ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Β. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΘΚ2

ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Α΄ έκδοση

Αθήνα, Ιούνιος 2011

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ομάδα εργασίας θεματικής ενότητας ΘΚ2:

Βουρλιώτης Παναγιώτης	Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων ΕΜΠ
Κατσιμίχας Σωτήριος	Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Μανασής Λάμπρος	Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.,ΜΔΕ, M.Sc. Applied Energy, Υπ. διδάκτορας, Ε.Μ.Π.

Συνεργάστηκαν

Πάλλης Πλάτων	Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός, ΜΔΕ, M.Sc. Applied Energy, Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων ΕΜΠ
Στραπάτσα Χριστίνα	Μηχανολόγος Μηχανικός MSc Energy Systems
Ιωάννα Ξεξάκη	Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 6
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 6
1.1.1. Γενικά. 6
1.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΒΗΤΑ-ΚΑΥΣΤΗΡΑ 10
1.2.1. Γενικά. 10
1.2.2. Περιγραφή λέβητα. 11
1.2.2.1. Τα βασικά μέρη του λέβητα. 11
1.2.2.2. Βασικά κυκλώματα του λέβητα. 11
1.2.2.3. Έλεγχος λειτουργίας. 12
1.2.2.4. Κριτήριο επιλογής λέβητα. 12
1.2.2.5. Στοιχεία που πρέπει να αναγράφονται στο λέβητα από τον κατασκευαστή. 12
1.2.2.6. Κατηγορίες λεβήτων. 13
1.2.3. Χυτοσίδηροι λέβητες. 14
1.2.3.1. Περιγραφή. 14
1.2.4. Χαλύβδινοι λέβητες. 16
1.2.4.1. Περιγραφή. 16
1.2.4.2. Κατηγορίες χαλύβδινων λεβήτων. 17
1.2.5. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα χυτοσιδηρών & χαλύβδινων λεβήτων. 18
1.2.5.1. Μειονεκτήματα χυτοσιδηρών λεβήτων έναντι των χαλύβδινων. 18
1.2.6. Κατηγορίες ανάλογα με την κυκλοφορία και τις διαδρομές του καυσαερίου. 19
1.2.7. Σημείο δρόσου των καυσαερίων 20
1.2.8. Λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών. 20
1.2.9. Λέβητες συμπύκνωσης. 22
1.2.10. Λέβητες στερεών καυσίμων 22
1.2.10.1. Περιγραφή του θερμικού συγκροτήματος. 23
1.2.11. Ατομικές μονάδες πετρελαίου. 27
1.2.12. Ατομικές μονάδες αερίου. 27
1.2.12.1. Επιδαπέδιες ατμοσφαιρικές μονάδες αερίου. 28
1.2.12.2. Επιτοίχιες μονάδες αερίου, συμβατικές (μη συμπύκνωσης). 29
1.2.12.3. Επιτοίχιες μονάδες αερίου συμπύκνωσης. 32
1.2.13. Γενικά για τους καυστήρες. 33
1.2.13.1. Είδη καυστήρων. 34
1.2.13.2. Καυστήρες στερεών καυσίμων 34
1.2.13.3. Καυστήρες υγρών καυσίμων (πετρελαίου). 34
1.2.13.4. Καυστήρες διασκορπισμού (σταγονιδιοποίησης). 35
1.2.13.5. Καυστήρες περιστροφής (φυγοκεντρικοί). 35
1.2.13.6. Καυστήρες με έγχυση 36
1.2.14. Περιγραφή συστημάτων του καυστήρα. 36
1.2.14.1. Σύστημα τροφοδοσίας πετρελαίου. 36
1.2.14.2. Διάταξη προσαγωγής και ανάμιξης αέρα καύσης. 44
1.2.14.3. Σύστημα ανάφλεξης. 48
1.2.14.4. Λειτουργία του καυστήρα. 50
1.2.14.5. Καυστήρες μονοβάθμιοι και διβάθμιοι. 52
1.2.15. Καυστήρες αερίου. 53

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.16. Αρχές λειτουργίας καυστήρων χαμηλών εκπομπών. 55
1.2.16.1. Καυστήρες με ανακυκλοφορία καυσαερίου. 55
1.2.16.2. Καυστήρες πλήρους εξαέρωσης του καυσίμου. 56
1.3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ 58
1.3.1. Γενικά 58
1.3.2. Χαρακτηριστικές Θερμοκρασίες. 58
1.3.2.1. Έναυση και θερμοκρασία αυτής. 58
1.3.2.2. Σημείο ανάφλεξης. 59
1.3.2.3. Σημείο καύσης. 59
1.3.2.4. Σημείο αυτανάφλεξης. 59
1.3.3. Στοιχειομετρία. 60
1.3.3.1. Γενικά. 60
1.3.3.2. Στοιχειομετρική καύση χημικής ένωσης /5/. 62
1.3.3.3. Στοιχειομετρική καύση μίγματος. 64
1.3.3.4. Καύση καυσίμων με περίσσεια αέρα. 66
1.3.3.5. Ατελής Καύση. 72
1.3.4. Έλεγχος της καύσης. 72
1.3.4.1. Ρύθμιση καυστήρα. 72
1.4. ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ 75
1.4.1. Εισαγωγή 75
1.4.2. Σχετικά Πρότυπα – Οδηγίες – Προεδρικά Διατάγματα. 75
1.4.3. Προσδιορισμός της ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος και του βαθμού απόδοσης του λέβητα. 78
1.4.3.1. Προσδιορισμός της ωφέλιμης θερμικής ονομαστικής ισχύος. 78
1.4.3.2. Προσδιορισμός της προσδιδόμενης θερμικής ισχύς Q_B. 80
1.4.3.3. Βαθμός απόδοσης του λέβητα στο πλήρες ονομαστικό φορτίο. 82
1.4.3.4. Μέτρηση του βαθμού απόδοσης με την άμεση μέθοδο. 82
1.4.3.5. Μέτρηση του βαθμού απόδοσης με την έμμεση μέθοδο των απωλειών. 83
1.4.4. Ανάλυση απωλειών. 84
1.4.4.1. Απώλειες εστίας – Βαθμός απόδοσής της. 84
1.4.4.2. Απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον λόγω θερμού καυσαερίου. 85
1.4.4.3. Απώλειες θερμότητας από τα εξωτερικά τοιχώματα του Λέβητα στο περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία. 87
1.4.4.4. Πρακτική προσέγγιση εκτίμησης του βαθμού απόδοσης. 88
1.4.4.5. Ετήσιος βαθμός απόδοσης λειτουργίας n_a. 90
1.4.4.6. Απώλειες αναμονής q_B. 90
1.4.4.7. Βαθμός απόδοσης διανομής n_V. 91
1.4.4.8. Ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης n_{ges}. 91
1.4.4.9. Προϋποθέσεις δοκιμής-ελέγχου και απαιτούμενες συνθήκες για την πραγματοποίηση των μετρήσεων σε συνήθη λέβητα ζεστού νερού. 92
1.4.4.10. Τεχνικές Απαιτήσεις. 93
1.5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΥΧΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 99
1.5.1. Γενικά 99
1.5.2. Η ηλεκτρονική συσκευή και αυτοματισμοί της αντιστάθμισης 99
1.5.3. Τα είδη αντιστάθμισης θερμικών εγκαταστάσεων. 100
1.5.3.1. Αντιστάθμιση με έλεγχο της λειτουργίας του καυστήρα. 100
1.5.3.2. Αντιστάθμιση με έλεγχο της τετράοδης βάνας μέσω σερβοκινητήρα. 100

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.5.3.3. Αντιστάθμιση με έλεγχο της τρίοδης βάνας μέσω σερβοκινητήρα. 101
1.5.3.4. Άλλες εφαρμογές των συστημάτων αντιστάθμισης. 102
1.6. ΓΕΝΙΚΌΣ ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΧΏΡΟΥ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΊΟΥ. 105
1.6.1. Καταλληλότητα του χώρου. 105
1.6.1.1. Διαστάσεις. 105
1.6.2. Τήρηση κανονισμών. 106
1.6.3. Επιβαλλόμενος εξαερισμός του χώρου. 106
1.6.4. Σχετική Νομοθεσία. 107
1.7. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΏΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΏΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΎΟΥ. 108
1.7.1. Έλεγχος σωληνώσεων του δικτύου. 108
1.7.1.1. Το γνωστό κλασσικό δίκτυο που υπολογίζει την αντλία βάσει του απομακρυσμένου βρόγχου. 108
1.7.1.2. Δίκτυο με αντεπίστροφο σύστημα (Reverse return). 109
1.7.1.3. Κλασσικό δίκτυο με εξισορροπημένους κλάδους. 110
1.7.1.4. Τι επιπτώσεις υπάρχουν στα μη εξισορροπημένα συστήματα. 112
1.7.2. Έλεγχος σωμάτων 112
1.7.2.1. Γενικά 112
1.7.2.2. Έλεγχος θέσης τοποθέτησης. 113
1.7.2.3. Έλεγχος λειτουργικότητας απόδοσης Θερμότητας. 114
2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ 116
2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ 116
2.1.1. Γενικά. 116
2.2. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ 117
2.2.1. Γενικά 117
2.2.2. Όργανα και Μετρήσεις. 120
2.2.3. Εξοπλισμός και απαιτούμενα όργανα μετρήσεων για τον έλεγχο της εγκατάστασης. 120
2.2.3.1. Έλεγχος εξοπλισμού. 120
2.2.3.2. Έλεγχος του λέβητα. 121
2.2.3.3. Έλεγχος της καύσης. 121
2.2.3.4. Έλεγχος καυστήρων. 121
2.2.3.5. Συντήρηση καυστήρα. 121
2.2.3.6. Αντλίες, Κυκλοφορητές. 122
2.2.3.7. Δοχεία διαστολής, πλήρωση με νερό και απομάκρυνση του νερού εγκατάστασης 123
2.2.3.8. Δεξαμενή καυσίμων. 124
2.2.3.9. Όργανα ασφάλειας, προστασίας και δείκτες. 124
2.2.3.10. Σύστημα απαγωγής καυσαερίων. 125
2.2.3.11. Ηλεκτρικοί κινητήρες. 126
2.2.3.12. Ηλεκτρικές συσκευές 126
2.2.3.13. Συσκευές αυτόματου ελέγχου. 127
2.2.3.14. Συσκευές για την μέτρηση κατανάλωσης. 127
2.2.4. Μετρητικά όργανα για τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης λεβητοστασίου-Τρόπος μέτρησης 127
2.2.4.1. Μετρητικά όργανα και χρήση αυτών για τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης λεβητοστασίου. 127
2.2.4.2. Τρόπος μέτρησης 129

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΚΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ. 130
2.3.1. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΤΩΝ 136
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 141

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

1.1.1. Γενικά.

Ο σκοπός των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, είναι η δημιουργία συνθηκών άνεσης σε ένα κτίριο ή οποιοδήποτε χώρο ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη διανομή και την καθαρότητα του αέρα.

Τα συστήματα αυτά απαντώνται είτε αυτοτελή είτε συνεργαζόμενα. Στο μέρος αυτό θα αναπτυχθούν τα συστήματα θέρμανσης που περιγράφονται ως Εγκαταστάσεις Κεντρικής Θέρμανσης σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ.

Περιγραφή της διάρθρωσης της εγκατάστασης θέρμανσης.

«Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης» είναι το σύνολο των συσκευών, κατασκευών, διατάξεων, μηχανισμών κ.τ.λ. που παραλαμβάνει θερμική ενέργεια από μία πηγή (εστία παραγωγής της θερμότητας) μέσω ενός φορέα μεταφοράς θερμότητας (θερμαντικού μέσου) και την κατανέμει σε διάφορους χώρους προκειμένου να καλύψει απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον και να διατηρήσει τη θερμοκρασία αυτών των χώρων σε επιθυμητά επίπεδα. Περιλαμβάνει συνήθως το λέβητα (όπου διατίθεται ενέργεια από την καύση πετρελαίου ή αερίου ή στερεού καυσίμου), το σύστημα διανομής (αντλίες και σωληνώσεις μεταφοράς του ζεστού νερού - φορέα της θερμότητας), τα θερμαντικά σώματα, το σύστημα προσαγωγής και αποθήκευσης του καυσίμου, τον καυστήρα, το δίκτυο απαγωγής του καυσαερίου, το χώρο του λεβητοστασίου, τα συστήματα ρύθμισης και αυτοματοποίησης της εγκατάστασης και τα συστήματα ασφαλούς λειτουργίας. Η χρησιμοποιούμενη εστία παραγωγής της θερμότητας βρίσκεται μακριά από τους θερμαινόμενους χώρους, στο χώρο του λεβητοστασίου.

«Μεμονωμένη τοπική θέρμανση». Η χρησιμοποιούμενη εστία παραγωγής της θερμότητας (αυτόνομη μονάδα λέβητα, τζάκι, σόμπα πετρελαίου, κλπ) βρίσκεται μέσα στο θερμαινόμενο χώρο ή κοντά σε αυτόν.

Μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης μπορεί να περιλαμβάνει τον εξοπλισμό, τα συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων, το σύστημα απαγωγής καυσαερίου και το χώρο του λεβητοστασίου. Ο εξοπλισμός της εγκατάστασης είναι:.

Α. Λέβητας.

«Λέβητας»: είναι η μεταλλική συσκευή στην οποία η χημική ενέργεια του καυσίμου (υγρό, αέριο ή στερεό) με καύση του εντός του θαλάμου καύσης μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία παραλαμβάνεται (κατά το δυνατόν) από το εργαζόμενο μέσο (νερό) που ανακυκλοφορεί στο κλειστό δίκτυο (λέβητας – σωληνώσεις – θερμαντικά σώματα – εναλλάκτης) και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χώρων καθώς και για τη θέρμανση νερού χρήσης ή παραγωγής ατμού. Για τους σκοπούς του παρόντος, συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι λεβήτων. Ειδικά για τους λέβητες αερίου συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι λεβήτων με βάση την τυποποίηση CR 1749 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης, που αφορά την ταξινόμηση των συσκευών αερίου σύμφωνα με τη μέθοδο απαγωγής των προϊόντων καύσης.

«Συνήθης λέβητας»: είναι ο λέβητας για τον οποίο η μέση θερμοκρασία λειτουργίας μπορεί να περιοριστεί ως εκ του σχεδιασμού του. Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα είναι η μέση τιμή των θερμοκρασιών στην είσοδο και στην έξοδο του λέβητα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στο «συνήθη λέβητα», η ωφέλιμη ονομαστική ισχύς που καθορίζεται κατά τη διαδικασία πιστοποίησης προσδιορίζεται για μέση θερμοκρασία νερού 70^{o}C και συνεχούς λειτουργίας του λέβητα.

«Λέβητας χαμηλών θερμοκρασιών»: είναι ο λέβητας που μπορεί να λειτουργεί συνεχώς, με θερμοκρασία νερού προσαγωγής από 35 έως 40^{o}C και που μπορεί υπό ορισμένες περιστάσεις (εκ του σχεδιασμού), να συμπυκνώνει τους υδρατμούς που περιέχονται στο παραγόμενο καυσαέριο. Στους λέβητες αυτούς περιλαμβάνονται οι λέβητες συμπύκνωσης των υδρατμών που περιέχονται στο καυσαέριο, οι οποίοι χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα.

«Αεριολέβητας συμπύκνωσης»: είναι ο λέβητας που έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί μονίμως να συμπυκνώνει μεγάλο μέρος των υδρατμών που περιέχονται στο καυσαέριο,

«Λέβητας που τοποθετείται σε κατοικημένο χώρο»: ένας λέβητας ονομαστικής ισχύος κάτω των 37kW που έχει σχεδιαστεί για να θερμαίνει, μέσω της θερμότητας που εκπέμπεται από το περίβλημά του, τον κατοικημένο χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένος και ο οποίος είναι εφοδιασμένος με ανοιχτό δοχείο διαστολής και εξασφαλίζει τροφοδότηση με ζεστό νερό μέσω φυσικής κυκλοφορίας δια της βαρύτητας. Ο λέβητας αυτός φέρει στο περίβλημα του ρητή υπόδειξη να τοποθετείται σε κατοικημένο χώρο.

«Ατμολέβητας ή ατμογεννήτρια»: είναι ο λέβητας, στον οποίο το εργαζόμενο μέσο είναι ο ατμός που παράγεται από την ατμοποίηση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα.

Ο λέβητας καθορίζεται από:

α. Το μέγεθος της ισχύος του σε kW ή kcal/h.
β. Τα υλικά κατασκευής του.
γ. Την πίεση λειτουργίας.
δ. Το είδος του καυσίμου.
ε. Την πίεση στο χώρο της καύσης.
στ. Τη διαμόρφωση των θερμαντικών επιφανειών.
ζ. Τη διαδρομή του καυσαερίου.

Β. Καυστήρας.

Ο καυστήρας είναι η συσκευή με την οποία γίνεται η καύση του μίγματος καυσίμου - αέρα καύσης στις σωστή αναλογία, ώστε να συντηρείται η καύση του μίγματος καυσίμου-αέρα μετά την αρχική έναυσή του από εξωτερική πηγή θερμότητας, στο χώρο της εστίας (θάλαμος καύσης) του λέβητα. Από το ταίριασμα του καυστήρα με το λέβητα, τη σωστή λειτουργία και τη ρύθμιση του καυστήρα εξαρτάται τόσο η απόδοση του λέβητα όσο και η οικονομία του καυσίμου. Συνεπώς, ο καυστήρας σε συνεργασία με την εστία (θάλαμος καύσης) του λέβητα πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη και ασφαλή καύση του καυσίμου και να παρέχει την προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή ισχύ λειτουργίας και επίπεδο πίεσης. Για την επιλογή του καυστήρα είναι απαραίτητη η γνώση της ισχύος και της αντίστασης καυσαερίου (αντίθλιψη) του λέβητα.

Ο καυστήρας αποτελείται από εξαρτήματα και μηχανισμούς κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για το σχηματισμό του καύσιμου μίγματος με απώτερο σκοπό την όσον το δυνατόν τέλεια καύση του, με τελικό σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου. Οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις θερμάνσεων πρέπει να εξασφαλίζουν οικονομική και ασφαλή καύση με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Κάθε καυστήρας πρέπει να είναι εφοδιασμένος με ανθεκτική πινακίδα, τοποθετημένη σε εμφανές σημείο που θα αναφέρει:

α. Τον κατασκευαστή.
β. Τον τύπο του καυστήρα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

γ. Το έτος κατασκευής.

δ. Τον αριθμό παραγωγής του εργοστασίου.

ε. Το είδος του κατάλληλου καυσίμου.

ζ. Την ωριαία μέγιστη και ελάχιστη παροχή καυσίμων σε (kg/h) για υγρά καύσιμα ή (Nm^3/h) για αέρια καύσιμα, σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

η. Ενδείξεις για τις προδιαγραφές που τηρήθηκαν στην κατασκευή και σήματα ελέγχων και ποιότητας.

Γ. Σύστημα διανομής-απόδοσης θερμότητας-κυκλοφορητές.

Το σύστημα διανομής-απόδοσης περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό για τη μεταφορά του εργαζόμενου μέσου (νερό) και απόδοση της θερμικής ενέργειας στους χώρους. Η κυκλοφορία του ζεστού νερού γίνεται με τη βοήθεια φυγοκεντρικών αντλιών κατάλληλης κατασκευής, που ονομάζονται κυκλοφορητές.

Οι κυκλοφορητές των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης (Κ.Θ.) πρέπει να μπορούν να υπερνικούν τις τριβές που δημιουργούνται με τη ροή του ζεστού νερού στο κύκλωμα και να αποδίδουν την αναγκαία παροχή νερού. Συνεπώς, η χαρακτηριστική καμπύλη του κυκλώματος πρέπει να ικανοποιείται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες (μανομετρικό ύψος συναρτήσει της παροχής νερού) του κυκλοφορητή.

Η σύνδεση του κυκλοφορητή στο δίκτυο του ζεστού νερού συνιστάται να περιλαμβάνει τα παρακάτω όργανα:

1. Δύο βαλβίδες διακοπής πριν και μετά του κυκλοφορητή ώστε να είναι δυνατή η αφαίρεση του κυκλοφορητή από το δίκτυο χωρίς να χρειάζεται άδειασμα του δικτύου από νερό.
2. Μία ρυθμιστική βαλβίδα μετά τον κυκλοφορητή για να είναι δυνατή η ρύθμιση της συνολικής πτώσης πίεσης και της παροχής στο δίκτυο, (εφόσον ο κυκλοφορητής δεν είναι πολλών ταχυτήτων).
3. Δύο μανόμετρα, ένα πριν και ένα μετά τον κυκλοφορητή, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της υπερπίεσης που δημιουργεί η λειτουργία του κυκλοφορητή.
4. Σε εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους συνιστάται η τοποθέτηση φίλτρου νερού, με καθοριζόμενο στοιχείο στην αναρρόφηση του κυκλοφορητή.

Δ. Διατάξεις ασφαλείας.

Οι διατάξεις ασφαλείας μιας εγκατάστασης Κεντρικής θέρμανσης είναι:

1. Το δοχείο διαστολής (Δ.Δ.).
2. Τα Δ.Δ. διακρίνονται σε ανοικτά και κλειστά. Για τα Δ.Δ. και τον τρόπο εγκατάστασής τους αναφέρεται το ΕΛΟΤ 352 (§5) και το ΕΛΟΤ 810 (§6).
3. Οι ασφαλιστικοί σωλήνες εισόδου (SV) και επιστροφής (SR).
4. Οι ασφαλιστικοί σωλήνες συνδέουν το λέβητα με το δοχείο διαστολής. Η διαστασιολόγησης τους και ο τρόπος κατασκευής τους αναφέρεται το ΕΛΟΤ 352 (§4).
5. Ο πιεσοστατικός σωλήνας.
6. Η βαλβίδα ασφαλείας.
7. Στοιχεία για τις βαλβίδες ασφαλείας αναφέρονται στο ΕΛΟΤ 351,

Ε. Δεξαμενή υγρού καυσίμου.

Σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ζ. Συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων.

Κάθε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης πρέπει να διαθέτει τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος ώστε να εξασφαλίζονται ο έλεγχος της λειτουργίας της και οι επιθυμητές ρυθμίσεις.

Τα συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων μίας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης πρέπει με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων και αυτοματισμών; να εξασφαλίζουν ασφαλή και οικονομική λειτουργία παράλληλα με προκαθορισμένες εντολές των χρηστών που αναφέρονται κυρίως σε χρονικά και θερμοκρασιακά όρια.

- Αυτοματισμοί λειτουργίας που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία (θερμοστάτης λειτουργίας - ασφάλειας καυστήρα, θερμοστάτης λειτουργίας κυκλοφορητή, θερμοστάτης χώρου, εξωτερική αντιστάθμιση θερμοκρασίας).
- Αυτοματισμοί χρονικού προγραμματισμού (ημερήσιος προγραμματισμός – καυστήρα, χρονικός προγραμματισμός κατά ζώνες, εβδομαδιαίος προγραμματισμός, χρονοθερμοστάτης χώρου).
- Αυτοματισμοί βελτιστοποίησης.
- Λοιποί αυτοματισμοί λεβητοστασίου (έλεγχος ροής πετρελαίου, έλεγχος ροής καυσαερίων, διακόπτες άνω και κάτω στάθμης δεξαμενής ημερήσιας κατανάλωσης πετρελαίου).

Η. Σύστημα απαγωγής καυσαερίων.

Το σύστημα απαγωγής καυσαερίου περιλαμβάνει τον καπναγωγό και την καπνοδόχο.. Σε ειδικές περιπτώσεις περιλαμβάνει επίσης, τον ανεμιστήρα καυσαερίων και τον καπνοσυλλέκτη όπου αυτά είναι απαραίτητα.

Καπναγωγός είναι το τμήμα του συστήματος απαγωγής καυσαερίου που συνδέει το λέβητα με την καπνοδόχο.

Καπνοδόχος είναι το σύνολο των δομικών στοιχείων που εξασφαλίζουν την απαγωγή των καυσαερίων από τις εστίες καύσης των λεβήτων, στο περιβάλλον πάνω από τις στέγες. Η καπνοδόχος μπορεί να βρίσκεται μέσα στην οικοδομή ή πάνω σε κάποιο εξωτερικό τοίχο ή και σε κάποια απόσταση από το κτίριο.

Η κατασκευή των καπνοδόχων και γενικότερα των συστημάτων απαγωγής καυσαερίων υπάγεται στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ /1/.

Ο θερμοδυναμικός και ρευστομηχανικός υπολογισμός διαστασιολόγησης των καπνοδόχων πρέπει να γίνεται με βάση τα εναρμονισμένα με την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ πρότυπα:

- ΕΝ 13384-1 για τη διαστασιολόγηση των καπνοδόχων απλής σύνδεσης /2/.
- ΕΝ 13384-2 για τη διαστασιολόγηση των καπνοδόχων πολλαπλής σύνδεσης /3/.

Οι διαστάσεις καπνοδόχου μιας σύνδεσης υπολογίζονται και με την προσεγγιστική μέθοδο που καθορίζει το Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 447 /4/.

Οι καπνοδόχοι διακρίνονται με βάση την αντίσταση θερμοδιαφυγής Λ (m^2K/W) στις τέσσερεις κατηγορίες του πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: *Κατηγορίες αντίστασης θερμοδιαφυγής.*

Κατηγορία αντίστασης θερμοδιαφυγής	Αντίσταση θερμοδιαφυγής Λ (m^2K/W)
I	τουλάχιστον 0,65
II	από 0,22 έως 0,64
III	από 0,12 έως 0,21
IV	μικρότερη από 0,12

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ζ. Χώρος του λεβητοστασίου.

Λεβητοστάσιο εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης είναι ο χώρος στον οποίο είναι εγκατεστημένος ένας ή περισσότεροι λέβητες παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση μιας ομάδας χώρων, κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων.

Ο χώρος του λεβητοστασίου πρέπει να είναι κατάλληλος και επαρκής για την εγκατάσταση και λειτουργία των συστημάτων παραγωγής του ζεστού νερού που χρειάζεται για την κεντρική θέρμανση με οικονομικό και ασφαλή τρόπο. Στο χώρο του λεβητοστασίου τοποθετούνται οι λέβητες, καυστήρες, κυκλοφορητές, διατάξεις ασφαλείας κι ακόμη ο ηλεκτρικός πίνακας (φωτισμού και κίνησης) τα στοιχεία (σωλήνες, διακόπτες, βάνες κ.τ.λ.) αναχώρησης - διανομής - επιστροφής του ζεστού νερού τα στοιχεία προσαγωγής των καυσίμων και το σύστημα απαγωγής καυσαερίων.

α. Χώρος του Λεβητοστασίου. Συνήθως τα λεβητοστάσια τοποθετούνται στο υπόγειο των κτιρίων και η θέση τους εξαρτάται από την θέση της καπνοδόχου, τις δυνατότητες ανανέωσης του αέρα και τις δυνατότητες κατάλληλης και οικονομικής διάταξης των σωληνώσεων διανομής - επιστροφής του ζεστού νερού στους θερμαινόμενους χώρους. Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν σημαντικά τη θέση του λεβητοστασίου είναι η αρχιτεκτονική του κτιρίου (πρόβλεψη του αρχιτέκτονα), η προσπάθεια οικονομικής αξιοποίησης των χώρων.

β. Μέγεθος και κύρια στοιχεία λεβητοστασίου κεντρικής θέρμανσης. 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 επιβάλει την έγκαιρη επιλογή του λέβητα που θα χρησιμοποιηθεί (ή των λεβήτων) ώστε να καθοριστεί το απαραίτητο μέγεθος του λεβητοστασίου (αποστάσεις από το λέβητα, τοίχοι, οροφές, και δάπεδα, έξοδοι, πόρτες, παράθυρα).

γ. Επίσης σημαντικό ρόλο για το λεβητοστάσιο παίζει ο αερισμός, η αποχέτευση, ο φωτισμός, οι σιδερένιοι εξώστες και οι σκάλες λεβητοστασίου καθώς και η πυροπροστασία.

Εκτίμηση της καταλληλότητας του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης. Η καταλληλότητα του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης εξαρτάται:

α. Από τη δυνατότητα κάλυψης του φορτίου θέρμανσης με οικονομικό τρόπο.

β. Από την τήρηση των απαιτήσεων όλων των παραγόντων που αναφέρονται στον πιο πάνω εξοπλισμό σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ, τον ΓΟΚ και σχετικά Ευρωπαϊκά και Εθνικά πρότυπα.

γ. Από τη συντήρηση της εγκατάστασης σύμφωνα με τη σχετική ΤΟΤΕΕ, την κείμενη νομοθεσία και τις οδηγίες των κατασκευαστών.

1.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΛΕΒΗΤΑ-ΚΑΥΣΤΗΡΑ

1.2.1. Γενικά.

Οι λέβητες ζεστού νερού υπόκεινται στους κανονισμούς και πρότυπα της Τεχνικής Επιτροπής CEN/TC. Τα πρότυπα αυτά καθορίζουν τις απαιτήσεις λειτουργίας του λέβητα, δηλαδή το βαθμό απόδοσης ανάλογα με το φορτίο του, την περίσσεια του αέρα, την αντίσταση από την πλευρά των καυσαερίων, τον ελκυσμό της καμινάδας, τη θερμοκρασία εξόδου του καυσαερίου καθώς και τις εκπομπές των ρυπαντών και τις απώλειες.

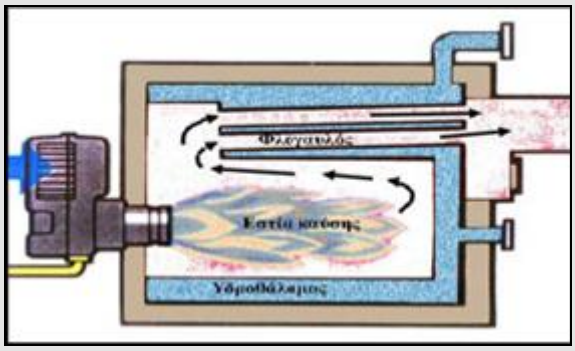
Ήδη από την περασμένη δεκαετία γίνονται προσπάθειες για την εύρεση και λήψη μέτρων που θα οδηγούσαν σε εξοικονόμηση ενέργειας, δηλαδή πετρελαίου και στερεού καυσίμου. Οι λέβητες των οποίων τα καυσαέρια εξέρχονται με υψηλή θερμοκρασία υστερούν από πλευράς βαθμού απόδοσης από τους λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών και ακόμα πιο πολύ από τους λέβητες συμπύκνωσης. Με

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

τους λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών και συμπύκνωσης είναι δυνατό να επιτύχουμε καλύτερη εκμετάλλευση του καυσίμου δηλαδή λιγότερη ποσότητα καυσίμου για την ίδια επιθυμητή ονομαστική ισχύ και κατ' επέκταση μειωμένες εκπομπές CO_2.

1.2.2. Περιγραφή λέβητα.

1.2.2.1. Τα βασικά μέρη του λέβητα.

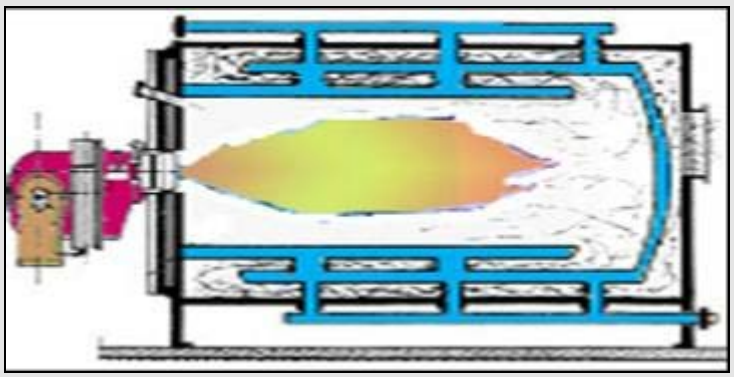


Σχήμα 1.2.1. *Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας του λέβητα.*

- Η εστία καύσης είναι ο χώρος στον οποίο πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου.
- Ο υδροθάλαμος είναι ο χώρος που βρίσκεται το νερό, που πρόκειται να θερμανθεί.
- Οι αεριαυλοί και ο καπνοθάλαμος είναι οι χώροι από τους οποίους περνούν τα καυσαέρια πριν εξέλθουν από το λέβητα.

1.2.2.2. Βασικά κυκλώματα του λέβητα.

Ο λέβητας χωρίζεται σε δύο βασικά κυκλώματα, το κύκλωμα του καυσαερίου (μαύρες γραμμές) και το κύκλωμα του νερού (μπλε γραμμές).



Σχήμα 1.2.2. *Σχηματική απεικόνιση βασικών κυκλωμάτων λέβητα.*

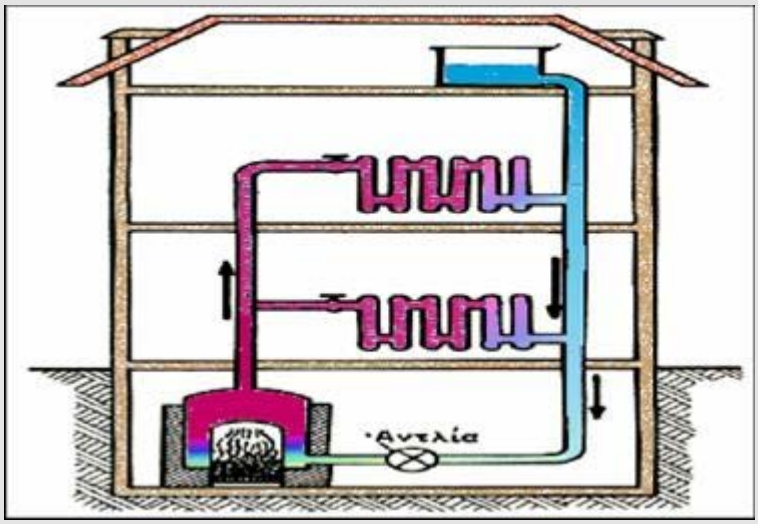
Α. Κύκλωμα καυσαερίου.

Η καύση του καυσίμου γίνεται στην εστία του λέβητα. Στη φάση αυτή το παραγόμενο καυσαέριο εξερχόμενο από το λέβητα οδηγείται στην καπνοδόχο (μέσω του καπναγωγού) και στη συνέχεια εξέρχεται στο περιβάλλον.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στην εστία καύσης η συναλλαγή θερμότητας μεταξύ φλόγας-τοιχωμάτων-εργαζόμενο μέσο (νερό) γίνεται με ακτινοβολία, ενώ μεταξύ θερμών καυσαερίων και τοιχωμάτων με ακτινοβολία και συναγωγή. Το παραγόμενο καυσαέριο πριν φτάσει στον καπναγωγό διέρχεται από τους αεριαυλούς, δίνοντας ένα σημαντικό μέρος από τη θερμότητά τους, το οποίο μεταφέρεται με αγωγή και συναγωγή στα τοιχώματα και μέσω αυτών στο εργαζόμενο μέσο (νερό).

Β. Κύκλωμα του νερού.



Σχήμα 1.2.3. *Σχηματική απεικόνιση του κυκλώματος νερού στο δίκτυο θέρμανσης.*

Το θερμαινόμενοι νερό μεταφέρει τη θερμότητα και με τη βοήθεια του κυκλοφορητή, μέσω των δικτύων διανομής προσάγεται στους εναλλάκτες θερμότητας (θερμαντικά σώματα) που είναι τοποθετημένοι στους προς θέρμανση χώρους. Το νερό με μειωμένη θερμοκρασία επιστρέφει στο λέβητα, επαναθερμαίνεται και επαναλαμβάνει την ίδια κυκλοφορία στο κλειστό κύκλωμα νερού.

1.2.2.3. Έλεγχος λειτουργίας.

Ο έλεγχος της έναρξης και της διακοπής της καύσης γίνεται αυτόματα, με τη βοήθεια θερμικών διακοπτών ή αισθητήρων που τοποθετούνται στο λέβητα, στα δίκτυα προσαγωγής και επιστροφής του νερού, στους χώρους θέρμανσης και στον καυστήρα. Αυτά όλα ρυθμίζονται και λειτουργούν με βάση τη θερμοκρασία του νερού.

1.2.2.4. Κριτήριο επιλογής λέβητα.

Η επιλογή του λέβητα εξαρτάται από τις υπολογιζόμενες απαιτήσεις θέρμανσης των χώρων, τις οποίες πρέπει να καλύψει. Αυτό καθορίζεται από τη μελέτη θερμικών απωλειών του κτιρίου. Όταν είναι γνωστό αυτό μπορεί να επιλεγεί ο κατάλληλος λέβητας με κριτήριο τη ‘’**θερμαντική ισχύ**’’. Η ωφέλιμη θερμική ισχύς του λέβητα εξαρτάται από τη θερμαινόμενη επιφάνεια του και μετράται σε **kW.**

1.2.2.5. Στοιχεία που πρέπει να αναγράφονται στο λέβητα από τον κατασκευαστή.

Ωφέλιμη ονομαστική ισχύς του λέβητα.
Βαθμός απόδοσης στο ονομαστικό φορτίο.
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του λέβητα.
Μέγιστη πίεση λειτουργίας του λέβητα.
Επίθεση σήμανσης «CE».

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Α. Άλλα στοιχεία που επηρεάζουν τη λειτουργία του λέβητα.

- Η αντίσταση (αντίθλιψη) καυσαερίου είναι η δυσκολία που συναντά το καυσαέριο για να διέλθει από την εστία καύσης, τις διαδρομές των αεριαυλών για να φθάσει μέσω του καπναγωγού στην καπνοδόχο. Η αντίθλιψη μετράται σε mbar (μιλιμπάρ) ή σε mmH_2O (χιλιοστά στήλης ύδατος).
- Ο ελκυσμός του καυσαερίου είναι ένα στοιχείο που επιδρά στην ισχύ του λέβητα. Ο ελκυσμός είναι συνάρτηση της διατομής της καπνοδόχου, της γεωμετρίας της (κατακόρυφο – οριζόντιο μέρος, γωνίες) και της καθαρότητά της.
- Η κατάθλιψη είναι η πίεση του αέρα του καυστήρα μέσα στο λέβητα κατά τη λειτουργία του. Η πίεση αυτή πρέπει να είναι τόση ώστε να υπερνικά τις αντιστάσεις του λέβητα, δηλαδή την αντίθλιψη. Μετράται και αυτή σε mbar (μιλιμπάρ) ή σε mm H_2O (χιλιοστά στήλης ύδατος).

1.2.2.6. Κατηγορίες λεβήτων.

Η λέβητες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με:

Α. Το υλικό κατασκευής τους:	Λέβητες Χυτοσίδηροι. Λέβητες Χαλύβδινοι. Λέβητες από ανοξείδωτο χάλυβα.
Β. Την πίεση λειτουργίας τους:	Λέβητες χαμηλής πίεσης. Λέβητες μέσης πίεσης. Λέβητες υψηλής πίεσης.
Γ. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν:	Λέβητες στερεών καυσίμων. Λέβητες υγρών καυσίμων. Λέβητες αερίων καυσίμων. Ηλεκτρικοί λέβητες.
Δ. Την πίεση λειτουργίας του καυστήρα:	Ατμοσφαιρικός: Λέβητας με ατμοσφαιρικό καυστήρα. Πιεστικός: Λέβητες με πιεστικό καυστήρα
Ε. Το μέσο μεταφοράς θερμότητας:	Το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι κατά κύριο λόγο νερό. Η θερμοκρασία σε λέβητες θερμού νερού είναι μικρότερη από 110^oC.
Ζ. Την ισχύ των λεβήτων:	Ανάλογα με το μέγεθος γίνεται διαχωρισμός σε: Μικρούς λέβητες μέχρι 50kW. Μεσαίου μεγέθους λέβητες από 50 μέχρι 400kW. Μεγάλου μεγέθους λέβητες μεγαλύτερους από 400kW.
Η. Το βαθμό απόδοσής τους:	Οι λέβητες ζεστού νερού πρέπει να είναι σύμφωνοι με τις βασικές απαιτήσεις απόδοσης που προδιαγράφονται στο Π.Δ. 335/93 σε εναρμόνιση με την οδηγία 92/42/ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και με τα αντίστοιχα εναρμονισμένα πρότυπα. Μετά την αξιολόγηση - πιστοποίησή τους πρέπει να φέρουν τη σήμανση "CE" και να συνοδεύονται από τη δήλωση πιστότητα ΕΚ.

Οι διάφοροι τύποι λεβήτων πρέπει να έχουν ωφέλιμες αποδόσεις, όπως παρακάτω:

- ονομαστικής ισχύος, δηλαδή σε λειτουργία με ονομαστική ισχύ Pn εκφραζόμενη σε kW και για μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα 70 ^oC και με
- μερικό φορτίο, δηλαδή σε λειτουργία με μερικό φορτίο 30% για μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα, που ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του λέβητα.

Στον ακόλουθο πίνακα 1.2 δίνονται οι ωφέλιμες αποδόσεις που πρέπει να έχουν οι διάφοροι τύποι λεβήτων.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.2: *Οι ωφέλιμες αποδόσεις νέων λεβήτων ζεστού νερού σύμφωνα με το Π.Δ.335 σε συμμόρφωση με την Οδηγία 92/42/ΕΟΚ.*

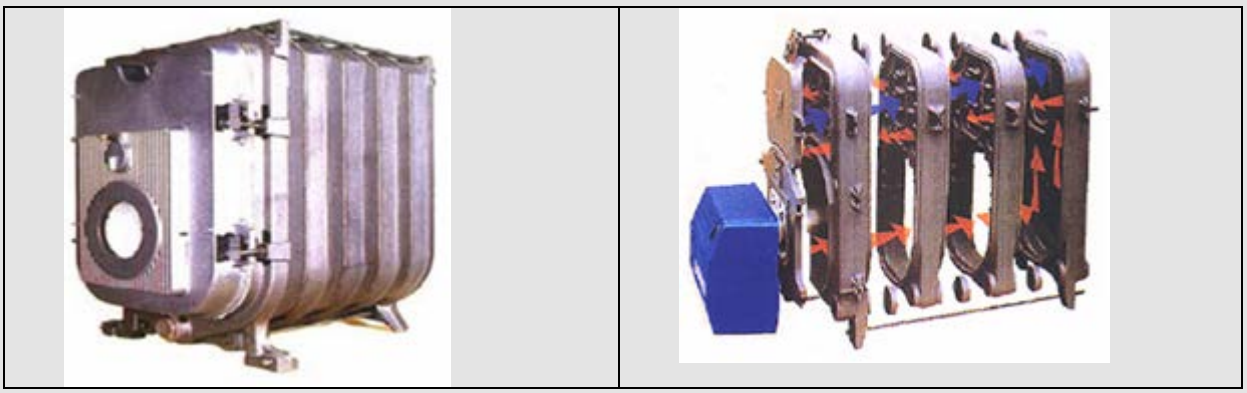
Τύπος λέβητα	**Φάσμα ισχύος**	**Απόδοση στο πλήρες φορτίο (ονομαστική ισχύ)**		**Απόδοση σε μερικό φορτίο**	
	kW	**Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε ^{O}C)**	**Απαίτηση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)**	**Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε ^{O}C)**	**Απαίτηση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)**
Συνήθεις λέβητες	4 ÷ 400	70	≥84+2λογPn	≥50	≥80+3λογPn
Λέβητες χαμηλής Θερμοκρασίας (*)	4 ÷ 400	70	≥87.5+1.5λογPn	40	≥87.5+1.5λογPn
Λέβητες αερίου με συμπύκνωση	4 ÷ 400	70	≥91+1λογPn	30 (**)	≥97+1λογPn
(*) Συμπεριλαμβανομένων των λεβήτων συμπύκνωσης που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα. (**) Θερμοκρασία του νερού τροφοδότησης του λέβητα.					

1.2.3. Χυτοσίδηροι λέβητες.

1.2.3.1. Περιγραφή.

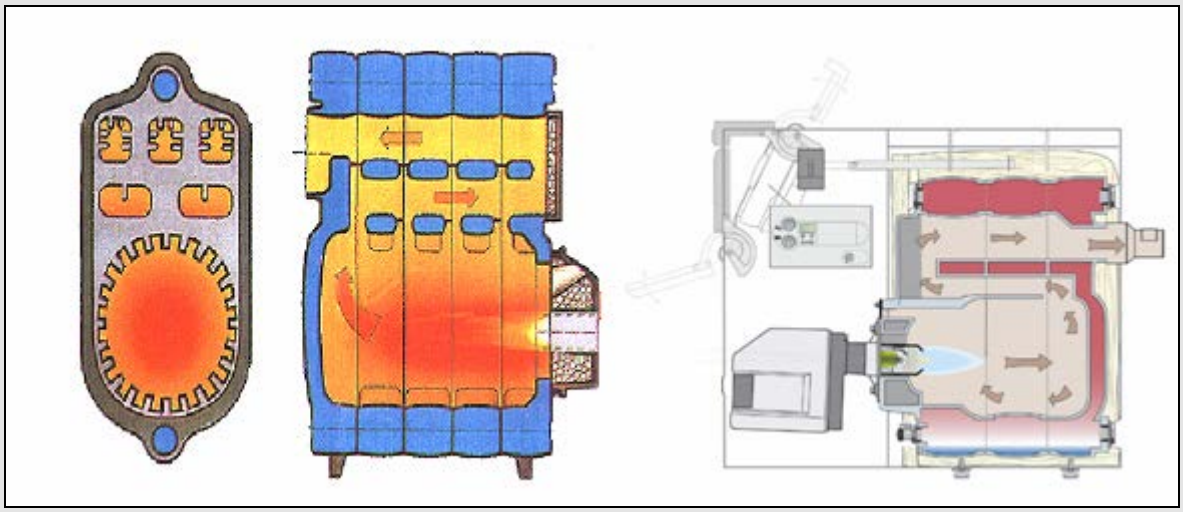
Κατασκευάζονται από ανεξάρτητα ομοιόμορφα χυτοσιδηρά στοιχεία, ενωμένα μεταξύ τους ανθεκτικά και στεγανά, ώστε να αποτελούν ενιαίο σύνολο.

Σχήμα 1.2.4. *Σχηματική απεικόνιση χυτοσίδηρου λέβητα.*



Σχήμα 1.2.5. *Σχηματική απεικόνιση χυτοσιδηρών στοιχείων του λέβητα.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.6. *Σχηματική απεικόνιση εσωτερικού χυτοσιδηρού λέβητα.*

Το πρώτο και το τελευταίο στοιχείο διαφέρουν από τα ενδιάμεσα.

Πρώτο (εμπρόσθιο) στοιχείο. Έχει ειδική διαμόρφωση για την τοποθέτηση της πόρτας του λέβητα.

Μεσαία (ενδιάμεσα) στοιχεία. Είναι όμοια και έχουν την ίδια θερμική απόδοση. Το μέγεθος και ο αριθμός των στοιχείων καθορίζεται από το μέγεθος και τη θερμαντική ικανότητα του λέβητα.

Τελευταίο (οπίσθιο) στοιχείο. Είναι η πλάτη του λέβητα. Έχει στόμιο για την εξαγωγή των καυσαερίων και στόμιο προσαγωγής – επιστροφής νερού.

Πόρτα του λέβητα. Στο μπροστινό μέρος του λέβητα τοποθετείται χυτοσιδηρά πόρτα, για να ελέγχεται και να καθαρίζεται ευκολότερα ο λέβητας. Η πόρτα είναι εσωτερικά μονωμένη με κεραμοβάμβακα. Στους πιεστικούς λέβητες στην πόρτα υπάρχει κατάλληλη οπή για τη στήριξη του καυστήρα.

Θερμομόνωση του λέβητα. Το χυτοσίδηρο μέρος του λέβητα επικαλύπτεται με θερμομόνωση από υαλοβάμβακα κατάλληλου πάχους με αντανακλαστικό φύλλο αλουμινίου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Κάλυμμα. Εξωτερικά όλος ο λέβητας καλύπτεται με χαλυβο-ελάσματα, βαμμένα με πυρίμαχα χρώματα.

Περιγραφή χυτοσιδηρών στοιχείων. Από την εσωτερική κοιλότητα των χυτοσιδηρών στοιχείων διέρχεται το νερό που λαμβάνει τη μεταφερόμενη θερμότητα. Ενώ, από τους σχηματιζόμενους αυλούς διέρχεται το καυσαέριο που θερμαίνει το νερό του λέβητα. Η εστία και οι αυλοί δημιουργούνται από τη συναρμολόγηση των στοιχείων.

Σχήμα 1.2.7. *Σχηματική απεικόνιση χυτοσιδηρών στοιχείων.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.4. Χαλύβδινοι λέβητες.

1.2.4.1. Περιγραφή.

Οι λέβητες αυτοί, κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα και αυλούς κατάλληλα διαμορφωμένα και ενωμένα μεταξύ τους στεγανά και στερεά με ηλεκτροσυγκόλληση. Στο σχήμα 1.2.8. δίνεται απεικόνιση των μερών χαλύβδινου λέβητα, στα οποία περιλαμβάνονται:

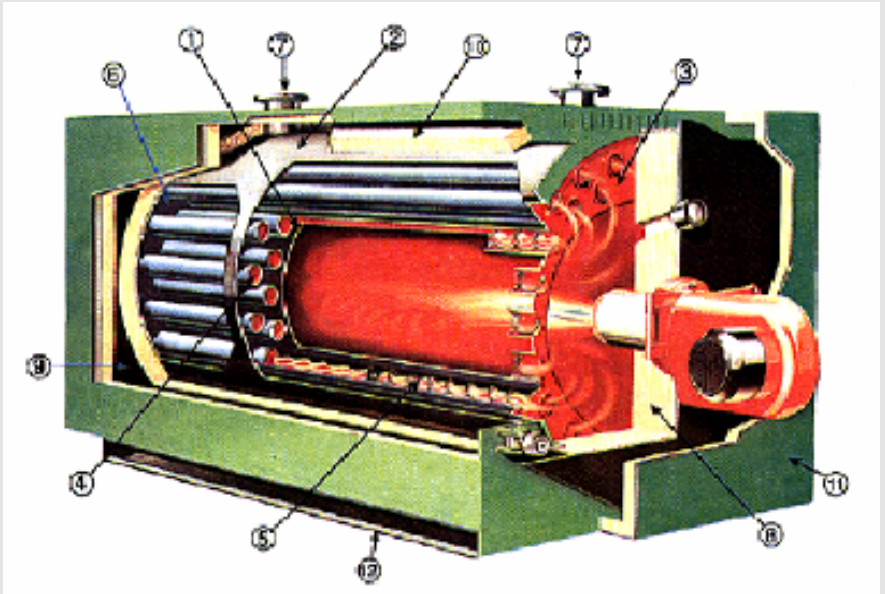
Α. Υδροθάλαμος. Είναι ο χώρος που υπάρχει το νερό. Περιβρέχει τους αεριοαυλούς και το φλογοθάλαμο εξωτερικά.

Β. Το περίβλημα του υδροθαλάμου. Έχει μορφή κυλίνδρου και κατασκευάζεται από χαλύβδινο έλασμα. Είναι και το εξωτερικό περίβλημα όλου του λέβητα.

Γ. Οι αεριοαυλοί. Είναι χαλύβδινοι σωλήνες με ή χωρίς ραφή ‘’τούμπο’’. Μέσα από αυτούς διέρχεται το καυσαέριο.

Δ. Οι στροβιλιστές. Είναι σπειροειδείς ελικοειδείς ή πλακοειδείς χαλύβδινα στοιχεία. Τοποθετούνται μέσα στους αεριοαυλούς με σκοπό τη δημιουργία στροβιλώδους ροής, με αποτέλεσμα την αύξηση κατά διαστήματα της ταχύτητας του καυσαερίου και κατ’ επέκταση την αύξηση του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας της θερμοκρασίας τους στο νερό.

Ε. Το περίβλημα του φλογοθαλάμου. Έχει τη μορφή κυλίνδρου και κατασκευάζεται από χαλύβδινο έλασμα. Μέσα σε αυτό βρίσκεται η εστία του λέβητα, και έξω οι αεριοαυλοί.



1. Περίβλημα φλογοθαλάμου,
2. Περίβλημα υδροθαλάμου,
3. Μπροστινή μεριά,
4. Φλογαυλοί,
5. Στροβιλιστήρες,
6. Υδροθάλαμος,
7. Έξοδος θερμού νερού,
8. Πόρτα λέβητα,
9. Καπνοθάλαμος,
10. Θερμομόνωση,
11. Εξωτερική επένδυση,
12. Βάση στήριξης.

Σχήμα 1.2.8. *Σχηματική απεικόνιση μερών χαλύβδινου λέβητα.*

Ζ. Η πόρτα.

Είναι κατασκευασμένη από χαλύβδινο έλασμα. Στηρίζεται σε μεντεσέδες και όταν κλείνει ασφαλίζεται με δύο κοχλίες στεγανά. Στην πόρτα στηρίζεται ο καυστήρας. Στην πόρτα τοποθετείται εσωτερικά πυρίμαχο τσιμέντο για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών προς το περιβάλλον και κατ’ επέκταση την βελτίωση του βαθμού απόδοσης του λέβητα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 1.2.9. *Σχηματική απεικόνιση πόρτας χαλύβδινου λέβητα*

Όλος ο λέβητας είναι μονωμένος με υαλοβάμβακα. Εξωτερικά είναι καλυμμένος από λαμαρίνα φέρει ηλεκτροστατική βαφή.

1.2.4.2. Κατηγορίες χαλύβδινων λεβήτων.

