού ανάμειξης στη βάνα ανάλογα με τις συνθήκες.

Η τετράοδη βάνα ανάμειξης είναι της μορφής του Σχ.10.14 και η λειτουργία της στηρίζεται στη σχετική θέση της πεταλούδας Σχ.10.18, η οποία καθορίζει και το ποσοστό του νερού επιστροφής που θα κινηθεί προς την εγκατάσταση και θα αναμειχθεί με το νερό που έρχεται από το λέβητα, το δε υπόλοιπο θα προωθηθεί προς αυτόν. Η θέση της πεταλούδας ρυθμίζεται αυτόματα με θερμοστάτη, που ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού, που οδηγείται στην εγκατάσταση, σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού που επιστρέφει. Η επιλογή του μεγέθους της βάνας για κάθε εγκατάσταση γίνεται με βάση τη διατομή των σωληνώσεων που θα συνδεθούν σ' αυτή (δηλαδή τη μέγιστη παροχή του νερού στην εγκατάσταση).



**Σχήμα 10.14:** ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ (ΠΟΡΕΙΑ ΝΕΡΟΥ)

Οι διαστάσεις των τετράοδων βανών διακρίνονται στο Σχ10.15 και αναφέρονται στους Πίνακες 10.12 και 10.13.



**Σχήμα 10.15:** ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ ESBE

Τύπος	Διάμετρος mm ή "	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	Βάρος kg
G-419	19 - R $\frac{3}{4}$ "	52,5	105	66	-	-	-	1,6
G-425	25 - R 1"	52,5	105	66	-	-	-	1,9
G-432	32 - R $\frac{1}{4}$ "	57,5	115	70	-	-	-	2,4
G-438	38 - R $\frac{3}{2}$ "	60,0	120	74	-	-	-	3,3
G-451	51 - R 2"	78,0	156	93	-	-	-	4,7
F-432	32	80,0	160	-	120	4×15	90	5,7
F-440	40	87,5	175	-	130	4×15	100	7,1
F-450	50	100,0	200	-	140	4×15	100	8,3
F-465	65	100,0	200	-	160	4×15	150	10,9
F-480	80	117,5	235	-	190	4×18	150	16,5
F-4100	100	132,5	265	-	210	4×18	170	22,8
F-4125	125	150,0	300	-	240	8×18	200	31,2
F-4150	150	175,0	350	-	265	8×18	225	41,0

Πίνακας 10.12: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ ESBE

Τύπος (βαρέος)	Διάμετρος	Τύπος (compact)	Διάμετρος
ZR - 20	$\frac{3}{4}$ "	ZRK - 20	$\frac{3}{4}$ "
ZR - 25	1"	ZRK - 25	1"
ZR - 32	$\frac{1}{4}$ "	ZRK - 32	$\frac{1}{4}$ "
ZR - 40	$\frac{1}{2}$ "	ZRK - 40	$\frac{1}{2}$ "
ZR - 50	2"		
ZR - 65	2 $\frac{1}{2}$ "		
ZR - 80	3"		
ZR - 100	4"		
ZR - 125	5"		
ZR - 150	6"		
ZR - 200	8"		

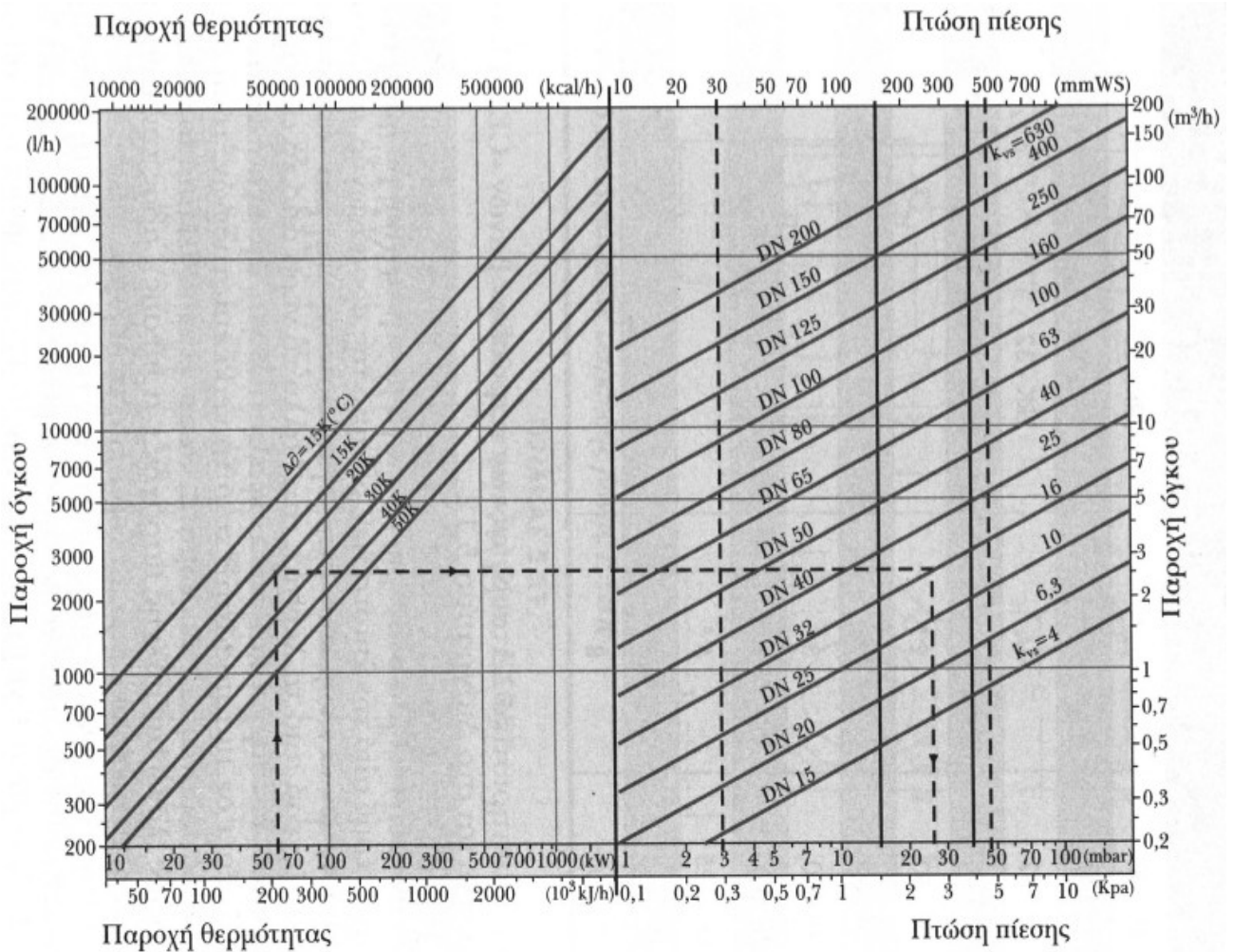
Πίνακας 10.13: ΤΥΠΟΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ CENTRA

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των τετράοδων βανών "CENTRA" περιγράφονται στο Διάγραμμα 10.1.

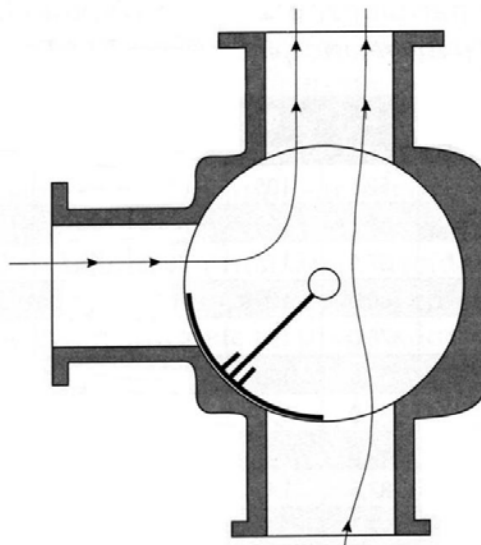
Η τρίοδη βάνα είναι της μορφής του Σχ10.16 και η λειτουργία της είναι να αναμειγνύει μια σταθερή, ανάλογα με την αρχική ρύθμισή της, ποσότητα νερού από την επιστροφή, με αυτό της προσαγωγής, ανάλογα με τη χρήση των κυκλωμάτων στην εγκατάσταση Σχ10.19. Στη μια είσοδό της πηγαίνει το νερό από το λέβητα, στην άλλη το νερό από το σύστημα by-pass (που λειτουργεί και σαν ασφαλιστικό για την εγκατάσταση), που επιτρέπει σε μια ποσότητα από το νερό επιστροφών, τόση όση ανήκει στα απομονωμένα κυκλώματα, να απομαστευθεί από το σωλήνα επιστροφής (λόγω αυξημένης παροχής και πίεσης), προς την τρίοδη βάνα, όπου αναμειγνύεται με το νερό από το λέβητα.



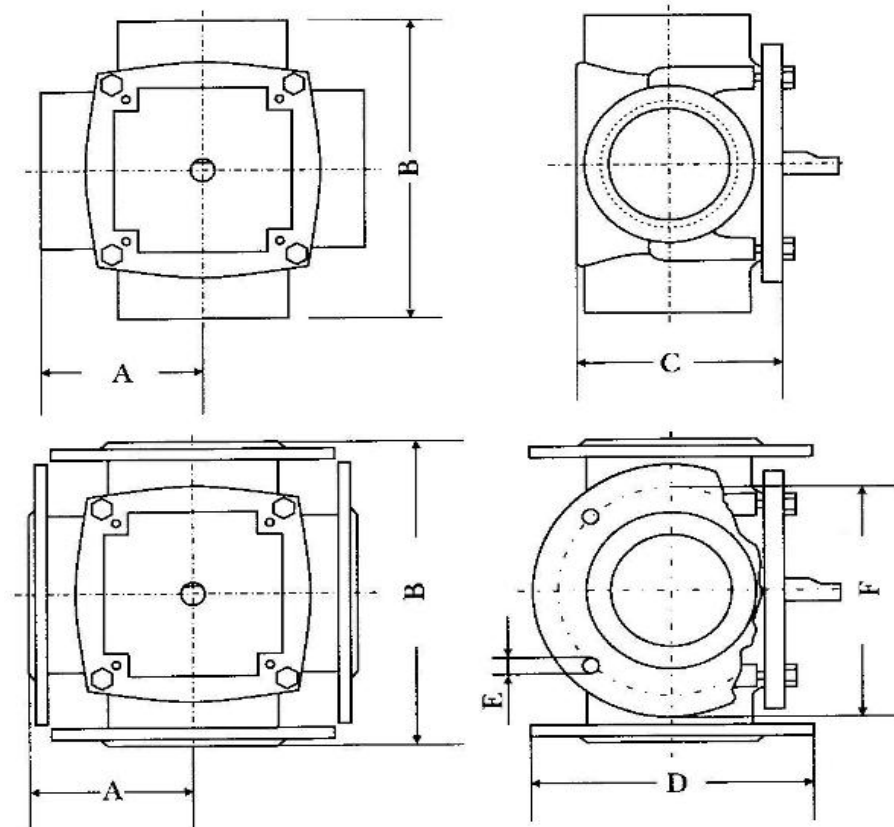
Η επιλογή της γίνεται, όπως και για την τετράοδη, από τη διατομή του σωλήνα, και οι διαστάσεις της διακρίνονται στο Σχ10.17, στον Πίνακα10.14 (για βάνα ESBE) και στον Πίνακα10.15 διακρίνονται οι τύποι τρίοδης βάνας της Centra.



**Διάγραμμα 10.1:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ CENTRA.



**Σχήμα 10.16:** ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΤΡΙΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ (ΠΟΡΕΙΑ ΝΕΡΟΥ)



Σχήμα 10.17: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΡΙΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ ESBE

Τύπος	Διάμετρος mm ή "	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	Βάρος kg
G-119	19 - R $\frac{3}{4}$ "	52,5	105	66	-	-	-	1,3
G-125	25 - R 1"	52,5	105	66	-	-	-	1,4
G-132	32 - R $\frac{1}{4}$ "	57,5	115	70	-	-	-	2,2
G-138	38 - R 1 $\frac{1}{2}$ "	60,0	120	74	-	-	-	2,8
G-151	51 - R 2"	78,0	156	93	-	-	-	4,1
F-120	20	70,0	140	-	90	4×11,5	65	2,7
F-125	25	75,0	150	-	100	4×11,5	75	3,5
F-132	32	80,0	160	-	120	4×15,0	90	4,6
F-140	40	87,5	175	-	130	4×15,0	100	5,6
F-150	50	97,5	195	-	140	4×15,0	110	7,9
F-165	65	100,0	200	-	160	4×15,0	130	9,2
F-180	80	117,5	235	-	190	4×18,0	150	14,2
F-1100	100	130,5	265	-	210	4×18,0	170	19,0
F-1125	125	150,0	300	-	240	4×18,0	200	25,8
F-1150	150	175,0	350	-	265	4×18,0	225	35,5

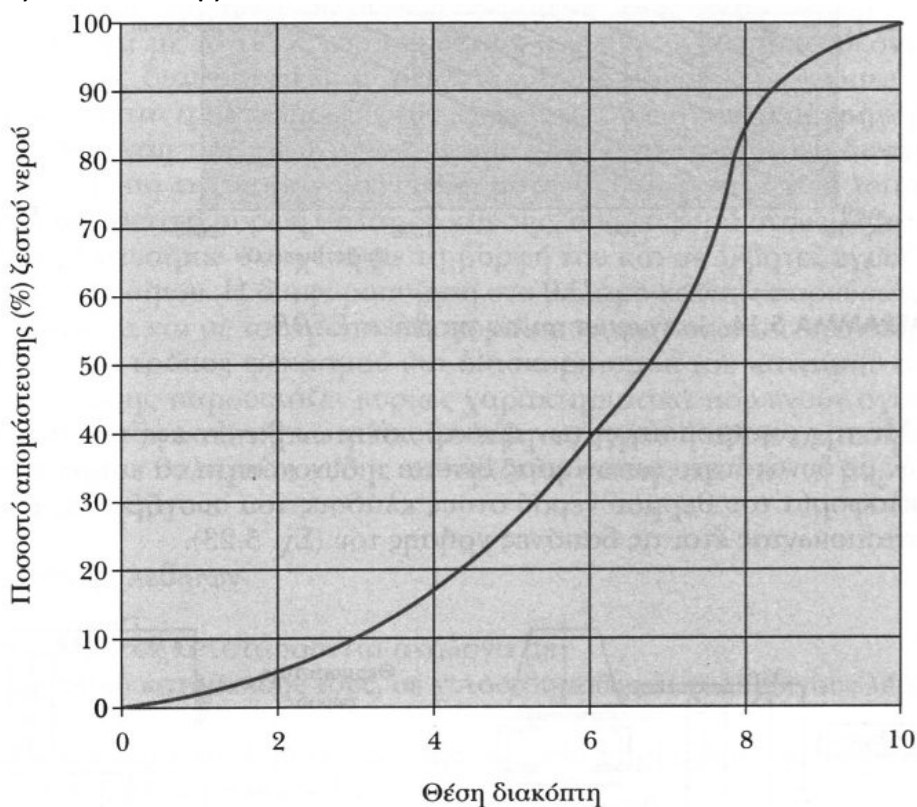
Πίνακας 10.14: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΡΙΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ ESBE

Τύπος (βαρέος) Universal	Διάμετρος	Τύπος (Compact)	Διάμετρος
DR-20 (20G)	3/4"	DRK - 20	3/4"
DR-25 (25G)	1"	DRK - 25	1"
DR-32 (32G)	1 1/4"	DRK - 32	1 1/4"
DR-40 (40G)	1 1/2"	DRK - 40	1 1/2"
DR-50 (50G)	2"		
DR-65 (65G)	2 1/2"		
DR-80 (80G)	3"		
DR-100 (100G)	4"		
DR-125 (125G)	5"		
Ορειχάλκινες			
SDR - 32	1 1/4"	KMR/THA1	3/4"
SDR - 40	1 1/2"		1"
SDR - 50	3"		1 1/4"
			1 1/2"