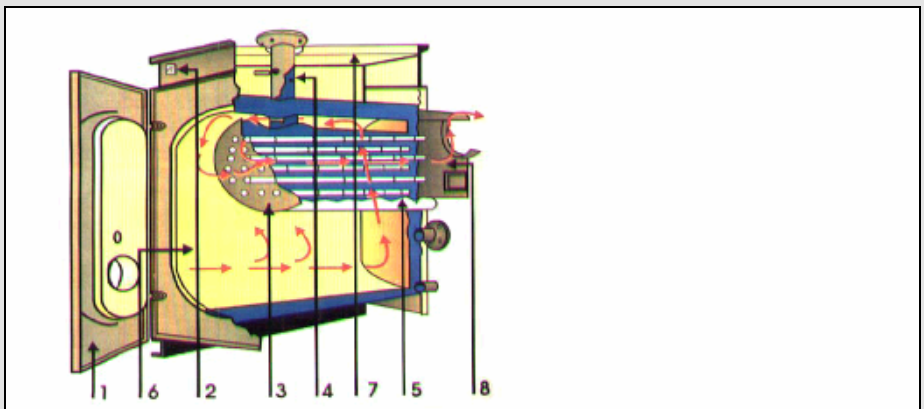
Οι χαλύβδινοι λέβητες ανάλογα με τον τρόπο κυκλοφορίας του νερού και του καυσαερίου, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Α. Αεριοαυλωτοί. Σε αυτούς τους λέβητες το καυσαέριο φτάνει στην καπνοδόχο διερχόμενο μέσα από αυλούς (σωλήνες) που περιβάλλονται από το νερό

Β. Υδραυλωτοί. Σε αυτούς τους λέβητες τα καυσαέρια περνούν έξω και γύρω από τους αυλούς που περνά το νερό.

Στις κεντρικές θερμάνσεις χρησιμοποιούνται οι αεριοαυλωτοί λέβητες. Ανάλογα της δομής της κατασκευής τους χωρίζονται σε:

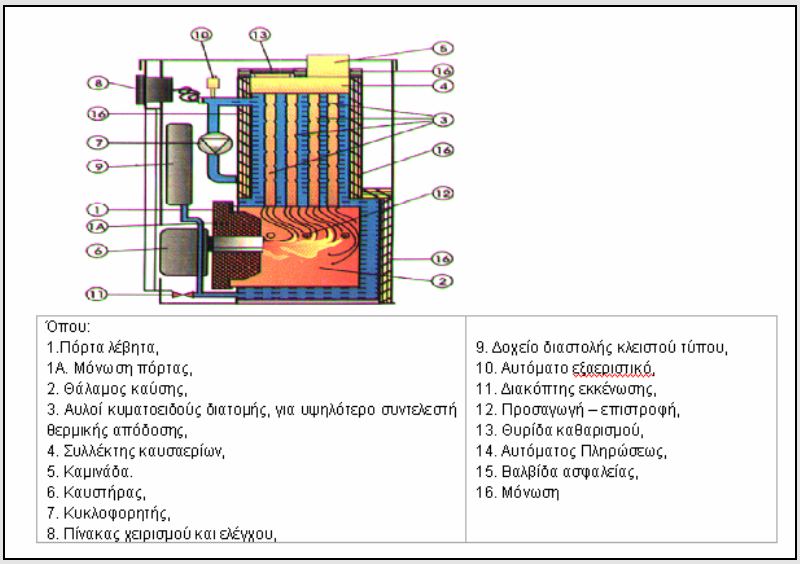
- Οριζόντιας ροής καυσαερίου.
- Κάθετης ροής καυσαερίου.



Όπου:	
1. Πόρτα,	5. Αεριαυλός,
2. Βάση οργάνων,	6. Θάλαμος καύσης,
3. Εμπρόσθια αυλόπλακα αεριοαυλών,	7. Μόνωση,
4. Εξαγωγή θερμού Νερού,	8. Συλλέκτης καυσαερίων με θυρίδα καθαρισμού.

Σχήμα 1.2.10. Σχηματική απεικόνιση σύστημα οριζόντιας ροής καυσαερίου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Όπου:

1.Πόρτα λέβητα, 1Α. Μόνωση πόρτας, 2. Θάλαμος καύσης, 3. Αυλοί κυματοειδούς διατομής, για υψηλότερο συντελεστή θερμικής απόδοσης, 4. Συλλέκτης καυσαερίων, 5. Καμινάδα. 6. Καυστήρας, 7. Κυκλοφορητής, 8. Πίνακας χειρισμού και ελέγχου,	9. Δοχείο διαστολής κλειστού τύπου, 10. Αυτόματο εξαεριστικό, 11. Διακόπτης εκκένωσης, 12. Προσαγωγή – επιστροφή, 13. Θυρίδα καθαρισμού, 14. Αυτόματος Πληρώσεως, 15. Βαλβίδα ασφαλείας, 16. Μόνωση

Σχήμα 1.2.11 *Σχηματική απεικόνιση συστήματος κάθετης ροής καυσαερίου.*

1.2.5. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα χυτοσιδηρών & χαλύβδινων λεβήτων.

1. Οι χυτοσιδηροί λέβητες έχουν μικρό όγκο λόγω μικρότερων συνολικά διαστάσεων για την ίδια ισχύ, με συνέπεια να μεταφέρονται και να συναρμολογούνται-τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο ευκολότερα, ιδίως σε περιπτώσεις αντικατάστασης του λέβητα.
2. Οι χυτοσιδηροί λέβητες επειδή αποτελούνται από τυποποιημένα συναρμολογούμενα στοιχεία, μπορούν εύκολα προσθέτοντας στοιχεία να γίνει αύξηση της θερμικής ισχύος του λέβητα ή να αντικατασταθούν φθαρμένα τεμάχια.
3. Οι χυτοσιδηροί λέβητες έχουν τη δυνατότητα αύξησης της επιφάνειας συναλλαγής με τη χρήση πτερυγίων με συνέπεια να αποσπάσει μεγαλύτερα ποσά θερμικής ενέργειας από τον αντίστοιχο χαλύβδινο φλογοθάλαμο.
4. Με ορθή εγκατάσταση και συντήρηση του λέβητα, η χημική διάβρωση (εσωτερική λόγω του διαλυμένου οξυγόνου O_2 του αέρα που εμφανίζεται κυρίως κατά την ανανέωση του νερού ή εξωτερικά λόγω του θείου του καυσίμου) μπορεί να είναι αμελητέα, δίνοντας ζωή στο λέβητα πάνω από τα 10έτη, όπου η αλλαγή του θα προκύψει από την τεχνολογική εξέλιξη και όχι λόγω της διάβρωσης.

1.2.5.1. Μειονεκτήματα χυτοσιδηρών λεβήτων έναντι των χαλύβδινων.

1. Το μεγαλύτερο κόστος.
2. Το αυξημένο βάρος τους.
3. Δεν επισκευάζονται τα στοιχεία τους σε αντίθεση με τους χαλύβδινους που υπάρχει δυνατότητα επισκευής τους με συγκόλληση σε περίπτωση ρωγμών.
4. Εκτός από τη μικρή αντοχή σε εφελκυσμό του χυτοσίδηρου έχουμε στα μειονεκτήματά του και τη μικρή αντοχή σε απότομη θερμοκρασιακή διαστολή το λεγόμενο θερμικό σοκ, δηλαδή είναι εύθραυστοι στις απότομες θερμικές καταπονήσεις με αποτέλεσμα ο χυτοσίδηρος να ραγίζει, αντίθετα από τον χάλυβα που με την ελαστικότητα του απορροφά εύκολα τέτοια καταπόνηση
5. Έχουν περιορισμένη ισχύ.

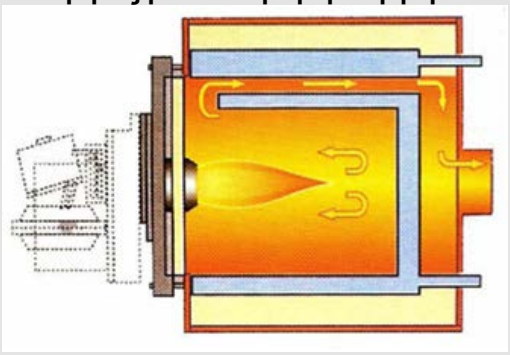
.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.6. Κατηγορίες ανάλογα με την κυκλοφορία και τις διαδρομές του καυσαερίου.

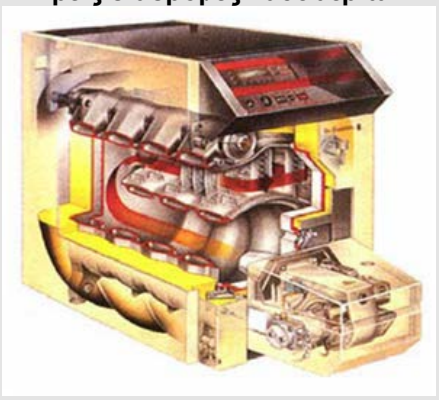
Όσο περισσότερη ώρα παραμένουν τα καυσαέρια μέσα στον λέβητα, τόσο μεγαλύτερη εκμετάλλευση του καυσίμου έχουμε και τόσο περισσότερο αυξάνεται η απόδοση του λέβητα, με αποτέλεσμα να πετυχαίνουμε οικονομικότερη θέρμανση (εξοικονόμηση ενέργειας). Για να το πετύχουμε αυτό σε ικανοποιητικό βαθμό πρέπει τα καυσαέρια να κάνουν δύο ή περισσότερες διαδρομές πριν εισέλθουν στην καπνοδόχο. Γι αυτόν τον λόγο οι λέβητες κατασκευάζονται με πολλές διαδρομές καυσαερίων.

Α. Λέβητας με αναστρεφόμενη φορά καυσαερίου.



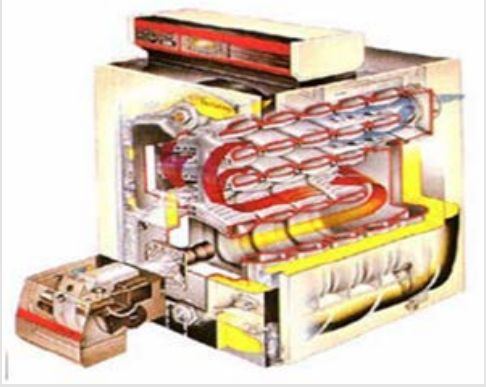
Σχήμα 1.2.12. *Σχηματική απεικόνιση λέβητα με αναστρεφόμενη φορά καυσαερίου.*

Β. Τρεις διαδρομές καυσαερίων.



Σχήμα 1.2.13. *Σχηματική απεικόνιση λέβητα τριών διαδρομών καυσαερίου.*

Γ. Πολλαπλών διαδρομών καυσαερίων.



Σχήμα 1.2.14. *Σχηματική απεικόνιση λέβητα πολλαπλών διαδρομών καυσαερίου.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.7. Σημείο δρόσου των καυσαερίων.

Τα καυσαέρια περιέχουν πάντα ποσότητα υδρατμών. Οι υδρατμοί αυτοί προέρχονται από:

- Την καύση του υδρογόνου του καυσίμου.
- Την υγρασία του καυσίμου.
- Την υγρασία του αέρα καύσης.

Η ποσότητα των υδρατμών στα καυσαέρια εξαρτάται από:

- Το είδος του καυσίμου.
- Το λόγο αέρα καύσης.
- Η ποσότητα της υγρασίας του αέρα καύσης.

Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται όταν η θερμοκρασία του καυσαερίου μειωθεί και φτάσει τη θερμοκρασία συμπύκνωσης. Τη θερμοκρασία αυτή τη λέμε θερμοκρασία ή σημείο δρόσου του καυσαερίου.

Η θερμοκρασία δρόσου είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης των καθαρών υδρατμών, όταν στο καύσιμο περιέχεται θείο, το οποίο καιόμενο σχηματίζεται διοξείδιο του θείου SO_2 και τριοξείδιο SO_3 που είναι γνωστά διαβρωτικά οξέα και τότε το σημείο δρόσου αναφέρεται ως όξινο σημείο δρόσου του καυσαερίου.

Για αέρια καύσιμα τα οποία περιέχουν απειροελάχιστες ποσότητες θειούχων ενώσεων το πρόβλημα είναι πολύ μικρότερο έως καθόλου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι ο χρόνος παραμονής των καυσαερίων εντός του λέβητα εξαρτάται από την παρουσία διοξείδιο του θείου SO_2 και τριοξείδιο SO_3 στα καυσαέρια. Αυξημένος χρόνος παραμονής καυσαερίων που περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις διοξείδιο του θείου SO_2 και τριοξείδιο SO_3 μπορεί να μειώσει το χρόνο ζωής του λέβητα ιδιαίτερα στην περίπτωση που είναι χαλύβδινος.

Στον ακόλουθο πίνακα 1.3 δίνονται τιμές του σημείου δρόσου συναρτήσει της συγκέντρωσης του CO_2 στο καυσαέριο για ελαφρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Πίνακας 1.3: *Τιμές σημείου δρόσου συναρτήσει της συγκέντρωσης του CO_2 στο καυσαέριο για ελαφρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο.*

Ελαφρύ πετρέλαιο		**Φυσικό αέριο**	
yCO_2 σε (%)	**Σημείο Δρόσου σε (^oC)**	**yCO_2 σε (%)**	**Σημείο Δρόσου σε (^oC)**
4	28,5	4	39,4
6	34	6	46,4
8	39	8	51,4
10	42,4	10	55,2

1.2.8. Λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών.

Λόγω της περιεκτικότητας των συμβατικών καυσίμων σε υδρογόνο, δημιουργείται κατά την καύση υδρατμός ο οποίος περικλείεται στα καυσαέρια. Συμβατικοί λέβητες είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να αποκλείεται η συμπύκνωση του υδρατμού πάνω στις επιφάνειες του λέβητα καθώς και στο θάλαμο καυσαερίων. Η πιο απλή και οικονομική λύση είναι η ανύψωση της θερμοκρασίας του νερού στο λέβητα πάνω από το σημείο δρόσου των καυσαερίων, το οποίο βρίσκεται γύρω στους 58^oC για πετρέλαιο και 48^oC για φυσικό αέριο (υπάρχει εξάρτηση από την περίσσεια του αέρα άρα και από το ποσοστό του CO_2 στα καυσαέρια). Με σταθερή τη θερμοκρασία του νερού στο λέβητα και

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

μεταβαλλόμενη θερμοκρασία προσαγωγής νερού, εξαρτώμενη από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, προκύπτουν απώλειες που μειώνουν το βαθμό απόδοσης. Μια αύξηση του βαθμού απόδοσης επιτυγχάνεται μόνο με μείωση συγκεκριμένων απωλειών, όπως οι απώλειες λόγω θερμού καυσαερίου και λόγω ακτινοβολίας τοιχωμάτων καθώς και των άδηλων. Στους λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών αποφεύγονται υγροποιήσεις στα τοιχώματα και αυτό επιτρέπει την πτώση της θερμοκρασίας του νερού από το λέβητα στα επιθυμητά επίπεδα.

Έστω, η λειτουργία λέβητα που έχει τρεις ξεχωριστές διαδρομές του καυσαερίου σε σχέση με λέβητα τριών διαδρομών με αναστροφή καυσαερίου στο θάλαμο καύσης. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος παραμονής του καυσαερίου στη ζώνη της φλόγας με επιπρόσθετο αποτέλεσμα τη μείωση του σχηματισμού NO_x σε σχέση με ένα λέβητα δυο διαδρομών. Περίπου το ένα τρίτο της εκλυόμενης από την καύση θερμότητα μεταφέρεται με ακτινοβολία στο θάλαμο καύσης. Έπειτα, τα καυσαέρια συνεχίζουν στη δεύτερη διαδρομή από το πίσω μέρος του θαλάμου καύσης με θερμοκρασία 600–700^oC. Μετά την τρίτη διαδρομή τα καυσαέρια εισέρχονται με θερμοκρασία 140 – 160^oC στον καπνοθάλαμο. Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας k δίδεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_{H_2O}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{HG}}$$

όπου:

α_{H2O} σε W/m^2K συντελεστής συναγωγής νερού,

δ σε m το πάχος του τοιχώματος,

λ σε W/mK συντελεστής αγωγής του τοιχώματος,

α_{HG} σε W/m^2K συντελεστής συναγωγής καυσαερίων.

Κατά τη μετάδοση θερμότητας η ροή από τα καυσαέρια προς τα τοιχώματα q (W/m^2) μένει σταθερή,

$$q = a \quad \Delta T = \text{σταθερό}$$

Έτσι, οι διαφορές θερμοκρασίας μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα με τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας. Αυτό εκφράζεται και από τη σχέση: $\frac{\alpha_{HG}}{\alpha_{H_2O}} = \frac{\Delta T_{H_2O}}{\Delta T_{HG}}$

Αφού λοιπόν ο συντελεστής συναγωγής του νερού α_{H2O} είναι περίπου της τάξης μεγέθους 1000[$W/(m^2K)$], ενώ του καυσαερίου σαφώς μικρότερος (25÷40 φορές), η θερμοκρασία του καυσαερίου σημειώνει σημαντική πτώση σε σχέση με τη θερμοκρασιακή αύξηση του νερού. Εάν η θερμοκρασία του νερού βρίσκεται κάτω από το σημείο δρόσου των καυσαερίων, ο υδρατμός συμπυκνώνεται στην επιφάνεια του τοιχώματος ακόμα και όταν τα ίδια καυσαέρια έχουν μέση θερμοκρασία πάνω από το σημείο δρόσου.

Έχοντας το γεγονός αυτό σαν αφετηρία, εταιρείες κατασκευής λεβήτων κατάφεραν να ελαχιστοποιήσουν ή και να εξαλείψουν τη συμπύκνωση με ένα διπλό τοίχωμα αντί για ένα στρώμα (τοίχωμα), με ένα μικρό διάκενο αέρος ενδιάμεσα, το οποίο λειτουργεί σαν επιπλέον αντίσταση στη μετάδοση θερμότητας. Η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια των καυσαερίων με αυτό τον τρόπο διατηρείται υψηλότερα από ότι πριν, αφού ο ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας μειώνεται. Ο εξωτερικός κύλινδρος είναι χαλύβδινος και πάνω του είναι στερεωμένα αξονικά στοιχεία από χυτοσίδηρο. Το διάκενο αέρος σχηματίζεται προς το τέλος των επιφανειών συναλλαγής όπου η μέση θερμοκρασία του καυσαερίου είναι χαμηλότερη.

Αυτό που τελικά κερδίζουμε από αυτή τη διαδικασία είναι η μείωση των απωλειών και την επίτευξη ενός βαθμού απόδοσης μέχρι 95%.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.9. Λέβητες συμπύκνωσης.

Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης ενός λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών περιορίζεται από την ελάχιστη θερμοκρασία καυσαερίων για την οποία δεν συμβαίνει υγροποίηση. Ο βαθμός απόδοσης ορίζεται:

$$n_{\kappa} = 1 - \frac{q_A + q_S}{100}$$

όπου:

q_A : οι απώλειες καυσαερίων και

q_S : οι απώλειες ακτινοβολίας.

Η επίτευξη της ελάχιστης θερμοκρασίας του καυσαερίου εξαρτάται από τη γεωμετρία του λέβητα. Η λανθάνουσα θερμότητα του υδρατμού του καυσαερίου μένει ανεκμετάλλευτη και για αυτό το λόγο έχει επικρατήσει ως θερμογόνος ικανότητα καυσίμου να λαμβάνεται στους υπολογισμούς η κατώτερη, η οποία δεν λαμβάνει υπόψη της αυτή τη θερμότητα του υδρατμού που χάνεται.

Εάν συμπυκνώσουμε και τα καυσαέρια, η αύξηση του βαθμού απόδοσης δίδεται από τη σχέση:

$$1 - \frac{q_A + q_S}{100} + \frac{H_o - H_u}{H_u}\alpha$$

όπου:

H_o : ανώτερη θερμογόνος ικανότητα

H_u : κατώτερη θερμογόνος ικανότητα

α : κλάσμα συμπυκνωμένου υδρατμού προς τη συνολική μάζα των υδρατμών, εξαρτώμενος από τη γεωμετρία του λέβητα. Προφανώς όσο το «α» τείνει στο 1, τόσο αυξάνει ο βαθμός απόδοσης.

Στους λέβητες συμπύκνωσης ο βαθμός απόδοσης μπορεί να υπερβεί το 100%. Αυτό, που με μια πρώτη σκέψη φαίνεται παράλογο, οφείλεται στο γεγονός ότι ο υπολογισμός των ποσών θερμότητας έχει γίνει βάσει της κατώτερης θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου.

Οι λέβητες συμπύκνωσης αναπτύχθηκαν για την εκμετάλλευση της ενθαλπίας συμπύκνωσης των υδρατμών του καυσαερίου. Τα αέρια καύσιμα έχουν το πλεονέκτημα αυξημένης περιεκτικότητας υδρογόνου, ενώ δεν περιέχουν θείο. Σε ένα λέβητα συμπύκνωσης μπορούμε να εκμεταλλευτούμε περίπου το 50% έως 80% της λανθάνουσας θερμότητας των υδρατμών επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης που μπορεί να φτάνει μέχρι και 108% με αναφορά υπολογισμού τη κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου. Τα συμπυκνώματα και μάλιστα τα προερχόμενα από την καύση υγρών καυσίμων θα πρέπει να εξουδετερώνονται πριν την αποχέτευσή τους.

Από κατασκευαστική άποψη διακρίνουμε δύο δυνατότητες:

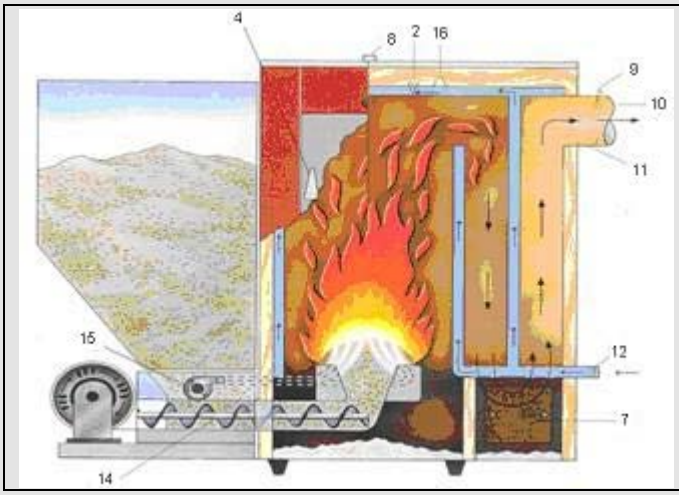
- Συμπύκνωση των υδρατμών μέσα στον ίδιο το λέβητα. Στην πρώτη περίπτωση αυτή οι επιφάνειες συναγωγής αναγκαστικά θα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους συνήθεις συμβατικούς λέβητες για να αξιοποιηθεί η λανθάνουσα συμπύκνωση των υδρατμών του καυσαερίου. Ακόμη, απαιτείται μια κατάλληλη διάταξη συλλογής και αποχέτευσης του συμπυκνώματος σε κατάλληλη θέση στο λέβητα.
- Συμπύκνωση των υδρατμών σε πρόσθετο εναλλάκτη. Στη δεύτερη περίπτωση στη συμβατική κατασκευή του λέβητα γίνεται προσθήκη ενός εναλλάκτη από υλικά ανθεκτικά στη διάβρωση.

1.2.10. Λέβητες στερεών καυσίμων.

Είναι γεγονός ότι πρόσφατα τυγχάνει ευρείας εφαρμογής η χρήση της βιομάζας ως καύσιμο σε θέρμανση θερμοκηπίων (λέβητες πελλετών ξύλου ή ελαιοπυρηνόξυλου), παράλληλα με την εγκατάσταση ατομικών λεβήτων για θέρμανση κτιρίων κυρίως στην επαρχία και την περιφέρεια των

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ορίων αστικών πόλεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης και της ποιότητας καυσαερίου των πιθανών στερεών βιοκαυσίμων για χρήση σε οικιακούς λέβητες θέρμανσης, ιδιαίτερα όσον αφορά τη θερμική απόδοση καθώς και τα επίπεδα συμβατικών αερίων εκπομπών και αιωρούμενων στερεών σωματιδίων.



2. Σημείο υποδοχής του πίνακα ελέγχου των οργάνων ευαισθησίας.
4. Λαβή της πόρτας.
7. Θύρα καθαρισμού.
8. Ζεστό νερό εξόδου προς τα θερμαντικά σώματα.
9. Dumper για ρύθμιση της παροχής αέρα της καμινάδας.
10. Σημείο σύνδεσης της καμινάδας.
11. Θύρα καθαρισμού της καμινάδας.
12. Επιστροφή του κρύου νερού από τα θερμαντικά σώματα.
14. Είσοδος στερεού καυσίμου με κοχλία τροφοδοσίας.
15. Ανεμιστήρας αέρα για τον αέρα καύσης.
16. Σημείο ανύψωσης του ανεμιστήρα.

Σχήμα 1.2.15. *Σχηματική απεικόνιση λέβητα στερεών καυσίμων.*

1.2.10.1. Περιγραφή του θερμικού συγκροτήματος.

Το θερμικό συγκρότημα αποτελείται από δύο βασικά τεμάχια, το σύστημα τροφοδοσίας και το λέβητα. Στο λέβητα πραγματοποιείται κυρίως, η καύση των διαφόρων ειδών στερεών καυσίμων (ορυκτών, όπως λιγνίτης και βιογενή όπως (ελαιοπυρηνόξυλο, κουκούτσια από ροδάκινα, πελλέτες ξύλου κ.ά.)) με στόχο τη θερμοκρασιακή ανύψωση του εργαζόμενου μέσου (νερό), για τη θέρμανση χώρων ή και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από:

- Το αποθηκευτικό σιλό και
- Έναν κατάλληλο προσαρμοσμένο στη βάση του άξονα τύπου κοχλία, ο οποίος προωθεί το καύσιμο στην εστία.

Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται φωτογραφίες στερεών βιοκαυσίμων, όπου φαίνεται καθαρά η υφή και το μέγεθός τους.

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 303.05/99: Λέβητες θέρμανσης – Μέρος 5: «Λέβητες θέρμανσης για στερεά καύσιμα που τροφοδοτούνται χειροκίνητα ή αυτόματα με μέγιστη ονομαστική θερμική ισχύ εξόδου έως 300 kW – Ορολογία, απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση» έχει επικυρωθεί ως εθνικό από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης ΑΕ με αριθμό ΕΛΟΤ ΕΝ303.05/99.

Στο πρότυπο αυτό τίθενται οι κανόνες, οι κατευθυντήριες οδηγίες και οι τεχνικές απαιτήσεις για την κατασκευή, τη διενέργεια της δοκιμής και η τήρηση των προτεινόμενων ορίων, όπως τα ελάχιστα όρια για την απόδοση και τα ανώτατα όρια για τους εκπεμπόμενους ρύπους από λέβητες που τροφοδοτούνται με στερεά καύσιμα (ορυκτά και βιογενή) και οι οποίοι κατατάσσονται σε τρεις (3) κατηγορίες.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.4: *Δείγματα των στερεών βιοκαυσίμων.*

Πελλέτες Ξύλου	Πελλέτες Αγριαγκινάρας	Ελαιοπυρηνόξυλο Βοιωτίας
Ελαιοπυρηνόξυλο Ισπανίας	**Τσόφλια Αμυγδάλων**	**Κουκούτσια Ροδάκινων**

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την απόδοση της κάθε κλάσης στο ΕΛΟΤ ΕΝ 303.05/99 έχουν ως ακολούθως:

- Κλάση 1 = 47 + 6 $\log Q_N$
- Κλάση 2 = 57 + 6 $\log Q_N$
- Κλάση 3 = 67 + 6 $\log Q_N$

Αντίστοιχα στο υπό ψήφιση Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΝ 303.05/2010 με τη νέα αναθεωρημένη έκδοση του 2010 προτείνεται: Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την απόδοση της κάθε κλάσης στο ΕΝ 303.05/10 έχουν ως ακολούθως:

- Κλάση 3 = 67 + 6logQN
- Κλάση 4 = 80 + 2logQN
- Κλάση 5 = 87 + logQN

Όπου: Q_N είναι η ωφέλιμη ονομαστική ισχύς του λέβητα σε kW.

Στους ακόλουθους πίνακες 1.5 και 1.6 δίνονται τα άνω όρια τιμών των εκπομπών ρύπων που προτείνονται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 303.05/99 και οι νέες προτάσεις στο υπό αναθεώρηση Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 303-5/2012, αντίστοιχα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.5: *Όρια εκπομπών που προτείνονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 303.05/1999.*

Τροφοδοσία	**Καύσιμο**	**Ωφέλιμη Ονομαστική θερμική ισχύς**	**Όρια εκπομπών**								
			CO			**OGC**			**Σωματίδια**		
			mg/m^3 σε 10% O_2*)								
		kW	**Κλάση 1**	**Κλάση 2**	**Κλάση 3**	**Κλάση 1**	**Κλάση 2**	**Κλάση 3**	**Κλάση 1**	**Κλάση 2**	**Κλάση 3**
Χειροκίνητη	Βιογενή	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	200	180	150
		> 50 έως 150	12500	5000	2500	1500	200	100	200	180	150
		> 150 έως 300	12500	2000	1200	1500	200	100	200	180	150
	Ορυκτά	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	180	150	125
		> 50 έως 150	12500	5000	2500	1500	200	100	180	150	125
		> 150 έως 300	12500	2000	1200	1500	200	100	180	150	125
Αυτόματη	Βιογενή	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	180	150
		> 50 έως 150	12500	4500	2500	1250	150	80	150	180	150
		> 150 έως 300	12500	2000	1200	1250	150	80	150	180	150
	Ορυκτά	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	150	125
		> 50 έως 150	12500	4500	2500	1250	150	80	150	150	125
		> 150 έως 500	12500	2000	1200	1250	150	80	150	150	125
*) Αναφορά σε ξηρό καυσαέριο, Ο °C, 1013 mbar.											

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.6: *Όρια εκπομπών που προτείνονται στο υπό αναθεώρηση Πρότυπο EN 303-5/2012.*

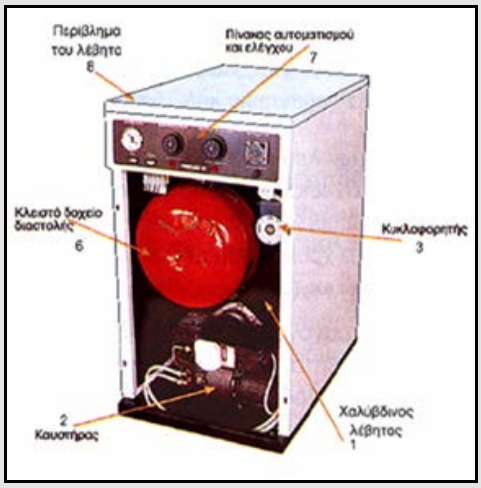
Τροφοδοσία	**Καύσιμο**	**Ωφέλιμη Ονομαστική θερμική ισχύς**	**Όρια εκπομπών** σε mg/m^3 σε 10% O_2 [a]								
			CO			**OGC**			**Σωματίδια** [b]		
		kW	**Κλάση 3**	**Κλάση 4**	**Κλάση 5**	**Κλάση 3**	**Κλάση 4**	**Κλάση 5**	**Κλάση 3**	**Κλάση 4**	**Κλάση 5**
Χειροκίνητη	Βιογενή	≤ 50	5000	1000 3000 [c], 2000 [d]	500 1500 [c], 1000	150	75 125 [c]	50 100 [c]	150	75	60
		> 50 έως 150	2500	750 1500 [c], 1000 [d]	300 1000 [c], 500	100	50	30	150	75	60
		> 150 έως 300	1200	500 1000, 500 [d]	250 500, 250 [d]	100	10 30 [d]	10 20 [d]	150	75	60
	Ορυκτά	≤ 50	5000	1000	500	150	75	50	125	75	50
		> 50 έως 150	2500	750	300	100	75	50	125	75	50
		> 150 έως 300	1200	500	250	100	50	25	125	75	50
Αυτόματη	Βιογενή	≤ 50	3000	1000, 1500 [c]	500, 750 [c]	100	75, 50 [d]	50, 30 [d]	150	75, 90 [d]	60
		> 50 έως 150	2500	750 1000	300 500	80	75 30 [d]	50 20 [d]	150	75 90 [d]	60
		> 150 έως 300	1200	500	250	80	50, 20 [d]	25, 10 [d]	150	75, 90 [d]	60
	Ορυκτά	≤ 50	3000	1000, 1000 [c]	500, 500 [c]	100	100	50	125	60	50
		> 50 έως 150	2500	750	300	80	75	30	125	60	50
		> 150 έως 500	1200	500	250	80	50	25	125	60	50

[a] Αναφορά σε ξηρό καυσαέριο, 0°C, 1013 mbar.
[b] Boilers for type E-fuels and marked with classification E do not need to fulfill the requirements for the dust emissions. The actual value has to be stated in the technical documentation. [c] Προτεινόμενες τιμές από Σουηδία. [d] Προτεινόμενες τιμές από Αυστρία.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.11. Ατομικές μονάδες πετρελαίου.

Οι ατομικές μονάδες πετρελαίου είναι συγκροτήματα λέβητα καυστήρα και μερικές φορές περιέχουν κυκλοφορητή, δοχείο διαστολής, ακόμα και διάταξη παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Οι λέβητες των μονάδων είναι χαλύβδινοι ή μαντεμένιοι και δεν διαφέρουν από αυτούς που περιγράφηκαν παραπάνω.



Σχήμα 1.2.16. *Ατομική μονάδα πετρελαίου .*

Α. Τα μέρη της ατομικής μονάδας.

- Ο λέβητας. (Μπορεί να είναι χαλύβδινος ή μαντεμένιος, πετρελαίου ή και αερίου.)
- Ο καυστήρας. (Μπορεί να είναι πετρελαίου, ή αερίου πιεστικός ή ατμοσφαιρικός.)
- Ο κυκλοφορητής.
- Η βαλβίδα ασφαλείας.
- Ο αυτόματος πλήρωσης.
- Το κλειστό δοχείο διαστολής.
- Το εξωτερικό περίβλημα.
- Ο ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου.

Β. Ο πίνακας ελέγχου περιλαμβάνει:

- Γενικό διακόπτη λειτουργίας.
- Θερμοστάτη λειτουργίας καυστήρα.
- Θερμοστάτη λειτουργίας κυκλοφορητή.
- Θερμοστάτη ασφαλείας.
- Ενδεικτικές λυχνίες.

1.2.12. Ατομικές μονάδες αερίου.

Όλοι οι τύποι λεβήτων αερίου κατηγοριοποιούνται με βάση την τυποποίηση CR 1749 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης, που αφορά την ταξινόμηση των συσκευών αερίου σύμφωνα με τη μέθοδο απαγωγής των προϊόντων καύσης. Στην πινακίδα επίθεσης των συσκευών αερίου υπάρχει κατάλληλοι συμβολισμοί που δίνουν πληροφορίες για το τύπο και το είδος καυσίμου

Ενδεικτικά, ο συμβολισμός του τύπου B_{11BS} σημαίνει:

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

B : Συσκευή αερίου με θάλαμο καύσης, η οποία λαμβάνει τον αέρα καύσης από το χώρο εγκατάστασης (συσκευή αερίου εξαρτώμενη από τον αέρα του χώρου) και συνδέεται με σύστημα απαγωγής καυσαερίου.

Τύπος B_1 **:** Συσκευή αερίου με ασφάλεια ροής.

B_{11} **:** Χωρίς ανεμιστήρα

Πρόσθετη σήμανση : BS (Blocked Safety) για συσκευή αερίου με διάταξη επιτήρησης καυσαερίου.

Η συσκευή αερίου είναι κατάλληλη για χρήση αερίου κατηγορίας II_{2H3+} :

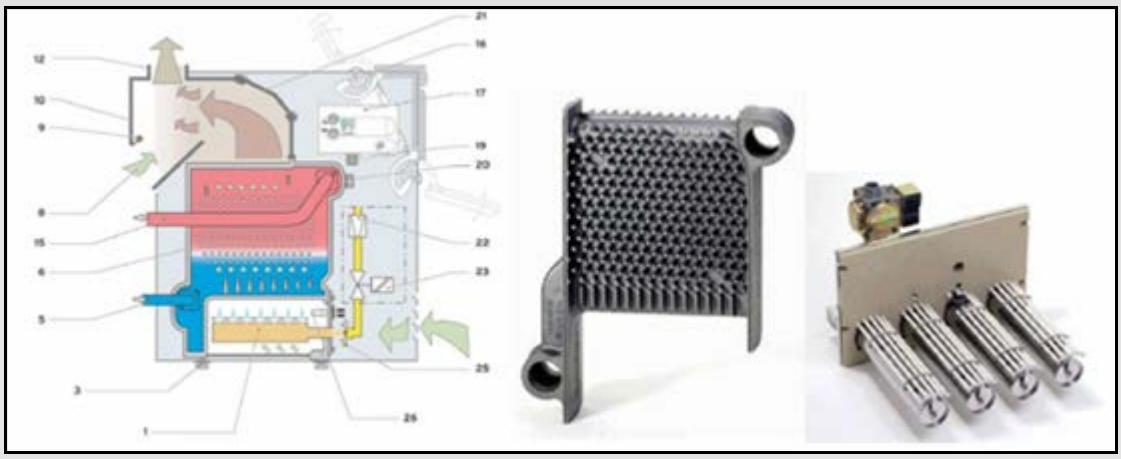
Κατηγορία II_{2H3+} : Συσκευή αερίου κατάλληλη για:

II : Συσκευή αερίου κατάλληλη για χρήση δύο οικογενειών αερίων.

2H : Της δεύτερης οικογένειας και ομάδα αερίου τύπου Η.

3+ : Της τρίτης οικογένειας (προπάνιο και βουτάνιο) και λειτουργία της συσκευής με ζεύγος πιέσεων χωρίς ρύθμιση της συσκευής.

1.2.12.1. Επιδαπέδιες ατμοσφαιρικές μονάδες αερίου.

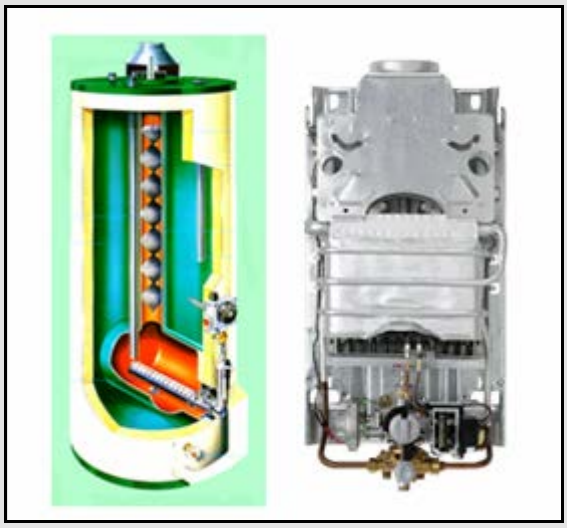


Σχήμα 1.2.17. *Σχηματική διάταξη ατμοσφαιρικού λέβητα αερίου, στοιχείο λέβητα και καυστήρας.*

Οι επιδαπέδιοι λέβητες αερίου με ενσωματωμένο ατμοσφαιρικό καυστήρα είναι συνήθως μαντεμένιοι με τον καυστήρα στο κάτω μέρος τους (ανοικτού θαλάμου καύσεως). Επειδή δεν έχουν ανεμιστήρα για την προώθηση του καυσαερίου αυτή γίνεται αποκλειστικά από τον ελκυσμό της καμινάδας. Για αυτό για τους εν λόγω λέβητες έχει μεγάλη σημασία η καμινάδα. Αυτή ξεκινάει κατακόρυφα πάνω από την ασφάλεια ροής, η οποία είναι μία διάταξη στο άνω μέρος του λέβητα όπου γίνεται ανάμειξη του καυσαερίου με αέρα, ώστε να μην εξέρχεται το καυσαέριο με μεγάλη ταχύτητα και δημιουργούνται προβλήματα, όπως μικρός βαθμός απόδοσης ή αποκόλληση της φλόγας.

Ατμοσφαιρικοί θερμαντήρες αερίου για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.18. *Ταμιευτήρας ζεστού νερού χρήσης με ατμοσφαιρικό καυστήρα και ταχυθερμαντήρας αερίου*

Οι θερμαντήρες νερού χρήσης με καύση αερίου χωρίζονται σε ταμιευτήρες και ταχυθερμαντήρες. Οι πρώτοι αποταμιεύουν νερό χρήσης και το θερμαίνουν με τη βοήθεια, συνήθως, μικρών ατμοσφαιρικών καυστήρων (π.χ. 9 kW). Οι ταχυθερμαντήρες δεν αποταμιεύουν νερό. Αυτό θερμαίνεται όταν περνάει μέσα από τον εναλλάκτη όταν ζητηθεί ζεστό νερό χρήσης. Επειδή πρέπει να θερμάνουν το νερό καθώς αυτό διέρχεται από μέσα τους έχουν συνήθως καυστήρα μεγάλης ισχύος (π.χ. 24 kW). Συνήθως και οι δύο τύποι έχουν καυστήρα ατμοσφαιρικό, είναι δηλαδή ανοικτού θαλάμου καύσης, πράγμα που σημαίνει ότι ο ελκυσμός του καυσαερίου εξαρτάται από την καμινάδα.

Ένα πρόβλημα που δημιουργείται συνήθως κατά την αντικατάσταση παλαιών ταμιευτήρων, ταχυθερμαντήρων, αλλά και επιδαπέδιων και επιτοίχιων λεβήτων ανοικτού θαλάμου καύσης με νέους σύγχρονους, είναι το εξής: Οι παλαιές συσκευές έχουν μεγάλη θερμοκρασία καυσαερίου και μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και με καμινάδες χωρίς μόνωση, με μεγάλα οριζόντια τμήματα ή μεγάλη διατομή. Οι νέες συσκευές, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του καυσαερίου (ώστε να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης) εξαρτώνται πολύ περισσότερο από την καμινάδα. Άρα δεν σημαίνει ότι όπου υπήρχε συσκευή ανοικτού θαλάμου μπορεί να εγκατασταθεί και πάλι νέα ανοικτού θαλάμου καύσης.

1.2.12.2. Επιτοίχιες μονάδες αερίου, συμβατικές (μη συμπύκνωσης).

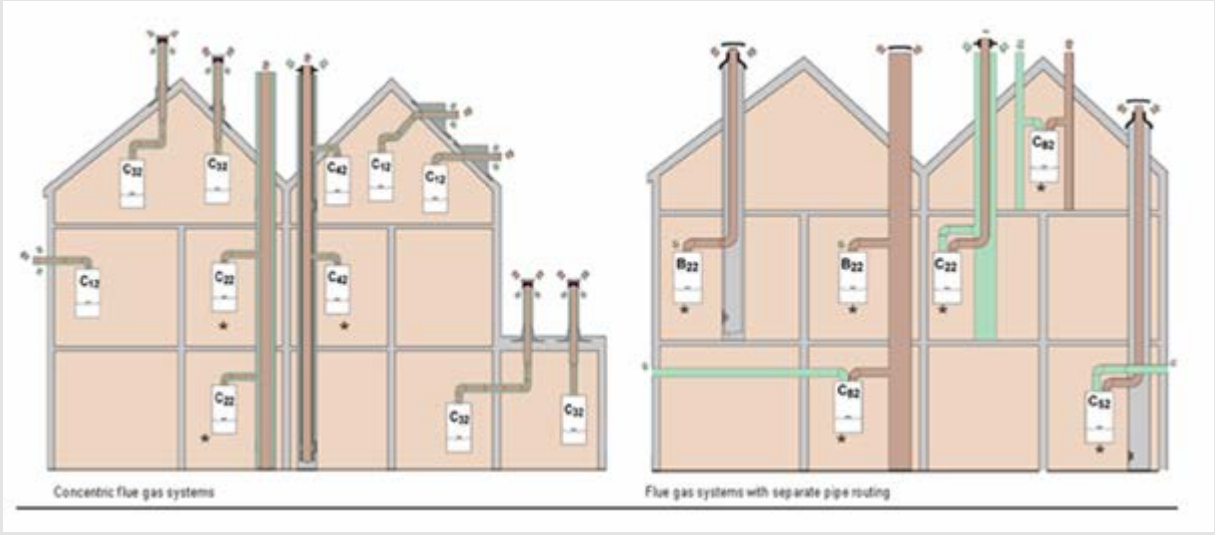
Οι συμβατικές μονάδες αερίου ανάλογα με τον τρόπο λήψης του αέρα καύσης και αποβολή του καυσαερίου χωρίζονται σε:

Ανοικτού θαλάμου καύσης: Είναι συσκευές οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από το χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένες και αποβάλλουν τα καυσαέρια σε καμινάδα. Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω οι συσκευές αυτού του τύπου δεν έχουν ανεμιστήρα και εξαρτώνται για την απομάκρυνση του καυσαερίου από την καμινάδα, η οποία πρέπει να είναι κατάλληλης διατομής, μόνωσης και ύψους. Επίσης εξαρτώνται από τον περιβάλλοντα χώρο και τη δυνατότητα λήψης νωπού αέρα.

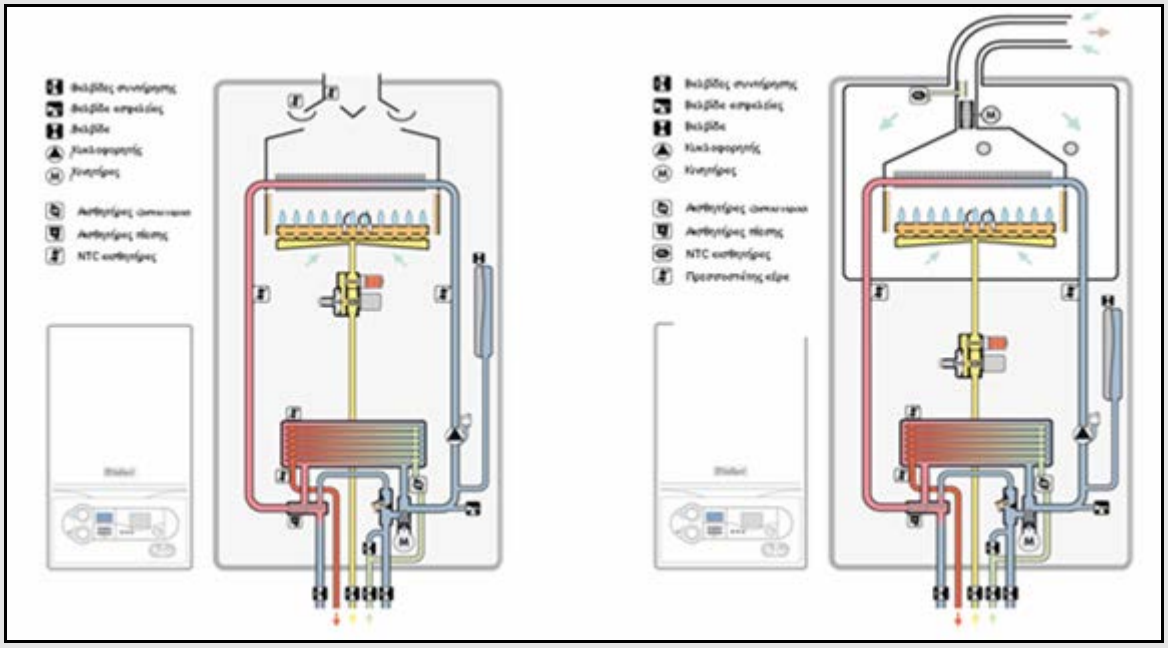
Κλειστού θαλάμου καύσης: Είναι συσκευές οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από εξωτερικό χώρο μέσω αεραγωγού και απάγουν το καυσαέριο με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Λόγω του ανεμιστήρα οι εν λόγω συσκευές δύνανται να αποβάλουν τα καυσαέρια και οριζόντια. Γενικά για τις δυνατότητες λήψης αέρα καύσης και απαγωγής καυσαερίων των εν λόγω συσκευών αποκλειστικός σύμβουλος είναι ο κατασκευαστής της συσκευής.

Παραδείγματα εγκατάστασης, καθώς και την τυποποίηση των λεβήτων ανάλογα με τον τρόπο λήψης του αέρα καύσης και της απαγωγής των καυσαερίων βλέπετε στο σχήμα 1.2.19 (περισσότερες πληροφορίες στον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



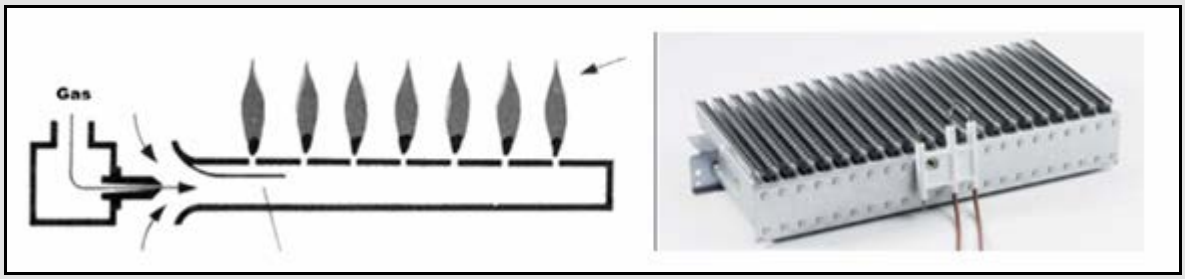
Σχήμα 1.2.19. *Τρόποι εγκατάστασης λεβήτων αερίου ανάλογα με την προσαγωγή αέρα και την απαγωγή του καυσαερίου.*



Σχήμα 1.2.20. *Συμβατικοί επιτοίχιοι λέβητες αερίου: ανοικτού και κλειστού θαλάμου καύσης.*

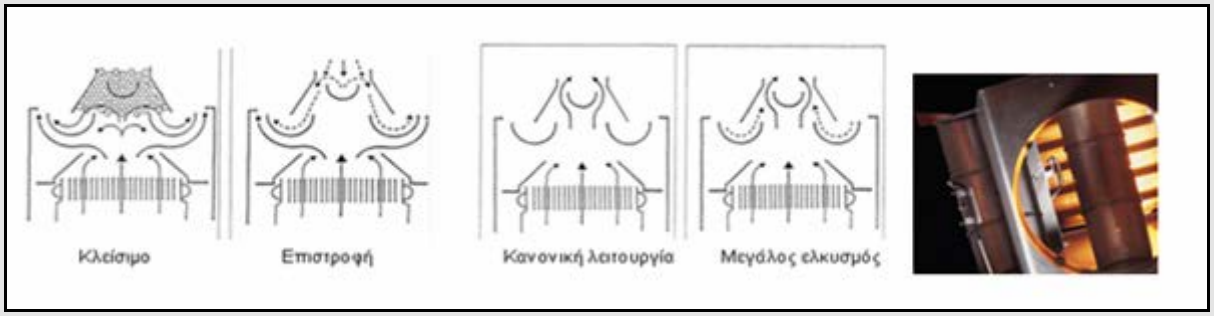
Ο καυστήρας των συμβατικών επιτοίχιων μονάδων αερίου είναι συνήθως αναλογικός ατμοσφαιρικός καυστήρας προανάμιξης. Το αέριο (φυσικό αέριο ή υγραέριο) παρέχεται ανάλογα με τη ζήτηση από την βαλβίδα αερίου στους εκχυτήρες (ακροφύσια ή μπεκ) και παρασύρει τον αέρα καύσης μέσα σε ένα θάλαμο όπου τα δύο αναμιγνύονται (σχήμα 1.2.21). Το μίγμα αερίου – αέρα καίγεται με την αρχική βοήθεια ενός σπινθηριστή και την επιτήρηση ενός θερμοστοιχείου με την έξοδό του από τον θάλαμο προανάμιξης.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



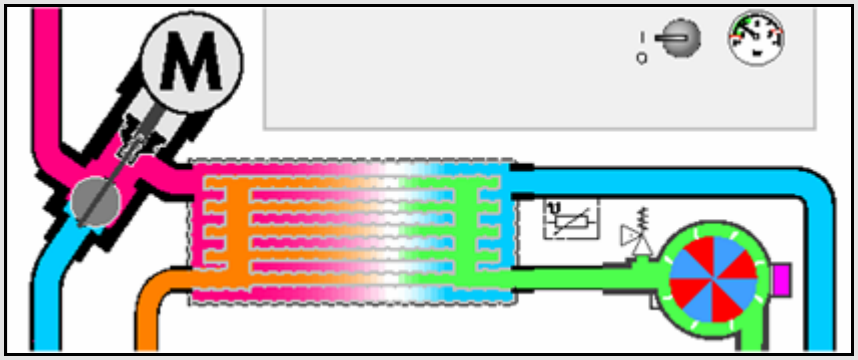
Σχήμα 1.2.21. *Ατμοσφαιρικός καυστήρας προανάμιξης.*

Στις συσκευές ανοικτού θαλάμου υπάρχει η ασφάλεια ροής, η οποία είναι μία διάταξη που επιτρέπει την αποβολή των καυσαερίων μαζί με αέρα προς την καμινάδα και την αποτροπή διαφυγής καυσαερίου στον χώρο εγκατάστασης. Για την αποφυγή αυτής της δεύτερης περίπτωσης, η οποία προκύπτει αν η καμινάδα έχει κλείσει ή δεν κάνει καλό ελκυσμό, η συσκευή θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με διάταξη επιτήρησης καυσαερίου (αισθητήριο θερμοκρασίας καυσαερίου), το οποίο διακόπτει τη λειτουργία της συσκευής στην περίπτωση που ανιχνεύσει μεγάλη θερμοκρασία στην έξοδο της ασφάλειας ροής.



Σχήμα 1.2.22. *Ασφάλεια ροής: περιπτώσεις. Δεξιά βλέπουμε διαφορικό αισθητήριο θερμοκρασίας καυσαερίων.*

Κάποιες από τις μονάδες αερίου είναι εξοπλισμένες με σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης χωρίς αποθήκευση. Οι συγκεκριμένες μονάδες έχουν έναν αισθητήρα ροής νερού χρήσης ο οποίος ανιχνεύει την ροή του νερού στην περίπτωση που ανοίξει μία παροχή ζεστού νερού. Τότε στρέφουν το νερό θέρμανσης σε έναν εναλλάκτη μέσω του οποίου θερμαίνουν το νερό χρήσης, Κάποιες σύγχρονες μονάδες έχουν εξελιγμένα συστήματα τα οποία τους επιτρέπουν, με τη μέτρηση της παροχής και θερμοκρασιών και τη βοήθεια του αναλογικού τους καυστήρα να ελέγχουν με μεγάλη ακρίβεια τη θερμοκρασία του νερού χρήσης που θερμαίνουν.

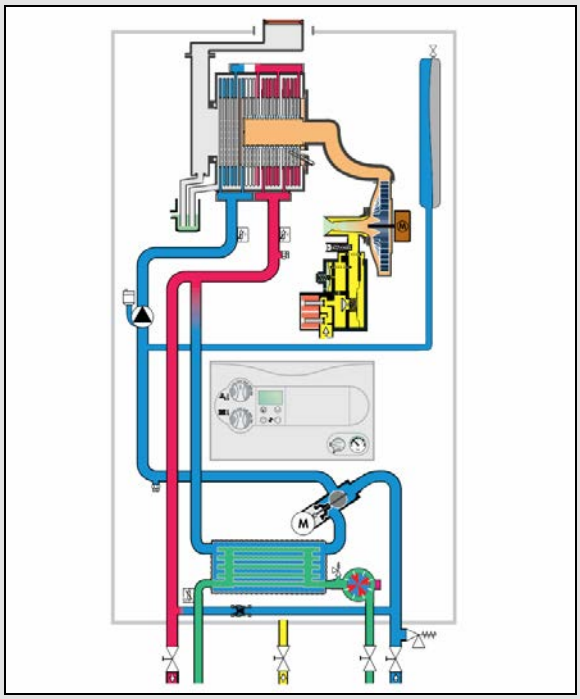


Σχήμα 1.2.23. *Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.12.3. Επιτοίχιες μονάδες αερίου συμπύκνωσης.

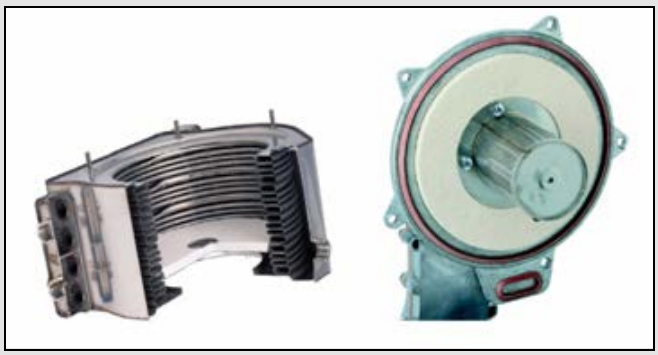
Οι μονάδες συμπύκνωσης λειτουργούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι θερμοκρασίες του καυσαερίου που εξέρχονται να είναι αρκετά χαμηλές ώστε το μεγαλύτερο μέρος του νερού του καυσαερίου να έχει συμπυκνωθεί. Με αυτό τον τρόπο οι μονάδες συμπύκνωσης επιτυγχάνουν την εκμετάλλευση της λανθάνουσας θερμότητας συμπύκνωσης, αλλά και ενός μικρότερου ποσού αισθητής θερμότητας λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας του καυσαερίου. Για να το επιτύχουν αυτό χωρίς την καταστροφή των εξαρτημάτων που έρχονται σε επαφή με τα καυσαέρια είναι εξοπλισμένες με θάλαμο καύσης και εναλλάκτη από ειδικά κράματα, με πλαστικές απομαστεύσεις για τις υγροποιήσεις, καθώς και με καπναγωγό από πολυπροπυλένιο ή ανοξείδωτο χάλυβα.



Σχήμα 1.2.24. *Σχηματική απεικόνιση επιτοίχιου λέβητα συμπύκνωσης.*

Οι καυστήρες των λεβήτων συμπύκνωσης είναι πιεστικοί και όχι ατμοσφαιρικοί, όπως των συμβατικών. Η μόνη ρύθμιση που επιδέχονται οι καυστήρες αυτοί είναι του λόγου αέρα καύσης.

Όπως και στις συμβατικές, έτσι και οι μονάδες συμπύκνωσης μπορούν πέρα από το λέβητα και τον καυστήρα να περιέχουν τον κυκλοφορητή, το δοχείο διαστολής, καθώς και σύστημα άμεσης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο για τους συμβατικούς επιτοίχιους λέβητες.



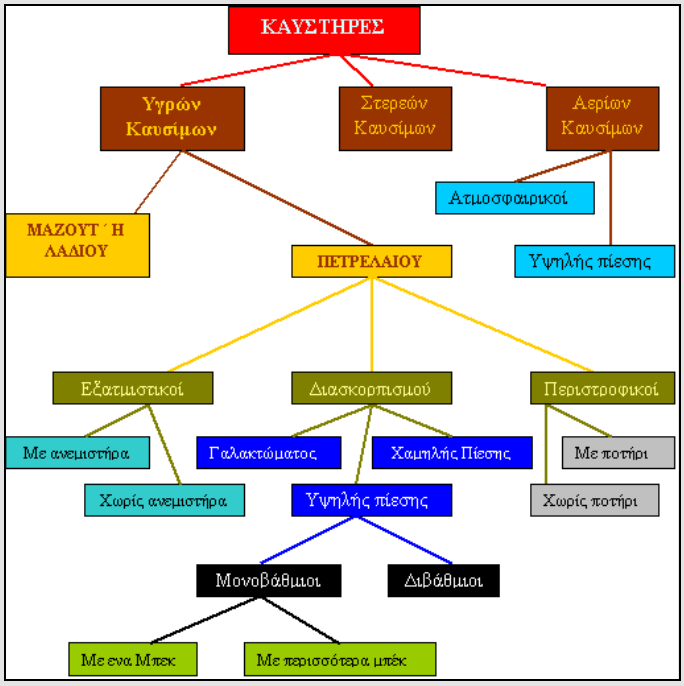
Σχήμα 1.2.25. *Εναλλάκτης θερμότητας και καυστήρας λέβητα συμπύκνωσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

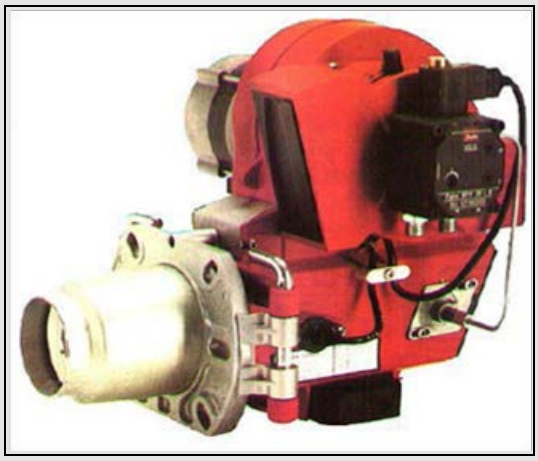
1.2.13.Γενικά για τους καυστήρες.

Οι καυστήρες είναι οι συσκευές με τις οποίες γίνεται η καύση του καυσίμου μίγματος, στο χώρο της εστίας του λέβητα. Ο καυστήρας αποτελείται από εξαρτήματα και μηχανισμούς κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργεί κατάλληλο καύσιμο μείγμα με αποτέλεσμα την καλή καύση του, με τελικό σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου. Σήμερα στη χώρα μας οι περισσότερες εγκαταστάσεις θέρμανσης χρησιμοποιούν ως καύσιμο το ελαφρύ πετρέλαιο (τύπου EL, extra light). Οι καυστήρες πετρελαίου είναι πλέον εξελιγμένα βιομηχανικά προϊόντα, παραγόμενα σε σειρά και υποκείμενα σε διεθνή τυποποίηση. Η τυποποίηση αυτή αφορά πλην των άλλων και τη συνεργασία τους με τους αντίστοιχους λέβητες.

Στο ακόλουθο σχήμα 1.2.26 δίνεται με παραστατικό τρόπο οι κατηγοριοποίηση των καυστήρων.



Σχήμα 1.2.26. *Κατηγοριοποίηση των καυστήρων.*



Σχήμα 1.2.27. *Σχηματική απεικόνιση πιεστικού καυστήρα.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.13.1. Είδη καυστήρων.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα είδη των καυστήρων με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιείται.

1. Καυστήρες υγρών καυσίμων,
2. Καυστήρες αερίων καυσίμων,
3. Καυστήρες στερεών καυσίμων,
4. Καυστήρες μεικτού τύπου (υγρών και αερίων καυσίμων).

Στην Ελλάδα, για θέρμανση χώρων και ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιούνται κυρίως καυστήρες υγρών και αερίων καυσίμων.

1.2.13.2. Καυστήρες στερεών καυσίμων.

Οι καυστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται σε μεγάλες βιομηχανίες και εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σαν καύσιμο υλικό χρησιμοποιούν λιγνίτη. Επιτρέπεται η χρήση του σε χώρες που δεν έχουν πρόβλημα ρύπανσης του περιβάλλοντος και σε χώρες που ο άνθρακας είναι φτηνός.

Επίσης, μια μορφή καυστήρα στερεών καυσίμων θα μπορούσε να θεωρηθεί και το σύστημα καύσης στερεών καυσίμων από πυρήνα ελιάς, κουκούτσια καρπών, ροκανίδια κ.τ.λ.

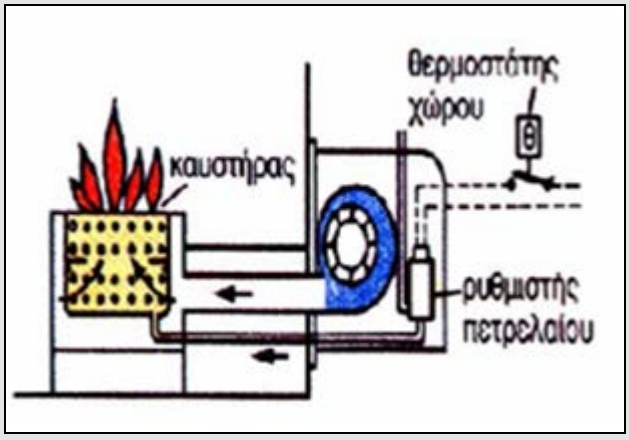
1.2.13.3. Καυστήρες υγρών καυσίμων (πετρελαίου).

Το πετρέλαιο για να καεί απαιτεί μετατροπή σε αέρια μορφή ή σε σταγονίδια. Μόνον τότε μπορεί να αναμιχθεί καλά με τον αέρα και να καεί πλήρως. Έτσι διακρίνουμε δύο είδη καυστήρων:

- τις κοινές θερμάστρες με εξάτμιση του καυσίμου και
- τους καυστήρες σταγονιδιοποίησης ή διασκορπισμού.

Καυστήρες εξάτμισης. Οι καυστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται στις θερμάστρες πετρελαίου, σε μικρές εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων με λέβητα τύπου τζάκι και σε μικρά αερόθερμα.

Υπάρχουν με ανεμιστήρα ή χωρίς.



Σχήμα 1.2.28. *Σχηματική απεικόνιση καυστήρα εξάτμισης.*

Αποτελείται από ένα καυστήρα σε σχήμα λεκάνης, με μικρές τρύπες περιφερειακά. Από αυτές τις τρύπες περνά ο πρωτεύων αέρας καύσης. Στο εσωτερικό του καυστήρα τοποθετούνται σε ειδικές βάσεις δυο μαντεμένια δακτυλίδια, τα οποία με την θέρμανση τους υποβοηθούν την εξάτμιση του πετρελαίου. Η ανάφλεξη είναι τύπου σπιράλ ή αντίστασης. Το σύστημα συμπληρώνει ένας μετασχηματιστής, καρμπυρατέρ, ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και ο ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.13.4. Καυστήρες διασκορπισμού (σταγονιδιοποίησης).

Σε όλα τα είδη καυστήρων διασκορπισμού το καύσιμο σταγονιδιοποιείται μηχανικά σε λεπτότατα σταγονίδια. Το μέγεθος των σταγονιδίων εξαρτάται από τη μέθοδο παραγωγής τους και το ιξώδες του καυσίμου και είναι περίπου 40 έως 200 μm. Όσο μικρότερα είναι τα σταγονίδια, τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική επιφάνεια εξάτμισης των υδρογονανθράκων υπό την επίδραση της θερμοκρασίας της φλόγας και των τοιχωμάτων του λέβητα. Έτσι, μπορεί να πραγματοποιηθεί καλή ανάμιξη των ατμών του καυσίμου με τον αέρα καύσης, ο οποίος προσάγεται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα.

Αν η ανάμιξη με τον αέρα καύσης γίνει σε συνδυασμό με πλήρη εξάτμιση του καυσίμου μέσω πρόσθετης θέρμανσης, τότε δημιουργείται μια γαλάζια φλόγα. Αν ανάμιξη του αέρα καύσης γίνει με σταγονίδια πετρελαίου, τότε δημιουργείται μια κίτρινη φλόγα με έντονη ακτινοβολία,.

Όσο μικρότερο το μέγεθος των σταγονιδίων, τόσο καλύτερη η καύση και μικρότερη η παραγωγή αιθάλης. Όμως, τα σταγονίδια δεν μπορούν να είναι μικρότερα από ένα οριακό μέγεθος, διότι τότε το νέφος καυσίμου δεν θα μπορεί να διεισδύσει στη ροή του αέρα καύσης, ενώ ευνοείται και σχηματισμός των οξειδίων του αζώτου NOx.

Αναλόγως του τρόπου σταγονιδιοποίησης του καυσίμου έχουμε τους ακόλουθους τύπους.

1.2.13.5. Καυστήρες περιστροφής (φυγοκεντρικοί).

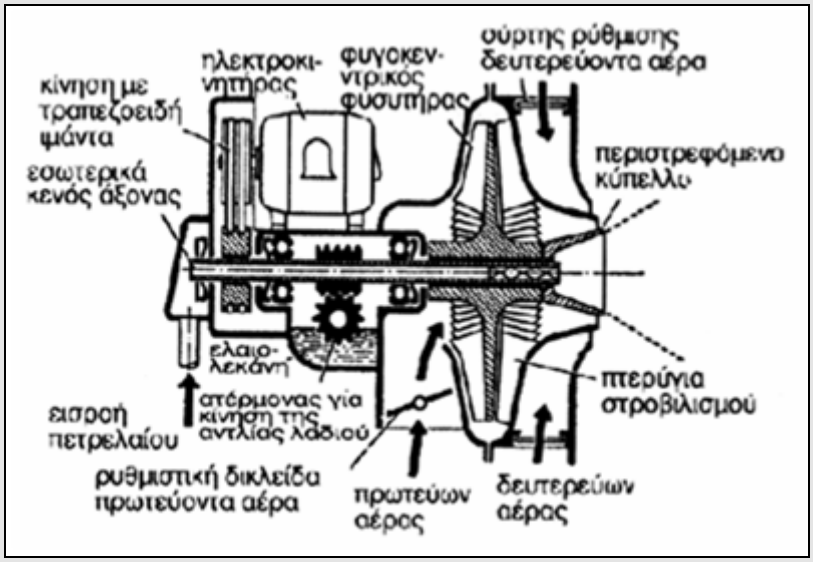
Χρησιμοποιούνται σε μεγάλες θερμικές εγκαταστάσεις. Το καύσιμο σταγονιδιοποιείται με την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης ταχέως περιστρεφόμενου δίσκου (6000 στροφές ανά λεπτό).

Έχουν τη δυνατότητα να καίνε όλους τους τύπους πετρελαίου, μεγάλα περιθώρια ρύθμισης της παροχής τους και είναι ασφαλείς, ανθεκτικοί αλλά και θορυβώδης.

Οι περιστροφικοί καυστήρες χωρίζονται σε δύο είδη:

Με δακτυλίδι. Η λειτουργία του βασίζεται σε ένα περιστρεφόμενο κάθετο άξονα που μεταφέρει το πετρέλαιο και το ψεκάζει οριζόντια, από την κορυφή του σε ένα μεταλλικό δακτύλιο, απ' όπου αναφλέγεται.

Με κύπελλο. Σε αυτόν τον τύπο το πετρέλαιο ρέει διαμέσου ενός περιστρεφόμενου κενού άξονα, σε ένα ανοικτό κύπελλο. Από το κύπελλο διασκορπίζεται στον χώρο καύσης με μεγάλη ταχύτητα. (3.000 έως 6.000 rpm). Ο αέρας καύσης μεταφέρεται με ανεμιστήρα και εισέρχεται στο χώρο καύσης με ένα σωλήνα που είναι γύρω από το κύπελλο. Εκεί αναμειγνύεται με τα σταγονίδια του πετρελαίου.



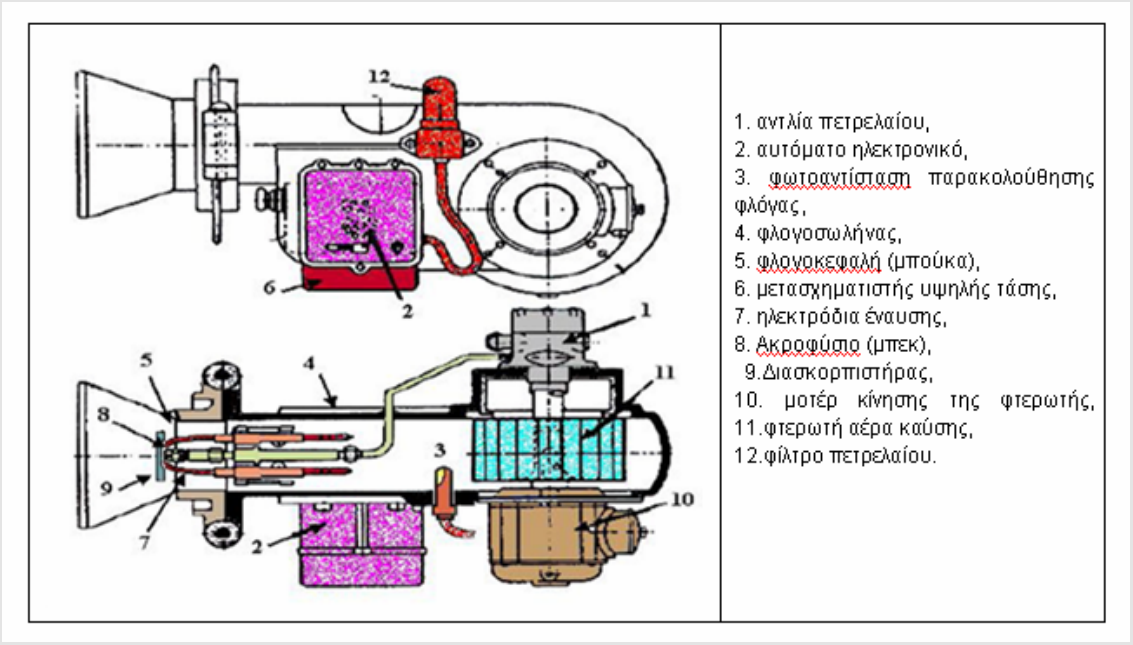
Σχήμα 1.2.29. *Σχηματική απεικόνιση καυστήρων περιστροφής.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.2.13.6. Καυστήρες με έγχυση.

Το καύσιμο συμπαρασύρεται και σταγονιδιοποιείται σε ένα ειδικό ακροφύσιο με πεπιεσμένο αέρα ή με ατμό. Η ποσότητα του πεπιεσμένου αέρα για τη σταγονιδιοποίηση δεν επαρκεί για την πλήρη καύση του πετρελαίου. Έτσι, πρέπει να προσαχθεί με τη βοήθεια ανεμιστήρα και δευτερεύων αέρας καύσης. Οι καυστήρες έγχυσης που εργάζονται με αέρα υψηλής και μέσης πίεσης ή με ατμό χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εστίες καύσης.

Καυστήρες διασκορπισμού (σταγονιδιοποίησης) με υψηλή πίεση. Οι καυστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στις κεντρικές θερμάνσεις. Το καύσιμο συμπιέζεται σε υψηλή αρχική πίεση και σταγονιδιοποιείται σε ένα ειδικό ακροφύσιο. Στο νέφος καυσίμου που δημιουργείται προσάγεται ο αέρας καύσης με ένα ανεμιστήρα.



Σχήμα 1.2.30. *Σχηματική απεικόνιση των εξαρτημάτων του καυστήρα.*

Το είδος αυτό παρουσιάζει τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα από την άποψη μηχανικής κατασκευής, χειρισμού, συντήρησης και ασφάλειας λειτουργίας. Παρακάτω θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με αυτό το είδος καυστήρα.

1.2.14. Περιγραφή συστημάτων του καυστήρα.

1.2.14.1. Σύστημα τροφοδοσίας πετρελαίου.

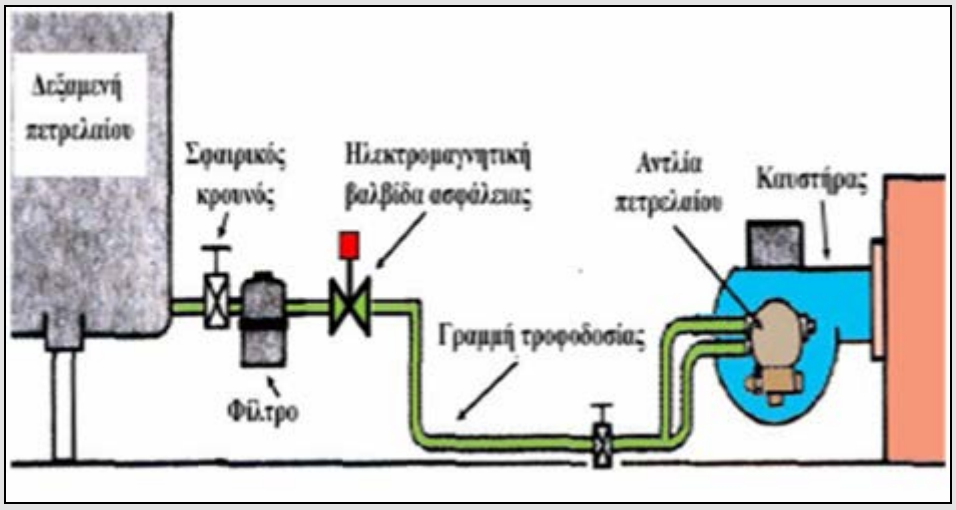
Τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος τροφοδοσίας πετρελαίου είναι:

1.Το φίλτρο

2. Η αντλία καυσίμου και

3. Ο ψεκαστήρας του πετρελαίου (ακροφύσιο (μπεκ)).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.31. *Σχηματική απεικόνιση τροφοδοσίας πετρελαίου του καυστήρα.*

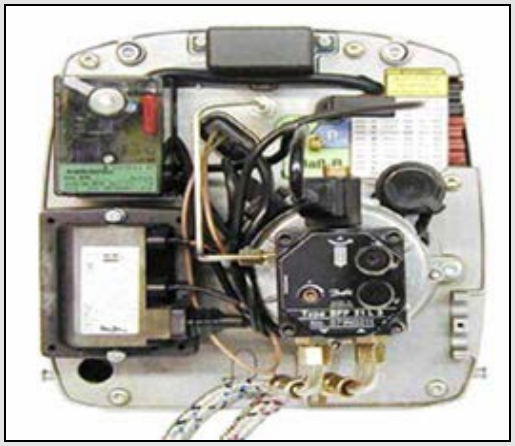
Το **φίλτρο** τοποθετείται ενδιάμεσα από τη δεξαμενή και τον καυστήρα, σε σημείο κοντά στον καυστήρα. Σκοπό έχει να κρατά τις ακαθαρσίες που μπορεί να έχει το πετρέλαιο. Το φίλτρο καθαρίζεται κάθε χρόνο μαζί με τη συντήρηση του καυστήρα γιατί το φράξιμό του έχει αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας του καυστήρα ή τη διακοπτόμενη λειτουργία του.

Σχήμα 1.2.32. *Σχηματική απεικόνιση φίλτρου πετρελαίου.*

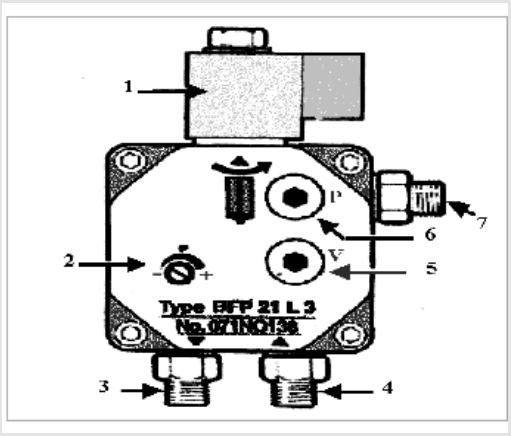
Σχήμα 1.2.33. *Σχηματική απεικόνιση τμημάτων φίλτρου πετρελαίου*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η **αντλία καυσίμου** έχει σκοπό να μεταφέρει το πετρέλαιο από τη δεξαμενή στον καυστήρα και να συμπιέζει το καύσιμο με αποτέλεσμα να βγαίνει από το μπεκ με μορφή νέφους. Οι αντλίες υψηλής πίεσης είναι ως επί το πλείστον αντλίες οδοντωτών τροχών με εξωτερική ή εσωτερική οδόντωση. Πλεονέκτημα των αντλιών οδοντωτών τροχών είναι ότι εξασφαλίζει σταθερή παροχή. Για μεγάλες ισχύεις χρησιμοποιούνται κοχλιωτές και φυγοκεντρικές αντλίες. Στους μικρούς και μεσαίους καυστήρες η αντλία καυσίμου κινείται μαζί με τον ανεμιστήρα από τον ίδιο κινητήρα. Ως προς τη φορά περιστροφής υπάρχουν δεξιόστροφες και αριστερόστροφες αντλίες.



Σχήμα 1.2.34. *Σχηματική απεικόνιση του εξαρτήματος της αντλίας πετρελαίου σε καυστήρα.*



1. Ηλεκτρομαγνητική βάνα παροχής πετρελαίου,
2. Ρυθμιστής πίεσης,
3. Επιστροφή πετρελαίου,
4. Είσοδος πετρελαίου,
5. Θέση για μέτρηση αναρρόφησης,
6. Θέση για τοποθέτηση μανομέτρου,
7. Παροχή (προς μπεκ).

Σχήμα 1.2.35. *Εμπρόσθια όψη συνήθους αντλίας πετρελαίου.*

Σκοπός του μπεκ είναι ο ψεκασμός του καυσίμου μέσα στην εστία καύσης του λέβητα. Το ακροφύσιο (μπεκ) είναι τοποθετημένο στην είσοδο του πετρελαίου προς το λέβητα. Ο ψεκασμός του πετρελαίου σε μικρά σταγονίδια (μορφή νέφους) βοηθά στην καλύτερη και ταχύτερη εξαέρωσή του και ταυτόχρονη ανάμειξη με τον αέρα. Από την ακρίβεια και την ποιότητα κατασκευής του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η ποιότητα της καύσης και η ασφαλής λειτουργία. Το ακροφύσιο σταγονιδιοποίησης εκτελεί τις ακόλουθες εργασίες:

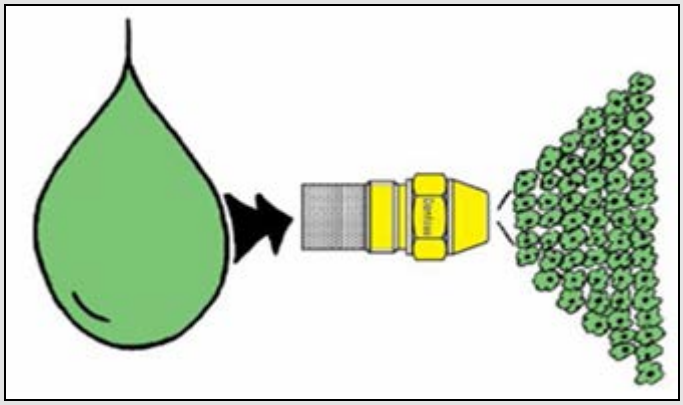
- Μετατρέπει το πετρέλαιο σε λεπτότατα σταγονίδια ως πρώτο βήμα για την ανάμιξη με τον αέρα καύσης.
- Καθορίζει την μορφή της φλόγας σε συνδυασμό με τη διάταξη οδήγησης του αέρα.
- Προσδιορίζει την ισχύ του καυστήρα με τον καθορισμό της παροχής καυσίμου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 1.2.36. *Ακροφύσιο (μπεκ).*

Το ακροφύσιο (μπεκ) τοποθετείται (βιδώνεται) στο άκρο ενός σωλήνα κατάλληλης διαμέτρου. Πάνω σε αυτό συγκρατούνται με ειδική κατασκευή τα ηλεκτρόδια σπινθηρισμού και ο στροβιλιστήρας του αέρα. Όλο μαζί αυτό το συγκρότημα είναι τοποθετημένο μέσα στο φλογοσωλήνα.

Σχήμα 1.2.37. *Σχηματική απεικόνιση του συγκροτήματος σωλήνα παροχής του καυσίμου, των ηλεκτρόδιων έναυσης και του διασκορπιστήρα.*

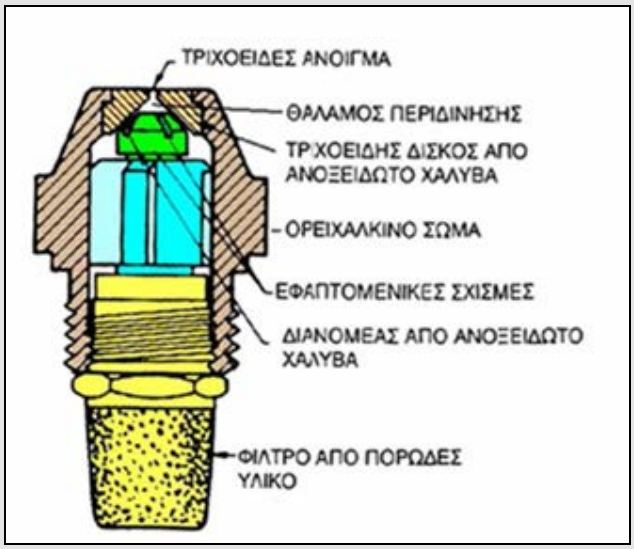


Σχήμα 1.2.38. *Σχηματική απεικόνιση ψεκασμού του ακροφυσίου.*

Με βάση τις διαστάσεις του καθορίζεται επακριβώς η ποσότητα του πετρελαίου (παροχή) σε κιλά την ώρα (kg/h) που θα ψεκαστεί, αλλά και η ποιότητα του ψεκασμού, (νέφος). Η παροχή θα πρέπει να επιλέγεται κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνεται στην ισχύ του λέβητα και του καυστήρα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Κύρια μέρη του ακροφυσίου (μπεκ). Η κεφαλή του ακροφυσίου μπεκ (ορειχάλκινη) είναι το κέλυφος και περικλείει όλα τα εξαρτήματα. Στο πίσω μέρος της βιδώνει το φίλτρο. Αυτό το φίλτρο μπορεί να είναι από πορώδη μπρούτζο ή μεταλλικό σύρμα. Στο μπροστινό μέρος της κεφαλής υπάρχει ένα ξεχωριστό εξάρτημα, κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα. Επάνω σε αυτό υπάρχει η οπή έγχυσης του καυσίμου, τριχοειδές άνοιγμα, με κατάλληλη διάμετρο ανάλογη με την παροχή του πετρελαίου. Η εσωτερική επιφάνειά του είναι κωνική.

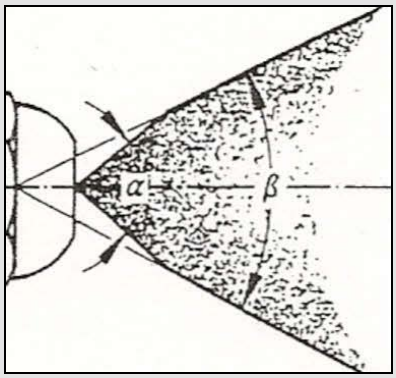


Σχήμα 1.2.39. *Σχηματική απεικόνιση μερών του* ακροφυσίου (μπεκ).

Στο εσωτερικό του μπεκ βρίσκεται **η βελόνα στροβιλισμού**. Είναι κωνική με κομμένη την κορυφή της για να σχηματίζεται ο θάλαμος περιδίνησης. Έχει χαραγμένα επάνω της τριχοειδή αυλάκια, λοξά κατά το κέντρο της, με σκοπό να δημιουργεί στροβιλώδη κίνηση στο πετρέλαιο, μέσα στον θάλαμο περιδίνησης. Το πετρέλαιο περνάει μόνο μέσα από τα τριχοειδή αυλάκια, που μπορεί να είναι 3 ή 4 ανάλογα την παροχή του μπεκ. **Το συγκρότημα συγκράτησης μίας βελόνας** στηρίζει σφίγγοντας την κωνική βελόνα μέσα στην κεφαλή. Έχει εγκοπές ή τρύπες για να περνάει το πετρέλαιο.

Λειτουργία του ακροφυσίου. Η ενέργεια που χρειάζεται για να διαχωριστεί το πετρέλαιο σε λεπτά σταγονίδια και να πάρει την μορφή νέφους, παρέχεται από την αντλία του πετρελαίου. Το πετρέλαιο ωθείται από την αντλία με πίεση περίπου από 10÷12 bar και αναγκάζεται να περάσει μέσα από τις λοξές εγκοπές (σχισμές) του διανομέα και μπαίνει στον θάλαμο στροβιλισμού (περιδίνησης). Στον θάλαμο αυτόν η ενέργεια της πίεσης μετατρέπεται σε ενέργεια ταχύτητας (κινητική ενέργεια) και το πετρέλαιο αρχίζει να περιστρέφεται. Στη συνέχεια το πετρέλαιο εκτοξεύεται από το τριχοειδές άνοιγμα του μπεκ με στροβιλισμό. Όπως το πετρέλαιο εγκαταλείπει το μπεκ, η φυγόκεντρος δύναμη που δημιουργείται με τον στροβιλισμό του το αναγκάζει να διασπάται σε πολύ μικρά σταγονίδια. Η ταχύτητα περιστροφής και η πίεση του καυσίμου καθορίζουν τη γωνία ψεκασμού. Κάτω από την επίδραση μόνο της φυγόκεντρης δύναμης, από την περιστροφή τα σταγονίδια θα εκτοξεύονταν μόνον εφαπτομενικά με τη μορφή ενός δίσκου, όπως σε ένα φυγοκεντρικό (περιστροφικό) σταγονιδιοποιητή. Επειδή όμως έχουμε δράση και προς στην αξονική κατεύθυνση μια συνιστώσα της ταχύτητας λόγω της πίεσης, προκύπτει ως συνισταμένη μια τροχιά των σταγονιδίων τέτοια, ώστε το καύσιμο να ψεκάζεται περίπου με μια κωνική περιβάλλουσα επιφάνεια. Η γωνία αυτή του κώνου χαρακτηρίζεται ως γωνία ανοίγματος «α». Η γωνία ανοίγματος εξαρτάται από το μήκος της οπής. Αν μειωθεί το μήκος της οπής, η γωνία του κώνου αυξάνει. Η γωνία ανοίγματος είναι διαφορετική από την ενεργό γωνία ψεκασμού β, η οποία προκύπτει υπό την επίδραση του αέρα καύσης και του περιβάλλοντος.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.40. *Γωνία ανοίγματος «α» και γωνία ψεκασμού «β» ακροφυσίου.*

Γωνίες ανοίγματος και ψεκασμού ακροφυσίου.

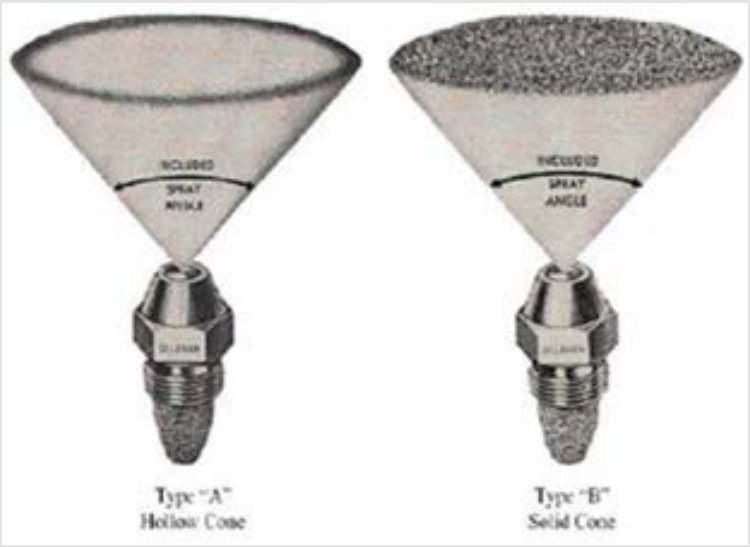
γωνία ανοίγματος α	600	700	800	900	1000	1100
γωνία ψεκασμού β	300	450	600	70^{o}	800	900

Το σχήμα της φλόγας πρέπει απαραίτητα να ταιριάζει με το σχήμα (γεωμετρία) του θαλάμου καύσης του λέβητα, χωρίς να ακουμπά στα τοιχώματα ή στο δάπεδο του θαλάμου.

Οι λίγες μοίρες δίνουν μακριά φλόγα και αντίθετα οι πολλές μοίρες κοντή φλόγα.

Για να προσαρμοσθεί η φλόγα στο χώρο καύσης εκτός από τη γωνία ψεκασμού μπορεί να μεταβληθεί η κατανομή των σταγονιδίων μέσα στον κώνο. Ο κώνος μπορεί να είναι κοίλος ή πλήρης ή ημισυμπαγής, η γωνία ψεκασμού, η κατανομή των σταγονιδίων και η οδήγηση του αέρα καύσης καθορίζουν τη μορφή και το μήκος της φλόγας. Έτσι θα πρέπει να μην αντικαθίσταται ο τύπος ακροφυσίου, ο οποίος έχει αποδειχθεί βέλτιστος για ένα χώρο καύσης.

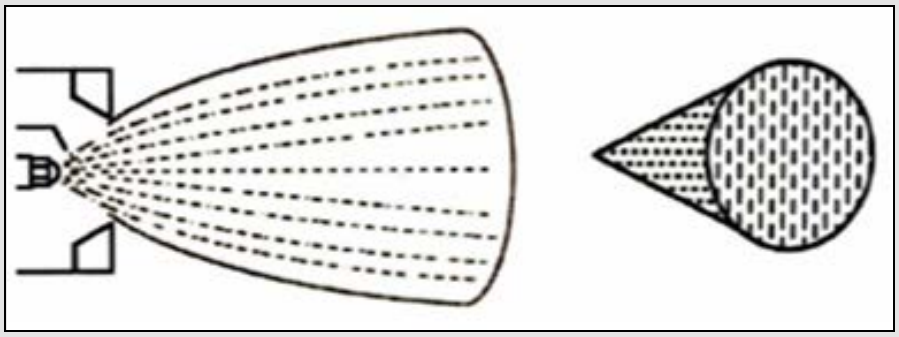
Κοίλος. Τα σταγονίδια αφήνουν μεγάλο κενό στο εσωτερικό του κώνου.



Σχήμα 1.2.41. *Σχηματική απεικόνιση του κώνου διασκορπισμού του πετρελαίου και κατ' επέκταση της φλόγας.*

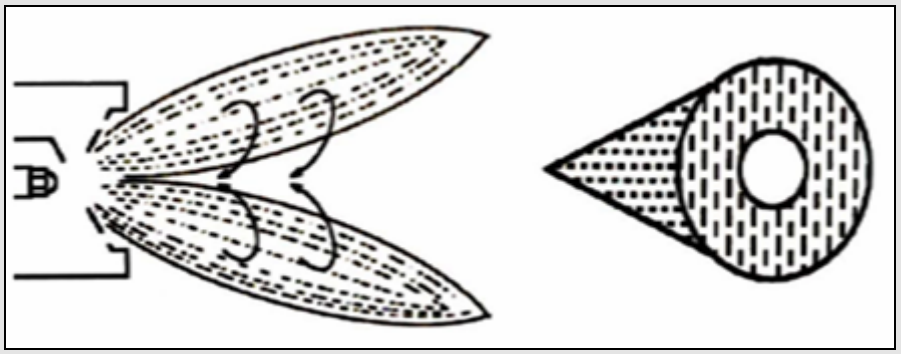
Πλήρης (συμπαγής). Τα σταγονίδια του πετρελαίου καταλαμβάνουν όλο το χώρο του κώνου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



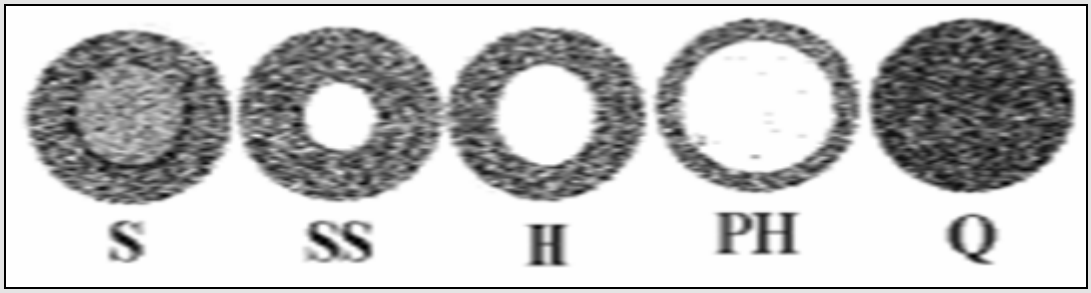
Σχήμα 1.2.42*. Σχηματική απεικόνιση συμπαγής κώνου*

Ημισυμπαγής. Τα σταγονίδια αφήνουν κενό ένα μικρό χώρο μέσα στον κώνο.



Σχήμα 1.2.43*. Σχηματική απεικόνιση ημισυμπαγή κώνου.*

Ο σκοπός της μορφής του κώνου είναι για να ταιριάζει με το σχήμα του αέρα που δίνει ο στροβιλιστήρας του αέρα. Για την αναγνώριση του κάθε είδους κώνου οι κατασκευαστές, τους έχουν χαρακτηρίσει με ένα γράμμα, που το έχουν χαραγμένο επάνω τους τα μπεκ.



Σχήμα 1.2.44. *Σχηματική απεικόνιση κόνων του μπεκ.*

Όταν ο κώνος είναι κοίλος η καύση είναι πιο ομαλή. Όταν ο κώνος είναι συμπαγής (Q, W, AR) έχουμε πιο μεγάλη πίεση, δυνατό ξεκίνημα αλλά περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα CO_2. Για μικρούς λέβητες χρησιμοποιούμε κοίλο κώνο. Γωνία ψεκασμού σε μοίρες, και κώνος ψεκασμού με βάση την Ευρωπαϊκή τυποποίηση ΕΝ.

Παλαιά τυποποίηση. Η μέτρηση για τον καθορισμό του μεγέθους του μπεκ, γίνεται με πετρέλαιο: θερμοκρασίας 20^{o}C, ειδικού βάρους 0,83, ιξώδες 4,4 mm^2/s και πίεση 7 bar (700 kpa).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 1.2.45. *Σχηματική απεικόνιση παλιάς τυποποίησης.*

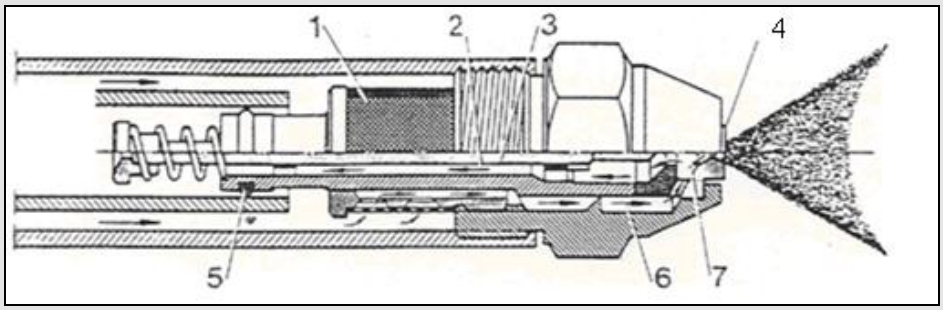
Νέα τυποποίηση. Η μέτρηση για τον καθορισμό του μεγέθους του μπεκ, με την νέα τυποποίηση της Ευρωπαϊκής ένωσης EN γίνεται με πετρέλαιο:

θερμοκρασίας 20°C, πυκνότητας 840 kg/m^2 , ιξώδες 3,4 mm^2/s και πίεση 10 bar (1.000 kpa).

Σχήμα 1.2.46. *Σχηματική απεικόνιση νέας τυποποίησης.*

Σχήμα 1.2.47. *Σχηματική απεικόνιση μελλοντικής τυποποίησης.*

Το ακροφύσιο αντεπιστροφής καυσίμου. Τα ακροφύσια αντεπιστροφής καυσίμου χρησιμοποιούνται σε μεγάλους καυστήρες, διβάθμιους ή συνεχούς ρύθμισης και εργάζονται με πιέσεις 10 έως 20 bar.



1. φίλτρο,
2. κανάλι επιστροφής,
3. ακίδα ακροφυσίου,
4. πλάκα ακροφυσίου στεγανοποίησης,
5. δακτύλιος,
6. κανάλι προσαγωγής,
7. θάλαμος στροβιλισμού.

Σχήμα 1.2.48. *Τομή ακροφυσίου αντεπιστροφής καυσίμου.*

Τα ακροφύσια αντεπιστροφής έχουν έναντι των κοινών το πλεονέκτημα ότι η ποσότητα πετρελαίου που επανακυκλοφορεί είναι ανεξάρτητη από την πραγματική παροχή, οπότε η ταχύτητα στις εφαπτομενικές εγκοπές του θαλάμου στροβιλισμού παραμένει σχεδόν σταθερή. Μειονέκτημα αποτελεί η μεταβολή (αύξηση) της γωνίας ψεκασμού, αν στραγγαλισθεί η ροή (για μείωση της παροχής).

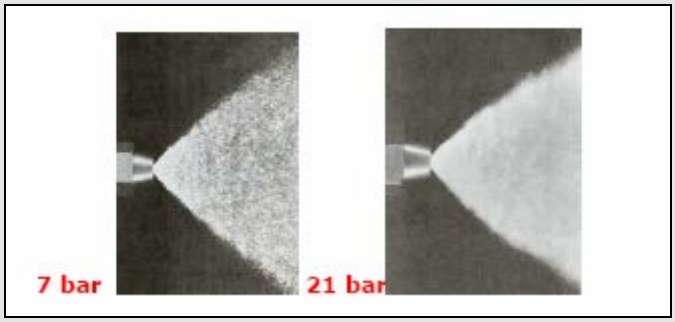
Στο ακροφύσιο αντεπιστροφής, το καύσιμο ρέει μέσω του φίλτρου και των εσωτερικών καναλιών μέχρι πριν από την πλάκα του θαλάμου στροβιλισμού. Εκεί όλη η ποσότητα του καυσίμου υπόκειται σε στροβιλισμό. Μια επί μέρους ποσότητα, εξαρτώμενη από την αντίθλιψη αντεπιστροφής, επιστρέφει μέσω του καναλιού επιστροφής, ενώ η υπόλοιπη εξέρχεται από την οπή του ακροφυσίου και σταγονιδιοποιείται. Όταν ο καυστήρας δεν λειτουργεί, τότε η οπή του ακροφυσίου κλείνεται μέσω αποφρακτικής βελόνας με τη βοήθεια ελατηρίου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ρύθμιση και επιλογή ακροφυσίων. Η παροχή του καυσίμου είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της πίεσης και της σταθεράς k του ακροφυσίου. Επειδή η μεταβολή της παροχής καυσίμου έχει άνω και κάτω όριο από την άποψη της καλής σταγονιδιοποίησης και την άποψη της μέγιστης δυνατότητας συνεχούς φόρτισης της αντλίας, με τα απλά ακροφύσια είναι δυνατή ρύθμιση της ισχύος σε αναλογία περίπου 1:1,5. Για μεγάλες ισχύς καυστήρων ορισμένες φορές απαιτείται μεγαλύτερη περιοχή ρυθμίσεων.

Η επιλογή του προκύπτει από την ισχύ του καυστήρα, και την πίεση της αντλίας. Τα μπεκ ταξινομούνται και κατατάσσονται ανάλογα με την παροχή σε κιλά ανά ώρα (kg/h). Η παροχή του μπεκ σε διάφορες πιέσεις εξαρτάται από την πυκνότητα, το ειδικό βάρος και τη θερμοκρασία του πετρελαίου.

Ψεκασμός πετρελαίου με ίδιο μπεκ αλλά με 7 bar και 21 bar



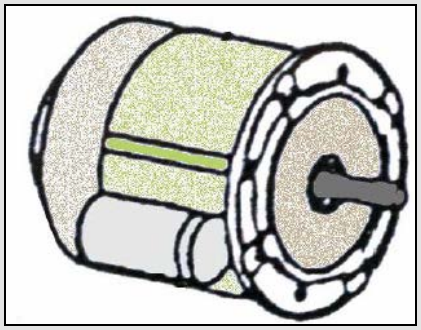
Σχήμα 1.2.49. *Σχηματική απεικόνιση μπεκ με διαφορετικές πιέσεις.*

Εάν χρειαστεί να αντικατασταθεί το μπεκ πρέπει να τοποθετηθεί ένα όπως ορίζουν οι προδιαγραφές του κατασκευαστή, για το συγκεκριμένο καυστήρα και λέβητα.

1.2.14.2. Διάταξη προσαγωγής και ανάμιξης αέρα καύσης.

Περιλαμβάνει ηλεκτροκινητήρα, φτερωτή, φλογοσωλήνα, φλογοκεφαλή, στροβιλιστήρα του αέρα (διασκορπιστήρα) και τάμπερ ή ρυθμιστή παροχής αέρα. Η διάταξη αυτή έχει σκοπό την κατά το δυνατό καλύτερη προσαγωγή και ανάμιξη του νέφους του καυσίμου με τον αέρα καύσης με ελάχιστη περίσσεια. Από αυτήν εξαρτάται η ποιότητα του μίγματος, η μορφή και το μήκος της φλόγας, ο βαθμός απόδοσης και η καλή καύση χωρίς άκαυστα. Εκτός από την καλή ανάμιξη, η διάταξη αυτή πρέπει να σταθεροποιεί τη φλόγα, ώστε να αποφεύγονται οι διακυμάνσεις.

Ηλεκτροκινητήρας: Τροφοδοτείται με τάση 220 Volt. Σκοπό έχει να δίνει κίνηση στην φτερωτή παροχής αέρα καύσης και στην αντλία πετρελαίου.



Σχήμα 1.2.50. *Σχηματική απεικόνιση ηλεκτροκινητήρα*

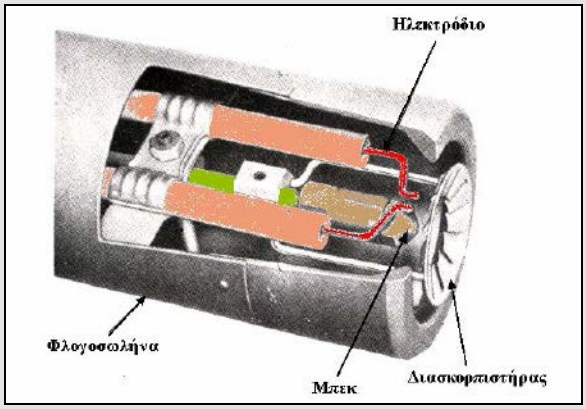
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Φτερωτή: Αναρροφά αέρα από το περιβάλλον και να τον προσάγει στον χώρο καύσης. Είναι δηλαδή ο μηχανισμός που παρέχει στον καυστήρα τη βίαιη κυκλοφορία του αέρα. Στους λέβητες θερμάνσεων οι δρομείς έχουν πτερύγια με κλίση προς τα εμπρός. Αυτοί παρουσιάζουν σε μικρές παροχές κάποια αστάθεια. Δίνουν όμως μεγαλύτερες ταχύτητες στην περίμετρο του δρομέα, οι οποίες μετατρέπονται σε στατικές πιέσεις λόγω της μορφής του κελύφους του ανεμιστήρα . Με κατάλληλη μορφή επιτυγχάνεται χαμηλός θόρυβος και υψηλός βαθμός απόδοσης, ο οποίος φθάνει μέχρι και 80%. Η πίεση του αέρα που θα περάσει για να γίνει η καύση θα πρέπει να είναι σε θέση να υπερνικήσει την πτώση πίεσης που παρουσιάζουν τα καυσαέρια μέσα στο λέβητα (αντίθλιψη).

Οι στροφές είναι από 1400 έως 2800, συνήθως 2800.Στις υψηλές στροφές έχουμε καλύτερη ανάμιξη καυσίμου-αέρα, όμως δημιουργείται μεγαλύτερος θόρυβος και καταπονείται περισσότερο η αντλία καυσίμου.