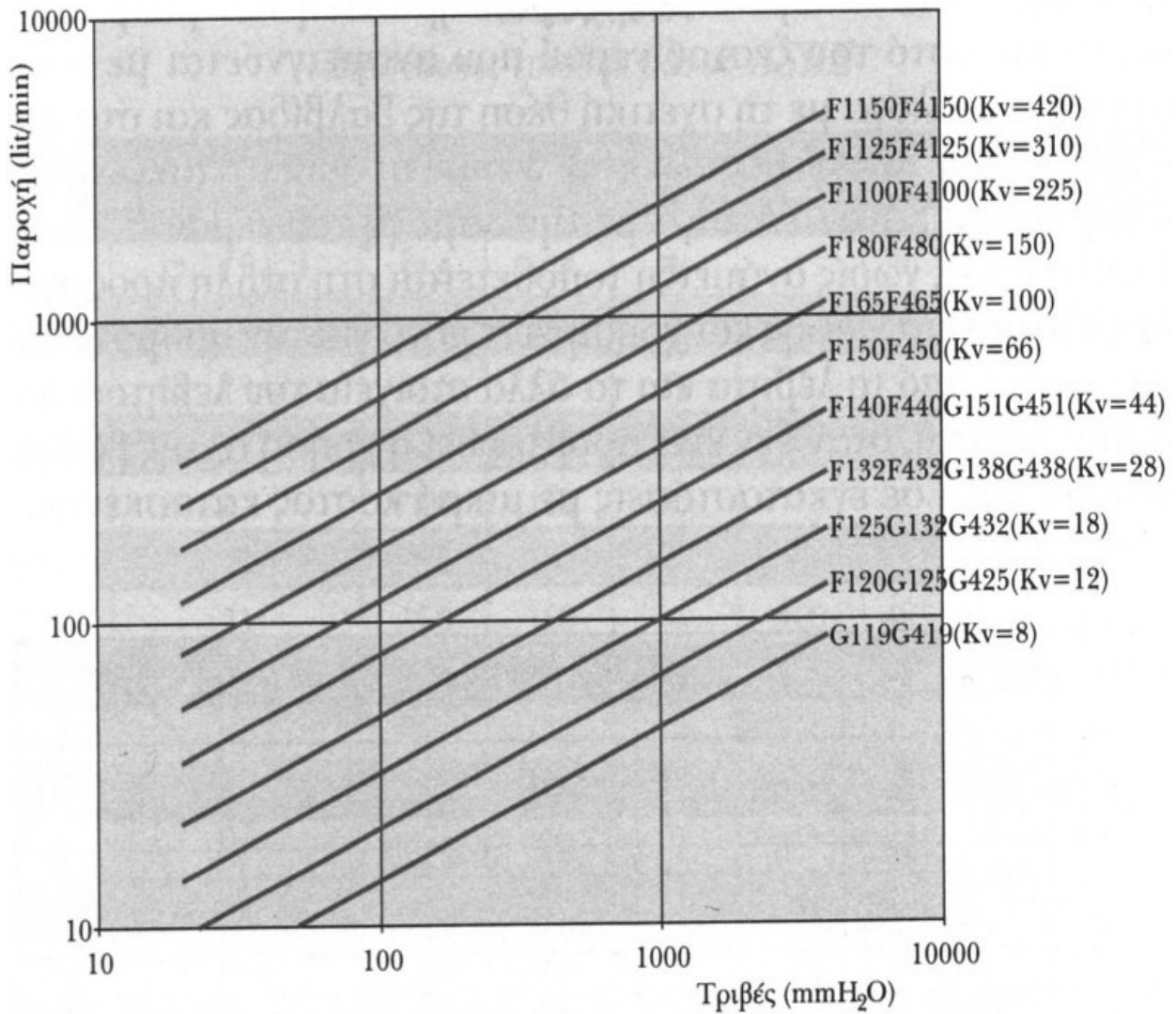
**Πίνακας 10.15:** ΤΥΠΟΣ ΤΡΙΩΔΗΣ ΒΑΝΑΣ ΤΗΣ CENTRA

Στο Διάγραμμα 10.2 διακρίνεται η χαρακτηριστική των βαλβίδων της ESBE, το ποσοστό του ζεστού νερού που αναμειγνύεται με το νερό επιστροφής, ανάλογα με τη σχετική θέση της βαλβίδας και στο Διάγραμμα 10.3 διακρίνεται το μέγεθος των τριβών που προσθέτονται στην εγκατάσταση από τη βάνα, ανάλογα με την παροχή του νερού.

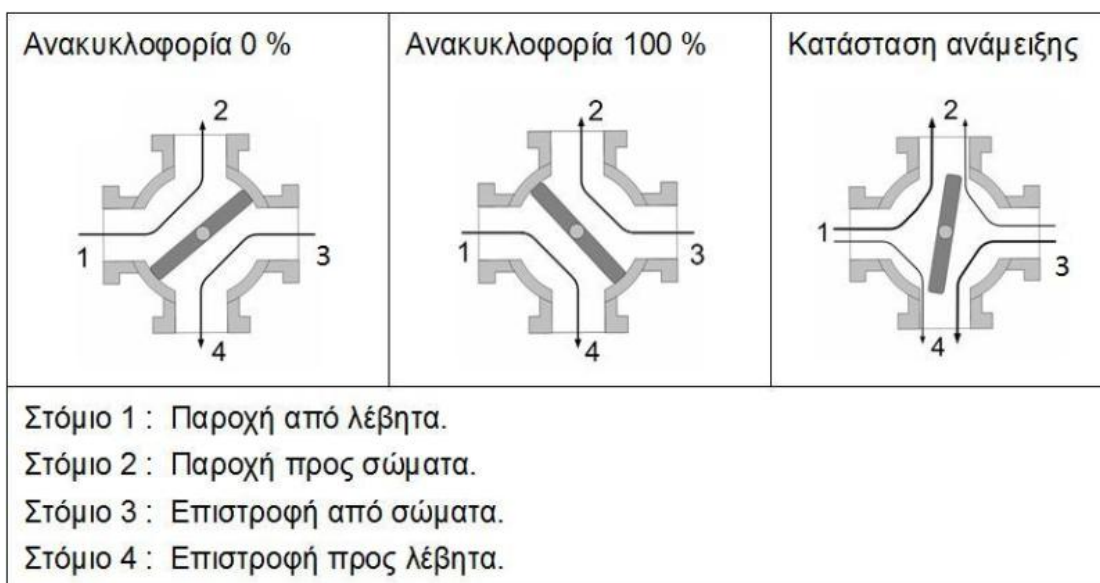
Η απλή βάνα, χωρίς ανάμειξη τοποθετείται στη στήλη προσαγωγής και στη στήλη επιστροφής και χρησιμεύει μόνο για την απομόνωση της εγκατάστασης από το λέβητα και τα άλλα στοιχεία του λεβητοστασίου. Είναι απαραίτητη, όταν δεν έχει προβλεφθεί η χρήση άλλης βάνας και χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις με μικρό κόστος κατασκευής.



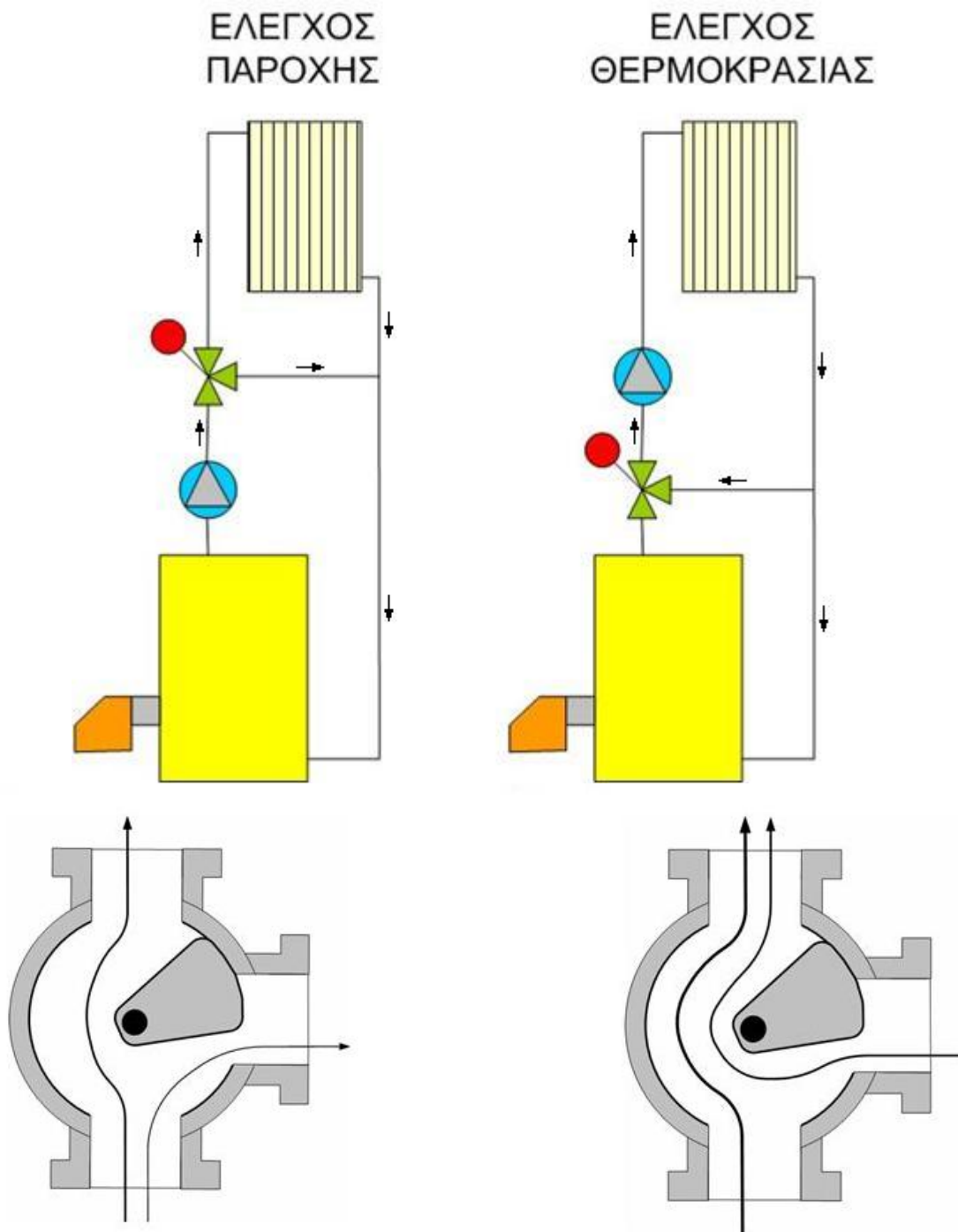
**Διάγραμμα 10.2:** ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΤΩΝ ΒΑΝΩΝ ΤΗΣ ESBE



**Διάγραμμα 10.3:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΙΒΩΝ ΤΗΣ ΒΑΝΑΣ ESBE



**Σχήμα 10.18:** ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΤΡΑΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ



**Σχήμα 10.19:** ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΡΙΟΔΗΣ ΒΑΝΑΣ  
Έλεγχος διανομής (αριστερά) Έλεγχος ανάμειξης (δεξιά)

## 10.6. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ

### 10.6.1. Αισθητήριο εξωτερικής θερμοκρασίας

Το αισθητήριο αυτό είναι ημιαγωγός όπου η ωμική του αντίσταση μεταβάλλεται με την θερμοκρασία. Δεν υπάρχει δηλαδή επαφή που ανοιγοκλείνει όπως ένας κοινός θερμοστάτης. Τροφοδοτείται με ρεύμα χαμηλής τάσης συνήθως 18volt από την κεντρική ηλεκτρονική συσκευή. Το αισθητήριο αυτό τοποθετείται στην βόρεια πλευρά του κτιρίου και σε ύψος περίπου στο μισό του κτιρίου. Δεν θα πρέπει να προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες ούτε να δέχεται θερμοκρασία από τον ήλιο ,από τις καμινάδες ή θερμά ρεύματα αέρα που προέρχονται από πόρτες. παράθυρα κλπ.



**Εικόνα 10.8.** ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

### **Τρόπος λειτουργίας του αυτοματισμού.**

Το αισθητήριο της εξωτερικής θερμοκρασίας, μεταδίδει στην κεντρική ηλεκτρονική συσκευή τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η ηλεκτρονική συσκευή με την σειρά της και ανάλογα με τις εντολές που δέχεται από το αισθητήριο της εξωτερικής θερμοκρασίας, ρυθμίζει μέσω του σερβοκινητήρα την περιστροφική τρίοδο ή τετράοδο βάννα. Η βάννα ρυθμίζει, την θερμοκρασία προσαγωγής του νερού προς τα θερμαντικά σώματα, από 30 μέχρι 90°C. Δηλαδή, ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία, η βάννα "ανοίγει" ή "κλείνει". Το αισθητήριο νερού προσαγωγής, φροντίζει να διατηρεί την αναγκαία θερμοκρασία νερού προσαγωγής προς τα θερμαντικά σώματα δίνοντας εντολές προς τον κινητήρα της βάννας μέσω της ηλεκτρονικής συσκευής.

### **10.6.2. Δίοδος ηλεκτροκίνητη βάννα αυτονομίας**

Η βάννα αυτή αποτελείται, από τον κορμό και τον ηλεκτρικό μηχανισμό κίνησης. Ο κορμός είναι συνήθως ορειχάλκινος, μέσα στον οποίο περιστρέφεται μια σφαίρα με την βοήθεια του ηλεκτροκινητήρα. Ο μηχανισμός κίνησης είναι συνήθως, ένας ισχυρός μικρός μονοφασικός κινητήρας, που μεταδίδει κίνηση με γρανάζια στην σφαίρα του κορμού, ανοίγοντας ή κλείνοντας την ροή νερού προς τους θερμαινόμενους χώρους. Ηλεκτρικές βάνες με έμβολο, δεν είχαν επιτυχία σε συστήματα αυτονομίας.

Η βάννα συνδέεται ανάμεσα στον κεντρικό σωλήνα προσαγωγής και στον συλλέκτη κάθε διαμερίσματος ή προκειμένου για εγκατάσταση με ξεχωριστές σωληνώσεις για κάθε διαμέρισμα, στον σωλήνα προσαγωγής κάθε διαμερίσματος, μέσα στο λεβητοστάσιο και μετά τον κυκλοφορητή. Η βάννα δέχεται ηλεκτρική εντολή από τον θερμοστάτη χώρου και αυτή με την σειρά της δίνει εντολή στον ωρομετρητή ή και στον καυστήρα ή και στον κυκλοφορητή.



**Εικόνα 10.9:** ΗΛΕΚΤΡΟΒΑΝΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ CIM CIMPERIO

### 10.6.3. Ωρομετρητές-Θερμιδομετρητές-Ογκομετρητές

Η μέτρηση και η κατανομή των δαπανών σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας της βάνας αυτονομίας, είναι η φτηνότερη σαν εγκατάσταση αλλά όμως όχι και η πιο δίκαιη.

Για να θεωρείται η ωρομέτρηση δίκαιος τρόπος υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας θα πρέπει να ισχύουν όλα τα παρακάτω: Η παροχή του νερού να είναι ίδια σε όλα τα διαμερίσματα. Η διαφορά θερμοκρασίας εισαγωγής και εξαγωγής του νερού να είναι ίδια σε όλα τα διαμερίσματα. Άψογη μελέτη κατασκευής και συντήρησης. Τα βασικά μειονεκτήματα της ωρομέτρησης συνοψίζονται στα παρακάτω: Είναι εύκολα παραβιάσιμο. Απαγορεύεται η αλλαγή των σωμάτων και η χρήση μπόιλερ. Δεν μετράται πραγματικά η ενέργεια αλλά ο χρόνος που παραμένει ανοιχτή η ηλεκτροβάνα. Ιδιαίτερα οι ένοικοι των επάνω ορόφων δεν παίρνουν την προβλεπόμενη θέρμανση για την οποία πληρώνουν. Οι ένοικοι των διαμερισμάτων δεν έχουν την επιλογή του χώρου θέρμανσης και κατά συνέπεια δεν έχουν έρεισμα οικονομίας. Τα παραπάνω προβλήματα ελαχιστοποιούνται με την χρήση θερμιδομετρητών και με την ορθολογιστική χρήση της θέρμανσης ο καταναλωτής πετυχαίνει μια σημαντική οικονομία.