Σχήμα 1.2.51. *Σχηματική απεικόνιση φτερωτής.*

Φλογοσωλήνας: Είναι το εξάρτημα που οδηγεί τον αέρα που στέλνει η φτερωτή προς τον θάλαμο καύσης. Μέσα από το φλογοσωλήνα περνούν ο σωλήνας παροχής πετρελαίου, και τα ηλεκτρόδια υψηλής τάσης.

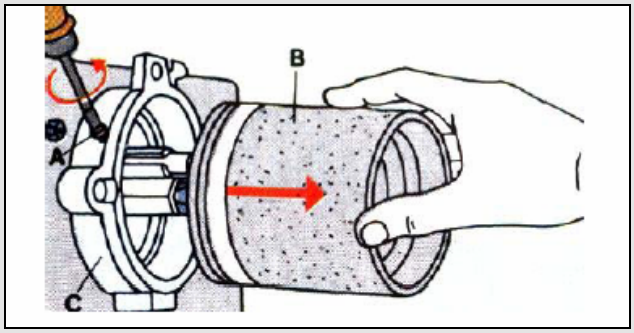


Σχήμα 1.2.52. *Σχηματική απεικόνιση φλογοσωλήνα.*

Το τελείωμά της λέγεται μπούκα (φλογοκεφαλή) και καταλήγει σε κωνική διαμόρφωση. Ο φλογοσωλήνας έχει την δυνατότητα να κινείται μέσα – έξω προς την εστία του λέβητα.

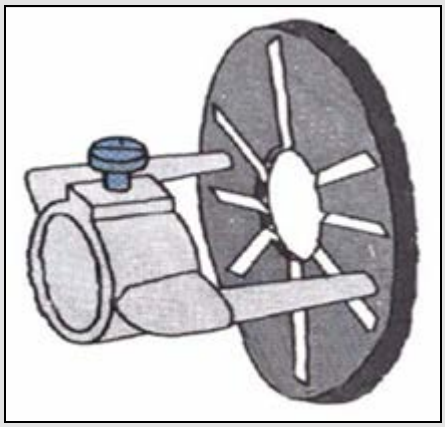
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Φλογοκεφαλή: Το μπροστινό μέρος του φλογοσωλήνα είναι ανεξάρτητο, και λέγεται φλογοκεφαλή ή μπούκα. Στην φλογοκεφαλή γίνεται η ανάμειξη του αέρα με το πετρέλαιο, και η κύρια καύση.

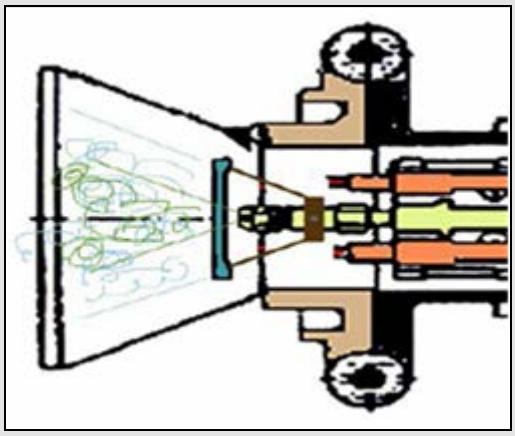


Σχήμα 1.2.53. *Σχηματική απεικόνιση φλογοκεφαλής.*

Στροβιλιστήρας του αέρα (διασκορπιστήρα): Είναι ένας δίσκος με λοξές σχισμές και με μία οπή στη μέση. Από τις λοξές σχισμές περνάει ο αέρας και αναγκάζεται να στροβιλίζεται. Σκοπό έχει να στροβιλίζει τον αέρα που προέρχεται από τη φτερωτή. Κατά τον στροβιλισμό του ο αέρας αναμειγνύεται με το πετρέλαιο, που βγαίνει από το μπεκ με μορφή νέφους. Δηλαδή μπροστά από το διασκορπιστήρα και μέσα στην μπούκα σχηματίζεται καύσιμο μείγμα.



Σχήμα 1.2.54. *Σχηματική απεικόνιση του στροβιλιστήρα του αέρα.*



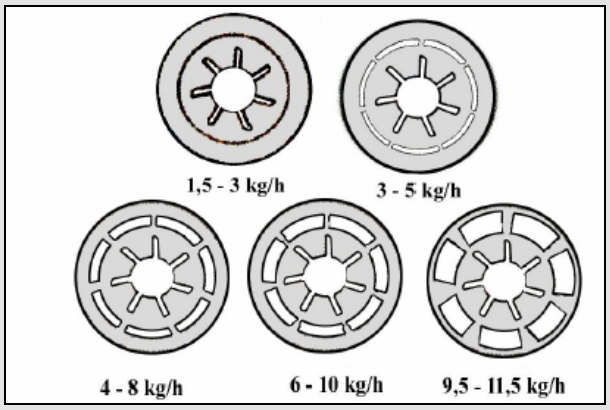
Σχήμα 1.2.55. *Σχηματική απεικόνιση στροβιλιστήρα του αέρα από πλάγια όψη.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Εκτός αυτού, με τον στροβιλισμό γίνεται καλύτερη ανάμειξη αέρα-πετρελαίου με αποτέλεσμα το μείγμα να γίνει ομοιόμορφο. Στερεώνεται επάνω στον σωλήνα προσαγωγής πετρελαίου του καυστήρα ο οποίος βρίσκεται μέσα στην φλογοκεφαλή ή μπούκα, και μερικά χιλιοστά μπροστά από το μπεκ. Σε κάθε καυστήρα ταιριάζει ένας και

μόνο στροβιλιστήρας. Η κατασκευή του εξαρτάται από την ισχύ του καυστήρα.

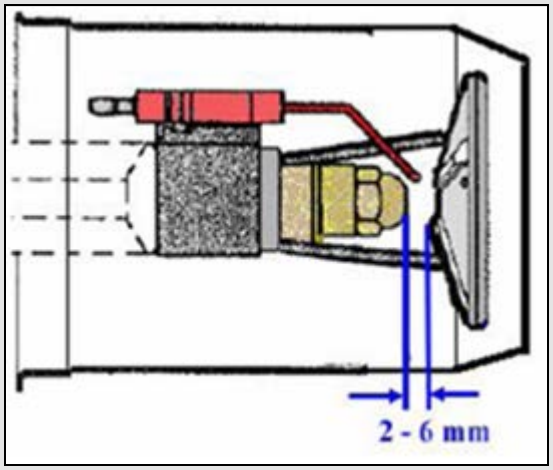
Διάφοροι στροβιλιστήρες ανάλογα την παροχή του πετρελαίου: Ο στροβιλιστήρας σε συνδυασμό με τη θέση της φλογοκεφαλής μας δίνει την δυνατότητα να ρυθμίσουμε την ποιότητα της φλόγας. Με την κίνησή και τη διαμόρφωσή της, μπορεί να ρυθμιστεί η ποσότητα του αέρα που περνά γύρω από το διασκορπιστήρα.



Σχήμα 1.2.56. *Σχηματική απεικόνιση στροβιλιστήρων αέρα.*

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της πίεσης στο κέντρο του στροβιλισμού, και την αύξηση στην περιφέρεια. Στην καύση του πιεστικού καυστήρα υπάρχει μία ομοιότητα με τον ατμοσφαιρικό καυστήρα του αερίου. Υπάρχει και εδώ πρωτεύων και δευτερεύων αέρας.

Ο πρωτεύων σε ποσοστό 80-90% είναι ο αέρας που περνάει μέσα από τον διασκορπιστή. Το υπόλοιπο είναι ο δευτερεύων αέρας που περνάει γύρο του. Ο δευτερεύων αέρας βοηθάει να καούν τα υπολείμματα άκαυστου καυσίμου.



Σχήμα 1.2.57. *Σχηματική απεικόνιση ενδεικτικής απόστασης του στροβιλιστήρα και του μπεκ.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

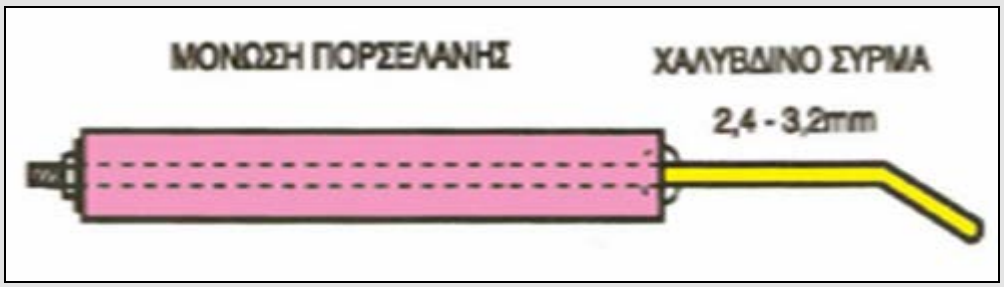
Ρυθμιστής παροχής αέρα (τάμπερ): Είναι τοποθετημένο στην είσοδο του αέρα και ελέγχει την ποσότητα που αναρροφά η φτερωτή, έτσι ώστε ο αέρας να είναι αντίστοιχος με την ποσότητα του ψεκαζόμενου πετρελαίου. Με την προϋπόθεση ότι η παροχή του πετρελαίου είναι σταθερή. Σε καλούς και ακριβούς καυστήρες το διάφραγμα αυτό είναι αυτόματο, και κλείνει όταν ο καυστήρας τίθεται εκτός λειτουργίας.

1.2.14.3. Σύστημα ανάφλεξης.

Το σύστημα ανάφλεξης περιλαμβάνει: Μετασχηματιστή υψηλής τάσης, καλώδια και ηλεκτρόδια σπινθηρισμού, φωτοηλεκτρικό αισθητήρα φλόγας και τον αυτόματο ηλεκτρικό πίνακα, ή αυτόματο ελέγχου ή προγραμματιστή.

Μετασχηματιστής υψηλής τάσης (έναυσης): Με αυτόν μετασχηματίζεται (πολλαπλασιάζεται) η τάση του ρεύματος δικτύου από 220 σε 15.000 Volts.

Καλώδια και ηλεκτρόδια σπινθηρισμού: Μπροστά από το μπεκ και πίσω από τον στροβιλιστή τοποθετούνται οι σπινθηριστές. Οι σπινθηριστές τοποθετούνται υπό γωνία 45^0 ή 60^0, σε απόσταση μεταξύ τους 2-3 mm. Η απόστασή τους από το κέντρο του μπεκ είναι περίπου 4mm. Σκοπός των ηλεκτροδίων ανάφλεξης είναι να δημιουργούν τον απαραίτητο σπινθήρα για την έναρξη της καύσης του πετρελαίου.



Σχήμα 1.2.58. *Ηλεκτρόδιο σπινθηρισμού.*

Η λειτουργία του σπινθήρα διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα και κατά την έναρξη της λειτουργίας του καυστήρα. Όταν σταθεροποιηθεί στο θάλαμο καύσης η φλόγα, το σύστημα ανάφλεξης τίθεται εκτός λειτουργίας.

Ο σπινθήρας δημιουργείται όταν το ρεύμα της υψηλής τάσης μεταφέρεται με καλώδια στα άκρα των ηλεκτρόδιων ανάφλεξης, που στην άκρη τους είναι διαμορφωμένα σε ακίδες. Η υψηλή τάση δημιουργεί έντονο σπινθήρα μεταξύ των δύο ακίδων εξ' αιτίας της υπερπήδησης του ρεύματος.

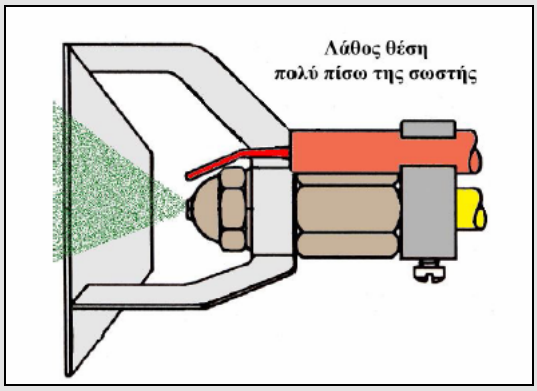
Για να έχουμε εύκολη έναυση της φλόγας θα πρέπει ο σπινθήρας που δίνουν οι ακίδες των ηλεκτροδίων να είναι καλής ποιότητας.

Οι προϋπόθεσης για καλό σπινθήρα είναι: Η καλής ποιότητας υψηλή τάση, οι ακίδες πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση και καθαρές και η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων, του μπεκ και του διασκορπιστή, να είναι οι προβλεπόμενες του κατασκευαστή.

Σημαντικό ρόλο παίζει η θέση των ακίδων των ηλεκτροδίων σε σχέση με την έξοδο του πετρελαίου. Όταν είναι πολύ κοντά στο ακροφύσιο (μπεκ), δεν υπάρχει επαρκές ψεκαζόμενο πετρέλαιο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αναφλέξιμο μίγμα.

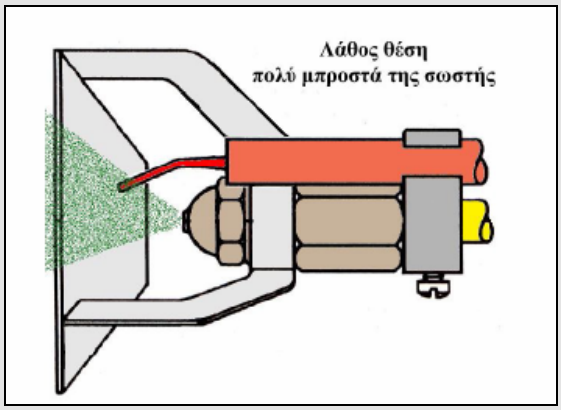
~~Όταν είναι πολύ κοντά στο μπεκ, δεν υπάρχει επαρκές ψεκαζόμενο πετρέλαιο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αναφλέξιμο μείγμα.~~

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

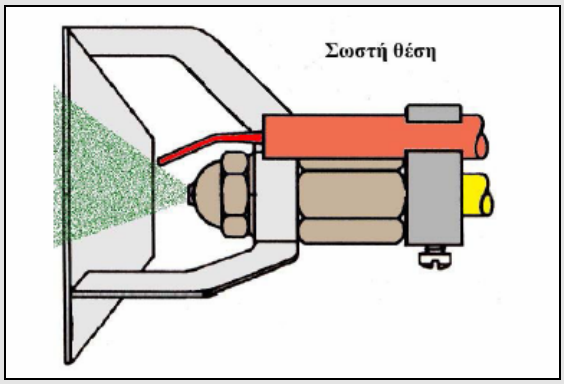


Σχήμα 1.2.59. *Σχηματική απεικόνιση λάθος θέση σπινθηριστή.*

Η πολύ μακρινή απόσταση από το μπεκ έχει σαν αποτέλεσμα να βρέχονται οι ακίδες, από το ψεκαζόμενο πετρέλαιο με αποτέλεσμα ο σπινθήρας να είναι ακατάλληλος για την έναυση του μίγματος.



Σχήμα 1.2.60. *Σχηματική απεικόνιση λάθος θέσης σπινθηριστή.*

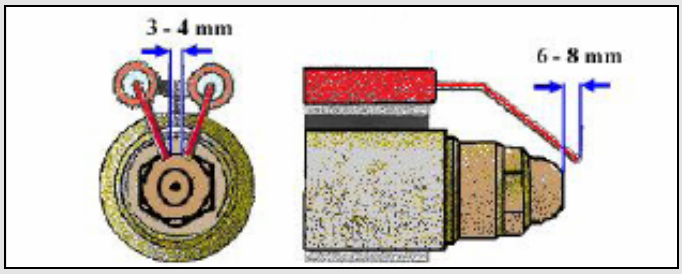


Σχήμα 1.2.61. *Σχηματική απεικόνιση σωστής θέσης σπινθηριστή.*

Η μεγάλη απόσταση μεταξύ των ακίδων δημιουργεί ασθενές σπινθήρα έως καθόλου, που εξασθενεί με την βεβιασμένη παροχή του αέρα με αποτέλεσμα να μην αναφλέγεται το πετρέλαιο. Η μικρή απόσταση μεταξύ τους δημιουργεί μικρό σπινθήρα έως καθόλου, που δεν είναι αρκετός για την ανάφλεξη του πετρελαίου.

.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.62 *Σχηματική απεικόνιση ρύθμισης ακίδων.*

Φωτοηλεκτρικός αισθητήρας φλόγας: Βλέπει φως στην περιοχή 400 έως 800 nm. Μπορεί να είναι ένα φωτοστοιχείο ή μια φωτοαντίσταση. Το φωτοστοιχείο (φωτοκύτταρο) έχει ένα στρώμα σεληνίου, όπου με την πρόσπτωση φωτός παράγεται ασθενής συνεχής τάση, η οποία δίνει σήμα στο όργανο ελέγχου. Η ευαισθησία απόκρισης στο φωτοστοιχείο είναι 25-150 Lux με ρεύμα 8-25 mA. Η φωτοαντίσταση έχει ένα στρώμα θειούχου καδμίου, όπου με τη πρόσπτωση του φωτός μεταβάλλεται η ηλεκτρική του αντίσταση, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ένταση του διερχόμενου ρεύματος. Η ευαισθησία απόκρισης στη φωτοαντίσταση είναι 15-25 Lux με ρεύμα 6-160 mA. Ο σκοπός του αισθητήρα είναι ο έλεγχος της φλόγας. Με τη βοήθειά του, ο αυτόματος πίνακας ελέγχου ενεργεί στον σπινθηρισμό αρχικής έναυσης, (τον σταματά μετά το άναμμα της φλόγας). Ενώ κατά τη λειτουργία του καυστήρα (σε πιθανό σβήσιμο της φλόγας ‘’βλάβη’’) διακόπτει την λειτουργία του.

Αυτόματος ηλεκτρικός πίνακας, ή αυτόματος ελέγχου ή προγραμματιστής: Ο σκοπός του είναι να ελέγχει την αυτόματη και ασφαλή λειτουργία του καυστήρα. Η διάταξη (ή συσκευή) ελέγχου, γνωστή διευθύνει και επιτηρεί όλες τις λειτουργίες του καυστήρα. Οι σχετικές απαιτήσεις ασφαλείας εξαρτώνται κατά πρώτον από το μέγεθος (θερμική ισχύ) του καυστήρα και από τον τρόπο λειτουργίας του, αν δηλαδή είναι διακοπτόμενη ή συνεχής. Ο κατασκευαστής με τον προγραμματιστή επιτυγχάνει:

- Την εκκίνηση του ηλεκτροκινητήρα.
- Την λειτουργία του κυκλώματος υψηλής τάσης.
- Την έναυσης του καυστήρα.
- Τον έλεγχο της φλόγας.
- Επίσης σε περίπτωση βλάβης αναστέλλει αυτόματα όλες τις λειτουργίες.
- Υπάρχει η δυνατότητα ξεμπλοκαρίσματος του με μπουτόν επαναφοράς.

Οι μικροί καυστήρες με παροχή έως 30 kg/h έχουν διατάξεις ελέγχου, στις οποίες η εκτέλεση του προγράμματος διευθύνεται και εξελίσσεται με απλό τρόπο μέσω διμεταλλικών στοιχείων. Σε καυστήρες με παροχή μεγαλύτερη από 30 kg/h ο χρόνος ασφαλείας είναι για την εκκίνηση μόνον 5 sec, ενώ σε λειτουργία μόνον 1 sec. Επιτρέπεται μια επανεκκίνηση, όχι όμως μια άμεση επανέναυση.

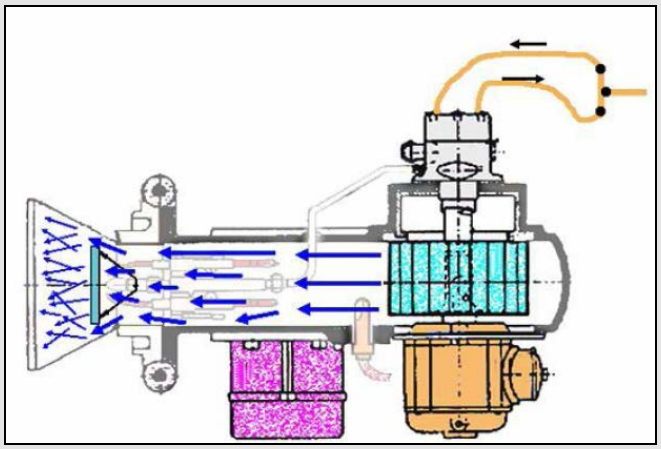
1.2.14.4. Λειτουργία του καυστήρα.

Η παροχή του ρεύματος συνδέεται στις κατάλληλες επαφές του αυτόματου ελέγχου. Οι άλλοι μηχανισμοί για να λειτουργήσουν παίρνουν ρεύμα δια μέσου του αυτόματου. Δηλαδή ο αυτόματος με βάση των προγραμματισμό του εκκινεί με μία σειρά τις συσκευές. Η λειτουργία του καυστήρα σε φάσεις:

α. Φάση πρώτη: Προ-αερισμός. Η λειτουργία του καυστήρα ξεκινά, με τον αυτόματο ελέγχου να οπλίζει τον κατάλληλο ρελέ εκκίνησης του ηλεκτροκινητήρα. Με την εκκίνηση του ηλεκτροκινητήρα λειτουργεί η φτερωτή παροχής αέρα και η αντλία πετρελαίου η οποία είναι συνδεδεμένη στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα. Η φτερωτή αναρροφά αέρα από το περιβάλλον. Ο αέρας περνώντας μέσα από το φλογοσωλήνα, οδηγείται στον διασκορπιστή και διασκορπίζεται στην εστία του λέβητα. Από εκεί

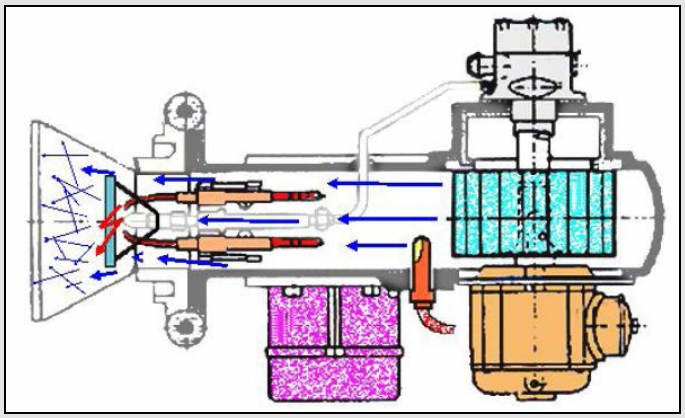
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

περνά από τους αεριοαυλούς του λέβητα, τον καπνοθάλαμο και από την καπνοδόχο οδηγείται στο περιβάλλον. Αυτό λέγεται προ-αερισμός του λέβητα και διαρκεί περίπου 20-30 sec. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από τον κατασκευαστή του καυστήρα. Ο προαερισμός καθαρίζει την εστία και τους αεριοαυλούς του λέβητα από τυχών αναθυμιάσεις άκαυτου πετρελαίου, καπνιές κ.τ.λ.



Σχήμα 1.2.63. *Προαερισμός.*

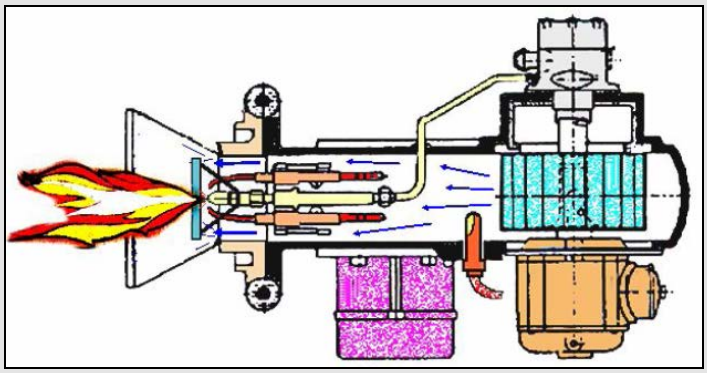
β. Φάση δεύτερη: Σπινθηρισμός. Η δεύτερη εντολή του αυτόματου ελέγχου, είναι η τροφοδότηση του πολλαπλασιαστή με 220 V. Ο πολλαπλασιαστής πολλαπλασιάζει την τάση των 220 V σε 15.000 V. Η τάση αυτή οδηγείται με καλώδια υψηλής τάσης στα ηλεκτρόδια.



Σχήμα 1.2.64. *Λειτουργία σπινθηριστή*

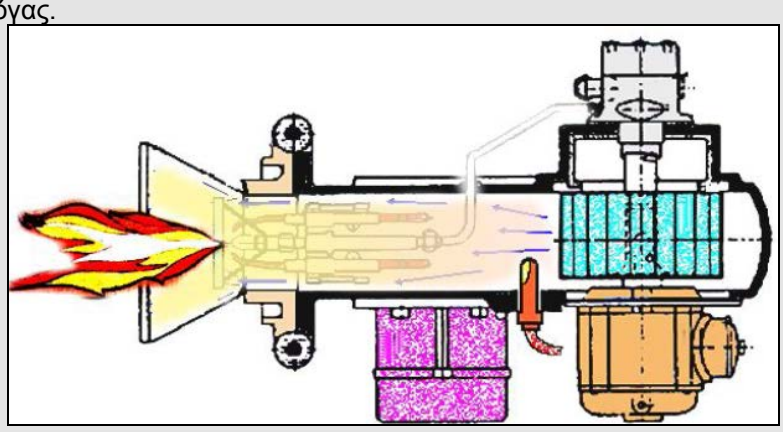
γ. Φάση τρίτη: Έγχυση πετρελαίου. Μετά από τον προ-αερισμό και σχεδόν τον ταυτόχρονο σπινθηρισμό, η τρίτη εντολή του αυτόματου ελέγχου, είναι να τροφοδοτήσει με ρεύμα την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα παροχής πετρελαίου. Η βαλβίδα ανοίγει και το πετρέλαιο με υψηλή πίεση οδηγείται στο μπεκ. Με τη βοήθεια του διασκορπιστήρα αναμειγνύεται με τον αέρα (*που ήδη στροβιλίζεται*) και δημιουργείται ένα καύσιμο μίγμα, αέρα-πετρελαίου. Ταυτόχρονα αναφλέγεται από τον σπινθήρα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.65. *Ανάφλεξη του σπινθήρα.*

δ. Φάση τέταρτη: Ασφάλεια. Σε αυτό το χρονικό σημείο και μέχρι να σταθεροποιηθεί η φλόγα μέσα στην εστία του λέβητα, ο σπινθηρισμός δεν σταματά. Για να προχωρήσει στην επόμενη εντολή ο αυτόματος ελέγχου πρέπει ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας να ενεργοποιηθεί από την φωτεινότητα της φλόγας.



Σχήμα 1.2.65. *Έλεγχος της φλόγας από τον φωτοηλεκτρικό αισθητήρα.*

Σε περίπτωση που η φλόγα δεν είναι αυτή που πρέπει, ή δεν υπάρχει καθόλου φλόγα για οποιονδήποτε λόγο μέσα σε **3-5 sec**, ο αυτόματος ελέγχου σταματά όλες τις ενέργειες και ανάβει ένα ενδεικτικό λαμπάκι.

ε. Φάση πέμπτη: Σωστής λειτουργίας. Όταν η ωμική αντίσταση της φωτοαντίστασης δεν είναι η κανονική, τότε ο αυτόματος ελέγχου σταματά μόνο τον σπινθηρισμό και αφήνει να λειτουργεί ο ηλεκτροκινητήρας, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και παράλληλα ελέγχει τη φλόγα από τη φωτοαντίσταση.

Σε περίπτωση που σβήσει ή αδυνατίσει η φλόγα (λόγο έλλειψης αέρα, πετρελαίου ή άλλη αιτία) τότε το σήμα της φωτοαντίστασης δεν είναι το σωστό και ο αυτόματος διακόπτει όλες τις λειτουργίες του καυστήρα ανάβοντας το ενδεικτικό λαμπάκι.

Άρα το σήμα της φωτοαντίστασης είναι βασικότατο, είναι αυτό που ελέγχει όλη την λειτουργία του καυστήρα.

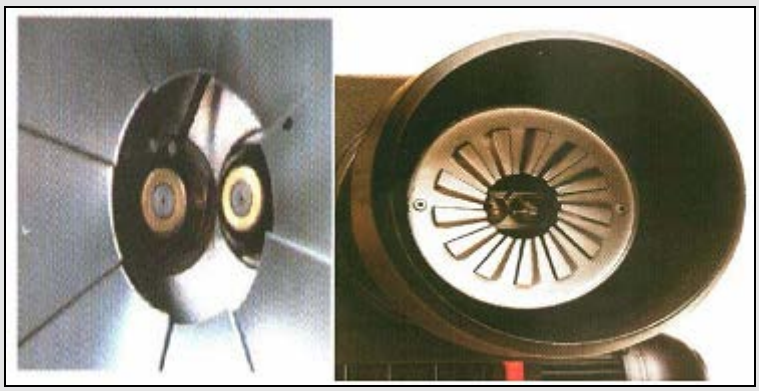
1.2.14.5. Καυστήρες μονοβάθμιοι και διβάθμιοι.

Ανάλογα με την ισχύ, οι καυστήρες μπορεί να είναι μονοβάθμιοι ή διβάθμιοι.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

α. Μονοβάθμιος: Ο μονοβάθμιος καυστήρας λειτουργεί μονίμως στην ισχύ για την οποία έχει ρυθμιστεί. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις ο μονοβάθμιος καυστήρας είναι αντιοικονομικός, και καταπονεί το σύστημα λέβητα- καυστήρα.

β. Διβάθμιος: Χρησιμοποιώντας το διβάθμιο καυστήρα η αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος γίνεται σταδιακά και δεν αναπτύσσονται θερμοκρασιακές τάσεις λόγω της απότομης αύξησης της θερμοκρασίας. Στους καυστήρες αυτούς μπορούμε να έχουμε ένα μπεκ ή δύο μπεκ με δύο φλόγες. Η αντλία του διβάθμιου καυστήρα μπορεί να έχει δύο παροχές και δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για την παροχή των δύο μπεκ.



Σχήμα 1.2.66. *Σχηματική απεικόνιση διβάθμιου καυστήρα με δύο μπεκ.*

1.2.15.Καυστήρες αερίου.

Οι καυστήρες αερίου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Ατμοσφαιρικοί καυστήρες: λειτουργούν είτε με τον ελκυσμό της καμινάδας είτε με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα ο οποίος απάγει τα καυσαέρια. Και στις δύο περιπτώσεις στο θάλαμο καύσης δημιουργείται υποπίεση.
2. Πιεστικοί καυστήρες: έχουν έναν φυσητήρα (ανεμιστήρα), ο οποίος προσάγει τον αέρα καύσης στο θάλαμο καύσης. Ως αποτέλεσμα μέσα στο θάλαμο καύσης έχουμε υπερπίεση.

Οι ατμοσφαιρικοί καυστήρες περιγράφονται στην παράγραφο 1.2.12.

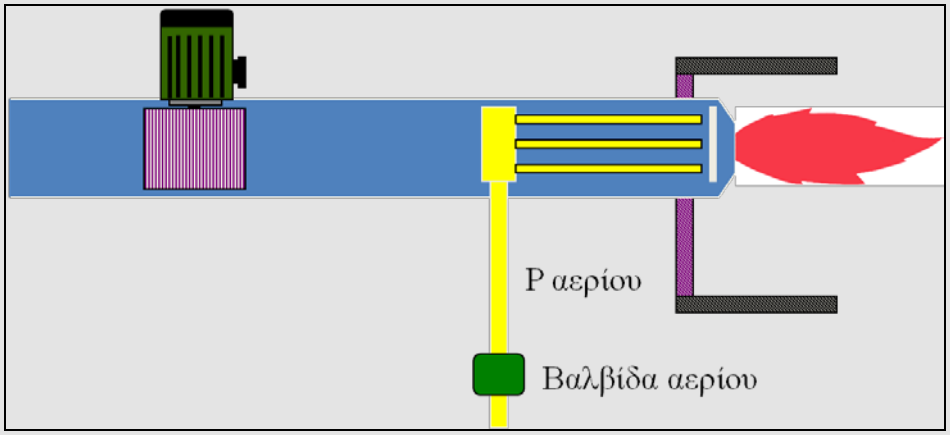
Οι πιεστικοί καυστήρες είναι όμοιοι σε εμφάνιση και λειτουργία με τους πιεστικούς καυστήρες πετρελαίου. Συνήθως – αν εξαιρέσουμε τις μονάδες συμπυκνώσεως (βλ. σχήμα 1) – οι καυστήρες αερίου, όπως και οι πετρελαίου διατίθενται αυτόνομα και μπορούν να συνδυαστούν με ένα μεγάλο εύρος λεβήτων, χυτοσιδηρών ή χαλύβδινων. Σχεδόν όλοι οι σύγχρονοι λέβητες πετρελαίου μπορούν να συνδυαστούν και με καυστήρα αερίου. Η επιλογή γίνεται, όπως και με τους καυστήρες πετρελαίου βάση της ισχύος και της υπερνίκησης της αντίστασης καυσαερίου του λέβητα. Ένας πιεστικός καυστήρας αερίου αποτελείται από:

1. Τη βαλβίδα αερίου, η οποία ρυθμίζει την παροχή του αερίου.
2. Το φυσητήρα, ο οποίος προσάγει τον αέρα καύσεως
3. Τη φλογοκεφαλή, από την οποία γίνεται η είσοδος του αερίου και του αέρα, ή και του μίγματος αυτών (ανάλογα με το είδος του καυστήρα) στο θάλαμο καύσης
4. Το σύστημα ελέγχου, το οποίο ελέγχει την παροχή του καυσίμου και του αέρα, δημιουργεί τον σπινθηρισμό και επιτηρεί την καύση.

Σε σχέση με τα στάδια λειτουργίας αυτών οι καυστήρες αερίου μπορούν να χωριστούν σε:

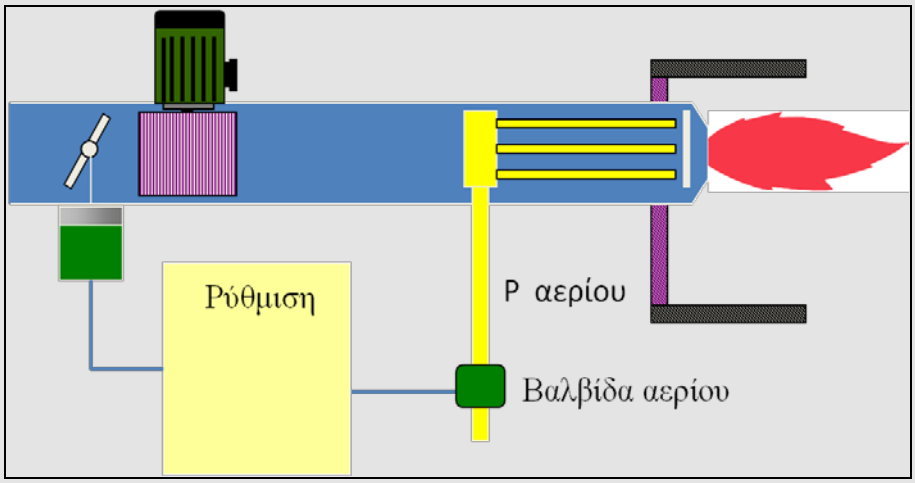
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Α. Μονοβάθμιους. Ένας μονοβάθμιος καυστήρας λειτουργεί με μία και μοναδική παροχή αερίου και αέρα καύσης (σχήμα 1.2.67).



Σχήμα 1.2.67: *Σχηματικό διάγραμμα μονοβάθμιου καυστήρα.*

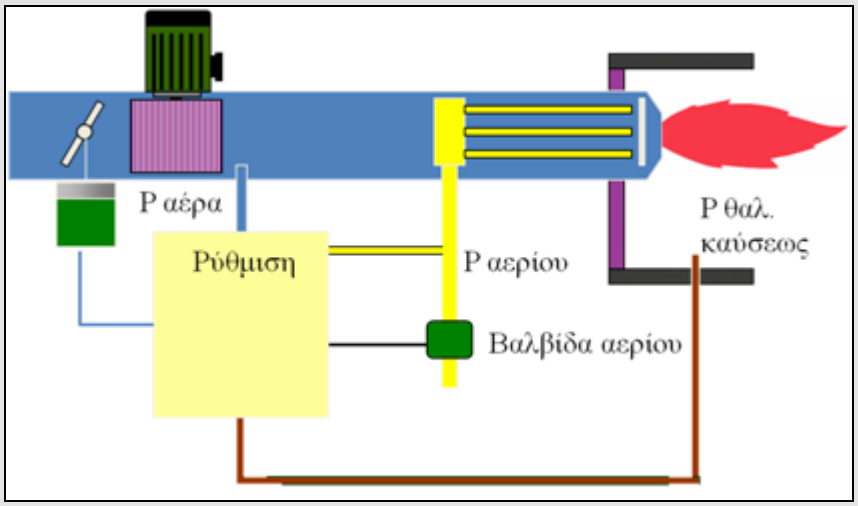
Β. Διβάθμιους ή γενικά πολυβάθμιους. Ένας ν-βάθμιος καυστήρας λειτουργεί με ν διαφορετικές βαθμίδες. Κάθε βαθμίδα αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη παροχή καυσίμου και μία συγκεκριμένη παροχή αέρα καύσεως. Η βαλβίδα του αερίου σε αυτή την περίπτωση συγκρατεί και αναπαράγει παροχές αερίου για ν διαφορετικές βαθμίδες. Για τη ρύθμιση της παροχής του αέρα καύσεως υπάρχει συνήθως ένα τάμπερ το οποίο ρυθμίζει πόσο ανοικτή θα είναι η είσοδος του αέρα στον καυστήρα.



Σχήμα 1.2.68: *Σχηματικό διάγραμμα διβάθμιου καυστήρα*

Γ. Αναλογικούς καυστήρες. Ένας αναλογικός καυστήρας λειτουργεί αδιαβάθμητα από την μικρότερη μέχρι την μεγαλύτερη βαθμίδα του, ρυθμίζοντας την παροχή του αερίου και του αέρα καύσεως μετρώντας ανά πάσα στιγμή τις πιέσεις αερίου αέρα και (κάποιοι καυστήρες) του θαλάμου καύσεως. Έτσι αυτορυθμίζεται συνεχώς αδιαβάθμητα στην ισχύ που ζητείται ανά πάσα στιγμή. Η βαλβίδα αερίου αυτών των καυστήρων ρυθμίζεται αδιαβάθμητα ανάλογα με τις υπόλοιπες συνθήκες. Για την παροχή του αέρα καύσεως χρησιμοποιείται είτε αναλογικό τάμπερ είτε φυσητήρας inverter.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.2.69: *Σχηματικό διάγραμμα αναλογικού καυστήρα.*

1.2.16. Αρχές λειτουργίας καυστήρων χαμηλών εκπομπών.

Είναι γνωστά τα κριτήρια επιλογής καυστήρα υγρού καυσίμου, δηλαδή ότι είναι απαραίτητη η γνώση της αντίστασης του καυσαερίου στο λέβητα ώστε να μπορεί να ανατρέξει κανείς στα αντίστοιχα διαγράμματα του καυστήρα. Αυτή η ενέργεια είναι πολύ βασική για την αποδοτική λειτουργία του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα. Οι πιεστικοί καυστήρες για να πλησιάσουν την τέλεια καύση, διασκορπίζουν το πετρέλαιο στο χώρο του λέβητα με τη μορφή νέφους λεπτών σταγονιδίων (εκνέφωση). Η διαδικασία αυτή μπορεί να χωριστεί στις εξής επιμέρους:

- Δημιουργία δέσμης καυσίμου (σταγονίδια σταθερής διατομής).
- Δημιουργία ομογενούς μείγματος αέρα – καυσίμου.
- Σταδιακή θέρμανση του μείγματος από το καύσιμο που έχει ήδη αναφλεγεί.
- Έναυση στο μέτωπο της φλόγας.
- Καύση του συνόλου του μείγματος.

Γενικά, η βασική αρχή λειτουργίας των καυστήρων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας είναι η ψύξη της φλόγας μέσω αναστροφής των καυσαερίων, διαδικασία που αυξάνει τον όγκο της και συνεπώς την επιφάνεια ακτινοβολίας της φλόγας. Η σταθερότητα της φλόγας και το χρώμα της μέσα στο θάλαμο καύσης του λέβητα μας δίνουν τις πρώτες ενδείξεις για την ποιότητα της καύσης. Κυριαρχούν δυο είδη καυστήρων:

1.2.16.1. Καυστήρες με ανακυκλοφορία καυσαερίου.

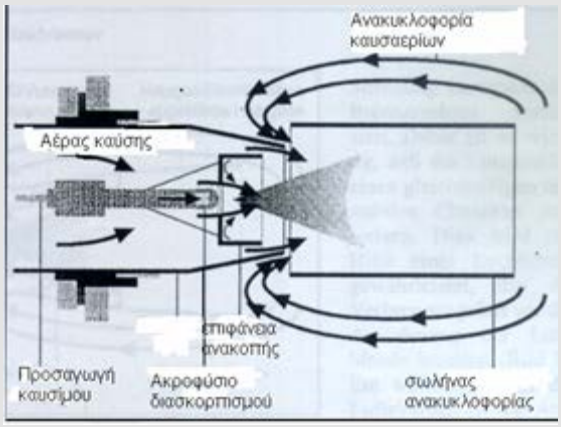
Στους καυστήρες αυτούς, τα σταγονίδια του καυσίμου αναμιγνύονται με τον αέρα καύσης και διασκορπίζονται με μορφή νέφους σταγονιδίων με τη βοήθεια των θερμών καυσαερίων που επιστρέφουν τοπικά στο σημείο έναυσης. Η θερμοκρασία εξαερίωσης του πετρελαίου βρίσκεται ανάμεσα στους 160^{o}C και 380^{o}C, ενώ η θερμοκρασία έναυσης του μείγματος αέρα – καυσίμου βρίσκεται στους 230^{o}C. Έτσι, πριν την έναυση μπορεί να μην γίνει πλήρης εξάτμιση του καυσίμου και αναγκαστικά παραμένει ένα μέρος άκαυστου άνθρακα (αιθάλη), που δίνει στη φλόγα το κίτρινο χρώμα της.

Η μείωση των εκπομπών NOx σε αυτό το είδος των καυστήρων επιτυγχάνεται με τοποθέτηση ενός σωλήνα ανακυκλοφορίας μπροστά από την κεφαλή του καυστήρα. Μέσω του σωλήνα αυτού

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

οδηγούνται καυσαέρια ξανά πίσω στη φλόγα και έτσι αποφεύγεται η ανύψωση της θερμοκρασίας στο κέντρο της άνω των 1300^{o}C.

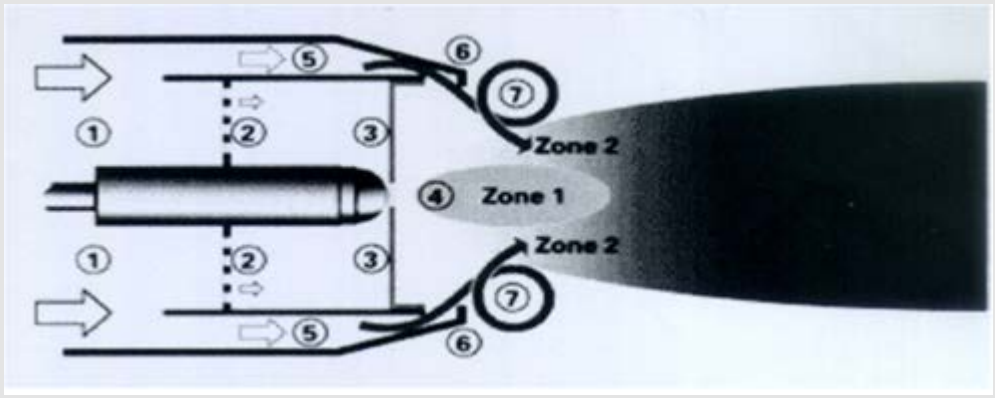
Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των καυστήρων αυτών είναι η σταθεροποίηση της καύσης μέσω της επιφάνειας ανακοπής στην κεφαλή του καυστήρα. Προϋπόθεση για τη σταθεροποίηση της αντίδρασης είναι η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της ταχύτητας της ροής του μείγματος και της φλόγας. Η επιφάνεια ανακοπής αυξάνει την ταχύτητα του εισερχόμενου αέρα λόγω της στένωσης της διατομής. Στα κατάντι της ροής πέφτει σημαντικά η ταχύτητα έτσι ώστε με εξίσωση των ταχυτήτων των δύο ρευμάτων να μπορεί να σχηματισθεί μέτωπο φλόγας. Οι καυστήρες αυτοί λειτουργούν με πίεση ανεμιστήρα 3 – 6 mbar. Στο σχήμα 1.2.70 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του καυστήρα χαμηλών εκπομπών NO_x με ανακυκλοφορία καυσαερίων.



Σχήμα 1.2.70: *Καυστήρας χαμηλών εκπομπών NO_x με ανακυκλοφορία καυσαερίων.*

1.2.16.2. Καυστήρες πλήρους εξαέρωσης του καυσίμου.

Σε αντίθεση με την προηγούμενη τεχνική, η παρούσα εξασφαλίζει πλήρη εκνέφωση του καυσίμου. Σε γενικές γραμμές ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου καυστήρα είναι ο εξής , σχήμα 1.2.71:



Σχήμα 1.2.71: *Καυστήρας χαμηλών εκπομπών NO_x γαλάζιας φλόγας.*

Ο πρωτογενής αέρας (1) φτάνει την πλάκα ανακοπής (3) στην κεφαλή του καυστήρα αφού έχει ήδη μειώσει την ταχύτητά του περνώντας από μια διάτρητη πλάκα (2).

Έτσι, το διασκορπισμένο καύσιμο εξαερώνεται αναμειγνυόμενο με τον αέρα καύσης. Προκύπτει έτσι ένα ομογενές πλούσιο μείγμα το οποίο καίγεται στο κέντρο της φλόγας (4). Ο δευτερογενής αέρας

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

(5) εισέρχεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον πρωτογενή χάρη σε ειδική κατασκευή του καυστήρα προκαλώντας στροβιλισμούς κατά την έξοδό του από την κεφαλή του καυστήρα. Η υποπίεση που επικρατεί στα κατάντι της πλάκας ανακοπής απορροφά θερμά καυσαέρια από την ζώνη (4), οπότε το καύσιμο εξατμίζεται πλήρως και καίγεται στη ζώνη (2). Η χαρακτηριστική γαλάζια φλόγα που σχηματίζεται λόγω της πλήρους εξάτμισης του καυσίμου αποδεικνύει ότι η καύση είναι εξαιρετικά «καθαρή» και δε διαφέρει από την καύση του φυσικού αερίου.

Γενικά, η ανακυκλοφορία μειώνει αισθητά τη θερμοκρασία της φλόγας διότι τα καυσαέρια συμπεριφέρονται σαν αδρανές μέσον αφού δεν καίγονται, σχετικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και συνεπώς μειώνουν τη θερμοκρασία του γύρω χώρου. Έτσι, ο σχηματισμός μονοξειδίου του αζώτου μειώνεται λόγω του ομοιόμορφου μείγματος που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη θερμοκρασιακών αιχμών στη ζώνη καύσης μα και λόγω των γενικά χαμηλών θερμοκρασιών φλόγας. Επιπλέον, εμποδίζεται ο σχηματισμός αιθάλης.

Μια παραλλαγή αυτής της μεθόδου πραγματοποιείται με περιστροφή του αέρα εισόδου, κάτι που ευνοεί την καλή ανάμιξή του με το καύσιμο. Σε αυτή την περίπτωση ο αέρας καύσης δεν εισέρχεται αξονικά μα περιστρεφόμενος εισέρχεται με εφαπτομενική ταχύτητα ως προς τον άξονα της φλόγας. Το υγρό καύσιμο μετατρέπεται σε νέφος σταγονιδίων με τη βοήθεια των καυσαερίων που επιστρέφουν στη φλόγα ενώ με αύξηση της περιστροφής του αέρα αυξάνει και η εσωτερική (μέσα στον κύλινδρο) ανακυκλοφορία των θερμών καυσαερίων καθώς και η εξωτερική ανακυκλοφορία των ψυχρότερων καυσαερίων. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται ένα σχετικά πλατύ μέτωπο φλόγας, κάτι που εξασφαλίζει σταθερές συνθήκες καύσης. Εκτός της μείωσης των εκπομπών NO_x, CO και αιθάλης, αποφεύγονται υψηλές θερμοκρασιακές αιχμές.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Το περιεχόμενο της ενότητας αυτής περιλαμβάνεται στην διδακτέα ύλη της παρούσας θεματικής ενότητας και ποιοτικά στην εξεταστέα ύλη για τους ενεργειακούς επιθεωρητές λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης.

1.3.1. Γενικά

Ως καύση χαρακτηρίζεται κάθε εξώθερμη χημική αντίδραση καυσίμων υλών με το οξυγόνο, που όμως, συντελείται με τόση ταχύτητα ώστε να επιτυγχάνεται αρκετά υψηλός ρυθμός απόδοσης θερμότητας με αύξηση κατά πολύ της θερμοκρασίας και συγχρόνως η απελευθερωμένη χημικά συνδεδεμένη ενέργεια των υλών αυτών να μετατρέπεται με έκλυση θερμότητας σε θερμική που κατά τη διάρκεια της διεργασίας να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Όπως σε κάθε χημική αντίδραση, έτσι και στην καύση, η έρευνα του φαινόμενου, περιλαμβάνει δύο βασικούς τομείς:

α) Την παρακολούθηση των ουσιών που παίρνουν μέρος στην καύση, από ποιοτική και ποσοτική σκοπιά (δηλ. την μελέτη του μετασχηματισμού τους κατά την καύση και τη διατύπωση των σχέσεων μεταξύ των ποσοτήτων των αρχικών υλών και των προϊόντων καύσης). Τα θέματα αυτά εξετάζει η στοιχειομετρία.

β) Τον προσδιορισμό της ταχύτητας αντίδρασης. Η γνώση του παράγοντα αυτού, έχει βασική σημασία για την εκλογή του μεγέθους της μηχανής ή συστήματος για τη λήψη προκαθορισμένης ισχύος.

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τον υπολογισμό των αναγκαίων για την καύση ποσοτήτων καυσίμου και οξυγόνου, καθώς και των εκλυόμενων ποσοτήτων θερμότητας. Η χημική αντίδραση της καύσης μπορεί να γραφεί σε γενική μορφή:

καύσιμο + οξυγόνο ⇨ προϊόντα καύσης + θερμότητα

Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης το απαραίτητο για την καύση οξυγόνο λαμβάνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα του περιβάλλοντος και η καύση διατηρείται όσο υπάρχουν επαρκείς ποσότητες καυσίμου και οξυγόνου.

Είναι προφανές ότι για να υπάρξει τέλεια καύση πρέπει το καύσιμο και ο αέρας που μεταφέρει το οξυγόνο να είναι καλά αναμεμειγμένα. Τα αέρια καύσιμα, σε σύγκριση με τα στερεά και τα υγρά καύσιμα, έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούν κάποια διαδικασία προετοιμασίας τους (π.χ. άλεση ή και προξήρανση για τα στερεά ή εκνέφωση-σταγονιδοποίηση για τα υγρά) αρκεί καλή ανάμιξη με τον αέρα καύσης, η οποία μπορεί να γίνει με σχετικά απλά κατασκευαστικά μέσα. Από αυτή την άποψη τα αέρια καύσιμα υπερτερούν των άλλων καυσίμων, αφού η ανάμιξή τους με τον αέρα είναι πολύ πιο εύκολη. Τα αέρια προϊόντα της καύσης καλούνται καυσαέρια ή και ως καπναέρια (κυρίως αν περιέχουν σκόνη, αιθάλη και πίσσα).

1.3.2. Χαρακτηριστικές Θερμοκρασίες.

1.3.2.1. Έναυση και θερμοκρασία αυτής.

Για την επίτευξη της καύσης ενός καυσίμου υλικού, είναι απαραίτητη, εκτός από την παρουσία του οξυγόνου και μια πηγή έναυσης. Οξείδωση του καυσίμου, είναι δυνατή σε όλες τις θερμοκρασίες. Στις

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

μικρές θερμοκρασίες, το φαινόμενο τούτο, αναπτύσσεται με τόσο μικρή ταχύτητα, ώστε η θερμότητα που εκλύεται, να αποδίδεται στο περιβάλλον, χωρίς αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας του καυσίμου. Μόνο πάνω από μία ορισμένη θερμοκρασία, αυξάνεται η ταχύτητα της αντίδρασης, τόσο ώστε, η θερμότητα που παράγεται κατά τη διάρκειά της, να υπερτερεί εκείνης που αποδίδεται στο περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται η θερμοκρασία του καυσίμου και επιταχύνεται συνεχώς η αντίδρασή του με το οξυγόνο. Η ικανότητα του καυσίμου να αντιδρά με το οξυγόνο, είναι μία από τις χημικές του ιδιότητες. Η ταχύτητα όμως της αντίδρασης αυτής, δεν προσδιορίζεται μόνο από την παραπάνω του ικανότητα, επειδή η καύση και η εξαέρωση του καυσίμου, είναι τόσο χημικά όσο και φυσικά φαινόμενα και ο φυσικός χαρακτήρας συμβάλλει αποφασιστικά, στη διαμόρφωση της ταχύτητας αντίδρασης (π.χ. στις υψηλές θερμοκρασίες, η ταχύτητα αντίδρασης εξαρτάται αποκλειστικά από το φυσικό χαρακτήρα του φαινομένου της ανάμειξης του καυσίμου, με το φορέα του οξειδωτικού μέσου).

1.3.2.2. Σημείο ανάφλεξης.

Είναι, η κατώτατη θερμοκρασία στην οποία αν θερμανθεί το καύσιμο, αναφλέγεται κάτω από ορισμένες συνθήκες, αν το πλησιάσει μια πηγή θερμότητας, αλλά δεν συνεχίζει να καίεται όταν απομακρυνθεί η πηγή.

1.3.2.3. Σημείο καύσης.

Είναι η κατώτατη θερμοκρασία του καυσίμου, στην οποία αυτό αναφλέγεται και συνεχίζει να καίγεται και μετά την απομάκρυνση της πηγής έναυσης.

1.3.2.4. Σημείο αυτανάφλεξης.

Είναι η θερμοκρασία, στην οποία αν θερμανθεί το καύσιμο, αναφλέγεται κάτω από ορισμένες συνθήκες, χωρίς την προσέγγισή του από πηγή θερμότητας.

Η ανάφλεξη, εξαρτάται από την ικανότητα και την ταχύτητα αντίδρασης του καυσίμου με το οξυγόνο, αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως π.χ. το μέγεθος του κόκκου του, την υγρασία του, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη θερμική ακτινοβολία που δέχεται ή προσδίδει στο περιβάλλον, την .ταχύτητα του αέρα της καύσης, το βαθμό διασκορπισμού του (προκειμένου περί υγρού καυσίμου) κ.τ.λ., δηλ. από μία σειρά φυσικών ή κατασκευαστικών μεγεθών. Παρακάτω δίδονται τιμές της θερμοκρασίας ανάφλεξης διαφόρων καυσίμων, σε ^{o}C κατά W. Gumz /5, 6/.

α) **Στερεά καύσιμα**

Ξύλο (μαλακό)	220
Ξύλο (σκληρό)	300
Τύρφη (ξηραμένη σε αέρα)	225÷280
Φαιάνθρακες	135÷240
Λιθάνθρακες για παραγωγή αεριόφωτος	214÷230
Ανθρακίτης	485
Ξυλάνθρακες	133÷208
Κοκ	505÷560
Γραφίτης	658
Αιθάλη	560÷600

β) **Υγρά καύσιμα**

Βενζίνη	330÷520
Βενζόλιο	520÷600
Πετρέλαιο	230÷242
Βαρύ πετρέλαιο	212

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

γ) **Αέρια καύσιμα**

Μονοξείδιο άνθρακα	CO	590÷610
Υδρογόνο	H_2	450÷530
Μεθάνιο	CH_4	645
Αιθάνιο	C_2H_6	500÷530
Αιθυλένιο	C_2H_4	485÷540
Προπάνιο	C_3H_8	490÷510
Βουτάνιο	C_4H_{10}	460÷490
Ακετυλένιο	C_2H_2	355
Φωταέριο		450÷560

Οι παραπάνω τιμές δεν αποτελούν απόλυτα μεγέθη και είναι αποτέλεσμα μετρήσεων με διάφορες μεθόδους. Κατά συνέπεια, έχουν μόνο συμβουλευτικό χαρακτήρα και πρέπει να θεωρηθούν, προσεγγίσεις.

1.3.3. Στοιχειομετρία.

1.3.3.1. Γενικά.

Τα καύσιμα συστατικά των καυσίμων είναι κυρίως ο άνθρακας (C) και το υδρογόνο (H_2) και δευτερευόντως σε μικρή αναλογία το ανεπιθύμητο θείο (S_2). Στη σύνθεση των καυσίμων πιθανώς να περιέχεται οξυγόνο (O_2) (το οποίο παίρνει μέρος στην αντίδραση) καθώς και ορισμένα αδρανή συστατικά τα οποία δεν καίγονται (δεν συμμετέχουν στην καύση), όπως η ανόργανη τέφρα, το άζωτο (N_2), η υγρασία (νερό, H_2O) ή το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Για τα στερεά και υγρά καύσιμα η σύσταση τους δίνεται σε κλάσματα μάζας $\gamma_κ$ (kg_k/kg_B):

$$\gamma_C + \gamma_H + \gamma_S + \gamma_O + \gamma_N + \gamma_{Ash} + \gamma_{H2O} + \gamma_{CO2} = 1 \ kg_B \qquad (1)$$

όπου: γ_{Ash}: η περιεκτικότητα του καυσίμου σε τέφρα.

Τα αέρια καύσιμα είναι μίγματα καύσιμων αερίων και συνήθως η σύστασή τους δίνεται σε κλάσματα όγκου yk σε $m^3_{n,k} / m^3_{n,καυσίμου}$:

$$yCO + yH_2 + yCH_4 + \Sigma yC_mH_n + yN_2 + yCO_2 + yO_2 + yH_2O = 1\, m^3_n \text{ καυσίμου} \qquad (2)$$

Αν τα συστατικά του καυσίμου καούν με την ποσότητα οξυγόνου την ακριβώς υπολογιζόμενη από τα ισοζύγια γραμμοατόμων, χωρίς καμιά περίσσεια ή έλλειμμα, τότε η καύση χαρακτηρίζεται ως στοιχειομετρική. Αν τα συστατικά σε μια στοιχειομετρική καύση μετατραπούν πλήρως σε CO_2 και H_2O, οπότε στα καυσαέρια δεν περιέχεται καύσιμο ή οξυγόνο, τότε η καύση χαρακτηρίζεται ως τέλεια και πλήρης. Η περίπτωση της στοιχειομετρικής τέλειας καύσης έχει μόνο θεωρητική σημασία, παρόλα αυτά, η έρευνα της στοιχειομετρικής καύσης αποτελεί τη βάση για την εξέταση κάθε πραγματικής καύσης.

Η πλήρης καύση συνήθως απαιτεί περίσσεια οξυγόνου. Αν στο καύσιμο προσαχθεί οξυγόνο λιγότερο από το στοιχειομετρικά απαιτούμενο, τότε η καύση είναι μη πλήρης. Η "καύση" χαρακτηρίζεται ως ατελής, όταν δεν καταναλίσκεται όλο το καύσιμο και γίνεται παραγωγή CO, C_mH_n και αιθάλης, με κυριότερα αίτια είτε την έλλειψη οξειδωτικού μέσου ή γενικά την ύπαρξη συνθηκών που δεν ευνοούν την καύση, όπως:

- Ανεπαρκής ανάμειξη του καυσίμου και του οξειδωτικού μέσου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Χαμηλή θερμοκρασία των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης.

Οι ποσοτικές σχέσεις των στοιχείων αυτών με το οξυγόνο, για τέλεια καύση, δίδονται από τις παρακάτω σχέσεις [3]:

$C + O_2 \rightarrow CO_2$ (3)

$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$ (4)

$S + O_2 \rightarrow SO_2$ (5)

Οι σχέσεις αυτές, δεν είναι μαθηματικές εξισώσεις. Στην πρώτη π.χ. σχέση, δεν εννοούμε ότι, ο άνθρακας και το οξυγόνο ισούνται με το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά ότι, από την τέλεια καύση του άνθρακα, δημιουργείται διοξείδιο του άνθρακα. Αντίθετα, οι παραπάνω σχέσεις, έχουν την ισχύ εξισώσεων, σε ότι αφορά τις μοριακές ποσότητες των στοιχείων που αντιδρούν και των προϊόντων των αντιδράσεων. Έτσι, με την πρώτη σχέση της καύσης άνθρακα, εννοούμε ακόμα ότι:

1kmol C + 1kmol O_2 = 1kmol CO_2 (6-α)

12kg C + 32kg O_2 = 44kg CO_2 (6-β)

1kg C + 2,665kg O_2 = 3.665kg CO_2 (6-γ)

1kg C + (22,392/12.011)=1,864 m^3/kg O_2 = (22.261/12.011)=1.8533 m^3/kg CO_2 (6-δ)

Για την τέλεια καύση ενός kmol άνθρακα, απαιτείται ένα kmol οξυγόνου και από αυτήν παράγεται ένα kmol διοξειδίου του άνθρακα.

Αν λοιπόν ένα καύσιμο περιέχει γC kg στοιχ. άνθρακα, ή γC/12 kmol στοιχ. άνθρακα, (αφού κάθε kmol άνθρακα αντιπροσωπεύει μάζα περίπου 12.011 kg, όπως είναι γνωστό), η πιο πάνω σχέση, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, για την καύση αυτής της ποσότητας άνθρακα, θα απαιτηθεί ίσος αριθμός kmol O_2 και θα παραχθεί, πάλι, ίσος αριθμός kmol CO_2. Δηλαδή, θα απαιτηθούν γC/12kmol O_2 και θα παραχθούν γC/12kmol CO_2. Όμοια σκεφτόμαστε και για την καύση του περιεχομένου H_2 και S_2.

Η περιεκτικότητα πάλι, των αερίων καυσίμων σε διάφορα στοιχεία, δίδεται συνήθως κατ' όγκο. Η περιεκτικότητα αυτή, συμπίπτει, κατά τα γνωστά, με την περιεκτικότητα του αερίου καυσίμου κατά Mol (ισχύει κυρίως για ιδανικά αέρια). Δηλαδή, αν ένα αέριο καύσιμο, έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα C κατ' όγκο, αυτό σημαίνει ότι, κάθε kmol του καυσίμου, περιέχει C kmol άνθρακα. Σύμφωνα λοιπόν με όσα ειπώθηκαν, για την καύση αυτού του άνθρακα, θα απαιτηθούν C kmol οξυγόνου και θα παραχθούν C kmol CO_2. Τα ίδια ισχύουν και για την καύση του H_2 και του S_2 των αερίων καυσίμων.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί, ότι στα αέρια καύσιμα η σύνθεσή τους δίδεται κατ' όγκο και όλοι οι υπολογισμοί γίνονται εύκολα εκφρασμένους σε όγκους. Οι κυριότερες αντιδράσεις, που αφορούν στα καύσιμα αέρια είναι:

- Για το υδρογόνο:

1 H_2 + 0,5 O_2 = 1 H_2O (7-α)

1 m^3 H_2 + 0,5 m^3 O_2 = 1 m^3 H_2O (7-β)

1 m^3 H_2 + 2,38 m^3 V_{LoT} = 1 m^3 H_2O + 1,88 N_2 (7-γ)

2 kg H_2 + 0,5 * 32 kg O_2 = 18 kg H_2O (7-δ)

1 kg H_2 + 8 kg O_2 = 9 kg H_2O (7-ε)

1 kg H_2 + 34,8 kg μ_{LoT} = 9 kg H_2O + 26,8 kg N_2 (7-στ)

Όπου: V_{LoT} ή μ_{LoT} η απαιτούμενη ποσότητα αέρα χωρίς υγρασία για στοιχειομετρική καύση εκφρασμένη σε m^3αέρα/m^3καυσίμου ή kgαέρα/kgκαυσίμου, αντίστοιχα.

- Για το μονοξείδιο του άνθρακα

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$1\ CO + 0{,}5\ O_2 = 1\ CO_2$ (8-α)

$1\ m^3\ CO + 0{,}5\ m^3\ O_2 = 1\ m^3\ CO_2$ (8-β)

$1\ m^3\ CO + 2{,}38\ m^3\ V_{LoT} = 1\ m^3\ CO_2 + 1{,}88\ m^3\ N_2$ (8-γ)

$28\ kg\ CO + 16\ kg\ O_2 = 44\ kg\ CO_2$ (8-δ)

$1\ kg\ CO + 0{,}57\ kg\ O_2 = 1{,}57\ kg\ CO_2$ (8-ε)

$1\ kg\ CO + 2{,}48\ kg\ \mu_{LoT} = 1{,}57\ kg\ CO_2 + 1{,}91\ kg\ N_2$ (8-στ)

- Για το μεθάνιο

$1\ CH_4 + 2\ O_2 = 1\ CO_2 + 2\ H_2O$ (9-α)

$1\ m^3\ CH_4 + 2\ m^3\ O_2 = 1\ m^3\ CO_2 + 2\ m^3\ H_2O$ (9-β)

$1\ m^3\ CH_4 + 9{,}52\ m^3\ V_{LoT} = 1\ m^3\ CO_2 + 2\ m^3\ H_2O + 7{,}52\ m^3\ N_2$ (9-γ)

$16\ kg\ CH_4 + 64\ kg\ O_2 = 44\ kg\ CO_2 + 36\ kg\ H_2O$ (9-δ)

$1\ kg\ CH_4 + 4\ kg\ O_2 = 2{,}75\ kg\ CO_2 + 2{,}25\ kg\ H_2O$ (9-ε)

$1\ kg\ CH_4 + 17{,}4\ kg\ \mu_{LoT} = 2{,}75\ kg\ CO_2 + 2{,}25\ kg\ H_2O + 13{,}4\ kg\ N_2$ (9-στ)

- Για άλλους υδρογονάνθρακες ισχύει γενικώς η σχέση:

$1\ C_mH_n + (m + n/4)\ O_2 = m\ CO_2 + n/2\ H_2O$ (10-α)

$1\ m^3\ C_mH_n + (m + n/4)\ m^3\ O_2 = m\ m^3\ CO_2 + n/2\ m^3\ H_2O$ (10-β)

$1m^3\ C_mH_n + (m + 0{,}25\ n)/0{,}21\ m^3\ V_{LoT} = m\ m^3\ CO_2 + 0{,}5\ n\ m^3\ H_2O +$
$+ (0{,}79/0{,}21)\ (m + 0{,}25\ n)\ m^3\ N_2$ (10-γ)

1.3.3.2. Στοιχειομετρική καύση χημικής ένωσης /5/.

Έστω ότι, το καύσιμο μπορεί να εκφρασθεί με το μοριακό τύπο:

$C_mH_nS_pO_qN_r$ (όπου m, η, p, q, r φυσικοί αριθμοί). Τότε, η γενική έκφραση της οξείδωσής του, είναι:

$C_mH_nS_pO_qN_r + (m+n/4+p–q/2)\ O_2 \rightarrow m\ CO_2 + n/2\ H_2O + p\ SO_2 + r/2\ N_2$ (11)

Από την παραπάνω γενική έκφραση, προκύπτει η εξής:

$1\ kmol\ καυσ.+(m+n/4+p–q/2)\ kmol\ O_2 \rightarrow m\ kmol\ CO_2+n/2\ kmol\ H_2O+P\ kmol\ SO_2+r/2\ kmol\ N_2$ (11-α)

ή

$1kg\ καυσ. + (m+n/4+p–q/2)*M_{O2}/M\ kg\ O_2 \rightarrow m*M_{CO2}/M\ kg\ CO_2 + n*M_{H2O}/2M\ kg\ H_2O +$
$p*M_{SO2}/M\ kg\ SO_2 + r*M_{N2}/2M\ kg\ N_2$ (11-β)

Η μοριακή μάζα του καυσίμου, είναι:

$M = mM_c + n/2\ M_{H2} + pM_s + q/2\ M_{O2} + r/2M_{N2}\ \ (kg/kmol)$ (12)

όπου: M_c, M_{H2}, M_s, M_{O2}, & M_{N2}, οι μοριακές μάζας (kg/kmol) των περιεχομένων του (δηλ. άνθρακα, υδρογόνου, θείου, οξυγόνου και αζώτου).

Οι μοριακές μάζες των διαφόρων στοιχείων ή ενώσεων δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 1.7.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.7: *Οι μοριακές μάζες των διαφόρων στοιχείων ή ενώσεων.*

Μοριακή μάζα	Σύμβολο	Μονάδα (kg/kmol)
Άνθρακα	M_c	= 12,011
Υδρογόνου	M_{H2}	= 2,016
Θείου	M_s	= 32,066
οξυγόνου	M_{O2}	= 32,000
Αζώτου	M_{N2}	= 28,016
αζώτου αέρα	M_{N2}	= 28,16
διοξειδίου του άνθρακα	M_{CO2}	= 44,010
Υδρατμού	M_{H2O}	= 18,016
διοξειδίου του Θείου	M_{SO2}	= 64,066
αέρα	M_L	= 28,970

Ο αέρας, υποτίθεται ότι, περιέχει μόνο οξυγόνο και άζωτο (το CO_2 και τα ευγενή αέρια προσμετρούνται στο N_2) με την παρακάτω κατά μάζα σύσταση):

- Σε οξυγόνο:
  $\hat{x}_{O2L}$ = 0,2321 (kg O_2 / kg αέρα) (13-α)
  $\hat{y}_{O2L}$= 0,2095 (m^3 O_2 / m^3 αέρα) ή $\hat{y}_{O2L}$= 20,95 (%) (13-β)

- Σε άζωτο:
  $\hat{x}_{N2L}$ = 0,7679 (kg N_2 / kg αέρα) (14-α)
  $\hat{y}_{N2L}$ = 0,7905 (m^3 N_2 / m^3 αέρα) ή $\hat{y}_{N2L}$= 79,05 (%) (14-β)

Στη συνέχεια, δίδονται ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης χημικής ένωσης. Στις παραστάσεις που ακολουθούν, με το σύμβολο μ, παριστάνεται η κατά μάζα περιεκτικότητα του καυσίμου, στο στοιχείο που σημειώνεται ως δείκτης του μ, ή η μάζα του στοιχείου του δείκτη που αναφέρεται στην στοιχειομετρική καύση 1kg καυσίμου, (π.χ. γC είναι η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα (kg άνθρακα/kg καυσίμου) και μ_{O2} είναι το απαιτούμενο οξυγόνο, για την στοιχειομετρική καύση ενός kg καυσίμου (kg οξυγόνου/kg καυσίμου)). Από την παραπάνω γενική σχέση της καύσης 1kg καυσίμου, προκύπτουν τα εξής χαρακτηριστικά μεγέθη:

- Απαιτούμενο οξυγόνο:
  $\mu_{O2o} = (m+n/4+p-q/2)/M * M_{O2}$ (15)

- Απαιτούμενος αέρας (χωρίς υγρασία):
  $\mu_{LoT} = \mu_{O2o} / \hat{x}_{O2L}$ (16)

Σημείωση: Ο δείκτης L, υποδηλώνει τον αέρα, ο δείκτης ο, ότι αναφερόμαστε σε στοιχειομετρική καύση και ο δείκτης Τ, ότι ο αέρας είναι χωρίς υγρασία.

- Παραγόμενο CO_2:
  $\mu_{CO2} = (m* M_{CO2})/M$ (17)

- Παραγόμενο SO_2:
  $\mu_{SO2} = (p* M_{SO2})/M$ (18)

- Άζωτο στο καυσαέριο (με την προϋπόθεση ότι η καύση γίνεται με αέρα):

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$$\mu_{N_{2o}} = \frac{r}{2} \cdot \frac{M_{N_2}}{M} + \hat{x}_{N_{2_L}} \cdot \mu_{LoT} \quad (19)$$

- Υδρατμός στο καυσαέριο (με προϋπόθεση ότι ο αέρας της καύσης είναι ξηρός)
  $\mu_{(H2O)B} = n * M_{H2O} / 2M$ (20)

- Συνολική ποσότητα καυσαερίου ξηρού (χωρίς υγρασία):
  $\mu_{GoT} = \mu_{CO2} + \mu_{SO2} + \mu_{N2o}$ (21)

- Συνολική ποσότητα καυσαερίου φυσικού (με την προϋπόθεση ότι ο αέρας της καύσης δεν έχει υγρασία):
  $\mu_{Go} = \mu_{GoT} + \mu_{(H2O)B}$ (22)

Προφανώς, ισχύει ακόμα, από τον ισολογισμό μάζας στην καύση:
$\mu Go = \mu LoT + 1$ (23)

Στον Πίνακα 1.8 που ακολουθεί, δίδονται χρήσιμα χαρακτηριστικά μεγέθη, που αναφέρονται στην στοιχειομετρική καύση διαφόρων καυσίμων.

Πίνακας 1.8: *Χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης στοιχειακών καυσίμων και στοιχείων ή ενώσεων που παρατηρούνται στην καύση (ανηγμένα σε 1 kg μάζας).*

Όνομα	**Σύμβολο**	**μ_{O2o}**	**μ_{LoT}**	**μ_{CO2}**	**μ_{SO2}**	**μ_{N2o}**	**μ_{GoT}**	**$\mu_{(H2O)B}$**	**μ_{Go}**
		kg/kg	**kg/kg**	**kg/kg**	**kg/kg**	**kg/kg**	**kg/kg**	**kg/kg**	**kg/kg**
Άνθρακας	C	2,665	11,480	3,665	0	8,815	12,480	0	12,480
Υδρογόνο	H	7,936	34,194	0	0	26,258	26,258	8,936	35,194
Θείο	S	0,998	4,300	0	1,998	3,302	5,300	0	5,300
Οξυγόνο	O	1,000	4,308	0	0	3,308	3,308	0	3,308
Άζωτο	N	0	0	0	0	1,000	1,000	0	1,000
Υδρατμός	H_2O	0	0	0	0	0	0	1,000	1,000
Μεθάνιο	CH_4	3,990	17,189	2,743	-	13,199	15,943	2,246	18,189
Αιθάνιο	C_2H_6	3,725	16,049	2,927	-	12,324	15,251	1,798	17,049
Υδρόθειο	H_2S	1,408	6,068	-	1,880	4,660	6,539	0,529	7,068
Προπάνιο	C_3H_8	3,629	15,634	2,994	-	12,005	15,000	1,634	16,634

1.3.3.3. Στοιχειομετρική καύση μίγματος.

Σε περίπτωση που το καύσιμο, αποτελεί μείγμα, διαφόρων καυσίμων χημικών ενώσεων, με καθορισμένη περιεκτικότητα της κάθε μιας σ' αυτό, τότε, η καύση του μείγματος, μπορεί, από την υπολογιστική σκοπιά, να θεωρηθεί ως σύνολο ανεξάρτητων και παράλληλα εξελισσόμενων καύσεων των συστατικών χημικών ενώσεών του.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Έτσι, τα χαρακτηριστικά μεγέθη, που αναφέρονται στην στοιχειομετρική καύση 1 kg καυσίμου μείγματος, στο οποίο η k χημική ένωση περιέχεται σε αναλογία μάζας γ_k (kglkg), δίδονται από τις παρακάτω σχέσεις:

- Απαιτούμενη ποσότητα αέρα, χωρίς υγρασία:

$$\mu_{LoT} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{LoTk} * \gamma_k \qquad (24)$$

- Απαιτούμενη ποσότητα φυσικού αέρα (με την υγρασία του):

$$\mu_{Lo} = \mu_{LoT} * (1 + x_{(H2O)L}) \qquad (25)$$

- Παραγόμενο CO_2:

$$\mu_{CO2} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{(CO2)k} * \gamma_k \qquad (26)$$

- Παραγόμενο SO_2:

$$\mu_{SO2} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{(SO2)k} * \gamma_k \qquad (27)$$

- Άζωτο στο καυσαέριο:

$$\mu_{N2o} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{N2Ok} * \gamma_k \qquad (28)$$

- Παραγόμενο ξηρό καυσαέριο:

$$\mu_{GoT} = \mu_{CO2} + \mu_{SO2} + \mu_{N2o} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{GoTk} * \gamma_k \qquad (29)$$

- Υδρατμός στο καυσαέριο, εξαιτίας του αέρα καύσης:

$$\mu_{(H2O)LO} = x_{(H2O)L} * \mu_{LoT} \qquad (30)$$

- Υδρατμός από την καύση του H_2 του καυσίμου:

$$\mu_{(H2O)B} = \Sigma_{(k)}\, \mu_{(H2O)Bk} * \gamma_k \qquad (31)$$

- Συνολικός υδρατμός στο καυσαέριο:

$$\mu_{(H2O)o} = \mu_{(H2O)Lo} + \mu_{(H2O)B} \qquad (32)$$

- Παραγόμενο υγρό καυσαέριο:

$$\mu_{Go} = \mu_{GoT} + \mu_{(H2O)o} \qquad (33)$$

- Μάζα καυσίμου που εξαεριώθηκε κατά την καύση:

$$\mu_B = 1 - \gamma A \qquad (34)$$

Όπου: γA: η κατά μάζα περιεκτικότητα του καυσίμου σε τέφρα.

Ο ισολογισμός των μαζών κατά την καύση 1 kg καυσίμου, γράφεται τότε:

$$\mu_{Go} = \mu_B + \mu_{Lo} = \mu_{Lo} + 1 - \gamma A \qquad (35)$$

Σε περίπτωση αερίου καυσίμου είναι, $\gamma_A = 0$, οπότε:

$$\mu_{Go} = \mu_B + \mu_{Lo} = \mu_{Lo} + 1 \qquad (36)$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.3.3.4. Καύση καυσίμων με περίσσεια αέρα.

Με τον όρο “στοιχειομετρική καύση” δηλώνεται η “τέλεια καύση”, στην οποία χρησιμοποιείται, τόσο οξυγόνο, όσο ακριβώς απαιτείται για την οξείδωση των στοιχείων του καυσίμου. Όπως είναι φυσικό, στα προϊόντα μιας τέτοιας καύσης, δεν υπάρχει οξυγόνο. Βέβαια, στην πραγματικότητα, για την επίτευξη μιας τέλειας καύσης, απαιτείται γενικά μια περίσσεια οξυγόνου (ή αέρα) που είναι τόσο πιο μεγάλη, όσο οι συνθήκες ανάμιξης του οξυγόνου με το καύσιμο, είναι δυσμενέστερες.

Ο λόγος, της πραγματικά χρησιμοποιούμενης ποσότητας αέρα, κατά την καύση ορισμένης ποσότητας καυσίμου, προς εκείνη που θεωρητικά απαιτείται για στοιχειομετρική της καύση της, ονομάζεται, **λόγος αέρα της καύσης**.

Στον πίνακα 1.9 δίνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης στερεών και υγρών καυσίμων που παρατηρούνται στην καύση (ανηγμένα σε kg/kg & m_n^3/kg).

Πίνακας 1.9: Χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης στερεών και υγρών καυσίμων που παρατηρούνται στην καύση (ανηγμένα σε kg/kg & m_n^3/kg).

Στοιχείο ή Ένωση	**Απαιτούμενο Οξυγόνο**		**Απαιτούμενος αέρας**		**Καυσαέρια (Ποσότητα προϊόντος καύσης)**		**Προϊόν από την καύση**
	μ_{O2o} kg / kg	V_{O2o} m_n^3/kg	μ_{LoT} kg / kg	V_{LoT} m_n^3/kg	μ_k kg / kg	V_k m_n^3/kg	
C	2,6642* γ_C	1,864* γ_C	11,4807* γ_C	8,8766* γ_C	3,6642* γ_C	1,8533* γ_C	**CO_2**
S	0,9979* γ_S	0,6982* γ_S	4,3002* γ_S	3,3248* γ_S	64,066 / 32,066= 1,9979* γ_S	0,6827* γ_S	**SO_2**
H_2	7,9365*γ_{H2}	5,5531* γ_{H2}	34,2002* γ_{H2}	26,4433* γ_{H2}	8,9365* γ_{H2}	11,1111* γ_{H2}	**H_2O**
O_2 (καυσίμου)	- γ_{O2}	-0,6997* γ_{O2}	-4,3092* γ_{O2}	-3,3319* γ_{O2}	-	-	**-**
O_2 (αέρα)	-	-	-	-	(λ-1)* 0,232*V_{Lo}	(λ-1)* 0,209*V_{Lo}	**O_2**
N_2	-	-	-	-	1	0,7995* γ_{N2}	**N_2**
N_2 (αέρα)	-	-	-	-	λ*0,768* V_{Lo}	λ*0,79*V_{Lo}	**N_2**
H_2O (αέρα)	-	-	-	-	λ*μ_{LoT}*X_{H2OL}	λ*V_{Lo}*y_{H2OL}	**H_2O**
H_2O	-	-	-	-	γ_{H2O}	22,4/18,016= 1,243* γ_{H2O}	**H_2O**

Στον πίνακα 1.10 δίνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης αερίων καυσίμων που παρατηρούνται στην καύση (ανηγμένα σε kg/kg & m_n^3/m_n^3).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.10: *Χαρακτηριστικά μεγέθη στοιχειομετρικής καύσης <u>αερίων καυσίμων</u> που παρατηρούνται στην καύση (ανηγμένα σε kg/kg & m_n^3/m_n^3).*

Αέριο	**Απαιτούμενο Οξυγόνο**		**Απαιτούμενος αέρας**		**Καυσαέρια (Ποσότητα προϊόντος καύσης)**		**Προϊόν από την καύση**
	μ_{O2o} kg / kg	**V_{O2o} m_n^3/kg**	**μ_{LoT} kg / kg**	**V_{LoT} m_n^3/m_n^3**	**μ_k kg / kg**	**V_k m_n^3/m_n^3**	
CO		0,5		2,3810		1,0	**CO_2**
H_2		0,5		2,3810		1,0	**HO_2**
CH_4	$3,990*\gamma_{CH4}$	2,0	$17,189*\gamma_{CH4}$	9,5234	$2,743*\gamma_{CH4}$ $2,246*\gamma_{CH4}$ $13,199*\gamma_{CH4}$	1 2	**CO_2** **H_2O** **N_{2o}**
C_2H_6	$3,725*\gamma_{C2H6}$		$16,049*\gamma_{C2H6}$		$2,927*\gamma_{C2H6}$ $1,798*\gamma_{C2H6}$ $12,324*\gamma_{C2H6}$		**CO_2** **H_2O** **N_{2o}**
C_3H_8	$3.629*\gamma_{C3H8}$		$15.634*\gamma_{C3H8}$		$2,994*\gamma_{C3H8}$ $1,634*\gamma_{C3H8}$ $12,005*\gamma_{C3H8}$		**CO_2** **H_2O** **N_{2o}**
C_mH_n		m+n/4		(m+n/4)* 4,7619		m n/2	**CO_2** **H_2O**
H_2S		1,5		7,1429		1 1	**H_2O** **SO_2**
COS		3,0		14,2857		1 2	**CO_2** **SO_2**
CS_2		1,5		7,1429		1 1	**CO_2** **SO_2**
CO_2		-		-		1	**CO_2**
O_2 (καυσίμου)	$-\gamma_{O2}$	-1	$-4,3092*\gamma_{O2}$	-4,7619	-	-	**-**
O_2 (αέρα)	-	-	-	-	$(\lambda-1)*0,2321*V_{Lo}$	$(\lambda-1)*0,21*V_{Lo}$	**O_2**
N_2	-	-	-	-	1	1	**N_2**
N_2 (αέρα)	-	-	-	-	$\lambda*0,7679*V_{Lo}$	$\lambda*0,79*V_{Lo}$	**N_2**
H_2O (αέρα)	-	-	-	-	$\lambda*\mu_{Lo}*X_{H2OL}$	$\lambda*V_{Lo}*y_{H2OL}$	**H_2O**

Έτσι, τα χαρακτηριστικά μεγέθη, που αναφέρονται στην πραγματική καύση 1kg καυσίμου (μίγμα από στοιχεία & χημικές ενώσεις), στο οποίο η k χημική ένωση περιέχεται σε αναλογία μάζας γ_k ($kg_{συστατικού}/kg_{καυσίμου}$), δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις :

<u>Σημείωση :</u> Ο δείκτης L, υποδηλώνει τον αέρα, ο δείκτης ο, ότι αναφερόμαστε σε στοιχειομετρική καύση και ο δείκτης Τ, ότι ο αέρας είναι χωρίς υγρασία.

- Απαιτούμενη ποσότητα αέρα, χωρίς υγρασία:

$$\mu_{LoT} = \sum_{(k)} (\mu_{(LoT)_k} * \gamma_k) \qquad \text{σε kg /kg}_{\text{καυσίμου}} \qquad (37)$$

$$V_{LoT} = \sum_{(k)} (V_{(LoT)_k} * \gamma_k) \qquad \text{σε } m_n^3/kg_{\text{καυσίμου}} \qquad (38)$$

όπου: τα $\mu_{(LoT)_k}$ και $V_{(LoT)_k}$ παίρνονται από τους πίνακες 1.9 & 1.10.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Απαιτούμενη ποσότητα φυσικού αέρα (με την υγρασία του):

$\mu_{Lo} = \mu_{LoT} * (1 + x_{(H_2O)_L})$ σε kg /kg καυσίμου (39)

$V_{Lo} = V_{LoT} * (1 + y_{(H_2O)_L})$ σε m_n^3 / kg καυσίμου (40)

- Η περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία $x_{(H_2O)_L}$ σε kg/kg υπολογίζεται ως εξής:

$x_{(H_2O)_L}$ = (622 * (pd / (Pb - pd))) / 1000 σε kg / kg αέρα (41)

όπου :

P_b : Η βαρομετρική πίεση του περιβάλλοντος σε mbar

pd : Η μερική πίεση κορεσμού του υδρατμού στον αέρα η οποία δίνεται από την σχέση:

pd = φ * pdd / 100 σε mbar (42)

όπου :

φ : Η σχετική υγρασία του αέρα.

pdd : Η πίεση κορεσμού του υδρατμού σε mbar, η οποία για θερμοκρασία περιβάλλοντος.

tLA = tL + 273,15 σε (K) και για tL = 0 έως 200 ^oC, δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

pdd = EXP(((-5800.2 / tLA) - 3.2137 - 0.04864 * tLA + 4.1765E-05 * tLA ^ 2)+(-1.4452E-08 * tLA ^ 3 + 6.546 * log(tLA))) σε mbar (43)

Επίσης, η περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία $y_{(H_2O)_L}$ υπολογίζεται ως εξής:

$y_{(H_2O)_L} = x_{(H_2O)_L} * R_{H_2O} / R_{air}$ σε $m_n^3 / m_{n\ αέρα}^3$ (44)

όπου : $R_{H_2O} = 0.4529$, $R_{air} = 0.2869$ σε kJ/(kg*K)

- Πραγματική απαιτούμενη ποσότητα φυσικού αέρα λόγω της περίσσειας του αέρα καύσης:

$\mu_L = \lambda * \mu_{Lo}$ σε kg / kg καυσίμου (45)

$V_L = \lambda * V_{Lo}$ σε m_n^3 / kg καυσίμου (46)

- Παραγόμενο CO_2:

$\mu_{CO_2} = \sum_{(k)} (\mu_{(CO_2)_k} * \gamma_k)$ σε kg / kg καυσίμου (47)

$V_{CO_2} = \sum_{(k)} (V_{(CO_2)_k} * \gamma_k)$ σε m_n^3 / kg καυσίμου (48)

- Παραγόμενο SO_2:

$\mu_{SO_2} = \sum_{(k)} (\mu_{(SO_2)_k} * \gamma_k)$ σε kg / kg καυσίμου (49)

$V_{SO_2} = \sum_{(k)} (V_{(SO_2)_k} * \gamma_k)$ σε m_n^3 / kg καυσίμου (50)

- Άζωτο στο καυσαέριο:

$\mu_{N_2} = \mu_{N_{2_o}} + (\lambda - 1) * \hat{x}_{N_{2_L}} * \mu_{Lo}$ σε kg / kg καυσίμου (51)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$$V_{N_2} = V_{N_{2_o}} + (\lambda - 1) * \hat{y}_{N_{2_L}} * V_{Lo} \qquad \text{σε } m_n^3 / kg_{\text{καυσίμου}} \qquad (52)$$

όπου : $\mu_{N_{2_o}} = \hat{x}_{N_{2_L}} * \mu_{LoT} + \gamma_{N_2}$ σε kg / kg

$V_{N_{2_o}} = \hat{y}_{N_{2_L}} * V_{LoT} + 0.7995 * \gamma_{N_2}$ σε m_n^3 / kg

Ο αέρας, υποτίθεται ότι, περιέχει μόνο οξυγόνο και άζωτο με την παρακάτω σύσταση:

$\hat{x}_{O_{2_L}} = 0.2321$ σε kg O_2 / kg $_{\text{αέρα}}$ $\hat{x}_{N_{2_L}} = 0.7679$ σε kg N_2 / kg $_{\text{αέρα}}$

$\hat{y}_{O_{2_L}} = 0.209$ σε $m_n^3 O_2 / m_n^3$ $_{\text{αέρα}}$ $\hat{y}_{N_{2_L}} = 0.791$ σε $m_n^3 N_2 / m_n^3$ $_{\text{αέρα}}$

- Οξυγόνο στο καυσαέριο:

$$\mu_{O_2} = (\lambda - 1) * \hat{x}_{O_{2_L}} * \mu_{Lo} \qquad \text{σε kg / kg καυσίμου} \qquad (53)$$

$$V_{O_2} = (\lambda - 1) * \hat{y}_{O_{2_L}} * V_{Lo} \qquad \text{σε } m_n^3 / kg_{\text{καυσίμου}} \qquad (54)$$

- Συνολικός Υδρατμός στο καυσαέριο:

$$\mu_{H_2O} = \mu_{(H_2O)_o} + (\lambda - 1) * \mu_{(H_2O)_{Lo}} = \mu_{(H_2O)_B} + \lambda * \mu_{Lo} * x_{(H_2O)_L} \qquad \text{σε kg / kg } _{\text{καυσίμου}} \qquad (55)$$

$$V_{H_2O} = V_{(H_2O)_o} + (\lambda - 1) * V_{(H_2O)_{Lo}} = V_{(H_2O)_B} + \lambda * V_{Lo} * y_{(H_2O)_L} \qquad \text{σε } m_n^3 / kg_{\text{καυσίμου}} \qquad (56)$$

όπου:

$\mu_{(H_2O)_o} = \mu_{(H_2O)_{Lo}} + \mu_{(H_2O)_B}$

$\mu_{(H_2O)_{Lo}} = x_{(H_2O)_L} * \mu_{Lo}$

$\mu_{(H_2O)_B} = \sum_k (\mu_{(H_2O)_{Bk}} * \gamma_k) + \gamma_{H_2O}$

$V_{(H_2O)_o} = V_{(H_2O)_{Lo}} + V_{(H_2O)_B}$

$V_{(H_2O)_{Lo}} = y_{(H_2O)_L} * V_{Lo}$

$V_{(H_2O)_B} = \sum_k (V_{(H_2O)_{Bk}} * \gamma_k) + 1.243 * \gamma_{H_2O})$

- Συνολικό Καυσαέριο (υγρό):

$$\mu_G = \mu_{GT} + \mu_{H2O} \qquad \text{σε kg / kg } _{\text{καυσίμου}} \qquad (57)$$

$$V_G = V_{GT} + V_{H2O} \qquad \text{σε } m_n^3 / kg_{\text{καυσίμου}} \qquad (58)$$

όπου:

$\mu_{GT} = \mu_{CO_2} + \mu_{SO_2} + \mu_{CO} + \mu_{N_2} + \mu_{O_2}$

$V_{GT} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{CO} + V_{N_2} + V_{O_2}$ ή

$V_{GT} = V_{GoT} * 20.9 / (20.9 - y_{O_2T})$

- Λόγος αέρα καύσης:

Η τιμή του λόγου αέρα καύσης προσδιορίζεται έμμεσα από τη μέτρηση της κατ' όγκον περιεκτικότητας του ξηρού καυσαερίου, σε:

α) Οξυγόνο y_{O_2T} σε m^3 O_2 / m^3 καυσαερίου ή %

$$\lambda = 1 + \Phi_T * (x_{O_2T} / (\hat{x}_{O_2L} - x_{O_2T})) \qquad (59)$$

$$\lambda = 1 + \Phi_T * (R_{GoT} / R_{LT}) * (y_{O_2T} / (\hat{y}_{O_2L} - y_{O_2T})) \qquad (60)$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

β) Διοξείδιο του άνθρακα y_{CO_2T} σε m^3 CO_2 / m^3 καυσαερίου ή %

$$\lambda = 1 + \Phi_T * ((\hat{x}_{CO_2T} - x_{CO_2T}) / x_{CO_2T}) \quad (61)$$

$$\lambda = 1 + \Phi_T * (R_{GoT} / R_{LT}) * ((\hat{y}_{CO_2T} / y_{CO_2T}) - 1) \quad (62)$$

όπου :

$\hat{x}_{CO_2T} = \mu_{CO_2} / \mu_{GoT}$: η ανώτατη περιεκτικότητα του καυσαερίου σε CO_2.

$\Phi_T = \mu_{GoT} / \mu_{LoT}$, λόγος καυσαερίου – αέρα, σε $kg_{καυσαερίου} / kg_{αέρα}$ (63)

$\Phi_T = V_{GoT} / V_{LoT}$, λόγος καυσαερίου – αέρα, σε $m^3_{n\ καυσαερίου} / m^3_{n\ αέρα}$ (64)

$V_{GoT} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2o}$ σε $m^3_n / kg_{καυσίμου}$ (65)

Σημείωση: Για τα περισσότερα καύσιμα είναι: $\Phi_T * (R_{GoT} / R_{LT}) \cong 1$ και προκύπτει μία απλή σχέση προσδιορισμού του λόγου αέρα καύσης με αρκετά καλή προσέγγιση όταν έχει μετρηθεί κατ' όγκον το O_2 ή το CO_2.

$$\lambda = \hat{y}_{O2L} / (\hat{y}_{O2L} - y_{O2T}) \text{ ή } \qquad \lambda = \hat{y}_{CO2T} / y_{CO2T}$$

- Ανώτατη περιεκτικότητα του καυσαερίου σε CO_2:

$\hat{x}_{CO_2T} = \mu_{CO_2} / \mu_{GoT}$ σε kg CO_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (66)

$\hat{y}_{CO_2T} = V_{CO_2} / V_{GoT}$ σε m^3_n CO_2 / $m^3_{n\ καυσαερίου}$ (67)

Η αναγωγή τους σε Vol-ppm & mg/m^3_n είναι:

$\hat{y}_{CO_2T,v} = \hat{y}_{CO_2T} * 100^3$ σε Vol-ppm (68)

$\hat{y}_{CO_2T,m} = \hat{y}_{CO_2T,v} * 1{,}977$ σε mg/m^3_n (69)

- Ανώτατη περιεκτικότητα του καυσαερίου σε SO_2:

$\hat{x}_{SO_2T} = \mu_{SO_2} / \mu_{GoT}$ σε kg SO_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (70)

$\hat{y}_{SO_2T} = V_{SO_2} / V_{GoT}$ σε m^3_n SO_2 / $m^3_{n\ καυσαερίου}$ (71)

Η αναγωγή τους σε Vol-ppm & mg/m^3_n είναι :

$\hat{y}_{SO_2T,v} = \hat{y}_{SO_2T} * 100^3$ σε Vol-ppm (72)

$\hat{y}_{SO_2T,m} = \hat{y}_{SO_2T,v} * 2{,}9267$ σε mg/m^3_n (73)

- Σύνθεση ξηρού καυσαερίου:

Η περιεκτικότητα του ξηρού καυσαερίου πραγματικής καύσης (λ>1), στα διάφορα συστατικά του, δίδεται από τις παρακάτω σχέσεις:

Σε CO_2 :

$x_{CO_2T} = \mu_{CO_2} / \mu_{GT}$ σε kg CO_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (74)

$y_{CO_2T} = V_{CO_2} / V_{GT}$ σε m^3_n CO_2 / $m^3_{n\ καυσαερίου}$ (75)

Σε SO_2 :

$x_{SO_2T} = \mu_{SO_2} / \mu_{GT}$ σε kg SO_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (76)

$y_{SO_2T} = V_{SO_2} / V_{GT}$ σε m^3_n SO_2 / $m^3_{n\ καυσαερίου}$ (77)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σε O_2 :

$x_{O_2T} = \mu_{O_2} / \mu_{GT}$ σε kg O_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (78)

$y_{O_2T} = V_{O_2} / V_{GT}$ σε m_n^3 O_2 / m_n^3 $_{καυσαερίου}$ (79)

Σε N_2 :

$x_{N_2T} = \mu_{N_2} / \mu_{GT}$ σε kg N_2 / kg $_{καυσαερίου}$ (80)

$y_{N_2T} = V_{N_2} / V_{GT}$ σε m_n^3 N_2 / m_n^3 $_{καυσαερίου}$ (81)

Σε H_2O :

$x_{(H_2O)T} = \mu_{H_2O} / \mu_{GT}$ σε kg H_2O / kg $_{καυσαερίου}$ (82)

$y_{(H_2O)T} = V_{H_2O} / V_{GT}$ σε m_n^3 H_2O / m_n^3 $_{καυσαερίου}$ (83)

Ο υπολογισμός του H_2O δεν έχει πραγματικό νόημα, αφού μιλάμε για ξηρό (δηλ. χωρίς υγρασία) καυσαέριο. Απλώς, αποτελεί λόγο της ποσότητας υγρασίας, που περιέχεται στο καυσαέριο, πριν από την ξήρανσή του, προς την ποσότητα του καυσαερίου, μετά την ξήρανση (δηλ. είναι ένα λογιστικό μέγεθος).

Επίσης, η περιεκτικότητα του υγρού καυσαερίου πραγματικής καύσης (λ>1), στα διάφορα συστατικά του, δίδεται από αντίστοιχες σχέσεις υπολογισμού, δηλαδή $x_i = \mu_i / \mu_G$ & $y_i = V_i / V_G$.

Σημείωση : Ο δείκτης i δηλώνει τα προϊόντα της καύσης.

Η σχέση αναγωγής των κατ' όγκο περιεκτικοτήτων (που μετρούνται) στις κατά μάζα περιεκτικότητες είναι:

$x_{iT} = y_{iT} * R_{GT} / R_i$ σε $kg_{ισυστατικό}$ / $kg_{καυσαερίου}$ (84)

όπου :

R_{GT}, R_i : οι σταθερές της καταστατικής εξίσωσης του καυσαερίου και των προϊόντων της καύσης, αντίστοιχα.

$R_{GT} = \sum_i (x_{iT} * R_i)$ σε kJ / (kg * K) (85)

R_{H2O} = 0,4529
R_{CO2} = 0,1876
R_{SO2} = 0,1267 σε kJ / (kg * K)
R_{N2} = 0,2951
R_{O2} = 0,2596

- Η κατ' όγκον παροχή του καυσαερίου σε m_n^3 / h δίνεται από τη σχέση:

$\dot{V}_{G,n} = V_G * \dot{m}_B * \eta_E$ σε m_n^3 / h (86)

όπου :

$\dot{m}_B$: η παροχή μάζας καυσίμου σε kg/h

η_E : ο βαθμός απόδοσης της εστίας, ο οποίος μπορεί να ληφθεί για εστίες υγρών καυσίμων 0.98 έως 0,99 και για εστίες αερίου καυσίμου 1,0.

- Η κατά μάζα παροχή του καυσαερίου σε kg/h δίνεται από τη σχέση:

$\dot{m}_G = \dot{V}_{G,n} * \rho_{G,n}$ σε kg / h (87)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

όπου :

$\rho_{G,n}$: η πυκνότητα του καυσαερίου σε κανονικές συνθήκες και δίνεται από την σχέση:

$$\rho_{G,n} = \rho_G * (P_n * (T_n + t_G)) / DP_G * T_n) \quad \text{σε } kg/m_n^3 \quad (88)$$

$$DP_G = P_b - P_{draught} \quad \text{σε } N/m^2 \quad (89)$$

όπου T_n & P_n : θερμοκρασία και πίεση για κανονικές συνθήκες (σε 273 K και $1.01325*10^5$ N/m^2).

$P_{draught}$: η πίεση ελκυσμού στην καπνοδόχο σε mbar

ρ_G : η πυκνότητα του καυσαερίου σε πραγματικές συνθήκες.

$$\rho_G = DP_G / ((T_n + t_G) * R_G * 1000) \quad \text{σε } kg/m_n^3 \quad (90)$$

1.3.3.5. Ατελής Καύση.

Με τον όρο πλήρης ή τέλεια καύση εννοούμε την μετατροπή των καυσίμων ουσιών, σε ουσίες που δεν επιδέχονται πια ένωση με το O_2 (π.χ. καύση του C προς CO_2, του H_2 προς H_2O του S προς SO_2 κλπ).

Αντίθετα, ατελής καύση σημαίνει, μετατροπή των καυσίμων στοιχείων, σε ενώσεις, που είναι δυνατόν να οξειδωθούν παραπέρα. Κατ' αυτήν δεν ολοκληρώνεται η εκμετάλλευση της χημικής ενέργειας του καυσίμου. Τα κυριότερα αίτια ατελούς καύσης, είναι, είτε έλλειψη οξειδωτικού μέσου ή γενικά η ύπαρξη συνθηκών που δεν ευνοούν την καύση, όπως η ανεπαρκής ανάμειξη του καυσίμου και του οξειδωτικού μέσου, η χαμηλή θερμοκρασία των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης κ.λπ.

Η διαδοχική καύση του άνθρακα προς CO και στην συνέχεια σε CO_2, δίνει μια εικόνα της απώλειας ενέργειας, που παρατηρείται κατά την ατελή καύση του C.

$$C + 1/2\ O_2 \rightarrow CO + 110627\ kJ \quad (91)$$

$$CO + 1/2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 284469\ kJ \quad (92)$$

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 395096\ kJ \quad (93)$$

1.3.4. Έλεγχος της καύσης.

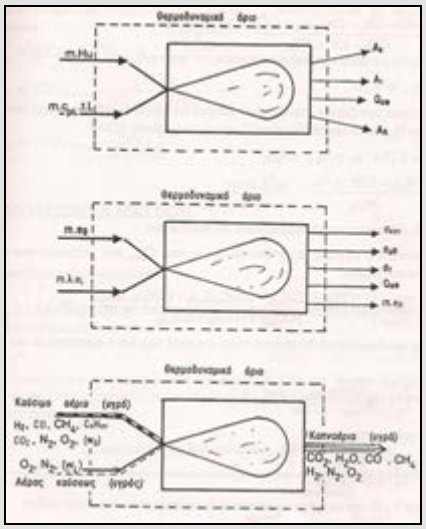
1.3.4.1. Ρύθμιση καυστήρα.

Η καλή καύση προϋποθέτει όσο το δυνατόν μικρή περίσσεια αέρα, ώστε και η ποσότητα των καυσαερίων να είναι η μικρότερη δυνατή και έτσι να μειώνεται η αποβαλλόμενη θερμική ενέργεια με συνέπεια να μικραίνει και η εκ του καυσαερίου απώλεια θερμότητας. Αντιστρόφως, η περίσσεια αέρα πρέπει να είναι τόσο μεγάλη, ώστε να πραγματοποιείται τελεία καύση. Ο έλεγχος λοιπόν της ποιότητας της καύσης μπορεί να γίνει με με ποσοτική ανάλυση των στοιχείων του καυσαερίου και προσδιορισμό του CO_2, του O_2 και των τυχόν προϊόντων ατελούς καύσης. Συνεπώς, η ανάλυση του καυσαερίου δίδει πλήρη εικόνα της ποιότητας της καύσης. Συνήθως η ανάλυση του καυσαερίου γίνεται με κατάλληλες συσκευές αναλυτών αερίων εκπομπών, που μετά τη συμπύκνωση των υδρατμών μας δίδει την περιεκτικότητα στο ξηρό καυσαέριο, που κατά τα προηγούμενα αποτελούνται από CO_2, O_2, SO_2 και N_2 κατά την τέλεια καύση.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Κατά την ατελή καύση παρουσιάζονται στο καυσαέριο μονοξείδιο του άνθρακα CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες C_mH_n , οξείδια του αζώτου NO_x και υδρατμός H_2O, που επίσης προσδιορίζεται η αναλογία τους στο ξηρό καυσαέριο.

Στο σχήμα 1.3.1 δίνεται το θερμοδυναμικό όριο για ισολογισμό της καύσης αερίου καυσίμου σε μία θερμική εστία λέβητα.



Σχήμα 1.3.1: *Θερμοδυναμικό όριο για ισολογισμό της καύσης αερίου καυσίμου σε μία θερμική εστία λέβητα.*

Η ρύθμιση του καυστήρα συνδυάζεται αυστηρά με την ορθή επιλογή καυστήρα και το ταίριασμα του με την εστία (θάλαμος καύσης) του λέβητα, έτσι ώστε ο έλεγχος για βέλτιστη απόδοση του συγκροτήματος λέβητα – καυστήρα να γίνεται με το αποδεκτό μίγμα αέρα – καυσίμου, το οποίο θα διασφαλίζει:

(α) τις σωστές συνθήκες έναυσης,

(β) τη σταθερότητα της φλόγας,

(γ) τα επίπεδα εκπομπής καυσαερίου να είναι ικανοποιητικά και

(δ) την αποφυγή της μείωση της απόδοσης καύσης λόγω υπερβολικής περίσσειας αέρα.

- **Περίπτωση πιεστικού λέβητα με καυστήρα πετρελαίου**

Η ρύθμιση του καυστήρα συνδυάζεται αυστηρά με το ταίριασμα του καυστήρα με την εστία του λέβητα, ώστε ο καυστήρας να μπορεί να υπερνικήσει την αντίσταση καυσαερίου του λέβητα μέχρι τη καμινάδα.

Πρωταρχικό μέγεθος ο προσδιορισμός της πίεσης εκκίνησης στην εστία με την έναρξη λειτουργίας του λέβητα, σύμφωνα με όσα προδιαγράφονται στο σχετικό Ευρωπαϊκό πρότυπο: ΕΛΟΤ ΕΝ 267. και στη συνέχεια με σκοπό τη μέγιστη απόδοση του συγκροτήματος Λέβητα – καυστήρα.

Η δοκιμή προσδιορισμού της πίεσης που επικρατεί στο θάλαμο καύσης κατά τη φάση εκκίνησης του καυστήρα πραγματοποιείται με σκοπό την καταγραφή της μέγιστης τιμής της πίεσης καθώς και του ρυθμού μείωσής της.

Η αρχική φάση αρχίζει όταν το καύσιμο εισάγεται στο θάλαμο καύσης και τελειώνει μετά από 2 δευτερόλεπτα το πολύ.