Εικόνα 10.10: ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΗΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Μια ακριβότερη εγκατάσταση αλλά δίκαια λύση, είναι η μέτρηση της κατανάλωσης κάθε διαμερίσματος με θερμιδομετρητές. Τα όργανα αυτά μετρούν τις θερμίδες που καταναλώνει κάθε διαμέρισμα. Έτσι αν κάποιος ένοικος κλείσει όλα τα θερμαντικά σώματα του διαμερισμάτος του και αφήσει μόνο ένα ή μόνο το μπόιλερ, τότε ο ωρομετρητής θα γράφει ώρες λειτουργίας σαν να λειτουργεί όλη η εγκατάσταση του διαμερίσματος, ενώ με τον θερμιδομετρητή θα χρεωθεί μόνο η κατανάλωση του θερμαντικού σώματος που έμεινε ανοικτό ή μόνο του μπόιλερ.

Η τοποθέτηση του θερμιδομετρητή γίνεται μετά την βάνα αυτονομίας και αυτό γιατί οι θερμιδομετρητές διαθέτουν μετρητή παροχής νερού και δύο ανιχνευτές θερμοκρασίας, της προσαγωγής και επιστροφής του νερού (και οι θερμοκρασίες αυτές διαφέρουν για τα διάφορα κυκλώματα). Η ενέργεια που καταναλώνεται δίνεται σε KWh ή σε kcal/h. Έτσι λοιπόν οι θερμιδομετρητές συγκρίνουν την θερμοκρασία προσαγωγής με την θερμοκρασία επιστροφής, μετρούν τον όγκο του νερού που περνά από αυτούς και μετατρέπουν τα διάφορα μεγέθη σε Kcal/h (θερμίδες/ώρα).

Οι ογκομετρητές, που τοποθετούνται και αυτοί είτε στον σωλήνα προσαγωγής είτε στον σωλήνα επιστροφής, μετά ή πριν την βάνα αυτονομίας, μετρούν μόνο την παροχή (όγκο) του νερού, προς τα θερμαντικά σώματα. Οι ογκομετρητές έχουν το μειονέκτημα, της μη πραγματικής ένδειξης της ενέργειας που καταναλώνεται. Γνωρίζουμε ότι το νερό προσαγωγής προς τα σώματα με αυτό της επιστροφής, πρέπει να έχει διαφορά θερμοκρασίας 15-20 βαθμών Κελσίου. Αν λοιπόν οι βάνες αυτονομίας είναι όλες ανοικτές, τότε παρατηρούμε ότι οι ογκομετρητές των πρώτων διαμερισμάτων γράφουν περισσότερο και αυτό γιατί υπάρχει, ευκολότερη ροή νερού από αυτή των τελευταίων διαμερισμάτων. Έτσι ενώ για την θέρμανση ενός διαμερίσματος απαιτούνται π.χ. 1 κυβικό νερό την ώρα, παρατηρείται ο ογκομετρητής να γράφει και 3 κυβικά νερό την ώρα, χωρίς να έχουμε ταυτόχρονα και αύξηση θερμοκρασίας χώρου.

Επομένως οι ωρομετρητές μετρούν ώρες λειτουργίας της εγκατάστασης, οι ογκομετρητές όγκο νερού και οι θερμιδομετρητές ενέργεια.

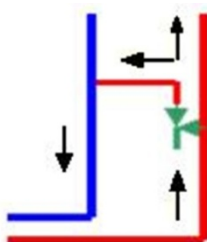
#### **Λειτουργία θερμιδομετρητών**

Η λειτουργία των θερμιδομετρητών βασίζεται ουσιαστικά στην σχέση ενέργειας:  $Q = K \cdot V \cdot \Delta t$  όπου  $\Delta t$  είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής,  $V$  είναι η ποσότητα του υγρού και  $K$  είναι ο συντελεστής. Το παροχόμετρο της διάταξης μετρά την παροχή του μέσου θερμότητας - συνήθως νερό ή διαλύματά του. Οι θερμοκρασίες προσαγωγής του μέσου μετρούνται από τα αντίστοιχα τοποθετημένα αισθητήρια. Τα παραπάνω δεδομένα αποθηκεύονται στην λογιστική αριθμητική μονάδα και μετά την ολοκλήρωσή τους λαμβάνουμε το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας.

#### **10.6.4. Βαλβίδα σταθερής διαφορικής πίεσης**

Όταν ο κυκλοφορητής δεν είναι αυτομάτου ρυθμιζόμενος στροφών (ηλεκτρονικός), τότε αυτός ρυθμίζεται, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει με όλες τις ηλεκτροβάνες αυτονομίας ανοικτές και παροχή νερού για θέρμανση προς όλα τα διαμερίσματα συγχρόνως. Επειδή όμως η παροχή αυτή μεταβάλλεται, (αφού τυχαίνει μόνο μερικές ή μόνο μία βάνα αυτονομίας να είναι ανοικτή), ο κυκλοφορητής αναγκάζεται να επιστρέψει το νερό που ρυθμίστηκε να κυκλοφορεί, όχι πλέον μέσα σε όλα τα θερμαντικά σώματα, αλλά με ένα σύστημα by-pass μεταξύ του σωλήνα προσαγωγής και επιστροφής, μέσα στο λεβητοστάσιο.

Επειδή όμως ένα ελεύθερο σύστημα by-pass, θα ευνοούσε την ροή του νερού μεταξύ λέβητα και κυκλοφορητή και θα εμπόδιζε αυτήν προς τα θερμαντικά σώματα, (που παρουσιάζουν αντίσταση), τοποθετούμε την βαλβίδα διαφορικής πίεσης, η οποία ανοίγει όταν πιέζεται (και ρυθμίζεται για αυτό) από τον κυκλοφορητή. Κλείνοντας λοιπόν κάποιες βάνες αυτονομίας ανοίγει η βαλβίδα διαφορικής πίεσης και έτσι έχουμε και ροή νερού μεταξύ του λέβητα. (Σχήμα 10.20.)



**Σχήμα 10.20:** ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

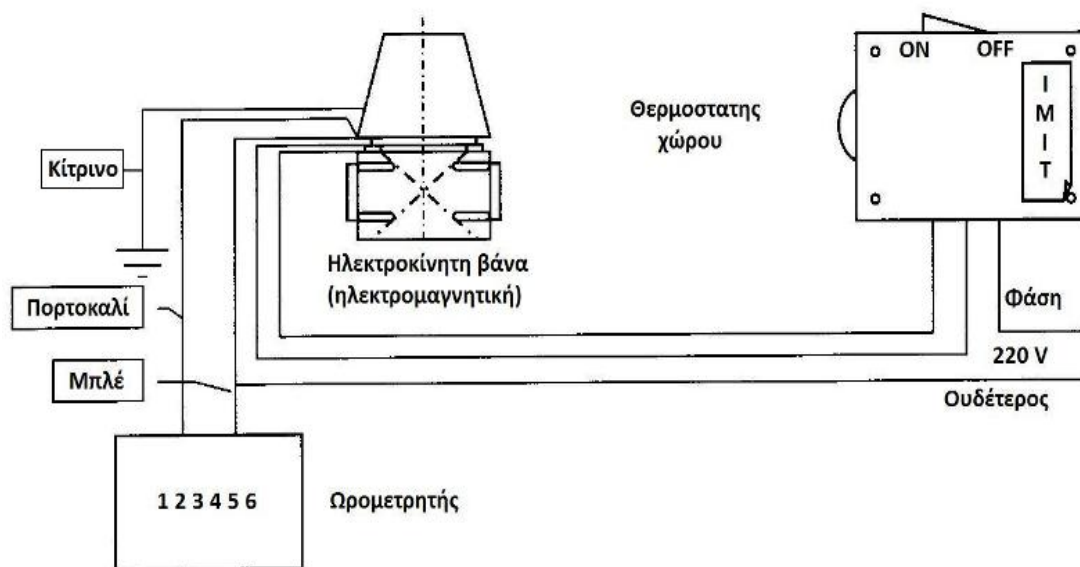




**Εικόνα 10.11:** ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ  
Για περιορισμό της πίεσης σε κλειστά συστήματα θέρμανσης και προστασία του συστήματος από υδραυλική υπερπίεση