Η συμπεριφορά του καυστήρα και η επαλήθευση του αρχικού εύρους καταγράφονται από καταγραφικό όργανο με αισθητήρα πίεσης. Το σημείο μέτρησης της πίεσης στο θάλαμο καύσης

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του καυστήρα στη θυρίδα παρακολούθησης. Το μήκος του λήπτη (αγωγός μέτρησης της πίεσης) είναι 250 mm, και η εσωτερική του διάμετρος 6 mm.

Συνθήκες ελέγχου για την πραγματοποίηση των μετρήσεων: Το σημείο μέτρησης της πίεσης κατά την έναρξη της λειτουργίας θα πρέπει να βρίσκεται στο μπροστινό τμήμα του θαλάμου καύσης και σε επίπεδο πάνω από τον καυστήρα.

Απαίτηση: Κατά την εκκίνηση λειτουργίας του λέβητα σύμφωνα με το EN 267 και για παροχή καυσίμου έως 15kg/h θα πρέπει να ικανοποιείται η πιο κάτω συνθήκη (βλ.: Διάγραμμα 1.3.1):

α. μετά τα πρώτα 0,5 sec:

καμία κορυφή της πίεσης να μην είναι μικρότερη από (pf - P/4) ή από (pf - 3 mbar).

β. μετά τα πρώτα 0,8 sec:

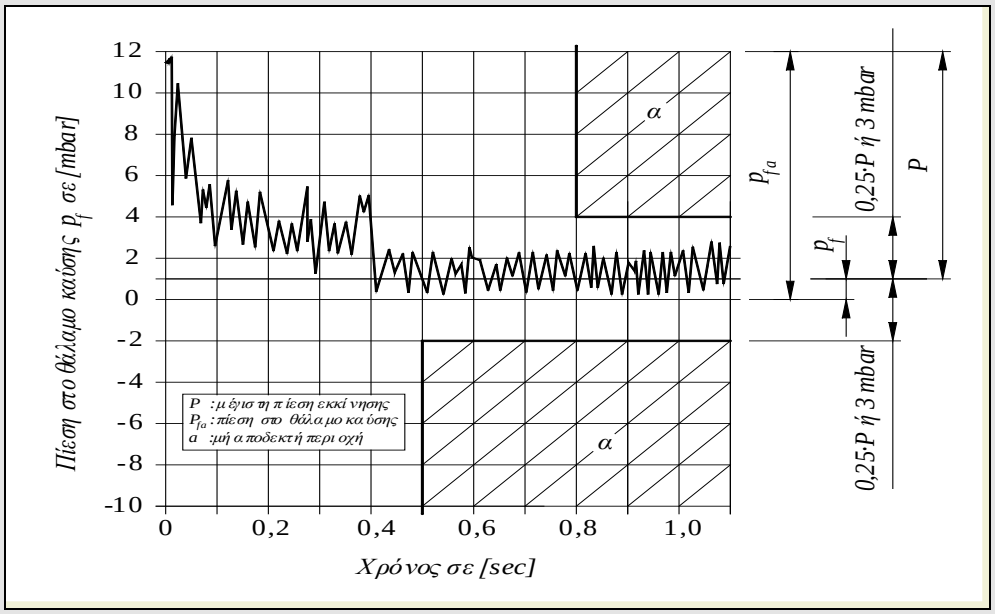
καμία κορυφή της πίεσης να μην είναι μεγαλύτερη από (pf + P/4) ή από (pf + 3 mbar).

Όπου:

pf (mbar) : η μέση πίεση λειτουργίας του θαλάμου καύσης.

pfa (mbar) : η πίεση στο θάλαμο καύσης κατά την εκκίνηση.

P (mbar) : μέγιστη διαφορά των πιέσεων (pfa - pf) κατά την διάρκεια της μέτρησης (1 sec).



Διάγραμμα 1.3.1: *Απαίτηση της πίεση εκκίνησης με την έγχυση του καυσίμου κατά την εκκίνηση λειτουργίας του συγκροτήματος λέβητα – καυστήρα πετρελαίου σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 267 και για παροχή καυσίμου έως 15kg/h.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.4. ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.4.1. Εισαγωγή

Η ενεργειακή διερεύνηση των συστημάτων παραγωγής θερμότητας μπορεί να αξιολογηθεί με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση θεωρεί μόνιμες καταστάσεις και χρησιμοποιεί τον βαθμό απόδοσης του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα.

Ο βαθμός απόδοσης υπολογίζεται από το λόγο της ωφέλιμης ενέργειας προς την καταναλισκόμενη ενέργεια:

η = ωφέλιμη ενέργεια / καταναλισκόμενη ενέργεια = (καταναλισκόμενη ενέργεια – απώλειες) / καταναλισκόμενη

Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί ισοζύγια ενέργειας για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο, συνήθως ένα έτος, όπου λαμβάνονται υπ' όψη απώλειες κατά τους χρόνους αναμονής και λειτουργίας, οι οποίες είναι συχνά καθοριστικές για τα ισοζύγια ενέργειας. Κατά τη δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιούνται ο ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης.

1.4.2. Σχετικά Πρότυπα – Οδηγίες – Προεδρικά Διατάγματα.

Η διασφάλιση όλων των απαραίτητων συνθηκών και παραμέτρων για την ορθή πραγματοποίηση της δοκιμής-ελέγχου του προσδιορισμού της ονομαστικής ωφέλιμης ισχύος και του βαθμού απόδοσης του λέβητα, καθορίζεται από τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα. Τα σχετικά πρότυπα, οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η εναρμονισμένη εθνική νομοθεσία που σχετίζεται με τη δοκιμή- έλεγχο και τις απαιτήσεις του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα είναι:

Α. Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα:

- Στον πίνακα 1.11 παρουσιάζονται τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα που αναφέρονται στη δοκιμή και τις απαιτήσεις για λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης), αέριο και στερεό καύσιμο (ορυκτό και βιομάζας).
- Στον πίνακα 1.12 παρουσιάζονται τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα που καθορίζουν τη συνοπτική διαδικασία για τη διεξαγωγή των δοκιμών θερμικής απόδοσης, με βάση την έμμεση μέθοδο (προσδιορισμός θερμικών απωλειών) για λέβητες ατμού ή ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης), αέριο και στερεό καύσιμο (ορυκτό και βιογενή). Τα αποτελέσματα των δοκιμών βασίζονται είτε στην ανωτέρα ή στην κατωτέρα θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου. Αυτή η συνοπτική διαδικασία προσφέρει ένα βολικό τρόπο για την αξιολόγηση των λεβήτων που είναι θερμοδυναμικά απλή, δηλαδή, από μία και μοναδική σημαντική πηγή εισροής θερμότητας και ένα απλό κύκλωμα για νερό, ατμό ή υψηλής θερμοκρασίας ρευστό μεταφοράς θερμότητας.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.11: *Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής για λέβητες που τροφοδοτούνται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης), αέριο και στερεό καύσιμο (ορυκτό και βιογενή).*

Ευρωπαϊκό Πρότυπο	**Τίτλος**	**Θερμική ισχύς (kW)**
Περίπτωση υγρού καυσίμου (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης)		
ΕΛΟΤ ΕΝ 304	Λέβητες θέρμανσης – Κώδικας δοκιμής λεβήτων θέρμανσης για καυστήρες πετρελαίου με μηχανικό διασκορπισμό του καυσίμου.	<= 1000 kW ωφέλιμη
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-2	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 2:Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες διασκορπισμού (εκνέφωσης) πετρελαίου.	<= 1000 kW ωφέλιμη
ΕΝ 267	Καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένης αναρρόφησης - Ορισμοί, απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση.	
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-4	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 4: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένου ελκυσμού με ωφέλιμη ισχύ έως και 70 kW και μέγιστη πίεση λειτουργίας 3 bar - Ορολογία, ειδικές απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση.	<= 70 kW ωφέλιμη
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-6	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 6: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λειτουργία ζεστού νερού οικιακής χρήσης λεβήτων διπλής λειτουργίας με καυστήρες πετρελαίου μηχανικού διασκορπισμού καυσίμου, ονομαστικής θερμικής ισχύος εισόδου έως και 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη
ΕΛΟΤ ΕΝ 15034 + AC	Λέβητες θέρμανσης - Λέβητες θέρμανσης πετρελαίου που λειτουργούν με συμπύκνωση.	<= 1000 kW ωφέλιμη
Περίπτωση Αερίου καυσίμου		
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-3	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 3: Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Συγκρότημα που περιλαμβάνει ένα λέβητα και ένα καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.	<= 1000 kW Ωφέλιμη
ΕΛΟΤ ΕΝ 676+A2	Αυτόματοι καυστήρες βεβιασμένης κυκλοφορίας για αέρια καύσιμα.	
ΕΛΟΤ ΕΝ 297	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Λέβητες τύπου B11 και B11BS με ατμοσφαιρικούς καυστήρες και με ονομαστική θερμική ισχύ μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW ωφέλιμη
prEN 483	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Λέβητες τύπου C με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μέχρι 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη
ΕΛΟΤ ΕΝ 677	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες συμπύκνωσης με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη
ΕΛΟΤ ΕΝ 656	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης με ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου – Τύπος Β με θερμική ισχύ εισόδου μεταξύ 70kW & 300kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη
Περίπτωση στερεού καυσίμου *(ορυκτό και βιομάζας)*		
ΕΛΟΤ ΕΝ 303.05	Λέβητες θέρμανσης – Μέρος 5: «Λέβητες θέρμανσης για στερεά καύσιμα που τροφοδοτούνται χειροκίνητα ή αυτόματα με μέγιστη ονομαστική θερμική ισχύ εξόδου έως 300 kW – Ορολογία, απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση».	<= 300 kW Ωφέλιμη

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.12: *Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής με βάση την έμμεση μέθοδο (προσδιορισμός θερμικών απωλειών) για λέβητες ατμού ή ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης), αέριο και στερεό καύσιμο (ορυκτό και βιογενή).*

Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Τίτλος
BS 845: Part 1 Concise procedure	Assessing thermal performance of boilers for steam, hot water and high temperature heat transfer fluids.
BS 845: Part 2 Comprehensive procedure	Assessing thermal performance of boilers for steam, hot water and high temperature heat transfer fluids.
BS EN 12953: Part 11	Acceptance tests.
ΕΛΟΤ ΕΝ 12953.11	Αεριοαυλωτοί λέβητες Μέρος 11: Δοκιμές αποδοχής.

Β. Οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες και εναρμονισμένη εθνική νομοθεσία:

1. **Οδηγία 92/42 ΕΟΚ** (21/05/1992): «Απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα».
2. **Π.Δ. 335 (16/08/1993):** «Απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 92/42/ΕΟΚ της 21ης Μαΐου 1992 (L167/92)».
3. **Π.Δ. 59 (21/02/1995):** «Τροποποίηση διατάξεων του Π.Δ. 335/93 που αφορά τις απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή με αέρια καύσιμα ως προς την επίθεση και τη χρήση της σήμανσης CE».
4. **Οδηγία 90/396/ΕΟΚ** περί συσκευών αερίου. ΚΥΑ 15233/91 (ΦΕΚ 487 Β/4-7-91) "Συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την 90/396/ΕΟΚ Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων σχετικά με τις συσκευές αερίου". ΚΥΑ Οικ. Β 3380/737 (ΦΕΚ 134 Β/1-3-95) Τροποποίηση της υπ' αριθ. 15233/91 ΚΥΑ των Υπ. Εθν. Οικονομίας και Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας σχετικά με τις συσκευές αερίου σε συμμόρφωση προς την **Οδηγία 93/68/ΕΟΚ**.
5. **Η ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ με Αρ. Πρωτ. ΟΙΚ.: 189533 ΦΕΚ 2654/Β/09.11.2011** και θέμα: «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού».

Γ. Οι νέες Ευρωπαϊκές Οδηγίες, οι τροποποιήσεις και η εναρμονισμένη εθνική νομοθεσία:

1. **Οδηγία 2005/32/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 6 Ιουλίου 2005 για θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/ΕΚ και 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
2. **Προεδρικό Διάταγμα υπ' αρίθμ. 32 (ΦΕΚ 70/Α/10)** «Καθορισμός απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού, όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και τροποποίηση των ΠΔ 335/1993 (ΦΕΚ 143/Α/93), 178/1998 (ΦΕΚ 131/Α/1998) και της ΚΥΑ Δ6/Β/17682 (ΦΕΚ 1407/Β/2001) σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2005/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου».
3. **Οδηγία 2009/125/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 για τη θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεόμενα με την ενέργεια προϊόντα. Τροποποιεί την Οδηγία 2005/32/ΕΚ.
4. **Προεδρικό Διάταγμα υπ' αρίθμ. 7 (ΦΕΚ 14/Α/11)** «Καθορισμός απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού, όσον αφορά τα συνδεόμενα με την ενέργεια προϊόντα σε συμμόρφωση προς την

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οδηγία 2009/125/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και τροποποίηση του Π.Δ. 32/2010 (ΦΕΚ Α70)».

Το ισχύον νομοθετικό καθεστώς αφορά τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης και την πιστότητα προς τον τύπο με σκοπό την πιστοποίηση και την απονομή της σήμανσης "CE" για τη διάθεση των λεβήτων στην αγορά καθώς και σχετικά με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού αναφέρεται:

- Στις απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται, σύμφωνα με όσα προδιαγράφουν τα εναρμονισμένα πρότυπα δοκιμής.
- Στις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται για την πιστοποίηση των λεβήτων.
- Τις κυρώσεις που θα επιβάλλονται για τη μη τήρηση των νομοθετικών διατάξεων.
- Στη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού.

1.4.3. Προσδιορισμός της ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος και του βαθμού απόδοσης του λέβητα.

1.4.3.1. Προσδιορισμός της ωφέλιμης θερμικής ονομαστικής ισχύος.

Ως ωφέλιμη ονομαστική ισχύς λέβητα ορίζεται η ωφέλιμη θερμική ισχύς που καθορίζεται κατά τη διαδικασία πιστοποίησης της απόδοσης του λέβητα, την οποία ο λέβητας μπορεί να αποδίδει σε συνεχή λειτουργία με συγκεκριμένο καύσιμο, με το βαθμό απόδοσης που καθορίζεται κατά τη διαδικασία πιστοποίησης και εκφράζεται σε kW.

Η ωφέλιμη ονομαστική ισχύς του λέβητα προσδιορίζεται άμεσα από τη μεταφερόμενη από το εργαζόμενο μέσο (συνήθως νερό) θερμική ενέργεια.

Ο άμεσος προσδιορισμός της γίνεται με μέτρηση της ποσότητας του νερού που διέρχεται από το λέβητα ή της ποσότητας που συμπληρώνεται συνεχώς στο κύκλωμα και με μέτρηση της θερμοκρασιακής διαφοράς ανύψωσης της θερμοκρασίας του νερού μέχρι τη θερμοκρασία αναχώρησης από το λέβητα (δηλαδή με μέτρηση των θερμοκρασιών του νερού στην είσοδο στο λέβητα ή στην είσοδο στο κύκλωμα και στην έξοδο από το λέβητα.

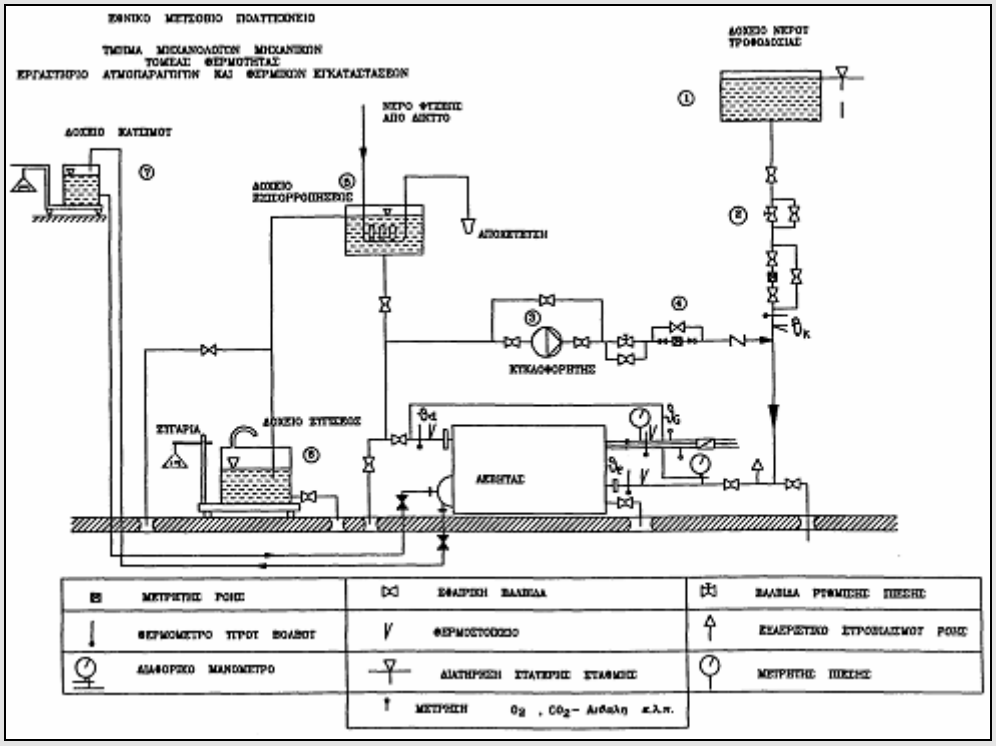
Η εργαστηριακή δοκιμή γίνεται σε ισχύ από 100 έως 105% της ονομαστικής ισχύος του λέβητα. Κατά τη δοκιμή πρέπει να πληρούνται οι σχετικές με την ονομαστική ισχύ απαιτήσεις, όπως προδιαγράφονται από τα σχετικά Ευρωπαϊκά Πρότυπα. Αν κατά τη δοκιμή αυτή δεν εκπληρώνεται μία από τις σχετικές απαιτήσεις, τότε γίνεται μία δεύτερη δοκιμή με ισχύ λέβητα από 95 μέχρι 100%. Οι τιμές που αποτελούν εγγύηση για την ονομαστική ισχύ μπορούν να προσδιοριστούν με γραμμική παρεμβολή των αποτελεσμάτων των δύο δοκιμών.

Α. Προσδιορισμός της ωφέλιμης θερμικής ισχύς Qw με τη μέθοδο της ανακυκλοφορίας (Bypass).

Περιγραφή της εργαστηριακής εγκατάστασης Δοκιμής Λέβητα Ζεστού Νερού. Στο σχήμα 1.3.2 που ακολουθεί δίνεται μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης ενός τυπικού δοκιμαστηρίου λεβήτων. Από δεξαμενή νερού μεγάλης χωρητικότητας (1) (με ρύθμιση υπερχείλισης) λαμβάνεται το νερό συμπλήρωσης (θερμοκρασίας Θk) για τη ψύξη του λέβητα. Η παροχή του νερού ρυθμίζεται από ρυθμιστική βαλβίδα (2). Το νερό (θερμοκρασίας Θa) εξέρχεται από το λέβητα και ένα τμήμα του (παροχή ίση με το κρύο νερό συμπλήρωσης) οδηγείται σε δοχείο εξισορροπήσεως (5) απ' όπου με υπερχείλιση οδηγείται στο δοχείο ζύγισης (6). Το υπόλοιπο νερό (από την εξερχόμενη από το λέβητα ποσότητα) επανέρχεται στο λέβητα από το κύκλωμα ανακυκλοφορίας (διαδρομή βραχυκύκλωσης) με

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

τη βοήθεια κυκλοφορητή (3). Στην κατάθλιψη του κυκλοφορητή υπάρχει ρυθμιστική βαλβίδα (4) για τη ρύθμιση της παροχής του νερού ανακυκλοφορίας. Έτσι, με τη βοήθεια των ρυθμιστικών βαλβίδων (2) και (4) ρυθμίζεται τόσο η παροχή του νερού συμπλήρωσης (νερό για τη ψύξη του συστήματός μας) όσο και η παροχή του νερού ανακυκλοφορίας και τελικά οι θερμοκρασίες εισόδου (Θe) και εξόδου (Θa) του νερού στο λέβητα. Το νερό τροφοδοσίας (συμπλήρωσης) θερμοκρασίας (Θk) αναμιγνύεται με το νερό εξόδου (ανακυκλοφορίας) θερμοκρασίας (Θa) και δίνει το νερό επιστροφής στο λέβητα θερμοκρασίας (Θe).



Σχήμα 1.3.2: *Σχηματικό λειτουργικό Διάγραμμα της εγκατάστασης του Δοκιμαστηρίου Λεβήτων.*

Η ωφέλιμη θερμότητα προσδιορίζεται με τη μέτρηση της ποσότητας του νερού που διέρχεται διαμέσου του συστήματος και της αντίστοιχης διαφοράς θερμοκρασίας (Θa- Θk). Η παροχή νερού υπολογίζεται με ζύγιση της διερχόμενης ποσότητας στο δοχείο ζύγισης (6), αφού διέλθει από το δοχείο εξισορρόπησης (ψύξη του νερού με κρύο νερό από το δίκτυο), έτσι ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες μάζας του προς ζύγιση νερού λόγω εξατμίσεων. Την εγκατάσταση συμπληρώνει το κύκλωμα παροχής καυσίμου για υγρά καύσιμα, η δεξαμενή καυσίμου (7) και οι αντίστοιχες σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής.

Ο υπολογισμός της ωφέλιμης ονομαστικής θερμικής ισχύος Qωφ ή Q_w δίνεται από την ακόλουθη σχέση 94:

$$Qωφ = Q_w = (m_{w1} / 3600) * (c_{pwek} * (\theta_\alpha - \theta_K)) + D_p \text{ σε [kW]} \quad (94)$$

όπου:

m_{w1} : Η μετρούμενη παροχή μάζας του νερού συμπλήρωσης που εισέρχεται στο σύστημα και η οποία λόγω της αρχής της συνέχειας είναι ταυτόσημη με την παροχή του ζεστού νερού που εξέρχεται από το σύστημα σε (kg/h).

$\theta_k=t_E$: Η θερμοκρασία του εισερχόμενου νερού συμπλήρωσης σε (^oC).

θ_a= : Η θερμοκρασία εξόδου νερού από το λέβητα σε (^oC).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

θ_e : Η θερμοκρασία εισόδου νερού στο λέβητα σε (^oC).

c_{pwek}: Η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού σε θερμοκρασία $\theta_{mwek}=(\theta_e+\theta_K)/2$ σε [kJ/(kg*K)].

Dp : Η απώλεια θερμότητας σε kW από το υδραυλικό κύκλωμα της μετρητικής διάταξης, ώστε να ληφθούν υπόψη οι απώλειες από τα θερμά τοιχώματα των σωληνώσεων και του κυκλοφορητή. Λαμβανομένου υπόψη και την ενεργειακή συνεισφορά του κυκλοφορητή.

Επίσης ο υπολογισμός της παροχής του νερού ανακυκλοφορίας m_{W2} :

$$m_{W2} = m_{W1} * (\theta_e - \theta_K) / (\theta_\alpha - \theta_e) \quad \text{σε kg/h} \qquad (95)$$

Ο Υπολογισμός της ολικής παροχής του νερού m_{Wtot} :

$$m_{Wtot} = m_{W1} + m_{W2} = Q_w / (c_{pwae} * (\theta_a - \theta_e))*3600 \quad \text{σε kg/h} \qquad (96)$$

Η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού στη θερμοκρασία θ_{mw} δίνεται από την ακόλουθη σχέση 97:

$$c_{pw} = A + B*\theta_{mw} + C*\theta_{mw}^2 + D*\theta_{mw}^3 \quad \text{σε [kJ/(kg*K)]} \qquad (97)$$

όπου:

A : 4,2121

B : -0,002421

C : 0,00005288 = 5,288E-05

D : -0,000000333 = 3,33E-07

1.4.3.2. Προσδιορισμός της προσδιδόμενης θερμικής ισχύς Q_B.

Α. Υπολογισμός της προσδιδόμενης θερμικής ισχύς Q_B όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο το πετρέλαιο ή στερεό καύσιμο: Ο υπολογισμός της προσδιδόμενης θερμικής ισχύς Q_B όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο το πετρέλαιο ή στερεό καύσιμο δίνεται από την ακόλουθη σχέση 98:

$$Q_B = (\dot{m}_B / 3600) * H_u \quad \text{σε [kW]} \qquad (98)$$

όπου:

$\dot{m}_B$: Η παροχή καυσίμου σε kg/h.

Hu : Η κατωτέρα θερμογόνος ικανότητα του καυσίμου σε (kJ/kg).

Η θερμογόνος ικανότητα καυσίμου εκφράζει την ενέργεια η οποία εκλύεται κατά την πλήρη καύση μια μονάδας αερίου καυσίμου σε συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίες.

Είναι προφανές ότι η εκλυόμενη θερμότητα καύσης μεταβάλλεται με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στις οποίες γίνεται η καύση. Η θερμότητα μετριέται όταν:

- Καεί πλήρως συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμου με ξηρό αέρα, κατέλθει η θερμοκρασία των καυσαερίων στη θερμοκρασία αναφοράς των 25 ^oC και συμπυκνωθεί ο υδρατμός αποδίδοντας τη θερμότητά του, τότε το σύνολο της θερμότητας που αποδίδεται χαρακτηρίζεται ως ανώτερη θερμογόνος ικανότητα Ho.
- Εάν όμως ελευθερωθεί πάλι όλη η χημικά συνδεδεμένη προς το καύσιμο ενέργεια και κατέλθει η θερμοκρασία των καυσαερίων στη θερμοκρασία αναφοράς και με την παραδοχή ότι δεν θα υγροποιηθούν οι υδρατμοί, που περιέχονται στα καυσαέρια, τότε το σύνολο της θερμότητας που αποδίδεται χαρακτηρίζεται ως κατώτερη θερμογόνος ικανότητα Hu.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Είναι προφανές ότι οι δύο θερμογόνες ικανότητες διαφέρουν κατά τη θερμότητα ατμοποίησης των υδρατμών, δηλαδή ισχύει:

$$Hu = Ho - (8.936 \cdot \gamma h + \gamma w) \cdot r$$

όπου:

γh : η κατά μάζα περιεκτικότητα του καυσίμου σε υδρογόνο kg/kg.

γw : η κατά μάζα περιεκτικότητα του καυσίμου σε υγρασία. kg/kg.

r : η θερμότητα ατμοποίησης του νερού στους 25 ^{o}C και σε ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με 2442 kJ/kg.

Συνήθως χρησιμοποιείται η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα γιατί δεν έχουμε συμπύκνωση υδρατμών, αλλά αυτοί εξέρχονται σε αέρια κατάσταση.

Β. Υπολογισμός της προσδιδόμενης θερμικής ισχύς όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο το φυσικό αέριο: Η μέθοδος ελέγχου πραγματοποιείτο σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα και η θερμική ισχύς εισόδου υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση 99.

$$Q_{B,r} = 0.278 \bullet V_{Gas,r} \bullet H_{uv,r} \quad \text{σε kW} \qquad \text{σε kW} \qquad (99)$$

Όπου:

r : Ο δείκτης r δηλώνει την κατάσταση του μεγέθους στις τυπικές συνθήκες αναφοράς (όγκος αερίου σε 15°C και 1013,25 mbar).

0,278 : Συντελεστής μετατροπής μονάδων = 1000/3600.

$Q_{B,r}$: Η προσδιδόμενη θερμική ισχύς σε kW, που είναι το γινόμενο της μετρούμενης παροχής όγκου του αερίου καυσίμου επί την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του αερίου, στις ίδιες συνθήκες αναφοράς.

$H_{uv,r}$: Η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα: Εκφράζεται σε $\left(\frac{MJ}{m^3}\right)$ (όγκος αερίου σε 15°C και 1013,25 mbar).

$\dot{V}_{Gas,r}$: Η παροχή όγκου του αερίου καυσίμου σε (m^3/h) ανηγμένη σε τυπικές συνθήκες στους 15°C και 1013.25 mbar και δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση 100:

$$\dot{V}_{Gas,r} = \dot{V}_{Gas,m} \cdot \frac{P_a + P_g - P_s}{P_n} \cdot \frac{(T_n + T_r)}{(T_n + T_{gas})} * (1/K) \qquad \text{σε } (m^3/h) \qquad (100)$$

όπου:

$\dot{V}_{Gas,m}$: Η μετρούμενη παροχή όγκου αερίου καυσίμου σε συνθήκες μέτρησης (m^3/h).

P_a : Η βαρομετρική ατμοσφαιρική πίεση κατά τη διάρκεια της δοκιμής, σε (mbar).

P_g : Η πίεση του αερίου στο μετρητή, σε (mbar).

P_s : Η μερική πίεση του υδρατμού = φ * p_k , σε (mbar).

φ : Η σχετική υγρασία (βαθμός κορεσμού του υδρατμού).

p_k : Η πίεση κορεσμού του υδρατμού για θερμοκρασία t_g, σε (mbar).

P_n : Η κανονική πίεση ίση με 1013,25 σε (mbar).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

T_n : Η κανονική θερμοκρασία ίση με 273,15 K.

T_r : Η θερμοκρασία αναφοράς ίση με 15 (^oC).

T_{gas} : Η θερμοκρασία του αερίου καυσίμου στο μετρητή, σε (^oC).

K : Ο συντελεστής συμπιεστότητας, για φυσικό αέριο ισχύει: **K= Z / Zn = 1,00-(Pa+Pg)/450**

K : Ο συντελεστής συμπιεστότητας, για Ρωσικό φυσικό αέριο ισχύει: **K = 1,00-(Pa+Pg)/476**

K : Ο συντελεστής συμπιεστότητας, για ατμοσφαιρικό αέρα : **K = 1,00**

Z : Ο συντελεστής απόκλισης από την Ιδανική κατάσταση της καταστατικής εξίσωσης των αερίων.

Zn : Ο συντελεστής απόκλισης για κανονικές συνθήκες.

1.4.3.3. Βαθμός απόδοσης του λέβητα στο πλήρες ονομαστικό φορτίο.

Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα προσδιορίζεται:

- με προσδιορισμό της ποσότητας θερμότητας που προσλαμβάνει ο φορέας θερμότητας (νερό) κατά τη διάρκεια της δοκιμής (ωφέλιμη ονομαστική ισχύς) και της ποσότητας θερμότητας που προσάγεται ταυτόχρονα με το καύσιμο και τον αέρα (προσδιδόμενη ονομαστική ισχύς) (άμεση μέθοδος).
- με προσδιορισμό όλων των απωλειών στο ισοζύγιο θερμότητας (έμμεση μέθοδος).

1.4.3.4. Μέτρηση του βαθμού απόδοσης με την άμεση μέθοδο.

Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης με την άμεση μέθοδο γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 304, ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03 & ΕΛΟΤ ΕΝ 303.05, για υγρό, αέριο & στερεό καύσιμο, αντίστοιχα.

Άμεσος Βαθμός απόδοσης του λέβητα: Με τον όρο «βαθμός απόδοσης» του λέβητα, ορίζεται ο λόγος του αποδιδόμενου προς κατανάλωση θερμικού έργου του λέβητα (ωφέλιμο) προς το αντίστοιχο θερμικό έργο Qπρ ή Q_B, που προσδίδεται σ' αυτόν από έξω. Έτσι, στη γενική περίπτωση, ορίζουμε το βαθμό απόδοσης του λέβητα, με τη σχέση 101:

$$\eta_{\text{άμεσος}} = Q_W / Q\text{πρ} \quad \text{ή} \quad n=100 * Q_w / Q_B \quad \text{σε [\%]} \qquad (101)$$

Ως προσδιδόμενη θερμική ισχύ στο λέβητα, θεωρούμε εκείνη, που αντιπροσωπεύει το καύσιμο που εισέρχεται στην εστία του, καθώς και οποιαδήποτε άλλη θερμική ποσότητα μπαίνει σ' αυτή, προερχόμενη από πηγή θερμότητας που βρίσκεται έξω από το λέβητα π.χ., με τον αέρα καύσης (mL * ΔhL) όταν έχει προθερμανθεί αυτός με ατμό ή με το προθερμαινόμενο καύσιμο (m_B * Δh_B). Στην γενική περίπτωση, πάντως έχουμε:

$$Q_{\pi\rho} = Q_B = m_B * Hu \qquad (102)$$

όπου:

m_B : η παροχή καυσίμου και

Hu : η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση της μονάδας μάζας του καυσίμου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.4.3.5. Μέτρηση του βαθμού απόδοσης με την έμμεση μέθοδο των απωλειών.

Στο λέβητα, όπως και σε κάθε θερμική μηχανή, η αξιοποίηση του προσδιδόμενου θερμικού έργου, δεν είναι πλήρης (δηλαδή κατά το μετασχηματισμό του σε ωφέλιμο θερμικό έργο, χάνεται ένα μέρος του προς το περιβάλλον με τη μορφή διαφόρων θερμικών απωλειών). Έτσι, το ωφέλιμο έργο, πάντα υπολείπεται του αντίστοιχα προσδιδόμενου κατά τις απώλειες αυτές, με αποτέλεσμα, πάντοτε ο βαθμός απόδοσης, να είναι μικρότερος από τη μονάδα. Η σχέση 101 γράφεται ως ακολούθως:

$\eta_{άμεσος} = Qωφ / Qπρ = \eta_{έμμεσος} = (Qπρ - ΣQi) / Qπρ$ (103)

όπου:

$Qωφ = Q_w$: Η ωφέλιμη θερμική ισχύς του Λέβητα, είναι εκείνη, που ο Λέβητας προσδίδει στο εργαζόμενο μέσο (συνήθως νερό).

$Qπρ = Q_B$: Η προσδιδόμενη θερμική ισχύς του Λέβητα.

ΣQi : Είναι το άθροισμα όλων των θερμικών απωλειών, του Λέβητα, που εξετάζονται λεπτομερώς παρακάτω.

Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν παραπάνω, η σχέση 103 μπορεί να γραφεί:

$\eta_{έμμεσος} = (m_B * Hu - m_B * Σqi) / m_B * Hu = (Hu – Σqi) / Hu = 1 – (Σqi / Hu)$ (104)

όπου:

Σqi : είναι το άθροισμα των κάθε είδους θερμικών απωλειών που προκύπτουν στο λέβητα από την καύση της μονάδας μάζας καυσίμου ή μ' άλλα λόγια, το μέρος εκείνο της χημικής ενέργειας της μονάδας μάζας καυσίμου, που δεν αποδίδεται στο εργαζόμενο μέσο, αλλά χάνεται, είτε στην ατμόσφαιρα είτε στην τέφρα του καυσίμου.

Οι θερμικές αυτές απώλειες, κατανέμονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. q_d : απώλειες θερμότητας, εξαιτίας του καυσίμου που διαφεύγει από τα διάκενα της εσχάρας και πέφτει στην τεφροδόχη, χωρίς να καεί.
2. q_t : απώλειες θερμότητας από κατάλοιπα του καυσίμου, που βρίσκονται μέσα στην τέφρα, στο τέλος της καύσης.
3. q_f : απώλειες θερμότητας, εξ αιτίας της αιθάλης και του οπτάνθρακα (Cock), που βρίσκεται στην πτητική τέφρα.
4. q_q : απώλειες θερμότητας, λόγω της θερμοκρασίας των στερεών ή υγρών καταλοίπων της καύσης.
5. q_A : απώλειες θερμότητας, εξαιτίας της (σχετικά) υψηλής θερμοκρασίας του καυσαερίου, με την οποία αυτό εγκαταλείπει το λέβητα και εξέρχεται στην ατμόσφαιρα.
6. q_U : απώλειες θερμότητας, εξαιτίας της παρατηρούμενης περιεκτικότητας του. καυσαερίου, σε ορισμένα καύσιμα αέρια που προήλθαν από το καύσιμο αλλά δεν έχουν καεί πλήρως.
7. q_S : απώλειες θερμότητας, εξαιτίας της ακτινοβολίας και της μεταφοράς θερμότητας, από τα τοιχώματα των εξωτερικών επιφανειών του λέβητα προς το περιβάλλον.

Αν χαρακτηρίσουμε το λόγο qi / Hu *100 = υi, τότε ο βαθμός απόδοσης μπορεί να γραφεί:

$\eta = (100 – Συi)$ σε [%] (105)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στην περίπτωση αυτή, u_i θα είναι η απώλεια θερμότητας που οφείλεται στον i λόγο, ανηγμένη στην Hu και εκφρασμένη %κ.ό.

Οι απώλειες από 1 μέχρι και 4 εξετάζονται στην επόμενη παράγραφο, με τον όρο απώλειες εστίας.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση των απωλειών που αναφέρθηκαν και δίδονται ορισμένες ποσοτικές σχέσεις γι' αυτές.

1.4.4. Ανάλυση απωλειών.

1.4.4.1. Απώλειες εστίας – Βαθμός απόδοσής της.

Οι πρώτες σημαντικές απώλειες, παρατηρούνται στην εστία και οφείλονται στο γεγονός ότι, το καύσιμο που εισάγεται σ' αυτήν, είτε δεν καίγεται όλο, είτε δεν καίγεται τελείως. Έτσι, συχνά παρατηρείται παρουσία καταλοίπων του καυσίμου στην τέφρα, όπως π.χ. στην περίπτωση καύσης στερεού καυσίμου σε εσχάρες, οπότε, μικρά κομμάτια καυσίμου περνούν μέσα απ' τους αρμούς και τα διάκενα των εσχαρίων και πέφτουν στην τεφροδόχη, πριν καούν.

Μπορούν επίσης να παρατηρηθούν, μικρά σωματίδια καυσίμου που δεν πρόλαβαν να καούν όσο αιωρούνταν και έπεσαν κάτω άκαυστα. Ακόμη στην ίδια περίπτωση και ιδίως όταν η φόρτιση της εστίας είναι έντονη, είναι δυνατόν ορισμένη ποσότητα του καυσίμου, να εγκαταλείπει άκαυστη το θάλαμο καύσης και να παρασύρεται από το καυσαέριο προς την ατμόσφαιρα, μαζί με την πτητική τέφρα.

Συνεπώς, οι απώλειες ακαύστων, δημιουργούνται είτε γιατί το καύσιμο εγκαταλείπει το θάλαμο καύσης πιο σύντομα από ό,τι πρέπει (δηλ. το καύσιμο δεν έχει τον απαιτούμενο χρόνο στη διάθεσή του για να καεί τελείως) ή γιατί, παρόλο που ο χρόνος είναι αρκετός, δεν γίνεται τέλεια καύση, επειδή δεν επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός ανάμειξης καυσίμου και αέρα καύσης. Στην τελευταία περίπτωση, σημειώνεται η παρουσία CO ή H_2 στο καυσαέριο, καθώς επίσης και αιθάλης.

Οι απώλειες ud εξαιτίας διαφυγής καυσίμου από τους αρμούς και τα διάκενα της εσχάρας, προέρχονται κυρίως από καύσιμο που δεν έχει εξαεριωθεί. Το καύσιμο αυτό, αν είναι σημαντικό σε ποσότητα, πρέπει να επαναφερθεί στην εσχάρα.

Οι απώλειες u_t και u_f, υπολογίζονται (κατά Ledinegg) από τον προσδιορισμό της ποσότητας των καυσίμων κατάλοιπων μέσα στην τέφρα και της περιεκτικότητας του καυσίμου σε τέφρα. Τέλος, οι απώλειες u_u (λόγω της παρουσίας ακαύστων αερίων στο καυσαέριο), μπορούν με σχετική ακρίβεια να δοθούν από τη σχέση 106:

$$u_\beta = \frac{12644}{H_u} \cdot \frac{y_{CO} \cdot \gamma_C}{0.536 \cdot (y_{CO2} + y_{CO})} \quad \text{σε \%} \qquad (106)$$

Όπου:

y_{CO} και y_{CO2} : η κατ' όγκο περιεκτικότητα του καυσαερίου σε CO και CO_2, αντίστοιχα.

μ_C : η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα.

Η παραπάνω απώλεια (u_β), προέρχεται, όπως αναφέρθηκε, από την παρουσία CO και H_2 στο καυσαέριο. Η απώλεια που συνεπάγεται η παρουσία του καθενός στο καυσαέριο, μπορεί να εκφρασθεί και χωριστά. Έτσι, αν y_{CO} είναι η κατ' όγκο περιεκτικότητα του καυσαερίου σε CO, που μετράται και συ η ποσότητα του καυσίμου, που έπεσε στην τέφρα περνώντας από τα διάκενα της εσχάρας, τότε για κάθε kg καυσίμου, θα έχουμε:

$$(1- \sigma u) * V_{GT} * y_{CO} \quad (Nm^3_{CO}/\text{kg καυσίμου}) \qquad (107)$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Όπου:
V_{GT}:ο όγκος του ξηρού καυσαερίου που προέκυψε από την καύση 1 kg καυσίμου (Nm^3/kg).

Η απώλεια θερμότητας που διαπιστώνεται από την μη καύση αυτής της ποσότητας του CO, είναι:

$$\upsilon_{CO} = y_{CO} * V_{GT} * (1-\sigma u) * 12644/ Hu \qquad (108)$$

Είναι Hu_{CO} = 12644 (kJ/Nm^3).

Όμοια, η θερμότητα που χάνεται λόγω της παρουσίας H_2 στο καυσαέριο, είναι:

$$\upsilon_{H_2} = \frac{y_{H_2} \cdot V_{GT} \cdot (1-\sigma_u)}{H_u} \cdot 10670 \qquad (109)$$

Είναι Hu_{H2}= 10670 (kJ/Nm^3).

Φυσικά ισχύει: $$\upsilon_\beta = \upsilon_{CO} + \upsilon_{H_2} \qquad (110)$$

Ο βαθμός απόδοσης της εστίας, ορίζεται ως εξής:

Αν $Q_B = m_B * Hu$, είναι η παροχή θερμότητας που εισάγεται με το καύσιμο στον Λέβητα και Q_E η θερμική ισχύς που χάνεται λόγω των απωλειών της εστίας [$Q_E = m_B (q_d + q_t + q_f + q_\beta)$], τότε, ο βαθμός απόδοσης της εστίας, θα είναι:

$$n_E = \frac{(Q - Q_E)}{Q} \qquad (111)$$

ή

$$n_E = 1 - \frac{q_d + q_t + q_f + q_\beta}{H_u} \qquad (112)$$

ή

$$n_E = \left[100 - \left(\upsilon_d + \upsilon_t + \upsilon_f + \upsilon_\beta\right)\right] \quad \text{σε \%} \qquad (113)$$

Ας σημειωθούν οι εξής μέσες τιμές του η_E, για διάφορες περιπτώσεις:

- Για εστίες κονιοποιημένου άνθρακα 0.95 ÷ 0.98
- Για εστίες υγρών καυσίμων 0.98 ÷ 0.99
- Για εστίες αερίου καυσίμου 1.0
- Για εστίες με μηχανικές εσχάρες 0.90 ÷ 0.96
- Για εστίες με μόνιμες εσχάρες 0.80 ÷ 0.90

1.4.4.2. Απώλειες θερμότητας στο περιβάλλον λόγω θερμού καυσαερίου.

Όπως αναφέρθηκε, το καυσαέριο που εγκαταλείπει τον Λέβητα, έχει σχετικά υψηλή θερμοκρασία (στους συνήθεις λέβητες κυμαίνεται από 160 έως 250°C). Η θερμότητα που περιέχεται σο καυσαέριο, εξαιτίας της θερμοκρασίας του αυτής, διαχέεται στο περιβάλλον και είναι η σημαντικότερη θερμική απώλεια του Λέβητα. Η απώλεια αυτή εκφρασμένη ως θερμική ισχύς, είναι:

$$\dot{Q}_A = \dot{m}_B \cdot n_E \cdot \mu_A \cdot (h_{A_a} - h_{A_L}) = \dot{m}_{B_1} \cdot \mu_A \cdot (h_{A_a} - h_{A_L}) = \dot{m}_A \cdot (h_{A_a} - h_{A_L}) \qquad (114)$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Όπου:

μ_A: η μάζα του καυσαερίου ανά kg πραγματικά καιόμενου καυσίμου.

$m_{B1} = m_B * \eta_E$: η ποσότητα του καυσίμου που πραγματικά καίγεται στο Λέβητα, στην μονάδα του χρόνου.

hAα: Η ενθαλπία του καυσαερίου, στην έξοδό του από το Λέβητα.

hA_L: Η ενθαλπία του καυσαερίου, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η Q_A ανηγμένη στη μονάδα μάζας του πραγματικά καιόμενου καυσίμου, είναι:

$$q_A = \mu_A \cdot (h_{A_a} - h_{A_L}) \qquad (115)$$

Και η σχετική % απώλεια:

$$u_A = \mu_A * (hA_\alpha - hA_L) / Hu * 100 = (V_A * c_{pmA})*(t_A-t_L)*(1/Hu)*100 = (V_{Atr} * c_{pmAtr} + Vw * c_{pmH2O})*(t_A-t_L)*(1/Hu)*100 \text{ σε \%}$$

όπου:

V_A : Ο όγκος σε m^3 του παραγόμενου καυσαερίου ανά kg ή m^3 καιόμενου καυσίμου.

V_{Atr} : Ο όγκος σε m^3 του παραγόμενου ξηρού καυσαερίου ανά kg ή m^3 καιόμενου καυσίμου.

t_A : Η θερμοκρασία σε ^oC του καυσαερίου, στην έξοδό του από το Λέβητα.

t_L : Η θερμοκρασία σε ^oC του καυσαερίου, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

c_{pmAtr} :Η μέση ειδική θερμότητα σε [kJ/(m^3*K)] του ξηρού καυσαερίου στο φάσμα θερμοκρασιών t_L σε t_A.

Εξίσωση για τον προσδιορισμό (ισχύει μέχρι Ta = 500 ^oC)

$c_{pmAtr} = c_{pmAtr1} + c_{pmAtr2} * c_{pmAtr3} + c_{pmAtr4} * cpm_{Atr3}^2$ σε W*h/(m^3*K)

$c_{pmAtr} = c_{pmAtr} * (3600 / 1000)$ σε kJ/(m^3*K)

όπου:

$c_{pmAtr1} = .361 + .008 * (tA / 1000) + .034 * (tA / 1000)^2$

$c_{pmAtr2} = .085 + .19 * (tA / 1000) - .14 * (tA / 1000)^2$

$$c_{pmAtr3} = \left(\frac{y_{CO_{2T},m}}{100}\right)^2$$

Όπου:

$y_{CO_{2T},m} = \hat{y}_{CO_{2T}} \cdot \left(1 - \frac{y_{O_{2T}}}{21}\right)$ σε % κ.ό., συσχετίζοντας τις απλοποιημένες σχέσεις του λόγου αέρα καύσης, δηλαδή:

$$\lambda = \frac{21}{21 - y_{O_{2T,m}}} = \frac{\hat{y}_{CO_{2T}}}{y_{CO_{2T},m}}$$

και $\hat{y}_{CO_{2T}}$ η ανώτατη κατ' όγκο συγκέντρωση του CO_2 στο ξηρό καυσαέριο και για την οποία ισχύει:

$$\hat{y}_{CO_{2T}} = \frac{V_{CO_2}}{V_{GoT}} \cdot 100 \text{ σε \% κ.ό}$$

$c_{pmAtr4} = 0,3 * (tA / 1000) – 0,2 * (tA / 1000)^2$

c_{pmH2O} :Η μέση ειδική θερμότητα σε [kJ/(m^3*K)] του υδρατμού του καυσαερίου στο φάσμα θερμοκρασιών t_L σε t_A.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

$c_{pmw} = .414 + .038 * (tA / 1000) + .034 * (tA / 1000)^2$ σε $W*h/(m^3*K)$

$c_{pmH2O} = c_{pmw} * (3600 / 1000)$ σε $kJ/(m^3*K)$

V_W : Ο όγκος σε m^3 του παραγόμενου υδρατμού ανά kg ή m^3 καιόμενου καυσίμου.

$Vw = V_{H2OB} = 11.111 * h + 1.243 * \gamma_{H2O}$ σε m^3/kg

Η τιμή υ_A, εξαρτάται από τη θερμοκρασία εξόδου του καυσαερίου από το Λέβητα, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το λόγο αέρα καύσης και το καύσιμο. Ως τάξη μεγέθους, η υ_G στους συνήθεις λέβητες κυμαίνεται από 6% έως 15%.

Στον ακόλουθο πίνακα 1.12 δίνονται ενδεικτικά όρια για τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου (σε %) για λέβητες που τροφοδοτούνται με πετρέλαιο και αέριο καύσιμο, ως συνάρτηση της ωφέλιμης ισχύος και της χρονικής περιόδου κατασκευής του λέβητα.

Πίνακας 1.12: *Ενδεικτικά όρια για τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου (σε %) για λέβητες που τροφοδοτούνται με πετρέλαιο και αέριο καύσιμο, ως συνάρτηση της ωφέλιμης ισχύος και της χρονικής περιόδου διάθεσης του λέβητα στην αγορά.*

Παράμετρος	**Κατηγοριοποίηση σε αντιστοιχία με την καλυπτόμενη χρονική περίοδο διάθεσης στην αγορά του λέβητα.**	**Ονομαστική Θερμική ισχύς μικρότερης από 400 (kW)**					**Ονομαστική Θερμική ισχύς μεγαλύτερης από 400 (kW)**
		≤ 25	**≥ 25 -- 35**	**≥ 35 – 50**	**≥ 50 -- 70**	**≥ 70 -- 400**	**≥ 400**
Περίπτωση για υγρό καύσιμο (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης) και Αέριο καύσιμο.							
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου (σε %).	Περίπτωση α): Μέχρι και την 31 Δεκεμβρίου 1986. Παλαιές εγκαταστάσεις πριν την εφαρμογή του Π.Δ. 300.	15.0	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0
	Περίπτωση β): Από 1 Ιανουαρίου 1987 μέχρι και την 31 Δεκεμβρίου 1997. Παλαιές εγκαταστάσεις πλήρη εφαρμογή του Π.Δ. 300.	14.0	13.0	12.5	12	11.5	11.0
	Περίπτωση γ): Από 1 Ιανουαρίου 1998 μέχρι και σήμερα. Νέες εγκαταστάσεις πλήρη εφαρμογή του Π.Δ. 335.	12	11	10.5	10	9.5	9.0

1.4.4.3. Απώλειες θερμότητας από τα εξωτερικά τοιχώματα του Λέβητα στο περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία.

Αντιπροσωπεύουν τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον, που παρατηρούνται από το γεγονός ότι, τα εξωτερικά τοιχώματα του Λέβητα, παρά τη θερμική τους μόνωση, διατηρούνται πάντα σε μεγαλύτερη θερμοκρασία, από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μεταφορά θερμότητας από όλες τις επιφάνειες λέβητα προσδιορίζεται με την υπολογιστική μέθοδο του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας στο πλήρες ονομαστικό φορτίο λειτουργίας σε kW.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ο υπολογισμός της απώλειας θερμότητας q_S, η οποία είναι η απώλεια θερμότητας διαμέσου της ακτινοβολίας και συναγωγής των τοιχωμάτων του λέβητα λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας σε σχέση με το περιβάλλον (η τιμή εκφράζεται σε σχέση με την προσδιδόμενη θερμική ισχύ).

Η μεταφορά θερμότητας από όλες τις επιφάνειες του λέβητα προσδιορίζεται με την άλφα-μέθοδο στο πλήρες ονομαστικό φορτίο (kW) σύμφωνα με το πρότυπο EN 304. Η απώλεια q_S μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$q_S = \Sigma Qx(i) / (Q_B*(1-Q_U)) \quad (116)$$

$$Qxi = Ai * a_{tot} * (t_{surf,i} - t_L) \quad \text{σε (W)} \quad (117)$$

όπου:

Qxi : Η εκπομπή θερμότητας από τμήμα των εξωτερικών τοιχωμάτων σε W, υπολογιζόμενη από VDI-Waermeatlas.

Ai : Η επιφάνεια του τμήματος σε (m_2).

$t_{surf,i}$: Η μέση θερμοκρασία σε ^oC της i επιφάνειας του λέβητα.

$a_{tot} = a_{CON} + a_{RAD}$: Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε [W/(m^2*K)], υπολογιζόμενος από VDI-Waermeatlas.

a_{CON} : Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω συναγωγής σε [W/(m^2*K)], υπολογιζόμενος από VDI-Waermeatlas.

$$a_{conv,i} = 46 * [(t_{surf,i} + tL)/2]^{-0.62} * (t_{surf,i} - tL)^{0.33} \quad (118)$$

a_{RAD} : Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω ακτινοβολίας σε [W/(m^2*K)], υπολογιζόμενος από VDI-Waermeatlas.

$$a_{rad,i} = \varepsilon i * \sigma * (t_{surf,i}^4 - tL^4) / (t_{surf,i} - tL) \quad (119)$$

σ : η σταθερά Stefan – Boltzmann = 5,67E-08(W/m^2K^4)

Οι τιμές της εκπομπής (ε) πρέπει να επιλέγονται, ανάλογα με το είδος του υλικού του περιβλήματος, και ενδεικτικές τιμές ως ακολούθως:

- Πλαστικά 0,90
- Χυτοσίδηρος, χωρίς επικάλυψη 0,65
- Αλουμίνιο, μη επιχρισμένα 0,10
- Αλουμίνιο βαμμένο 0,50
- Άλλες βαμμένες επιφάνειες 0,95
- Χαλύβδινα, μη επιχρισμένα 0,80
- Χάλυβα, επενδυμένα με ψευδάργυρο 0,30
- Χάλυβα, γυαλισμένο με χρώμιο 0,10

Συνεπώς η σχέση 117 γράφεται : $Qxi = \Sigma i (a_{conv,i} + a_{rad,i}) * Ai * (t_{surf,i} - tL)$ σε W (118)

Στους σύγχρονους λέβητες οι απώλειες από το περίβλημα είναι μικρές λόγω της καλής μόνωσης, $U_S \cong 0,005 \div 0,04$, της τάξεως δηλ. 0,5 έως 4%.

1.4.4.4. Πρακτική προσέγγιση εκτίμησης του βαθμού απόδοσης.

Η ακριβής μέτρηση του βαθμού απόδοσης ενός λέβητα ή μιας συσκευής είναι δυνατή μόνον σε Εργαστήριο. Για το λόγο αυτό για τον έλεγχο υφισταμένων εγκαταστάσεων στην πράξη

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

χρησιμοποιείται ο έμμεσος βαθμός απόδοσης του λέβητα, ο οποίος στην απλούστερη περίπτωση για υγρό και αέριο καύσιμο εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$n_{έμμεσος} = 100 - u_A - u_U - u_S \quad \text{σε (\%)} \quad (119)$$

Όπου:

u_A : Οι απώλειες λόγω του θερμού καυσαερίου σε (%).

u_U : Οι απώλειες λόγω των άκαυστων συστατικών σε (%).

u_S : Οι απώλειες λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας από τα εξωτερικά τοιχώματα σε (%).

Στους λέβητες με συμπύκνωση των υδρατμών, αν ο βαθμός απόδοσης είναι ανηγμένος στην κατώτερη θερμογόνο ικανότητα (όπως συμβατικά επιβάλλεται από τα πρότυπα), είναι δυνατόν ο βαθμός απόδοσης να είναι μεγαλύτερος από 1.

$$\eta = (Hs - Q_A - Q_U - Q_S) / Hu = H_S / Hu – Q_A/Hu – Q_U/Hu – Q_S/Hu = f – u_A – u_U - u_S > 100 \quad (120)$$

επειδή f > 100.

όπου:

H_s : Η ανωτέρα θερμογόνος ικανότητα του καυσίμου.

Πρακτικά, οι απώλειες θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου (σε %) υπολογίζονται από τη μετρημένη κατ΄ όγκο συγκέντρωση σε οξυγόνο O_2 ή διοξείδιο του άνθρακα CO_2 στο ξηρό καυσαέριο, από τις ακόλουθες σχέσεις 35 & 36, αντίστοιχα.

$$u_A = (t_A - t_L) * (A1 / yCO_2μετρ.(\%) + B) \quad \text{σε (\%)} \quad (121)$$

$$u_A = (t_A - t_L) * (A2 / (21-yO_2μετρ.(\%)) + B) \quad \text{σε (\%)} \quad (122)$$

Ενώ, οι απώλειες λόγω ατελούς καύσης υπολογίζονται με βάση τη μετρούμενη συγκέντρωση CO στο καυσαέριο σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση 123.

$$u_A = a * yCO(\%) / (yCO(\%) + yCO2(\%)) \quad \text{σε (\%)} \quad (123)$$

όπου:

q_A	:	απώλειες θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου (σε %).
t_A	:	Θερμοκρασία καυσαερίου σε (^oC).
t_L	:	Θερμοκρασία εισόδου αέρα καύσης σε (^oC).
yCO_2max	:	Ανώτατη κατ' όγκο συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα CO_2 συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε (%).
$yCO_2μετρ.$	:	μετρούμενη κατ' όγκο συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα CO_2 στο ξηρό καυσαέριο σε (%).
$yO_2μετρ.$	:	μετρούμενη κατ' όγκο συγκέντρωση του οξυγόνου O_2 στο ξηρό καυσαέριο σε (%).
A1, A2 & B	:	συντελεστές που λαμβάνονται από τον ακόλουθο Πίνακα 1.13 συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου καυσίμου, σύμφωνα με τον εμπειρικό τύπο του Siegert.
a	:	συντελεστές που λαμβάνονται από τον ακόλουθο Πίνακα 1.13 συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου καυσίμου για τον υπολογισμό των απωλειών θερμότητας λόγω ατελούς καύσης.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.13: *Οι συντελεστές yCO_{2max} (%), A1, A2, B και a* συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.

Συντελεστές	**Πετρέλαιο Θέρμανσης (Light Oil)**	**Φυσικό Αέριο (Natural Gas)**	**Υγραέριο (Liquified gas)**	**Βιοντήζελ (BioDiesel)**	**Ξυλώδη βιομάζα (Dry wood)**
yCO_2max (%)	15,4	11,7	14	15,7	19,4
A1	0,5	0,37	0,42	0,4567	0,65
A2	0,68	0,66	0,63		
B	0,007	0,009	0,008	0,005	0,0
a	52	32	32	52	69

1.4.4.5. Ετήσιος βαθμός απόδοσης λειτουργίας n_a.

Η ετήσια απόδοση λειτουργίας του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα δίνεται από την ακόλουθη σχέση 124 είναι:

$$n_a = 100 - q_A - q_S - q_B \quad \text{σε (\%)} \qquad (124)$$

όπου:

q_B : Η απώλεια αναμονής του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα.

Σύμφωνα με το VDI 2067 η ετήσια απόδοση υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση 125:

$$n_a = \frac{n_K}{\left(\frac{b_a}{b_{VHa}} - 1\right) \cdot q_B + 1} \quad \text{σε \%} \qquad (125)$$

όπου:

b_a : Ο χρόνος αναμονής και απόκρισης (έναυσης) του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα σε ώρες ανά έτος.

b_{VHa}: Ο αριθμός ωρών πλήρους χρήσης του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα σε ώρες ανά έτος.

1.4.4.6. Απώλειες αναμονής q_B.

Οι απώλειες αναμονής είναι μέρος της παραγόμενης ωφέλιμης θερμικής ενέργειας, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του λέβητα σε μια επιθυμητή θερμοκρασία, όταν δεν υπάρχει ζήτηση θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση χώρων ή/ και ζεστού νερού χρήσης.

Στον παρακάτω πίνακα 1.14 παρουσιάζονται οι απώλειες αναμονής ως ποσοστό της ωφέλιμης θερμικής ισχύος του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα με καύσιμο πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο Γερμανικό Πρότυπο DIN 4702 Μέρος 1.

Πίνακας 1.14: *Απώλειες αναμονής σε συνάρτηση με την ωφέλιμη εγκατεστημένη ισχύ του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα, σύμφωνα με το Γερμανικό Πρότυπο DIN 4702 Μέρος 1.*

Ωφέλιμη εγκατεστημένη ισχύς σε kW	**Απώλειες αναμονής q_B σε %**
έως 10	3.0
από 10 έως 20	2.0
από 20 έως 100	1.0
από 100 έως 1000	0.5

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο DIN EN 303 Μέρος 2, οι απώλειες αναμονής ως ποσοστό της ωφέλιμης θερμικής ισχύος του συγκροτήματος λέβητα- πιεστικού καυστήρα με καύσιμο πετρέλαιο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.15.

Πίνακας 1.15: *Απώλειες αναμονής σε συνάρτηση με την ωφέλιμη εγκατεστημένη ισχύ του συγκροτήματος λέβητα-καυστήρα, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο DIN EN 303 Μέρος 2.*

Ωφέλιμη εγκατεστημένη ισχύς σε kW	**Απώλειες αναμονής q_B σε %**
έως 10	3,0 %
από 10 έως 20 kW	2,0 %
από 20 έως 50 kW	1,4 %
από 50 έως 100 kW	1,0 %
από 100 έως 300 kW	0,75%

1.4.4.7. Βαθμός απόδοσης διανομής n_V.

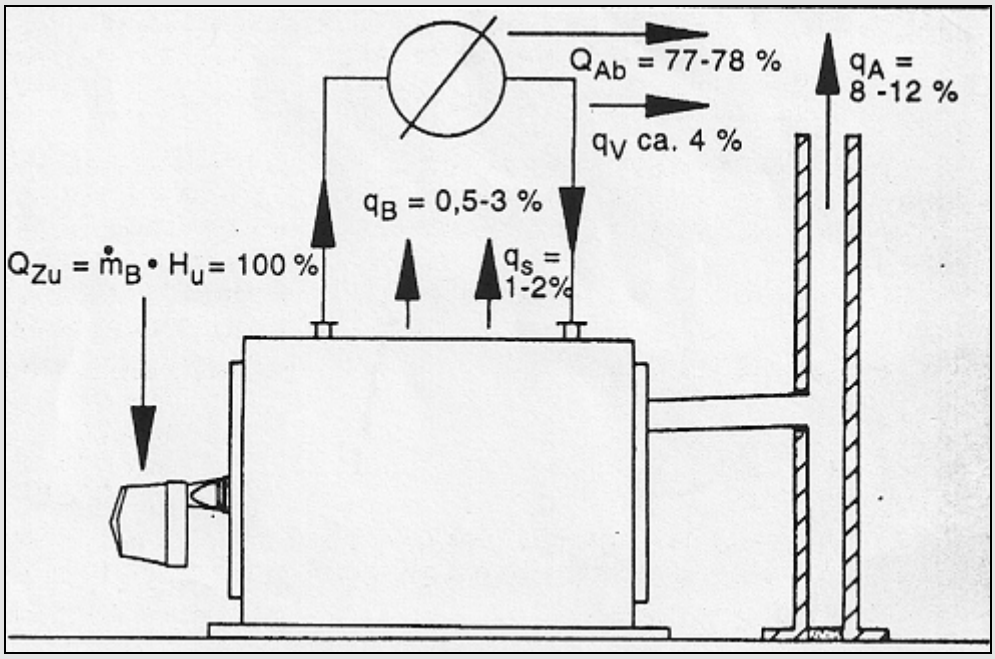
Ο βαθμός απόδοσης διανομής της παραγόμενης θερμικής ενέργειας λαμβάνει υπόψη τις απώλειες λόγω διανομής της θερμικής ενέργειας μέσω των σωλήνων διανομής που βρίσκονται εκτός των θερμαινόμενων χώρων. Σε εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης ο βαθμός απόδοσης n_V μπορεί να ληφθεί ως 96%.

1.4.4.8. Ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης n_{ges}.

Μετά τα παραπάνω ο ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης $\mathbf{n_{ges}}$:

$$n_{ges} = n_a * n_V * 100 \quad \text{σε \%} \qquad (126)$$

Στο παρακάτω σχήμα 1.3.3 απεικονίζεται παραστατικά η ροή ενέργειας / απωλειών σε ένα σύγχρονο σύστημα κεντρικής θέρμανσης.



Σχήμα 1.3.3: *Ροή ενέργειας / απωλειών σε σύγχρονο σύστημα κεντρικής θέρμανσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.4.4.9. Προϋποθέσεις δοκιμής-ελέγχου και απαιτούμενες συνθήκες για την πραγματοποίηση των μετρήσεων σε συνήθη λέβητα ζεστού νερού.

Η δοκιμή-έλεγχος πρέπει να πραγματοποιείται αφού έχουν επιτευχθεί οι πιο κάτω προϋποθέσεις δοκιμής και οι απαιτούμενες συνθήκες ελέγχου:

- Κατάσταση του λέβητα: Ο λέβητας πρέπει να προσκομίζεται για έλεγχο σε τέτοια κατάσταση και σε τέτοια μορφή, όπως συνήθως διατίθεται στην κατανάλωση για λειτουργία.
- Ο λέβητας πρέπει να βρίσκεται σε λειτουργία μία (1) ώρα περίπου με την ισχύ που προβλέπεται για τη δοκιμή, πριν από την πραγματοποίηση της δοκιμής της ισχύος και του βαθμού απόδοσης, ώστε να βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας κατά τη διάρκειά της. Η κατάσταση ισορροπίας έχει επιτευχθεί όταν η θερμοκρασία του νερού δε μεταβάλλεται περισσότερο από ± 0,5 K/h.
- Η περίσσεια αέρα καύσης κατά τη διάρκεια της δοκιμής θα πρέπει να έχει τιμή μικρότερη ή ίση της οριακής τιμής που προδιαγράφεται στα Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/1999 και ΕΛΟΤ ΕΝ303-3/99 ως συνάρτηση της ονομαστικής ισχύος του προς μέτρηση λέβητα.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος [T_L] κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 15 ^{o}C.
- Η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο του από το λέβητα T_V θα πρέπει να είναι μεταξύ 80 ^{o}C και 90 ^{o}C. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ303-3/99 η θερμοκρασία εξόδου του νερού από το λέβητα πρέπει να είναι (80±2) ^{o}C
- Η θερμοκρασία του νερού στην είσοδο του στο λέβητα [T_R] θα πρέπει να είναι κατά 10 έως 25 K μικρότερη της θερμοκρασίας εξόδου [T_V]. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ303-3/99 η διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών εξόδου και εισόδου του νερού στο λέβητα πρέπει να είναι (20±1) K.
- Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, πρέπει να ικανοποιείται η πιο κάτω συνθήκη:

$$\frac{T_V + T_R}{2} - T_L \geq 50.0K$$

- Σε περίπτωση που η μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα δεν είναι 70 ^{o}C, τότε με βάση τις σχέσεις που εφαρμόζονται στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Labnet, γίνεται διόρθωση του βαθμού απόδοσης που αφορά:
  - Την επίδραση της μέσης θερμοκρασίας του νερού (70 ^{o}C) στις απώλειες καυσαερίων.
  - Την επίδραση της μέσης θερμοκρασίας του νερού (70 ^{o}C) στις απώλειες ακτινοβολίας.
  - Την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης (1013.25mbar) στις απώλειες καυσαερίων.
  - Την επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (20 ^{o}C) στις απώλειες θερμοκρασιών.

- Η πίεση των καυσαερίων στην εξοδό τους από το λέβητα :
  - Για λέβητες οι οποίοι λειτουργούν με αρνητική πίεση στο θάλαμο καύσης, οι τιμές των απαιτήσεων ελκυσμού δίνονται στο Σχήμα 2 του ΕΝ 303-2 και στο Σχήμα 5 του ΕΛΟΤ ΕΝ303-3/99 ως συνάρτηση της ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος και οι οποίες κανονικά θεωρούνται ως όρια.
  - Για λέβητες οι οποίοι λειτουργούν με θετική πίεση στο θάλαμο καύσης, οι τιμές για την αντίσταση από την πλευρά του καυσαερίου δίνονται στο Σχήμα 3 του ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/1999 και στο Σχήμα 6 του ΕΛΟΤ ΕΝ303-3/99 ως συνάρτηση της ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος και οι οποίες κανονικά θεωρούνται ως όρια.

  Εάν οι παραπάνω τιμές υπερβαίνονται θα γίνεται αναφορά στο τεχνικό φυλλάδιο.

- Η υγρασία του αέρα καύσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6 ± 4 g/kg.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Οι εκπομπές των NOx αντιστοιχούν στη συγκέντρωση αναφοράς του αζώτου στο καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή στα 140 mg/kg.
- Οι θερμοκρασίες T_V και T_R δεν πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από 0.5 (K/h) x διάρκεια της δοκιμής σε (h), στην εκκίνηση και στο τέλος της δοκιμής.
- Η διάρκεια της δοκιμής είναι τουλάχιστον μία (1) ώρα και σ' αυτό το διάστημα πραγματοποιούνται έξι (6) μετρήσεις του άμεσου βαθμού απόδοσης.
- Ελέγχεται ο άμεσος βαθμός απόδοσης να μην αποκλίνει περισσότερο από 0.5 % του βαθμού από μέτρηση σε μέτρηση.

1.4.4.10. Τεχνικές Απαιτήσεις.

Α. Όρια αποδόσεων στο πλήρες ονομαστικό φορτίο. Στον ακόλουθο πίνακα 1.16 δίνονται οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται όσον αφορά τις ωφέλιμες ονομαστικές αποδόσεις των λεβήτων στο πλήρες ονομαστικό φορτίο και σε 30% μερικό φορτίο.

Πίνακας 1.16: *Οι ωφέλιμες αποδόσεις των λεβήτων ζεστού νερού σύμφωνα με το Π.Δ.335 σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/42/ΕΟΚ.*

Τύπος λέβητα	**Εύρος ισχύος**	**Απόδοση στο πλήρες φορτίο (ονομαστική ισχύ)**		**Απόδοση σε μερικό φορτίο (30%)**	
	kW	Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε ^{O}C)	Απαίτηση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)	Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε ^{O}C)	Απαίτηση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)
Συνήθεις λέβητες	4 ÷ 400	70	≥84+2λογPn	≥50	≥80+3λογPn
Λέβητες χαμηλής Θερμοκρασίας (*)	4 ÷ 400	70	≥87.5+1.5λογPn	40	≥87.5+1.5λογPn
Λέβητες αερίου με συμπύκνωση	4 ÷ 400	70	≥91+1λογPn	30 (**)	≥97+1λογPn

(*) : Συμπεριλαμβανομένων των λεβήτων συμπύκνωσης που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα.
(**) : Θερμοκρασία του νερού τροφοδότησης του λέβητα.
Pn : Ωφέλιμη ονομαστική ισχύς σε kW.

Εξαιρούνται:

Οι λέβητες παραγωγής ζεστού νερού που μπορούν να τροφοδοτούνται με διάφορα καύσιμα μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται και τα στερεά.
Οι μονάδες στιγμιαίας παραγωγής ζεστού νερού για οικιακή χρήση.
Οι λέβητες που έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να τροφοδοτούνται με καύσιμα των οποίων οι ιδιότητες διαφέρουν σημαντικά από αυτές των αερίων και υγρών καυσίμων που συνήθως κυκλοφορούν στο εμπόριο (κατάλοιπα βιομηχανικά αέρια, βιοαέρια κ.τ.λ.).
Οι μαγειρικές συσκευές και οι συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για να θερμαίνουν κατά κύριο λόγο το χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένες, αλλά δευτερευόντως, ζεστό νερό για κεντρική θέρμανση και οικιακή χρήση.
Οι συσκευές ωφέλιμης ισχύος κάτω των 6 kW που έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για την τροφοδότηση ενός συστήματος αποθήκευσης ζεστού νερού για οικιακή χρήση με κυκλοφορία μέσω της βαρύτητας.
Οι λέβητες που δεν κατασκευάζονται εν σειρά.
Στην περίπτωση λεβήτων διπλής λειτουργίας, οι οποίοι προορίζονται για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ΖΝΧ για οικιακή χρήση, οι απαιτήσεις απόδοσης αφορούν μόνο τη λειτουργία της θέρμανσης.

Β. Όρια του λόγου αέρα καύσης.

Ο καυστήρας του λέβητα ρυθμίζεται ώστε η καύση να γίνεται με λόγο αέρα καύσης, οι τιμές του οποίου σε συνάρτηση με την ωφέλιμη ονομαστική ισχύ δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 1.17 και παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.4.1.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας 1.17: *Ενδεικτικά όρια για τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του λόγου αέρα καύσης συναρτήσει της ωφέλιμης ισχύος, για λέβητες που τροφοδοτούνται με πετρέλαιο και αέριο καύσιμο.*

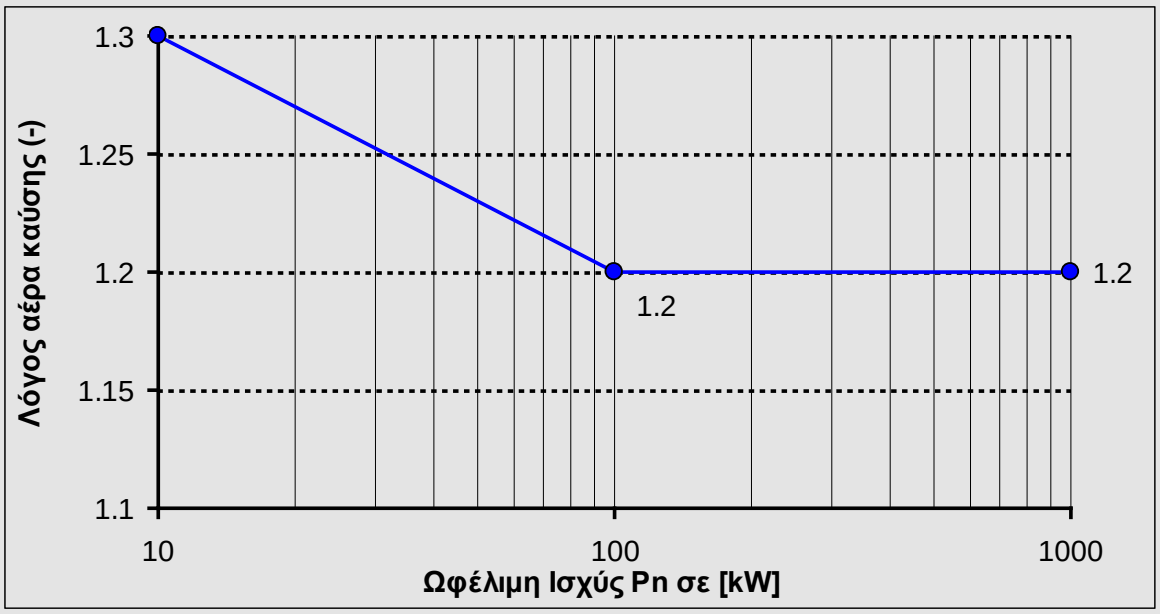
Παράμετρος	**Ονομαστική Θερμική ισχύς σε (kW)**	**Λόγος αέρα καύσης λ (-)**	**Ανοχή για υγρό καύσιμο (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης) σε (%)**	**Ανοχή για Αέριο καύσιμο σε (%)**
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του λόγου αέρα καύσης (-)	≤ 100	$= 1.4 - 0.1\log_{10}Pn$	±10	±10
	≥ 100 – 300	1.2	±10	±10
	≥ 300 Έως 1000	1.2	±1.67 ή 1.18 – 1.22	±5

όπου:

Pn : Η ωφέλιμη ονομαστική ισχύς του λέβητα (για μέση θερμοκρασία νερού 70^oC), σε kW.

Προτείνεται ως ελεγχόμενη παράμετρος ο λόγος αέρα καύσης (ή περίσσεια αέρα καύσης) σε συνάρτηση με την ωφέλιμη ισχύ, να υπολογίζεται από τη μετρούμενη τιμή της κατ' όγκο συγκέντρωσης O_2 ή CO_2, στο ξηρό καυσαέριο. (Ισχύει μόνο για πιεστικούς καυστήρες).

- yCO_2 είναι : $\lambda \approx yCO_2max / yCO_2$μετρ.
- yO_2 είναι : $\lambda \approx 20,95 / (20,95 - yO_2$μετρ.).



Διάγραμμα 1.4.1: *Απαιτήσεις λόγου αέρα καύσης* συναρτήσει της ωφέλιμης ισχύος, για λέβητες *ζεστού νερού* που τροφοδοτούνται με πετρέλαιο και αέριο καύσιμο.

Γ. Απαιτήσεις ελκυσμού. Στον ακόλουθο πίνακα 1.18 δίνονται τα όρια του ελκυσμού σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 & ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98, /11, 12/.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

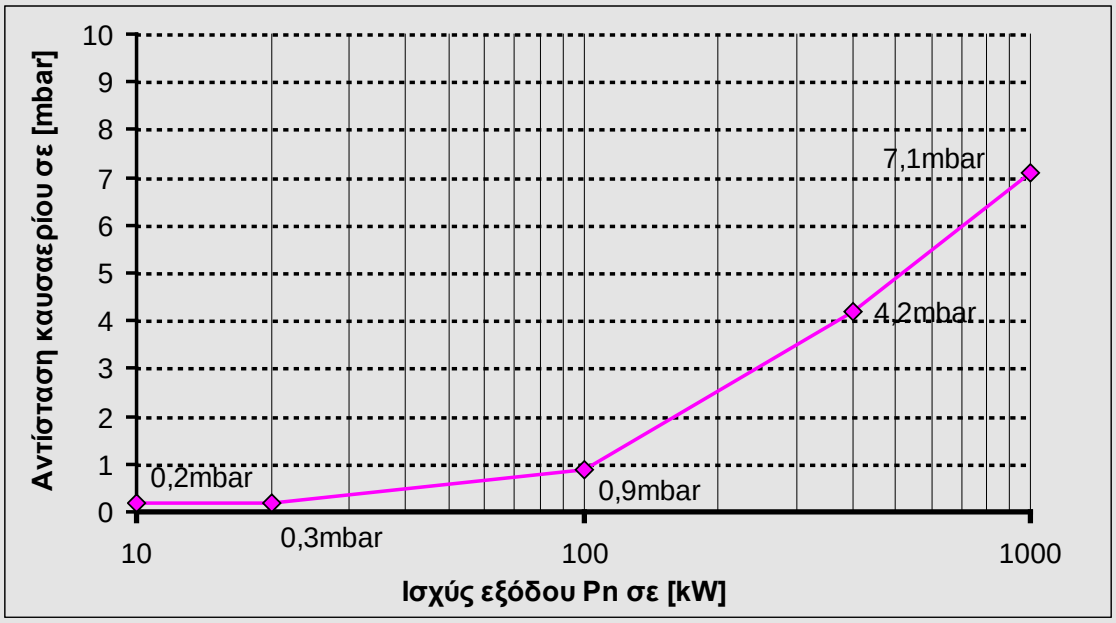
Πίνακας 1.18: *Όρια ελκυσμού σε συνάρτηση με την ωφέλιμη ισχύ.*

Pn: Ονομαστική ωφέλιμη ισχύς σε kW	Ελκυσμός σε mbar
10 ÷ 100	0,15 * λογPn
100 ÷ 1000	0,4 * λογPn – 0.5

Δ. Απαιτήσεις αντίστασης του καυσαερίου. Η αντίσταση των καυσαερίων σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 & ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 πρέπει να είναι σύμφωνα με τον πίνακα 1.19 και το διάγραμμα 1.4.1α) & β), για πετρέλαιο και αέριο, αντίστοιχα.

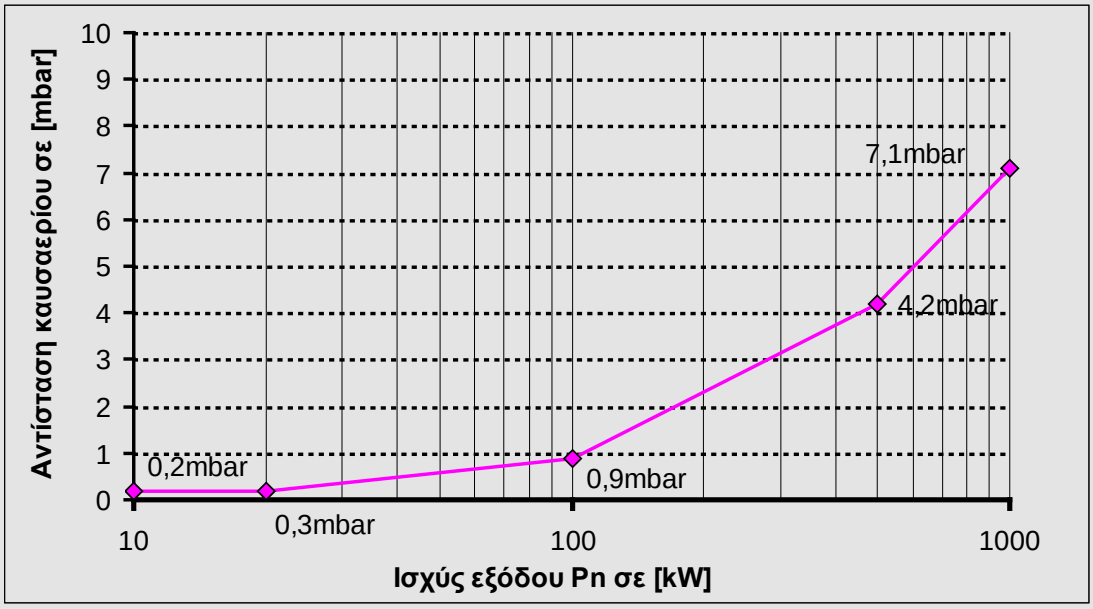
Πίνακας 1.19: *Μέγιστη αντίσταση καυσαερίων ως συνάρτηση της Ωφέλιμης Ονομαστική Ισχύος.*

ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 (Πετρέλαιο)	
Pn: Ωφέλιμη ονομαστική Ισχύς σε kW	**Μέγιστη αντίσταση καυσαερίων σε mbar**
10 ÷20	0.2
20 ÷100	1.00147*λογPn – 1.10294
100 ÷400	5.48118*λογPn – 10.0623
400 ÷ 1000	7.28753* λογPn – 14.76259
ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 (Φυσικό Αέριο)	
Pn: Ωφέλιμη ονομαστική Ισχύς σε kW	**Μέγιστη αντίσταση καυσαερίων σε mbar**
10 ÷20	0.2
20 ÷100	1.00147*λογPn – 1.10294
100 ÷500	4.72123*λογPn – 8.54246
500 ÷ 1000	9.63359* λογPn – 21.80077



Διάγραμμα 1.4.2α): *Απαιτήσεις αντίστασης καυσαερίου συναρτήσει της ωφέλιμης ισχύος, για λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης).*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Διάγραμμα 1.4.2β): *Απαιτήσεις αντίστασης καυσαερίου* συναρτήσει της ωφέλιμης ισχύος, για λέβητες *ζεστού νερού* που τροφοδοτούνται με αέριο καύσιμο.

Ε. Απαιτήσεις Θερμοκρασιών.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 & ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98, οι απαιτήσεις για τις θερμοκρασίες είναι:

- Θερμοκρασία καυσαερίου:

Εάν είναι μικρότερη των 160^{o}C, ο κατασκευαστής πρέπει να δίνει οδηγίες για την εγκατάσταση της καπνοδόχου. (κατάλληλο υλικό κατασκευής & μόνωση καπνοδόχου, πρόβλεψη για αποχέτευση των συμπυκνωμάτων).

- Θερμοκρασία τοιχωμάτων του λέβητα:
  - Στο δάπεδο πρέπει να είναι μικρότερη από 80^{o}C και αν η θερμοκρασία είναι από 50^{o}C έως 80^{o}C, ο κατασκευαστής θα τοποθετεί εγκατάσταση προστατευτικού τύπου ανάμεσα από το λέβητα και το πάτωμα εάν αυτό είναι από εύφλεκτο υλικό.
  - Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία της πόρτας του λέβητα πρέπει να είναι μικρότερη από 100K πλέον της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.
  - Η επιφανειακή θερμοκρασία όλων των τμημάτων με τα οποία μπορεί να έλθει κανείς σε επαφή κατά την διάρκεια της λειτουργίας του λέβητα δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος περισσότερο από τις ακόλουθες τιμές :
  - 35K για μεταλλικές επιφάνειες.
  - 48K για επιφάνειες πορσελάνης & 45K.
  - 60K για πλαστικά υλικά.

ΣΤ. Απαιτήσεις διαστάσεων θαλάμου καύσης.

- Η ελάχιστη διάμετρος b του θαλάμου καύσης σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 δίδεται από τη σχέση:

Για ισχύ	20-80(kW)	b (m) $\geq$ 10 ^ (0.29248 * λογP_n -1.0795)
Για ισχύ	80-200(kW)	b (m) $\geq$ 10 ^ (0.27931 * λογP_n – 1.05443)
Για ισχύ	200-1000(kW)	b (m) $\geq$ 10 ^ (0.28448 * λογP_n – 1.06663)

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η **ελάχιστη διάμετρος b του θαλάμου καύσης** σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 δίδεται από τη σχέση:

Για ισχύ 20-1000(kW) $b\ (m) \geq 10\ ^\wedge\ (0.28083 * \log P_n - 1.06434)$

- Το ελάχιστο μήκος του θαλάμου καύσης σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 & ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 δίδεται από τη σχέση:

  Περίπτωση: "ευθεία φλόγα" ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 για υγρό καύσιμο έχουμε:

  Για ισχύ 10-300(kW) $\alpha_1\ (m) \geq 10\ ^\wedge\ (0.5012 * \log P_n - 1.20017)$

  Για ισχύ 300-1000(kW) $\alpha_1\ (m) \geq 10\ ^\wedge\ (0.4965 * \log P_n - 1.18847)$

  Περίπτωση: "ευθεία φλόγα" ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 για αέριο καύσιμο έχουμε:

  Για ισχύ 10-300(kW) $\alpha_1\ (m) \geq 10\ ^\wedge\ (0.47320 * \log P_n - 1.17217)$

  Για ισχύ 300-1000(kW) $\alpha_1\ (m) \geq 10\ ^\wedge\ (0.57572 * \log P_n - 1.42613)$

  Περίπτωση: "αναστρεφόμενη φλόγα" ΕΛΟΤ ΕΝ 303.02/99 για υγρό καύσιμο έχουμε:

  Για ισχύ 10-300(kW) $\alpha_2 \geq 10\ ^\wedge\ (0.40759 * \log P_n - 1.10656)$

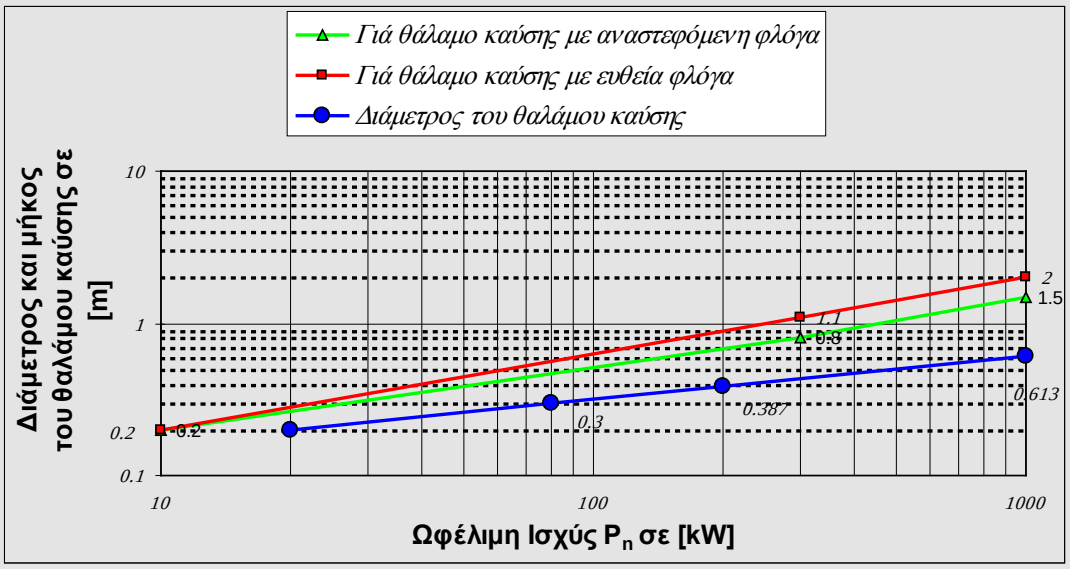
  Για ισχύ 300-1000(kW) $\alpha_2 \geq 10\ ^\wedge\ (0.52211 * \log P_n - 1.39024)$

  Περίπτωση: "αναστρεφόμενη φλόγα" ΕΛΟΤ ΕΝ 303.03/98 για αέριο καύσιμο έχουμε:

  Για ισχύ 10-300(kW) $\alpha_2 \geq 10\ ^\wedge\ (0.40759 * \log P_n - 1.10656)$

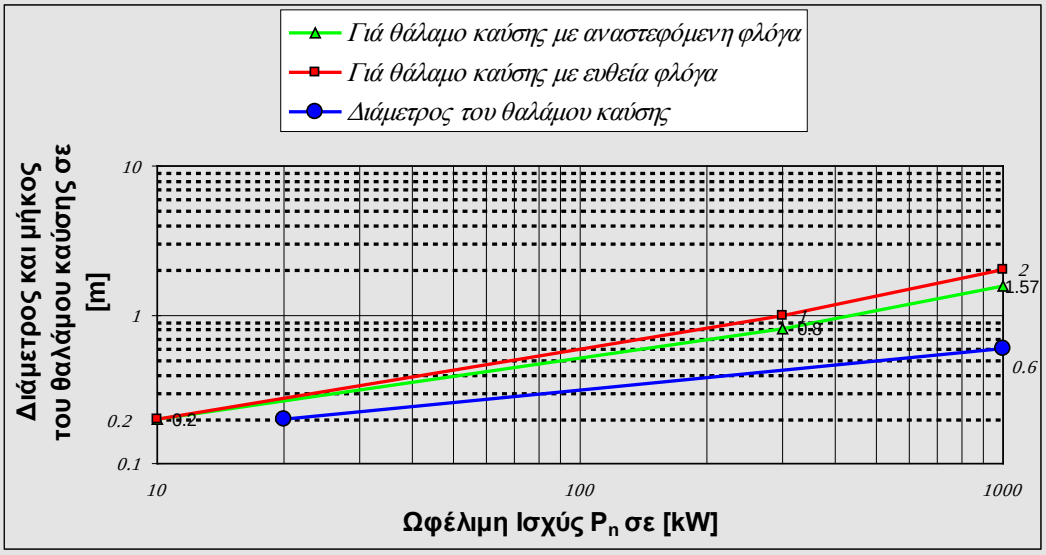
  Για ισχύ 300-1000(kW) $\alpha_2 \geq 10\ ^\wedge\ (0.55999 * \log P_n - 1.48407)$

  όπου : P_n είναι η ωφέλιμη θερμική ισχύ του λέβητα σε kW



Διάγραμμα 1.4.3: *Απαιτήσεις διαστάσεων θαλάμου καύσης για λέβητα ζεστού νερού που τροφοδοτείται με υγρό καύσιμο (πετρέλαιο θέρμανσης).*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Διάγραμμα 1.4.4: *Απαιτήσεις διαστάσεων θαλάμου καύσης για λέβητα ζεστού νερού που τροφοδοτείται με αέριο καύσιμο.*

Ζ. Απαιτήσεις εκπομπών καυσαερίου. Προτεινόμενα όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής και Εθνικές νομοθεσίες.

- Βαθμός αιθάλης. Ο βαθμός αιθάλης κατά Bacharach θα πρέπει να είναι μικρότερος του 1.

- Μέγιστη Περιεκτικότητα καυσαερίων σε CO, NO_x, C_xH_y, ανηγμένη σε 3% O_2 .Σύμφωνα με την EN 303-2 θα πρέπει οι μέγιστες τιμές που παρατηρούνται να είναι:
  - o Μονοξείδιο του άνθρακα CO : 85 Vol-ppm ή 110 mg/kWh.
  - o Οξείδια του αζώτου NOX : 123 Vol-ppm ή 250 mg/kWh.
  - o Υδρογονάνθρακες CxHY : 10 Vol-ppm.

  Το ποσό των ακαύστων C_XH_Y στην έξοδο του καυσαερίου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 ppm, με εξαίρεση κατά τη διάρκεια των πρώτων 20 sec της εκκίνησης.

- Μέγιστη Περιεκτικότητα καυσαερίων σε CO για λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου και καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.
  - o Η συγκέντρωση του CO δεν πρέπει να ξεπερνάει το 0.10% όταν ο λέβητας τροφοδοτείται με το αέριο αναφοράς στη μέγιστη ονομαστική θερμική ισχύς.

Στο Παράρτημα «Α» παρουσιάζονται συνοπτικά τα προτεινόμενα όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής και Εθνικές νομοθεσίες καθώς και οι συντελεστές μετατροπής της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) & οξειδίων του αζώτου (NO_x), στις χρησιμοποιούμενες μονάδες, για ελαφρύ πετρέλαιο, φυσικό αέριο και LPG.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

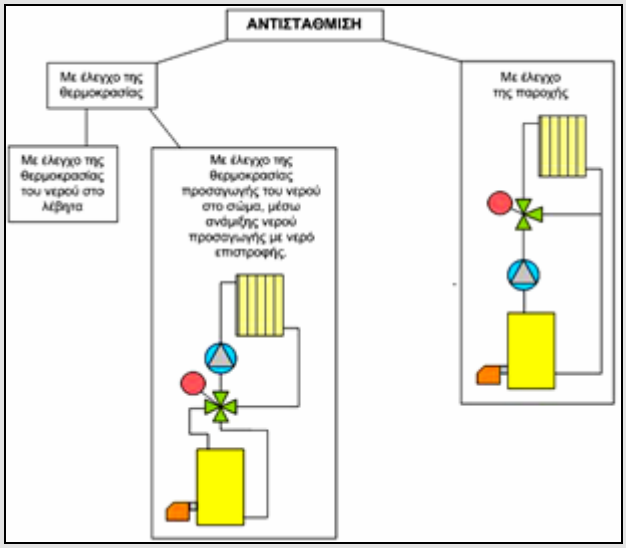
1.5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΥΧΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.5.1. Γενικά

Η ισχύς των σωμάτων που τοποθετούνται σε ένα χώρο υπολογίζεται ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες θέρμανσης, ακόμη και όταν στο περιβάλλον επικρατούν οι αντιξοότερες συνθήκες. Βέβαια οι συνθήκες αυτές στη διάρκεια της χειμερινής περιόδου θα επικρατήσουν ελάχιστες φορές ή και καθόλου. Αυτό σημαίνει ότι, αν η θερμοκρασία δεν ελέγχεται από ένα θερμοστάτη χώρου, όπως π.χ. σε μία πολυκατοικία χωρίς αυτονομία, οι χώροι θα υπερθερμαίνονται, με αποτέλεσμα τη σημαντική απώλεια θερμικής ενέργειας. Δεν είναι λίγες οι φορές που σε πολυκατοικίες χωρίς αυτονομία, όπου η εγκατάσταση λειτουργεί με χρονοδιακόπτη, οι κάτοικοι των διαμερισμάτων να ανοίγουν τα παράθυρα για να μειώσουν τη θερμοκρασία του χώρου τους, ενώ ελάχιστοι είναι αυτοί που κλείνουν τους διακόπτες των σωμάτων, όπως είναι το σωστό.

Τα διάφορα συστήματα αντιστάθμισης έχουν σαν αποστολή την αυξομείωση της ισχύος των θερμαντικών σωμάτων ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος. Και όπως μας είναι ήδη γνωστό, η ισχύς ενός σώματος εξαρτάται και από τη μέση θερμοκρασία του, με την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή. Μπορούμε δηλαδή να αυξομειώσουμε την ισχύ του σώματος αυξομειώνοντας τη μέση θερμοκρασία του.

Σε μία αντισταθμισμένη εγκατάσταση η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής ρυθμίζεται ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος, έτσι ώστε όταν έχει "πολύ κρύο" η θερμοκρασία στα σώματα να είναι υψηλή ενώ όταν έχει "καλό καιρό" η θερμοκρασία στα σώματα είναι χαμηλή (κυκλοφορεί χλιαρό νερό.



1.5.2. Η ηλεκτρονική συσκευή και αυτοματισμοί της αντιστάθμισης

Τοποθετείται συνήθως στο λεβητοστάσιο ή σε εύκολα προσβάσιμο σημείο στο οποίο δεν επικρατούν ακραίες τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας. Συνδέεται απαραιτήτως με δύο τουλάχιστον αισθητήρια, το εξωτερικό αισθητήριο και το αισθητήριο νερού.

Τα αισθητήρια αυτά δεν είναι τύπου ON – OFF, είναι ημιαγωγοί των οποίων η αντίσταση μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Συνδέονται με τη συσκευή με μονοκόμματο καλώδιο 2 X 1,5 mm, από το οποίο περνάει ρεύμα με χαμηλή τάση. Η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται ανάλογα με την

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

μεταβολή της θερμοκρασίας και η ηλεκτρονική συσκευή ενημερώνεται για την αλλαγή των θερμοκρασιών, καθώς και για την ταχύτητα της αλλαγής αυτής.

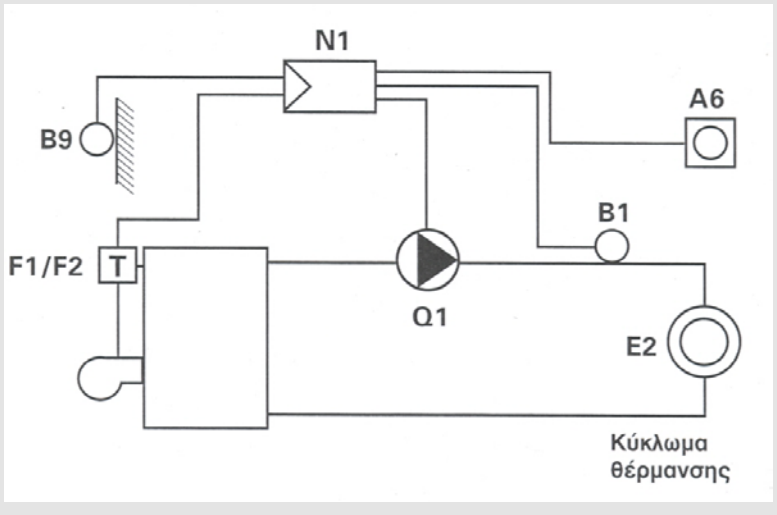
Το εξωτερικό αισθητήριο πρέπει να τοποθετείται στη βορινή πλευρά του κτιρίου, σε σημείο που να μην επηρεάζεται η θερμοκρασία του από την ηλιακή ακτινοβολία ή από θερμά ρεύματα που μπορεί να προέρχονται από καμινάδες, πόρτες ή παράθυρα. Το ύψος τοποθέτησής του είναι στη μέση του τοίχου.

Το αισθητήριο νερού μπορεί να είναι εμβαπτιζόμενο ή επαφής. Τοποθετείται στην προσαγωγή του νερού προς τα σώματα μετά τη βάνα ανάμειξης και πληροφορεί την ηλεκτρονική συσκευή για τη θερμοκρασία του νερού που πηγαίνει στα σώματα. Η ηλεκτρονική συσκευή έχει σαν αποστολή να ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού με το οποίο τροφοδοτούνται τα σώματα, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές ενσωματώνουν χρονοδιακόπτη μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, με τον οποίο επιλεγούμε τις ώρες της ημέρας κατά τις οποίες επιθυμούμε μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με κάποιες άλλες ώρες που θέλουμε χαμηλότερη θερμοκρασία.

1.5.3. Τα είδη αντιστάθμισης θερμικών εγκαταστάσεων.

1.5.3.1. Αντιστάθμιση με έλεγχο της λειτουργίας του καυστήρα.

Με την αντιστάθμιση με έλεγχο της λειτουργίας του καυστήρα, ρυθμίζουμε την θερμοκρασία του νερού που θα τροφοδοτήσει τα σώματα. Με τις αντισταθμίσεις αυτές το νερό στο λέβητα μπορεί να έχει θερμοκρασία η οποία επιτρέπει τη δημιουργία συμπυκνωμάτων άρα και την έναρξη αντιδράσεων διάβρωσης. Για την αποφυγή των φαινόμενων διάβρωσης θα πρέπει το είδος αυτό της αντιστάθμισης να χρησιμοποιείται μόνο με λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών. Οι αντισταθμίσεις αυτού του τύπου έχουν και το μικρότερο κόστος απόκτησης. Η παροχή του νερού προς τα σώματα παραμένει σταθερή και μη εξαρτωμένη από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.



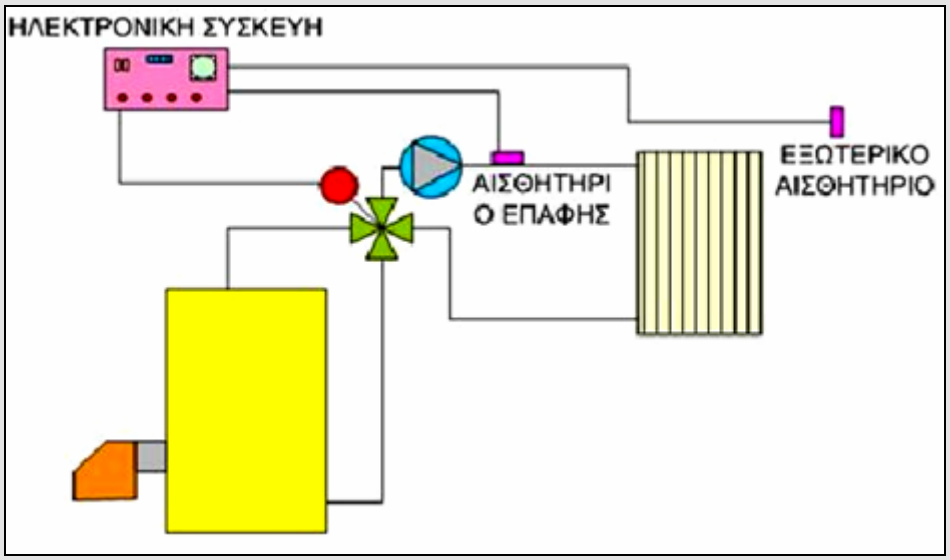
	Σύμβολο	Περιγραφή
Απαιτούμενα όργανα	N1	Αναλογική ή ψηφιακή αντιστάθμιση
	B9	Αισθητήριο περιβάλλοντος
	B1	Αισθητήριο επαφή ή εμβαπτιζόμενο
Προαιρετικά όργανα	A6	Αναλογική μονάδα χώρου
		ή ψηφιακή μονάδα χώρου
		ή ασύρματη μονάδα χώρου - δέκτης

1.5.3.2. Αντιστάθμιση με έλεγχο της τετράοδης βάνας μέσω σερβοκινητήρα.

Οι αντισταθμίσεις αυτές ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του νερού προς τα σώματα, αναμειγνύοντας το νερό που θερμαίνεται στο λέβητα με το νερό που επιστρέφει από τα σώματα. Το ποσοστό της ανάμειξης καθορίζει και τη θερμοκρασία που θα έχει το νερό που θα πάει στα σώματα. Τη θερμοκρασία του νερού στο λέβητα τη ρυθμίζουμε στους 85 – 90 °C, και έτσι αποφεύγεται ο κίνδυνος

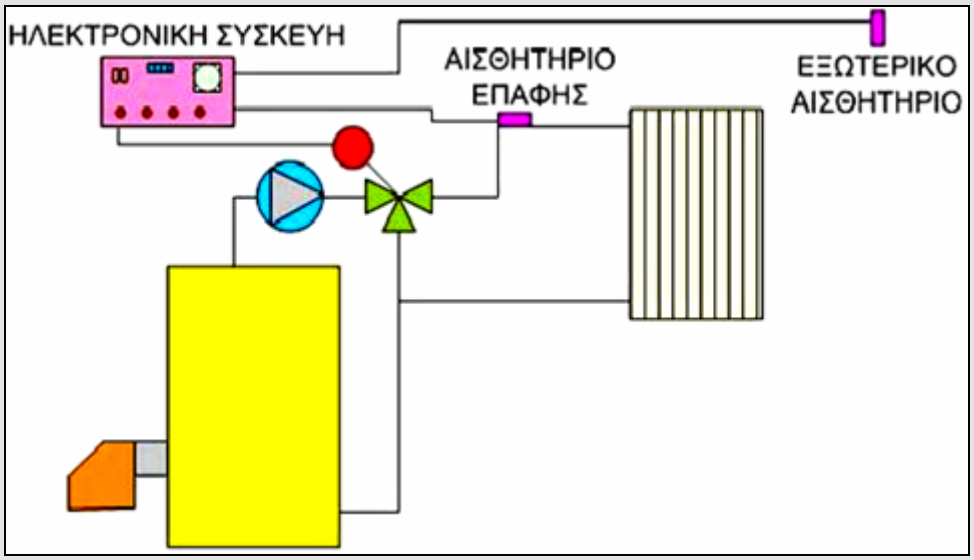
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

να παρουσιαστούν στο λέβητα ανεπιθύμητα φαινόμενα συμπύκνωσης των υδρατμών της καύσης. Και εδώ η παροχή του νερού προς τα σώματα είναι σταθερή και αυξομειώνεται μόνο η θερμοκρασία. Ο κυκλοφορητής τοποθετείται μεταξύ βάνας και σωμάτων.



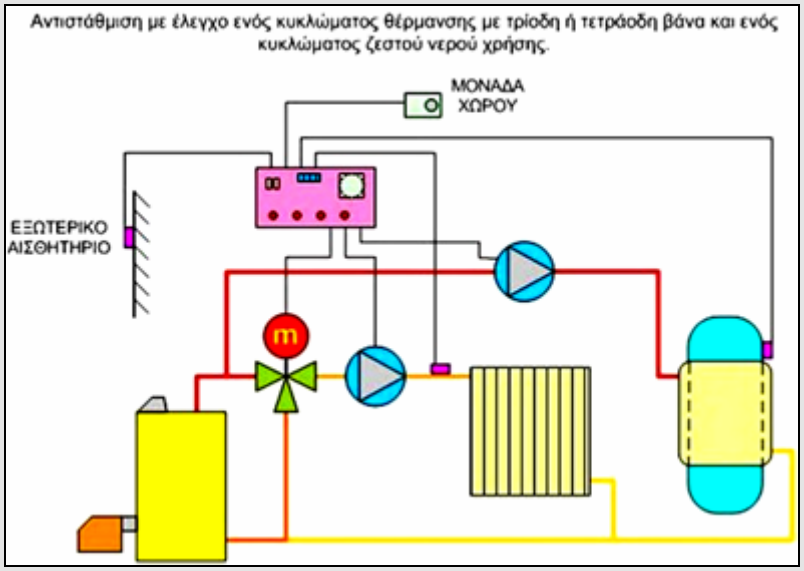
1.5.3.3. Αντιστάθμιση με έλεγχο της τρίοδης βάνας μέσω σερβοκινητήρα.