### 10.7. ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ

Σε κάθε όροφο και σε ύψος 50cm από το πάτωμα, περίπου, τοποθετούνται οι διανομείς-συλλέκτες του ορόφου (στην προσαγωγή και επιστροφή, αντίστοιχα). Οι συλλέκτες αυτοί έχουν τόσες εξόδους όσα και τα θερμικά κυκλώματα του ορόφου. Στο τμήμα του σωλήνα που συνδέει το διανομέα με την κατακόρυφη στήλη μπορεί να τοποθετηθεί ηλεκτροκίνητη βάνα με ωρομετρητή, έτσι ώστε να μετράται η κατανάλωση του κάθε ορόφου χωριστά. Αν ο όροφος έχει περισσότερα του ενός διαμερίσματα, τότε τέτοια βάνα τοποθετείται στο σωλήνα μετά το συλλέκτη προσαγωγής για κάθε θερμικό κύκλωμα και δίνει τη δυνατότητα μέτρησης της κατανάλωσης σε κάθε θερμικό κύκλωμα και δίνει τη δυνατότητα μέτρησης της κατανάλωσης σε κάθε θερμικό κύκλωμα χωριστά. Συνήθως, κάθε θερμικό κύκλωμα αντιστοιχεί σε κάθε διαμέρισμα. Η ρύθμιση της παροχής και των ωρών χρήσης της κεντρικής θέρμανσης γίνεται κατά βούληση ή αυτόματα με εντολή από το θερμοστάτη του δυσμενέστερου χώρου για κάθε όροφο ή κάθε διαμέρισμα. Η συνδεσμολογία της ηλεκτροκίνητης βάνας διακρίνεται στο σχήμα 10.21.



**Σχήμα 10.21:** ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ

Η μέθοδος μέτρησης της κατανάλωσης ενέργειας με τη μέτρηση των ωρών χρήσης του συστήματος όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έχει αποδειχτεί ανακριβής και είναι εις βάρος του πρώτου χρονικά χρήστη. Οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζουν ως τρόπο εκτίμησης της κατανάλωσης όχι τις ώρες χρήσης αλλά το ποσό θερμότητας που παραλαμβάνει κάθε διαμέρισμα κατά τη χρήση της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης. Αντί ωρομετρητών, λοιπόν, πρέπει να τοποθετηθούν θερμιδομετρητές σε κάθε κύκλωμα για την καταμέτρηση της διερχόμενης θερμότητας.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αυτονομία της χρήσης ανά διαμέρισμα είναι η ισχυρή θερμική μόνωση μεταξύ των διαμερισμάτων, η οποία είναι ανάλογη της εξωτερικής μόνωσης.

### **10.8. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ**

Όταν ο ένοικος θελήσει να θέσει σε λειτουργία το σύστημα, επιλέγει τη θερμοκρασία που επιθυμεί και ρυθμίζει το θερμοστάτη. Αυτόματα, παίρνει εντολή η ηλεκτροκίνητη βάνα (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα), ανοίγει και το νερό οδεύει στο κύκλωμα του διαμερίσματος. Αν η επιθυμητή θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτή του χώρου, τότε η βάνα παραμένει ανοιχτή και το νερό κυκλοφορεί στο θερμικό κύκλωμα. Μόλις η θερμοκρασία του χώρου φθάσει την επιθυμητή, ο θερμοστάτης δίνει εντολή και η βάνα σταματά τη διέλευση του νερού στο κύκλωμα, Ο ωρομετρητής καταγράφει το χρόνο διέλευσης του νερού από τη βάνα ή ορθότερα το χρόνο που η βάνα παραμένει ανοιχτή. Έτσι, στο τέλος κάθε μήνα ή διαχειριστικής περιόδου μπορεί να μετρηθούν οι αναγραφόμενες τιμές του ωρομετρητή, δηλαδή ο χρόνος χρήσης της κεντρικής θέρμανσης για κάθε διαμέρισμα. Αν ο ένοικος θελήσει να σταματήσει τη χρήση της θέρμανσής του, δεν έχει παρά να θέσει το θερμοστάτη σε ένδειξη θερμοκρασίας χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου.

Με τον τρόπο αυτό, όμως στο διαμέρισμα που θα λειτουργήσει πρώτο, στο σύστημα θέρμανσης θα καταγραφεί και ο χρόνος για την αρχική θέρμανση του νερού (από τους 20°C περίπου έως τους 80°C), ενώ στα διαμερίσματα που θα λειτουργήσει αργότερα το σύστημα θέρμανσης, θα χρησιμοποιήσουν το ήδη υπάρχον ζεστό νερό. Για την αποφυγή αυτής της αστοχίας, χωρίς την αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος μέτρησης, προστίθεται στο σωλήνα προσαγωγής, μετά το λέβητα, θερμοστάτης επαφής που λειτουργεί σαν διακόπτης ON-OFF για τους ωρομετρητές. Επιτρέπει δηλαδή τη λειτουργία των ωρομετρητών, όταν η θερμοκρασία υπερβεί μια τιμή, συνήθως μεγαλύτερη των 50°C. Με τη χρήση των θερμιδομετρητών αποφεύγεται το παραπάνω πρόβλημα και είναι πιο σωστή η κατανομή δαπανών σε κάθε ιδιοκτησία. Η λειτουργία αυτών των οργάνων στηρίζεται στη μέτρηση της θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του νερού σε κάθε ιδιοκτησία και με γνωστή και σταθερή την παροχή νερού προσδιορίζονται υπολογιστικά και καταγράφονται τα ποσά θερμικής ενέργειας που καταναλώνει η κάθε ιδιοκτησία.

Η λειτουργία της αυτονομίας σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης συνεπάγεται την εικοσιτετράωρη λειτουργία της εγκατάστασης. Από τις ενδείξεις των ωρομετρητών ή των θερμιδομετρητών γίνεται και η κατανομή των δαπανών για την κεντρική θέρμανση με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς των κεντρικών θερμάνσεων και το μέγεθος του κάθε διαμερίσματος (ποσοστό απωλειών διαμερίσματος).

### **10.9. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ**

Είδαμε μέχρι τώρα, να χρησιμοποιούμε τις βάνες αυτονομίας σαν όργανα αυτονομίας, για κάθε υδραυλικό κύκλωμα χωριστά. Αντί όμως για βάνες αυτονομίας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, αν αυτό είναι δυνατό, κυκλοφορητή για κάθε κύκλωμα. Έτσι, σε κάθε κλάδο τοποθετούμε ένα κυκλοφορητή (Σχήμα 10.22). Έτσι, μειώνουμε τα προβλήματα που προκύπτουν, αν χρησιμοποιήσουμε βάνες αυτονομίας τα οποία είναι:

- Μεταβλητή παροχή προς τους καταναλωτές και αυτό γιατί έχουμε σταθερή παροχή όγκου νερού από τον κυκλοφορητή .
- Μεταβαλλόμενη πτώση πίεσης στους κλάδους, για τον ίδιο λόγο όπως παραπάνω.
- Ανομοιόμορφη θέρμανση προς στους καταναλωτές (οι πρώτοι όροφοι θερμαίνονται και γρηγορότερα και περισσότερο).
- Θόρυβοι λόγω της πτώσης πίεσης , τους οποίους δημιουργεί ο κυκλοφορητής αν κλείσουν κάποιες βάνες αυτονομίας.

#### **Σπατάλη ενέργειας.**

- Ελλιπή θέρμανση των μακρινών διαμερισμάτων και αυτό γιατί ο κυκλοφορητής στέλνει νερό, εκεί που θα βρει μεγαλύτερη ευκολία να το κάνει.
- Υδραυλικά πλήγματα, από το άνοιγμα και κλείσιμο των βανών αυτονομίας.
- Χαμηλές θερμοκρασίες επιστροφής στον λέβητα, πράγμα που καταστρέφει τον λέβητα.

Πριν η μετά τον κάθε κυκλοφορητή τοποθετούμε βαλβίδες αντεπιστροφής, με φορά όμοια με του κυκλοφορητή. Αυτό το κάνουμε πρώτον, για να μην έχουμε κυκλοφορία του νερού με φυσική ροή, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ λέβητα και θερμαντικών σωμάτων και δεύτερον για να μην γίνεται κύκλωμα μεταξύ των κλάδων αλλά μεταξύ του λέβητα και των θερμαντικών σωμάτων κάθε κλάδου.

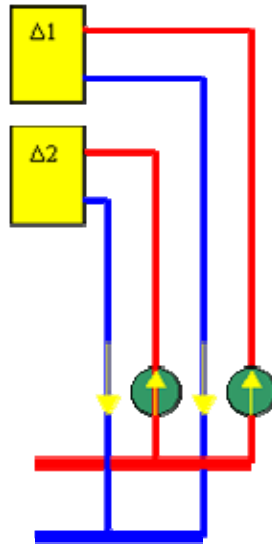
Όσο για το κόστος κατασκευής είναι σχεδόν το ίδιο μια και κάθε διαμέρισμα χρειάζεται μια βάνη αυτονομίας και για το σύνολο της εγκατάστασης ένας μεγάλος κυκλοφορητής που σε αυτήν την περίπτωση τον καταργούμε.

## ΠΡΟΤΕΡΗΜΑΤΑ

Όλοι οι καταναλωτές θερμαίνονται ομοιόμορφα ανεξαρτήτως ορόφου, θέσης και απωλειών του χώρου. Η παροχή του κάθε διαμερίσματος παραμένει σταθερή ανεξάρτητα πόσα άλλα ακόμη διαμερίσματα είναι εν λειτουργία. Η πτώση πίεσης παραμένει σταθερή ανεξαρτήτως του αριθμού των διαμερισμάτων που είναι εν λειτουργία. Όλη η εγκατάσταση και με οποιοσδήποτε συνθήκες παρουσιάζει χαμηλή πτώση πίεσης και έτσι αποκλείεται η δημιουργία θορύβων. Η παροχή του κάθε κλάδου μπορεί να ρυθμιστεί είτε μέσω στραγγαλισμού είτε με μείωση ή αύξηση των στροφών του κάθε κυκλοφορητή. Όλοι οι κυκλοφορητές λειτουργούν πάντα σε σταθερό σημείο λειτουργίας. Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στην λειτουργία των κυκλοφορητών και στην θερμική διανομή. Η λειτουργία κλάδου με ενδοδαπέδια θέρμανση είναι ιδανική λόγω σταθερής παροχής. Η λειτουργία των θερμοστατικών βαλβίδων στα σώματα (αν υπάρχουν) γίνεται κανονικά λόγω των χαμηλών πτώσεων πίεσης της εγκατάστασης.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Όταν η θερμοκρασία του χώρου έχει πέσει κάτω από αυτήν που επιλέξαμε, μέσω θερμοστάτη χώρου, τότε αυτός δίνει εντολή στον κυκλοφορητή. Αυτός με την σειρά του αρχίζει να λειτουργεί και στέλνει ζεστό νερό προς τον παραπάνω χώρο, για την θέρμανση αυτού. Συγχρόνως, αρχίζει να καταγράφει ώρες λειτουργίας του κυκλοφορητή ο ωρομετρητής που αντιστοιχεί στο παραπάνω διαμέρισμα και αρχίζει και η λειτουργία του καυστήρα.



Σχήμα 10.22: ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ

### 10.10. ΑΥΤΟΝΟΜΙΑ ΑΝΑ ΔΩΜΑΤΙΟ - ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Μερικές φορές, θέλουμε να έχουμε διαφορετική θερμοκρασία από χώρο σε χώρο, μέσα στο ίδιο το διαμέρισμα (π.χ. χαμηλότερη θερμοκρασία στα υπνοδωμάτια από το καθιστικό).

Φυσικά, είναι ασύμφορο και πολλές φορές αδύνατο να χρησιμοποιήσουμε θερμοστάτες χώρου, για κάθε χώρο του ίδιου διαμερίσματος. Μπορεί να γίνει, τοποθετώντας μια ηλεκτροκίνητη βάνα on - off σε κάθε θερμαντικό σώμα, η οποία βάνα θα παίρνει εντολή από τον θερμοστάτη χώρου του δωματίου. Δεν χρησιμοποιούμε τέτοιες μεθόδους όμως, γιατί ανεβάζουν το κόστος μιας εγκατάστασης.

Για να λύσουμε αυτήν την ανάγκη, (αν υπάρχει) χρησιμοποιούμε θερμοστατικούς διακόπτες. Οι διακόπτες αυτοί αποτελούνται από τον κορμό και την θερμοστατική κεφαλή, η οποία ρυθμίζεται στην επιθυμητή θερμοκρασία χώρου (Εικόνα 12).

Η θερμοστατική κεφαλή, μέσω μιας ειδικής διάταξης, κλείνει την παροχή νερού προς το θερμαντικό σώμα, όταν φτάσει η θερμοκρασία του χώρου στα επίπεδα που έχουμε επιλέξει. Με αυτόν τον τρόπο, πετυχαίνουμε εξοικονόμηση ενέργειας.

Η χρησιμοποίηση των βαλβίδων αυτών, έχει νόημα μόνο, όταν μετρούμε την κατανάλωση της ενέργειας με θερμοδομετρητές, ή όταν δεν απαιτείται η μέτρηση της κατανάλωσης (ατομική θέρμανση). Όταν δηλαδή χρησιμοποιούμε ωρομετρητές, δεν υπάρχει λόγος εγκατάστασης των θερμοστατικών κεφαλών, γιατί έστω και ένα θερμαντικό σώμα να παραμείνει ανοικτό, τότε ο ωρομετρητής γράφει και πάλι ώρες, σαν να λειτουργούν όλα τα θερμαντικά σώματα του διαμερίσματος.

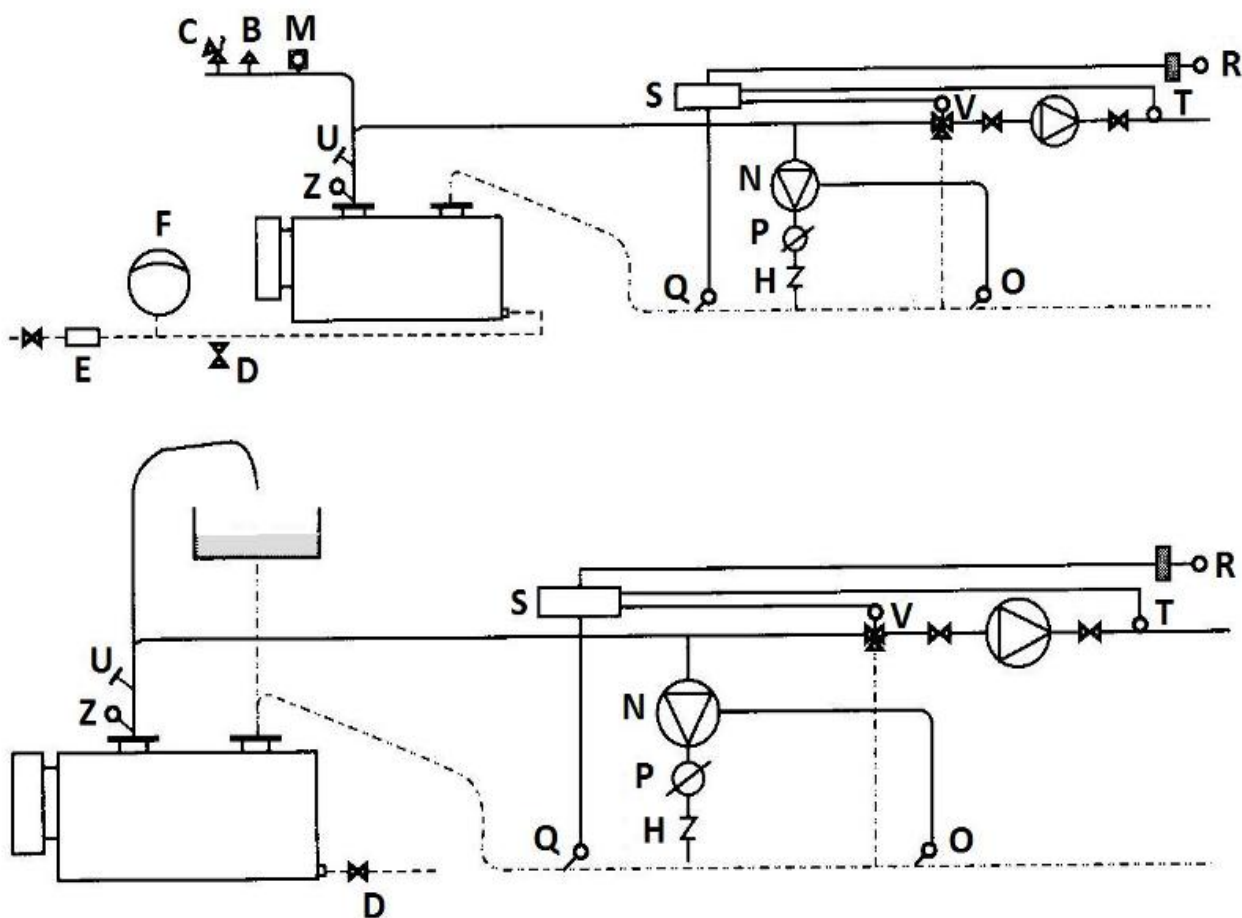
Πάντως, όπως και να γίνει η εγκατάσταση, όποιο σύστημα και να εφαρμόσουμε, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, ότι το σύστημα αυτό θα το χειρίζεται συνήθως μη εξειδικευμένο άτομο (ιδιοκτήτης διαμερίσματος). Έτσι λοιπόν, τα συστήματα μας θα πρέπει να ρυθμίζονται με απλούς χειρισμούς, ή να εγκαταστήσουμε συστήματα τόσο αυτόματα, ώστε το μόνο που πρέπει να γίνεται, είναι ο περιοδικός έλεγχος της στάθμης του πετρελαίου. Σύντομα όμως, θα φτάσουμε ακόμη και ο προμηθευτής καυσίμων να ειδοποιείται αυτόματα μέσω δεξαμενής καυσίμων, για την στάθμη του πετρελαίου μέσα σε αυτήν (ήδη άρχισε να εφαρμόζεται).



Εικόνα 10.12: ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ



**Εικόνα 10.13:** ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗΣ  
 Ανυπαρξία υπερθέρμανσης ή διακύμανσης θερμοκρασίας από την επιθυμητή σε όλα τα δωμάτια. Εξάλειψη της αλληλεξάρτησης της παροχής στα θερμαντικά σώματα, η παροχή είναι σταθερή σε όλα τα θερμαντικά σώματα ακόμα και όταν κάποιος χρήστης μεταβάλλει το σημείο ρύθμισης. Ακρίβεια στην τροφοδοσία όλων των θερμαντικών σωμάτων, με όσο ακριβώς νερό αυτά χρειάζονται, ανεξάρτητα με τις αλλαγές που συμβαίνουν στην εγκατάσταση.



- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| B: Αυτόματη εξαεριστική βαλβίδα.   | P: Βαλβίδα ρύθμισης παροχής      |
| C: Βαλβίδα ασφάλειας               | Q: Θερμοστάτης ρύθμισης φορτίου  |
| D: Βάνα εκκένωσης λέβητα           | R: Εξωτερικό αισθητήριο          |
| E: Αυτόματος πλήρωσης              | S: Κεντρικός ρυθμιστής           |
| F: Κλειστού τύπου δοχείο διαστολής | T: Αισθητήριο προσαγωγής         |
| H: Βαλβίδα ανεπιστροφής            | U: Θέση θερμομέτρου (55°C)       |
| M: Πρεσοστάτης ασφαλείας           | V: Τρίδος βάνα ανάμειξης ηλεκτρ. |
| N: Αντλία αντισυμπύκνωσης          | Z: Μανόμετρο                     |
| O: Θερμοστάτης αντισυμπύκνωσης     |                                  |

**Σχήμα 10.23:** ΣΧΕΔΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## **ΘΕΡΜΑΝΣΗ • ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ • ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ • ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

**• ΥΛΙΚΑ • ΔΙΚΤΥΑ • ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ : ΒΑΪΟΥ ΗΛΙΑ ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΥ ΜΗΧ/ΓΟΥ - ΗΛ/ΓΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΕΚΔΟΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ Β Ιανουάριος 2002

## **ΘΕΡΜΟΪΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

Συγγραφείς : Νίκος Τρουλινάκης

Σεραφείμ Τριβέλας

2<sup>η</sup> Έκδοση 1999

Εκδόσεις "ΙΩΝ"

## **ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Συγγραφείς : Ευστάθιος Αθ. Ζωγόπουλος

Νικόλαος Χρ. Φέτσης

Δημήτριος Δημ. Ταζόγλου

Εκδόσεις "ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ"

## **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ**

Συγγραφείς : Ηλίας Διαβάτης

Ιωάννης Καρβέλης

Γεώργιος Κοτζάμπασης

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

2<sup>ος</sup> Κύκλος

Ειδικότητα : Συντήρηση Κεντρικής Θέρμανσης

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ - ΑΘΗΝΑ 2000

## **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Συγγραφείς : Δημ. Κάργας

Γεώρ. Κασίμης

Αικ. Ντασκαγιάννη

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

2<sup>ος</sup> Κύκλος

Ειδικότητα : Συντήρηση Κεντρικής Θέρμανσης

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ - ΑΘΗΝΑ

## **ΣΧΕΔΙΟ**

Συγγραφείς : Κωνσταντίνος Πουλημένος

Εμμανουήλ Κορρές

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

1<sup>ος</sup> Κύκλος · Β' Τάξη

Ειδικότητα : Θερμικών και Υδραυλικών Εγκαταστάσεων

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ - ΑΘΗΝΑ

## **ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

### **ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ**

Συγγραφέας : Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος

Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΤΑΜΟΥΛΗ Α.Ε.

Αθήνα 2004

### **Άλλες βιβλιογραφικές αναφορές:**

#### **ΤΕΧΝΙΚΑ ΦΥΛΛΑΔΙΑ**

- ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ CHARPEE
- ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΑΕΡΙΟΥ WEIZER
- ΜΑΝΤΕΜΕΝΙΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Η ΑΕΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ CHARPEE
- ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Η ΑΕΡΙΟΥ CHARPEE
- ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΑΕΡΙΟΥ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ BIASI "Thermovent Hellas A.E."
- ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΑΕΡΙΟΥ TC WOLF
- ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ TC UNIT " WOLF"
- ARLEQUIN ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Η ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΛΙΝΑ
- ΠΙΕΣΤΙΚΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ & ΑΕΡΙΟΥ REDLINE
- ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ Kombi Luvotherm
- ΛΕΒΗΤΕΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΥΠΕΡΠΙΕΣΕΩΣ, ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΛΕΒΗΤΕΣ "ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ Α.Ε."
- ΜΑΝΤΕΜΕΝΙΕΣ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ Saint Roch Couvin
- ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ - ΑΝΤΛΙΕΣ GRUNDFOS
- ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ - ΑΝΤΛΙΕΣ DAB
- ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΑΕΡΙΟΥ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ, ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ, ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΑΕΡΙΟΥ "HANSA"



- <http://el.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.depa.gr/>
- <http://www.epathessaloniki.gr/>
- <http://www.wilo.gr/>
- [http://www.metallaviotechniki.gr/proionta\\_diastolikoi.htm](http://www.metallaviotechniki.gr/proionta_diastolikoi.htm)
- <http://www.technicalreview.gr/>
- <http://www.levitostasia.net/>