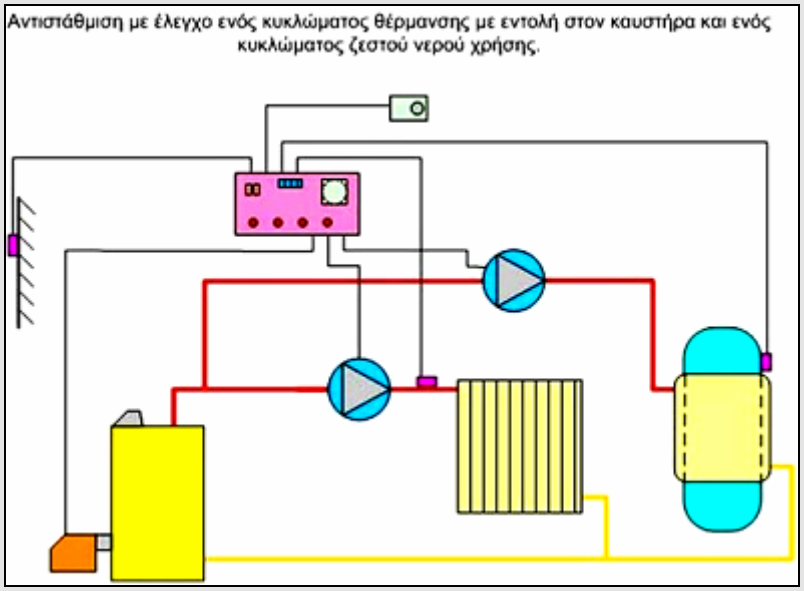
Στα συστήματα αυτά ο έλεγχος της θερμοκρασίας του σώματος επιτυγχάνεται με αυξομείωση της παροχής νερού προς τα σώματα. Ο κυκλοφορητής τοποθετείται μεταξύ λέβητα και τρίοδης βάνας.

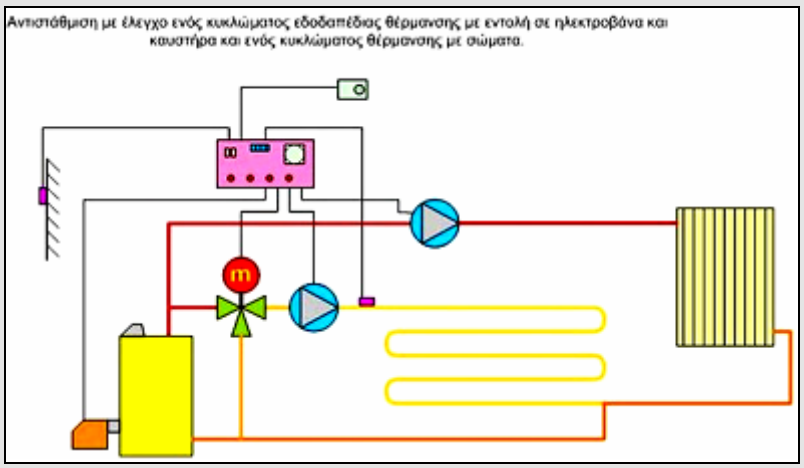


ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.5.3.4. Άλλες εφαρμογές των συστημάτων αντιστάθμισης

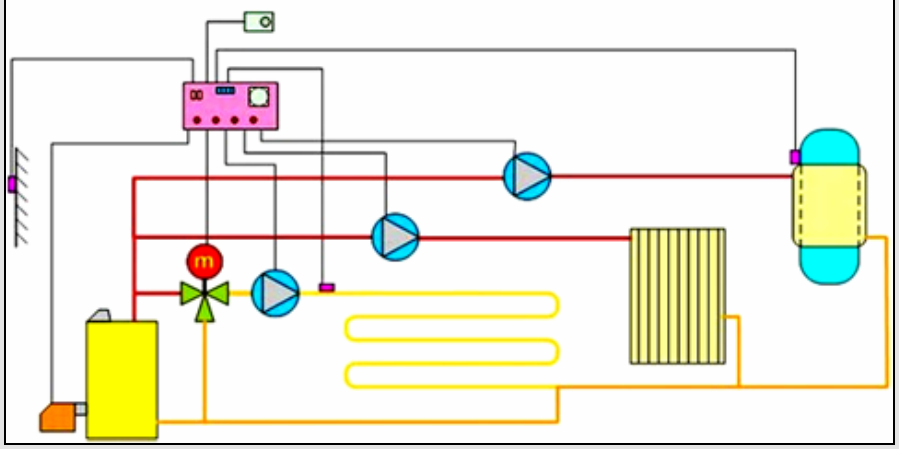




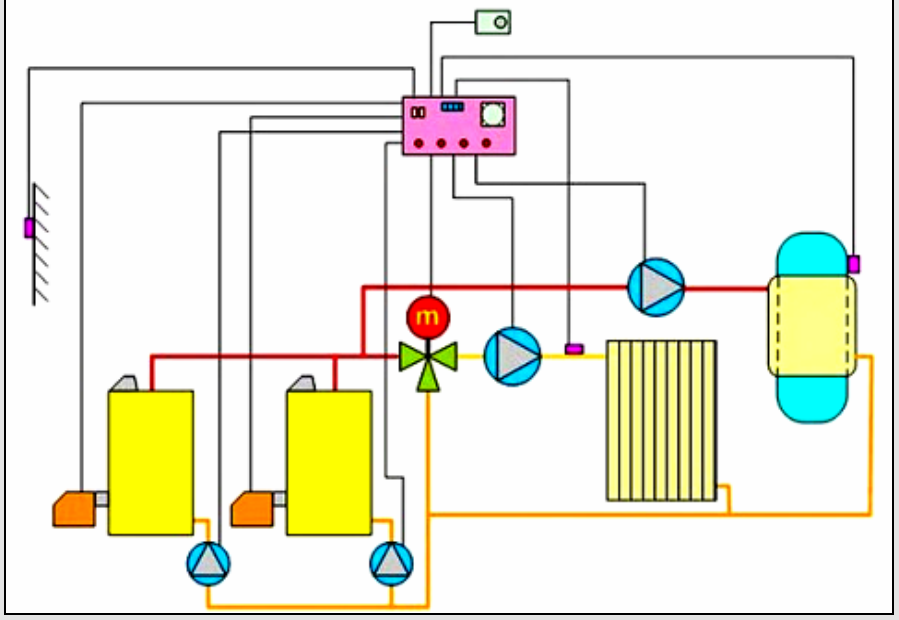


ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

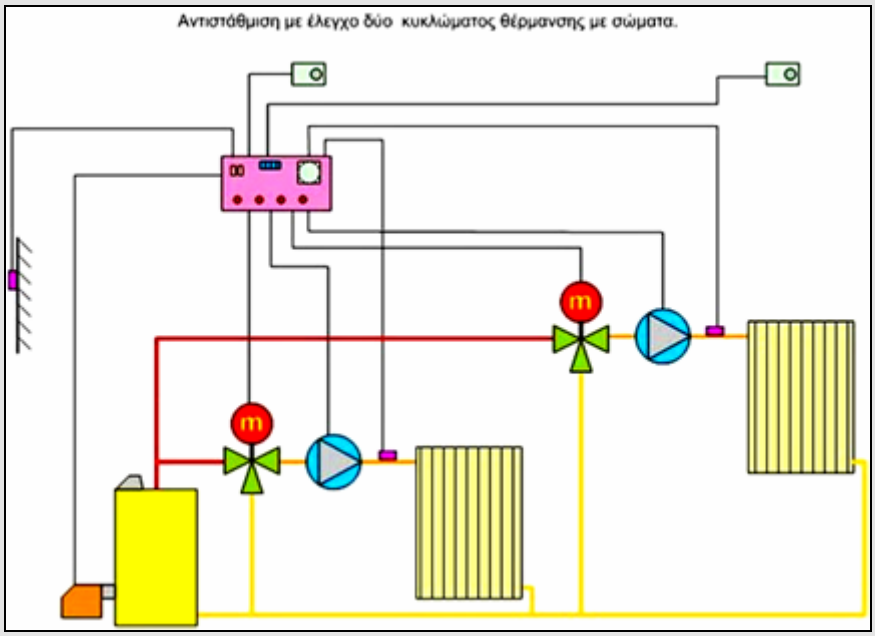
Αντιστάθμιση με έλεγχο τριών κυκλωμάτων, ενός κυκλώματος εδοδαπέδιας θέρμανσης , ενός κυκλώματος θέρμανσης με σώματα και ενος κυκλώματος θέρμανσης ζεστου νερού χρήσης.

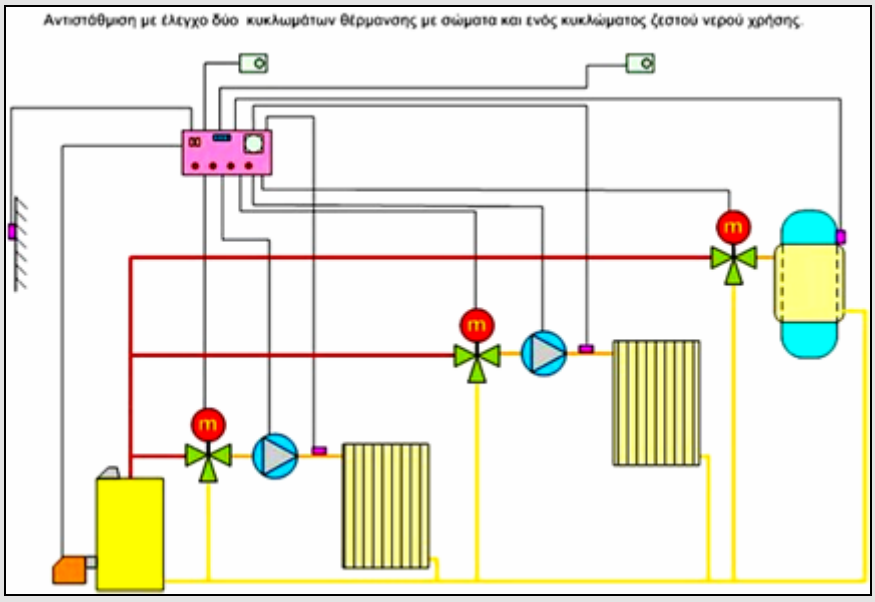


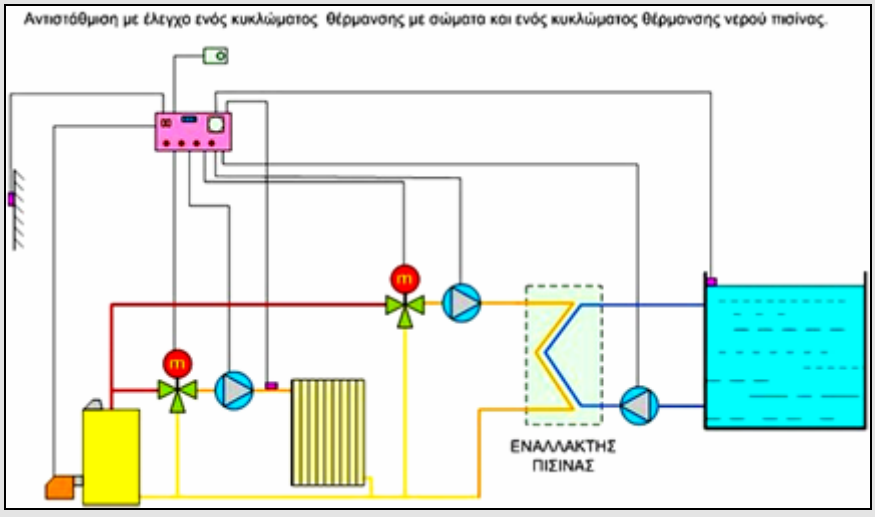
Αντιστάθμιση με έλεγχο αλληλουχιας λειτουργιας λεβητων με βάση το φορτίο και με εναλλαγη αυτών και έλεγχο ενός κυκλώματος θέρμανσης με σώματα και ενος κυκλώματος θέρμανσης ζεστου νερού χρήσης.



ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ







ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

1.6. ΓΕΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ.

Λεβητοστάσιο ονομάζεται κάθε χώρος που δεν υπάγεται στις διατάξεις περί ατμολεβητών μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένος τουλάχιστον ένας λέβητας παρασκευής θερμού νερού, ατμού, αέρα κ.τ.λ. θερμοκρασίας μέχρι 110° C όταν η θερμική ισχύς του είναι πάνω από 40.000 Kcal/h (45kW).

1.6.1. Καταλληλότητα του χώρου.

Η θέση του λεβητοστάσιου στο κτίριο προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τη θέση της καπνοδόχου, με τη δυνατότητα προσαγωγής των καυσίμων, τη δυνατότητα αερισμού του χώρου του λεβητοστασίου και με την κατάλληλη διάταξη των απαιτούμενων σωληνώσεων και την ανάγκη προστασίας του κτιρίου από τους θορύβους που προκαλούνται στο χώρο λεβητοστασίου.

1.6.1.1. Διαστάσεις.

Το μέγεθος του λεβητοστασίου προσδιορίζεται σε συνάρτηση με τον αριθμό και τις διαστάσεις των λεβήτων που θα εγκατασταθούν σ' αυτό. Κατά τον προσδιορισμό του μεγέθους του λεβητοστασίου, πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια, ώστε να υπάρχει και ο αναγκαίος ελεύθερος χώρος για τη λειτουργία και τη συντήρηση των λεβήτων, χωρίς απαίτηση ανακατασκευής τοίχων ή ανοιγμάτων. Η διάταξη των λεβήτων μέσα στο λεβητοστάσιο πρέπει να είναι τέτοια, ώστε για κάθε λέβητα να εξασφαλίζονται τα εξής:

- **Μπροστά**. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ της πλευράς του λέβητα που είναι το άνοιγμα της εστίας και του απέναντι τοίχου του λεβητοστασίου πρέπει να είναι ίση με το μήκος του λέβητα συν 1,00 m, αλλά τουλάχιστον 1,50 m στο σύνολο, για λέβητες μέχρι 300 kW, και τουλάχιστον 2,00 m, για λέβητες πάνω από 300 kW.

- **Πίσω**. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ της πλευράς του λέβητα που βρίσκεται η έξοδος των καυσαερίων και του απέναντι τοίχου του λεβητοστασίου ή της απέναντι πλευράς της καπνοδόχου πρέπει να είναι ίση με το μισό της απόστασης, όπως αυτή ορίζεται προηγουμένως. Εφόσον υπάρχουν δύο ή περισσότεροι αγωγοί καυσαερίων, η απόσταση αυτή αυξάνει ανάλογα με τον αριθμό τους. Σε περίπτωση που παρεμβάλλεται κάποια συσκευή μεταξύ της εξόδου καυσαερίων από το λέβητα και της καπνοδόχου (π.χ. καπνοσυλλέκτης), θα πρέπει να υπάρχει ελεύθερη απόσταση γύρω από αυτή τουλάχιστον 0,60 m.

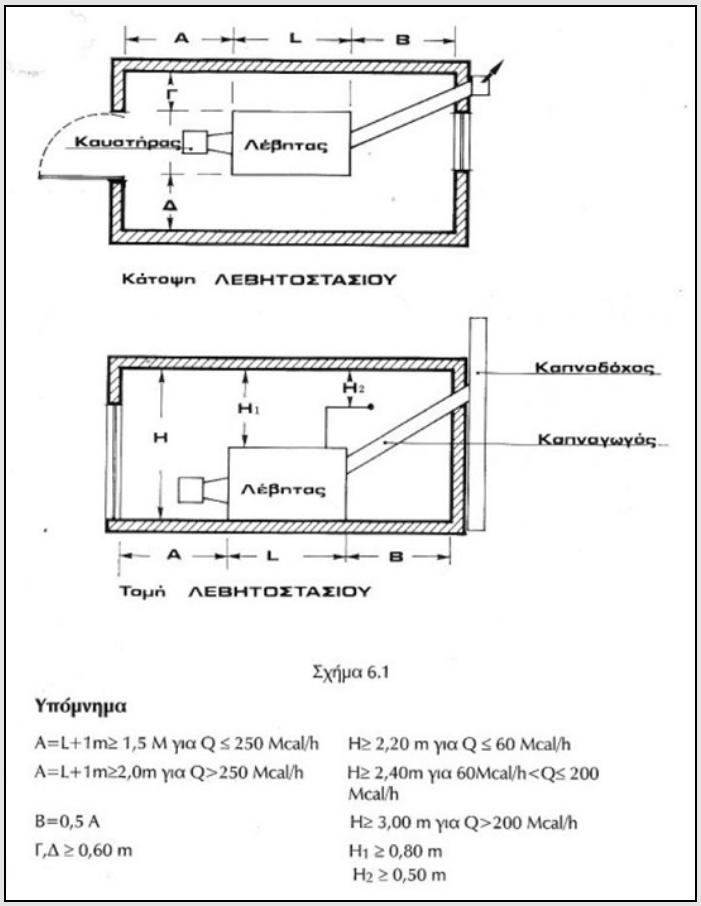
- **Πλάγια.** Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των άλλων πλευρών του λέβητα και των τοίχων του λεβητοστασίου πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,60 m. Το ίδιο μέγεθος (0,60 m) ισχύει και για τη μεταξύ δύο λεβήτων απόσταση.

- **΄Υψος.** Το ελεύθερο ύψος του λεβητοστασίου, μεταξύ δαπέδου και οροφής ή μεταξύ δαπέδου και κάτω παρειάς τυχόν υπάρχουσας δοκού, πρέπει να είναι τουλάχιστον:
  - (ι) 2,20 m για λέβητες ολικής εγκατεστημένης θερμικής ισχύος μέχρι 70 kW.
  - (ιι) 2,40 m για λέβητες θερμικής ισχύος από 70 kW έως 230 kW.
  - (ιιι) 3,00 m για λέβητες θερμικής ισχύος άνω των 230 kW.

  Τα παραπάνω ελάχιστα όρια προκειμένου περί αερολεβήτων προσαυξάνονται κατά 0,50 m.

  Τα παραπάνω ελάχιστα απαιτούμενα ελεύθερα ύψη αυξάνονται για να εξασφαλίσουν ελεύθερο ύψος μεταξύ του λέβητα και της οροφής 0,80 m ή μεταξύ των σωληνώσεων και οροφής 0,50 m.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 6.1

Υπόμνημα

A=L+1m≥ 1,5 M για Q ≤ 250 Mcal/h	H≥ 2,20 m για Q ≤ 60 Mcal/h
A=L+1m≥2,0m για Q>250 Mcal/h	H≥ 2,40m για 60Mcal/h<Q≤ 200 Mcal/h
B=0,5 A	H≥ 3,00 m για Q>200 Mcal/h
Γ,Δ ≥ 0,60 m	H_1 ≥ 0,80 m
	H_2 ≥ 0,50 m

Σχήμα 1.6.1. *Ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις λεβητοστασίου.*

1.6.2. Τήρηση κανονισμών.

Το λεβητοστάσιο πρέπει να αποτελεί ξεχωριστό ΠΥΡΟΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ, εντός ή εκτός του υπολοίπου οικοδομικού όγκου. Οι πλευρικοί τοίχοι, το δάπεδο και η οροφή του λεβητοστασίου, πρέπει να κατασκευάζονται από πυράντοχα υλικά.

Οι δίοδοι σωληνώσεων από το λεβητοστάσιο μέσω τοίχων ορόφων ή δαπέδων, πρέπει να διαμορφώνονται ούτως ώστε να μη είναι δυνατή η διαφυγή αερίων σε άλλους χώρους.

Το δάπεδο του λεβητοστασίου πρέπει να έχει κατάλληλη αποχέτευση.

Το λεβητοστάσιο απαγορεύεται να βρίσκεται κάτω από κλιμακοστάσιο ή φρεατίου ανελκυστήρα, να έχει οποιοδήποτε άνοιγμα προς κλιμακοστάσιο (άνοιγμα κουφώματος, αεραγωγό, γρίλιες κλπ).

Το λεβητοστάσιο πρέπει να εφοδιάζεται με κατάλληλους φορητούς πυροσβεστήρες, σύμφωνα με τις υποδείξεις του Πυροσβεστικού Σώματος.

Οι πόρτες του λεβητοστασίου πρέπει να είναι μεταλλικές και να ανοίγουν προς την κατεύθυνση εξόδου από το λεβητοστάσιο, να μην έχουν γρίλιες ή οποιοδήποτε άλλο άνοιγμα, και να κλειδώνουν. Κλειδί της πόρτας του λεβητοστασίου πρέπει να βρίσκεται μόνιμα κοντά στην πόρτα.

1.6.3. Επιβαλλόμενος εξαερισμός του χώρου.

Το λεβητοστάσιο επιβάλλεται να έχει ένα τουλάχιστον μεταλλικό παράθυρο προς τον υπαίθριο χώρο άπ' ευθείας ή μέσω αεραγωγού.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η καθαρή επιφάνεια του παραθύρου να ισούται κατ' ελάχιστο προς το 1/12 της επιφανείας του δαπέδου του λεβητοστασίου.

Λεβητοστάσια συνολικής θερμικής ισχύος πάνω από 250.000 kcal/h (300kW) πρέπει να έχουν δύο εξόδους, εκ των οποίων η μία να οδηγεί στο ύπαιθρο απ' ευθείας ή μέσω τούνελ, ικανών διαστάσεων για την εύκολη διαφυγή ανθρώπου.

Όλα τα λεβητοστάσια πρέπει να έχουν τουλάχιστον δύο οπές εξαερισμού που να επικοινωνούν με το ύπαιθρο, απ' ευθείας ή μέσω καναλιών εξαερισμού. Η μία προορίζεται για την προσαγωγή αέρα η άλλη για την απαγωγή.

Η οπή προσαγωγής αέρα να βρίσκεται στον τοίχο, κοντέ στο δάπεδο του λεβητοστασίου. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται στερεά ή υγρά καύσιμα η ελεύθερη διατομή της οπής προσαγωγής αέρα, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς το μισό της συνολικής ελευθέρας διατομής των καπνοδόχων του λεβητοστασίου.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται αέρια καύσιμα η ελεύθερη διατομή της οπής προσαγωγής αέρα πρέπει να είναι 5cm^2. ανά 1.000 kcal/h (ή 6cm^2 ανά 1kW) εγκατεστημένης θερμικής ισχύος και οπωσδήποτε να μην είναι μικρότερη των 300cm^2 .

Το άνοιγμα απαγωγής αέρα, ανεξάρτητα με το είδος του χρησιμοποιουμένου καυσίμου πρέπει να βρίσκεται στην οροφή του λεβητοστασίου και να έχει διατομή τουλάχιστον ίση με το 1/4 της συνολικής ελεύθερης διατομής των καπνοδόχων του λεβητοστασίου, και οπωσδήποτε να μην είναι μικρότερη από 200cm^2.

Η έξοδος των ανοιγμάτων εξαερισμού στο ύπαιθρο να απέχει τουλάχιστον 0,50m. από τυχόν ανοίγματα άλλων χώρων προς το ύπαιθρο.

1.6.4. Σχετική Νομοθεσία.

Όσον αφορά την νομοθεσία και τους κανονισμούς των λεβητοστασίων ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, αυτή συνοψίζεται στα ακόλουθα:

Α. Λεβητοστάσιο

- ΓΟΚ, παρ. 103. Γενικές απαιτήσεις.
- ΓΟΚ, παρ. 104. Τοίχοι - δάπεδα - στροφές, αποχέτευση.
- ΓΟΚ, παρ. 105. Έξοδοι - Πόρτες - Παράθυρα.
- ΓΟΚ, παρ. 106. Αερισμός – Εξαερισμός.
- ΦΕΚ 100/Β/3-2-79 Πυροσβεστική διάταξη υπ΄ αριθ. 2 άρθρο 2 παρ. 3 και άρθρο 10 παρ. 2 περιλήψεως βασικών μέσων πυροπροστασίας σε ξενοδοχειακά καταλύματα.
- ΦΕΚ 20Β/19-1-81 Πυροσβεστική διάταξη αριθμός 3 "Περί λήψεως βασικών μέτρων πυροπροστασίας σε αίθουσες συγκεντρώσεως κοινού.
- ΦΕΚ 623/Β/2-5-82 Πυροσβεστική διάταξη αριθμός 2Β "Τροποποίηση της 2/3-2-79 πυροσβεστικής διάταξης.
- Σχέδιο Κανονισμού για την πυροπροστασία κτιρίων ΚΕΦ Α, Β, Γ, . έως Ο (ΥΧΟΠ 1984).
- VDI, 2050 Κεντρικά Λεβητοστάσια.
- TRGI 72. (Εξαερισμός λεβητοστασίου).

Επίσης ισχύουν:

- Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421/85 Εγκαταστάσεις σε κτίρια - λεβητοστάσια παραγωγής θερμού νερού για θέρμανση κτιριακών χώρων.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Οι επεξηγήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ 15376/1785/88 που διευκρινίζει τα περί τοποθετήσεως των λεβητοστασίων στο Δώμα, και
- ΥΠΕΧΩΔΕ Αριθμ. Πρωτ. Ε.18254/ΕΓΚ.18/75: Απαγόρευσης τοποθετήσεως λεβητοστασίου εις τα βοηθητικά παραπήγματα των οικοδομών.

1.7. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.

1.7.1. Έλεγχος σωληνώσεων του δικτύου.

Με την ολοκλήρωση του θερμικού μέρους μιας μελέτης ψύξης-θέρμανσης (ή απλής θέρμανσης) ο μελετητής μηχανικός πρέπει πλέον να σχεδιάσει ένα δίκτυο νερού το οποίο θα επαληθεύει πλήρως (ή έστω με πολύ μικρές αποκλίσεις) στην πράξη, τις παροχές του νερού τις οποίες υπολόγισε στο θερμικό μέρος της μελέτης του. Οι απαιτήσεις των καιρών και η συνεχής έρευνα επάνω στα συστήματα αυτά, έδωσαν διάφορες τεχνικές αλλά και υλικά για την επίτευξη του σκοπού αυτού. Στη συνέχεια ο επιθεωρητής για να μπορεί να κάνει διάγνωση της λειτουργικότητας του δικτύου πρέπει να γνωρίζει τα βασικά συστήματα υδραυλικών δικτύων που απαντώνται στις κατασκευές. Είναι τα:

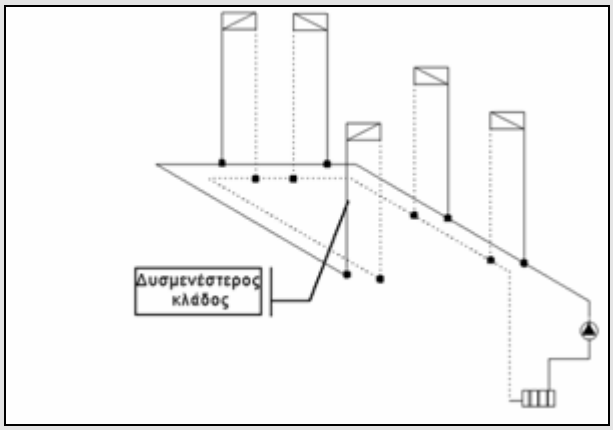
- Το γνωστό κλασσικό δίκτυο που υπολογίζει την αντλία βάσει του απομακρυσμένου βρόγχου.
- Δίκτυο σε σύστημα Reverse return, το γνωστό αντεπίστροφο σύστημα.
- Δίκτυο με εξισορρόπηση δευτερευόντων κλάδων που δύναται να είναι σε σχεδιασμό είτε κλασσικού είτε αντεπίστροφου συστήματος.

Παρακάτω γίνεται μία γρήγορη αναφορά στα 3 παραπάνω είδη υδραυλικής σύνδεσης και κατόπιν εξετάζουμε και τα τρία συστήματα αυτά σε ένα αρκετά κατατοπιστικό και πρακτικό παράδειγμα.

1.7.1.1. Το γνωστό κλασσικό δίκτυο που υπολογίζει την αντλία βάσει του απομακρυσμένου βρόγχου.

Η υδραυλική ανάλυση και ο υπολογισμός της αντλίας του δικτύου αυτού γίνεται βάσει του δυσμενέστερου κλάδου. Υπολογίζουμε τις υδραυλικές αντιστάσεις του και στην συνέχεια μέσω των πρωτευόντων κλάδων (κύριο δίκτυο) όπου αναλύονται και αυτοί, φθάνουμε στην αντλία όπου και την επιλέγουμε. Υδραυλική ανάλυση δεν γίνεται σε κανέναν από τους δευτερεύοντες κλάδους που μεσολαβούν μεταξύ του απομακρυσμένου κλάδου και της αντλίας, παρά τους θεωρούμε (αυθαιρέτως) ότι δέχονται τις θεωρητικές παροχές νερού που θα θέλαμε να περνούν μέσα από αυτούς, τις οποίες αθροίζουμε μέχρις ότου φθάσουμε στην αντλία την οποία και επιλέγουμε βάσει του συνολικού αθροίσματος των παροχών αυτών. Στην πράξη βέβαια όταν λειτουργήσει η αντλία, θα στείλει το νερό με τελείως διαφορετική κατανομή στους κλάδους από εκείνη που αναφέρουν τα αναλυτικά φύλλα υδραυλικών υπολογισμών όπως θα δούμε και στο παράδειγμα. Οι επιπτώσεις βέβαια από αυτήν την λειτουργία του δικτύου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

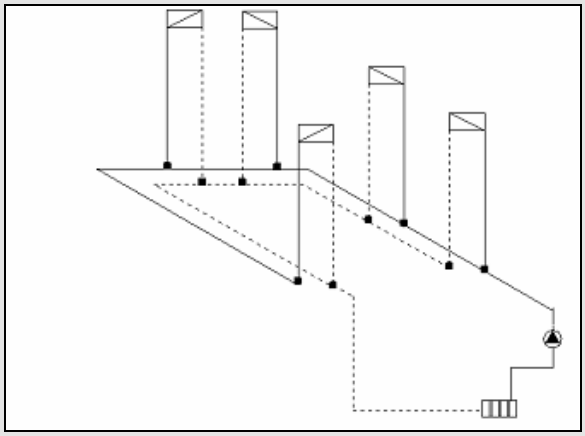


Σχήμα 1.7.1. *Υδραυλικό δίκτυο κλασσικής σύνδεσης.*

Τελικά είναι δίκτυο υδραυλικής ανάλυσης με τις μεθόδους του 1970 και οι μελετητές εκείνοι που είχαν άμεση επαφή με την πράξη, πρότειναν στους εργολάβους μια εμπειρική διόρθωση «γνωστή σαν μέθοδο στραγγαλισμού» με μερικό κλείσιμο των κεντρικών βανών (συρταρωτών την εποχή εκείνη), είτε του κυκλοφορητή είτε των κεντρικών συλλεκτών του λέβητα. Σπανιότερα ακόμη ορισμένοι εργολάβοι προέβαιναν (εμπειρικά πάντα) και σε κάποια ρύθμιση των διακοπτών των θερμαντικών σωμάτων (αναφέρομαι στα δισωλήνια συστήματα) την οποία και σταθεροποιούσαν μέσω των μεθόδων προρύθμισης των συγκεκριμένων διακοπτών. Κατ' αυτόν τον τρόπο έκαναν μία εξισορρόπηση στο δίκτυο έτσι ώστε ελαχιστοποιούταν η αστοχία του δικτύου.

1.7.1.2. Δίκτυο με αντεπίστροφο σύστημα (Reverse return).

Ο βασικός λόγος πού γεννήθηκε σαν ιδέα ήταν τα μεγάλα σε μήκος οριζόντια δίκτυα και η ανυπαρξία ειδικών εξισορροπητικών βαλβίδων των δικτύων την εποχή εκείνη. Ονομάσθηκε αντεπίστροφο σύστημα (reverse-return system) διότι ο σωλήνας επιστροφής δεν επιστρέφει από το σημείο που έρχεται ο σωλήνας εισαγωγής αλλά από την αντίστροφη κατεύθυνση. Η στόχος του συστήματος αυτού είναι να αυτοεξισορροπηθεί μετασχηματίζοντας όλο το κύριο (οριζόντιο ή κατακόρυφο) δίκτυο έτσι, που να συμπεριφέρεται όσον αφορά τους κλάδους σαν ένας συλλέκτης εισαγωγής-επιστροφής. Επίσης η φύση του συστήματος αυτού είναι τέτοια ώστε να χαμηλώνει τις απαιτήσεις του μανομετρικού ύψους της αντλίας όπως θα δούμε παρακάτω στο παράδειγμα των τριών διαφορετικών συστημάτων δικτύων.



Σχήμα 1.7.2. *Υδραυλικό δίκτυο με αντεπίστροφο σύστημα (Reverse return) σύνδεσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

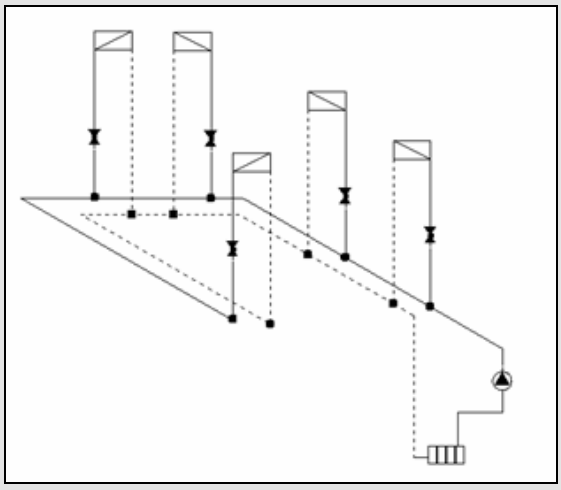
Το αντεπίστροφο σύστημα λειτουργεί θαυμάσια από μόνο του χωρίς καμία εξισορρόπηση αλλά με δύο προϋποθέσεις, μία σημαντική και μία δευτερεύουσα. Τις διαχωρίζουμε κατ' αυτό τον τρόπο διότι δεν έχει η κάθε μία χωριστά την ίδια βαρύτητα επίδρασης επάνω στο δίκτυο όπως θα φαίνεται και στο παρακάτω στο παράδειγμα.

- Βασική προϋπόθεση είναι ότι πρέπει οι δευτερεύοντες κλάδοι να είναι υδραυλικά ισοδύναμοι (διατομές, συντελεστές ζ, κλπ) και ταυτόχρονα οι ροές που περνούν μέσα από αυτούς να είναι ίσες μεταξύ τους
- Η δευτερεύουσα προϋπόθεση είναι ότι πρέπει οι διατομές του κυρίως δικτύου να είναι αρκετά μεγάλες, ούτως ώστε οι υδραυλικές αντιστάσεις τους να θεωρούνται πρακτικά αμελητέες. Δηλαδή η πτώση πίεσης ανά μέτρο μήκους του σωλήνα να μην υπερβαίνει τα 10 mm Υ.Σ. (αντιοικονομική απαίτηση!).

Στην περίπτωση που δεν ισχύει η βασική προϋπόθεση, τότε το αντεπίστροφο σύστημα όσον αφορά τον εξισορροπητικό του χαρακτήρα είναι μία ουτοπία! (φαίνεται και στο παράδειγμα παρακάτω). Η προϋπόθεση αυτή όμως συναντάται σε πολύ μεγάλες τυποποιημένες εγκαταστάσεις ή σε μικρά και μεγάλα ηλιακά συστήματα όπου τότε το σύστημα αυτό αποδεικνύεται χρησιμότατο.

1.7.1.3. Κλασσικό δίκτυο με εξισορροπημένους κλάδους.

Ένα δίκτυο λέγεται εξισορροπημένο όταν έχουν προβλεφθεί από τον μελετητή ειδικές ρυθμιστικές αντιστάσεις στους δευτερεύοντες κλάδους. Οι αντιστάσεις αυτές (mm Υ.Σ) δίνονται συνήθως με την μορφή των Kv. Θα μπορούσαν βέβαια να δοθούν κατ' ευθείαν σε mm Υ.Σ αλλά αυτό θα δυσκόλευε την κατασκευή όπου θα έπρεπε να ανατρέξουμε στις αντίστοιχες παροχές νερού των κλάδων, και να υπολογίσουμε τις απαιτούμενες στροφές της εκάστοτε ρυθμιστικής βαλβίδας από τα νομογράμματά της. Με τον αριθμό Kv όμως, μπορεί να έχουμε τις στροφές κάθε βαλβίδας από ένα απλό πινακάκι του κατασκευαστή της. Στην περίπτωση δε που οι μελετητές προδιαγράφουν συγκεκριμένης μάρκας υλικά, είναι πολύ εύκολο γι' αυτούς κάτω από τον αριθμό Kv να καταχωρίσουν και τις αντίστοιχες στροφές των βαλβίδων αυτών επάνω στα κατασκευαστικά σχέδια.



Σχήμα 1.7.3. *Κλασσικό δίκτυο με εξισορροπημένους κλάδους.*

Α. Επεξήγηση του αριθμού Kv ή Kvs. Οι υδραυλικές αντιστάσεις όπως γνωρίζουμε είναι συνάρτηση της ταχύτητας του νερού. Για τους σωλήνες η ταχύτητα (μέση ταχύτητα), ορίζεται πλήρως

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

και είναι πρακτικά υπολογίσιμη ως το πηλίκο της παροχής του νερού δια της διατομής του σωλήνα. Για τα εξαρτήματα όμως πού δεν μπορεί να ορισθεί μία διατομή, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την ταχύτητα, συνεπώς και τις υδραυλικές αντιστάσεις. Στο παρελθόν στο σημείο αυτό υπήρχε θεωρητική ασάφεια διότι δεν γνωρίζαμε πως θα υπολογίσουμε τις υδραυλικές αντιστάσεις μέσα από κάποιο εξάρτημα, π.χ. μέσα από κάποια βαλβίδα. Συνηθιζόταν να παίρνουμε για τον υπολογισμό, την ταχύτητα του νερού μέσα στον αντίστοιχο σωλήνα σύνδεσης αυτού με την βαλβίδα, και μέσω του συντελεστή «ζ» να υπολογίζουμε κάποιες αντιστάσεις τις οποίες και δεχόμασταν de-facto. Πέραν όμως της παραπάνω θεωρητικής ασάφειας υπάρχει και το ακόλουθο πρακτικό παράδειγμα το οποίο συνηγορεί υπέρ της αμφισβήτησης του συντελεστή «ζ»:

Έστω ότι έχουμε τον ίδιον διακόπτη θερμαντικού σώματος τον οποίον συνδέουμε στο ίδιο θερμαντικό σώμα, με τρεις διαφορετικές διαμέτρους σωλήνων π.χ. 1/2'' χαλύβδινη, Φ15 χάλκινη και Φ16 πλαστική, και έστω ότι από το θερμαντικό σώμα περνάμε μία παροχή νερού 300 Lit/h. Εξυπακούεται ότι οι υδραυλικές αντιστάσεις της βαλβίδας εφ' όσον η παροχή του νερού και η βαλβίδα παραμένουν ως έχουν, είναι και στις 3 περιπτώσεις οι ίδιες. Βάσει του παραπάνω υπολογισμού όμως, έχω 3 διαφορετικές τιμές αντιστάσεων. Έστω ζ=6:

Είδος σωλήνα:	**Χαλύβδινη 1/2''**	**Χάλκινη Φ15x1**	**Πλαστική Φ16x2,5**
Ταχύτητα (m/sec):	0,43	0,63	0,88
Υδραυλική αντίσταση (mm Υ.Σ.):	57	122	237
Σφάλμα:	-53%	0%	+94%

Η αμφισβήτηση λοιπόν του συντελεστή «ζ» οδήγησε στον συντελεστή Kv ή Kvs ο οποίος έχει το πλεονέκτημα ότι συνδέει άμεσα την παροχή του νερού με τις υδραυλικές αντιστάσεις. Ορίζεται ως ακολούθως:

Ένα εξάρτημα έχει χαρακτηριστικό αριθμό 1 Kv όταν περνώντας μέσα από αυτό παροχή νερού G=1 m3/h, εμφανίζει πτώση πίεσης στα άκρα του ΔP=1 Bar. Ένα εξάρτημα έχει χαρακτηριστικό αριθμό 0,5 Kv όταν περνώντας μέσα από αυτό παροχή νερού G=0,5 m3/h, εμφανίζει πτώση πίεσης στα άκρα του ΔP=1 Bar. Δηλαδή ο Kv συνδέει την παροχή του νερού G πού περνά μέσα από το εξάρτημα με την πτώση πίεσης στα άκρα του ΔP και στην ουσία είναι ο αριθμός των κυβ.μ ανά ώρα που πρέπει να περάσουν για να εμφανισθεί ΔP=1 Bar.

Δεχόμενοι από την Υδραυλική θεωρία ότι ο λόγος $\frac{G}{\sqrt{\Delta P}}$ παραμένει σταθερός, μπορούμε να εμφανίσουμε την ακόλουθη εξίσωση:

$$\frac{Kv}{\sqrt{1}} = \frac{G\,(m^3/h)}{\sqrt{\Delta P\,(bar)}}$$

και η παραλλαγή αυτής:

$$\Delta P\,(mm\Upsilon\Sigma) = \left[\frac{0{,}101 \times G\,(lt/h)}{Kv}\right]^2$$

Στο Αγγλοσαξονικό σύστημα ο συντελεστής Kv απαντάται ως Cv. Ένα εξάρτημα έχει χαρακτηριστικό αριθμό 1 Cv όταν περνώντας μέσα από αυτό παροχή νερού 1 GPM εμφανίζεται στα άκρα του πτώση πίεσης ίση με 1 psi. Η σχέση που συνδέει το Kv και το Cv είναι:

$$Cv = Kv \times 1{,}1568$$

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στο παραπάνω παράδειγμα αν η βαλβίδα έχει 1,7 Kv τότε εμφανίζει 320 mm Υ.Σ πτώση πίεσης στα άκρα της. Αυτή η τιμή έχει και πρακτική σημασία και όχι οι προηγούμενες οι οποίες είναι εξωπραγματικές.

1.7.1.4. Τι επιπτώσεις υπάρχουν στα μη εξισορροπημένα συστήματα.

Α. Θερμικές επιπτώσεις. Τα στοιχεία ή σώματα πού είναι κοντά στην αντλία υπερλειτουργούν αποδίδοντας ενέργεια περισσότερη από αυτή πού θέλει ο μελετητής, ενώ το αντίθετο ακριβώς ισχύει για τα μακρινά. Το δυστύχημα είναι ότι τα ποσοστά των αυξομειώσεων σε ένα αρρύθμιστο δίκτυο δεν είναι υπολογίσιμα (κυμαίνονται συνήθως από (5÷ 35 %), άρα το σύστημα βγαίνει εκτός ελέγχου όχι μόνο υδραυλικά αλλά και θερμικά. Συνεπώς πέρα του ότι αστοχεί η μελέτη, έχουμε και αντιοικονομική λειτουργία του συστήματος. Και εδώ αναφέρομαι σε ένα απλουστευμένο παράδειγμα πού εξετάζει ένα τμήμα δισωληνίου συστήματος και ένα άλλο μονοσωληνίου συστήματος. Η επιλογή και των δύο έγινε για να δειχθεί ότι η εξισορρόπηση δεν είναι αναγκαία σε κάποιο συγκεκριμένο σύστημα αλλά σε οποιοδήποτε δίκτυο (νερού) μεταφοράς ενέργειας.

Β. Υδραυλικές επιπτώσεις. Οι βασικές υδραυλικές επιπτώσεις στα αρρύθμιστα δίκτυα είναι οι θόρυβοι και οι φθορές.

- Θόρυβοι. Το μοναδικό γνωστό κριτήριο για τους θορύβους στην πλειοψηφία των μελετητών είναι η ταχύτητα του νερού. Από ότι μαθαίναμε παλιά αυτή πρέπει να κυμαίνεται για τον λόγο αυτόν από (0.4÷0.7) m/sec. Αυτή η λογική όμως ανήκει πλέον στο παρελθόν διότι αυξήθηκαν ή αντικαταστάθηκαν τα κριτήρια.
- Φθορές. Αυτό πού σίγουρα έχει παρατηρηθεί στην πράξη από πολλούς συναδέλφους είναι ότι σε δίκτυα πού είναι κατασκευασμένα από τον ίδιο εργολάβο, με τα ίδια υλικά, τον ίδιο χρόνο και με τον ίδιο τρόπο, μετά από μερικές χιλιάδες ωρών λειτουργίας εμφανίζουν ασύμμετρες φθορές.

1.7.2. Έλεγχος σωμάτων

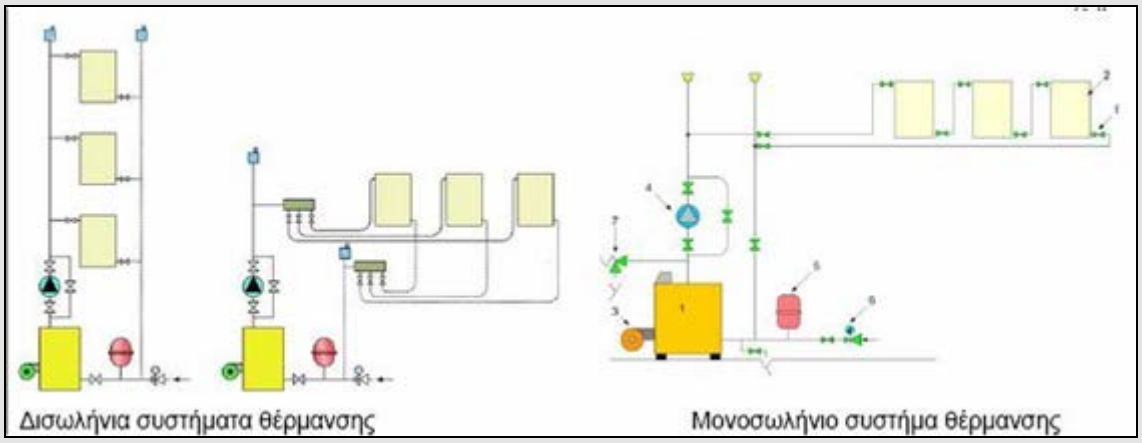
1.7.2.1. Γενικά

Μετά τον έλεγχο του δικτύου πρέπει να έχουμε τον υπολογισμό των απωλειών των χώρων που θα θερμανθούν ώστε να γίνει ο έλεγχος των σωμάτων που θα προσφέρουν στο χώρο θερμική ισχύ τουλάχιστον ίση με τις απώλειες.

Για να ελέγξουμε τα θερμαντικά σώματα, εκτός από τις απώλειες θα πρέπει να γνωρίζουμε και τα παρακάτω:

- Τις θέσεις που είναι τοποθετημένα τα σώματα, άρα και το διαθέσιμο χώρο. Συχνά ο χώρος δεν επαρκεί για το μέγεθος του σώματος και τότε ή θα πρέπει να επιλέξουμε άλλη θέση, ή να τοποθετήσουμε και άλλο σώμα στο δωμάτιο, ώστε το άθροισμα της ισχύος των σωμάτων να ισούται με τις απώλειες του δωματίου.
- Το είδος του δικτύου. Αν δηλαδή τα σώματα θα τροφοδοτηθούν στο δίκτυο νερού παράλληλα ή εν σειρά. Τα σώματα τροφοδοτούνται παράλληλα όταν το σύστημα του δικτύου είναι δισωλήνιο και εν σειρά όταν το σύστημα των σωληνώσεων είναι μονοσωλήνιο (σχήμα 1.7.3). Στο μονοσωλήνιο σύστημα θα πρέπει να προβούμε σε διόρθωση της ισχύος των σωμάτων.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 1.7.3. *Μονοσωλήνιο και δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης.*

- γ. Το είδος των σωμάτων που θα τοποθετηθούν. Υπάρχουν σώματα κλασσικά (ΑΚΑΝ), panels, αλουμινίου, σωληνωτά, δυναμικής εκφόρτισης κ.τ.λ. (Σχήμα 1.7.4).

Σχήμα 1.7.4. *Θερμαντικά σώματα.*

Τα θερμαντικά σώματα είναι εναλλάκτες θερμότητας, οι οποίοι αποδίδουν στο χώρο τη θερμότητα που μεταφέρεται από ένα φορέα. Ο φορέας αυτός της θερμότητας μπορεί να είναι το ζεστό νερό, το υπέρθερμο νερό ο ατμός ή ο ζεστός αέρας.

Ο πιο συνηθισμένος φορέας είναι το ζεστό νερό και γι αυτά τα σώματα θα μιλήσουμε παρακάτω.

Ο τρόπος θέρμανσης του χώρου από τα θερμαντικά σώματα είναι η μεταφορά και η ακτινοβολία. Υπάρχουν σώματα τα οποία θερμαίνουν κυρίως με ακτινοβολία, τα οποία τα ονομάζουμε radiators και σώματα που θερμαίνουν κυρίως με μεταφορά τα οποία τα ονομάζουμε convectors.

Τα περισσότερα σώματα θερμαίνουν και με τους δυο τρόπους. Τέτοια σώματα είναι τα ΑΚΑΝ, τα πάνελ και τα σώματα αλουμινίου.

1.7.2.2. Έλεγχος θέσης τοποθέτησης.

Προκειμένου ένα θερμαντικό σώμα να επιτελεί σωστά το σκοπό του, που είναι η επίτευξη της επιθυμητής και ομοιόμορφης θερμοκρασίας στο χώρο θα πρέπει να είναι τοποθετημένο στα πιο ψυχρά σημεία του δωματίου.

- Κάτω από τα παράθυρα (η κουρτίνα δεν πρέπει να καλύπτει το σώμα όταν αυτό λειτουργεί).
- Εναλλακτικά της προηγούμενης περίπτωσης, δίπλα στα εξωτερικά παράθυρα, ώστε και το σώμα να δουλεύει σωστά και η κουρτίνα να καλύπτει το παράθυρο.
- Δίπλα από την εξωτερική πόρτα. Αν υπάρχουν περισσότερες της μιας εξωτερικής πόρτας, δίπλα σε αυτή που ανοιγοκλείνει συχνότερα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Στη γωνία που σχηματίζουν δύο εξωτερικοί τοίχοι.
- Στους βορινούς εξωτερικούς τοίχους.
- Αν δεν υπάρχει βορινός εξωτερικός τοίχος η σειρά επιλογής εξωτερικού τοίχου είναι, ανατολικός ή δυτικός και τελευταίος ο νότιος.

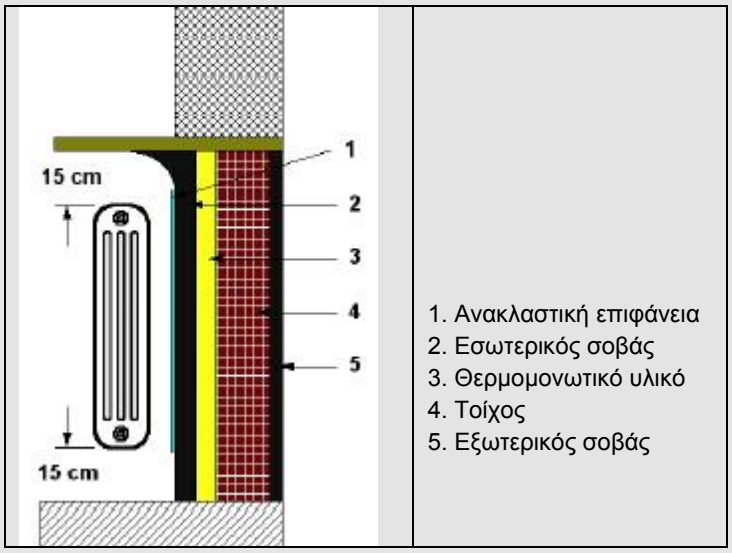
1.7.2.3. Έλεγχος λειτουργικότητας απόδοσης Θερμότητας.

α. Τα σώματα πρέπει να τοποθετούνται κοντά στο δάπεδο γιατί εκεί κάθεται το ποιο κρύο στρώμα αέρα.

β. Η απόσταση από το δάπεδο να μην είναι μικρότερη των 10 cm. απόσταση 15 cm από το δάπεδο θεωρείται πολύ ικανοποιητική (σχ. 3).

γ. Μπροστά από το σώμα δεν πρέπει να τοποθετούνται έπιπλα ή άλλα αντικείμενα που εμποδίζουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα.

δ. Σε περίπτωση που το σώμα τοποθετείται σε εσοχή του τοίχου στο πάνω μέρος πρέπει να υπάρχει ελεύθερη απόσταση για κυκλοφορία του αέρα τουλάχιστον 15 cm (σχ. 1.7.5).



Σχήμα 1.7.5. *Τοποθέτηση θερμαντικά σώματα.*

ε. Η απόσταση από τον πίσω τοίχο πρέπει να είναι 2 cm, για να κυκλοφορεί ο θερμός αέρας.

στ. Σημαντικότατη βελτίωση επιφέρει η μόνωση του τοίχου πίσω από το σώμα. Αυτό το τμήμα του τοίχου μεταφέρει αυξημένα ποσά θερμότητας προς το περιβάλλον. Αιτία είναι η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας που επικρατεί μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου, που οφείλεται στην θερμική ακτινοβολία που δέχεται από τη πίσω επιφάνεια του σώματος. Η τοποθέτηση κάποιου θερμομονωτικού υλικού σε αυτό το σημείο καθώς και μιας ανακλαστικής επιφάνειας βοηθά πολύ στην εξοικονόμηση ενέργειας.

ζ. Καλύμματα σωμάτων από οποιοδήποτε υλικό είναι επιεικώς απαράδεκτα. Αν παρ όλα αυτά ο ιδιοκτήτης επιμένει για τη τοποθέτηση τέτοιων καλυμμάτων, πρέπει να ενημερώνει τον μελετητή για να το λαμβάνει υπ όψη του και να συνεργάζεται μαζί του για τη σχεδίασή τους.

η. Η καθ' οιονδήποτε τρόπο μείωση της ταχύτητας του αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του, το κάψιμο της σκόνης που αιωρείται και την εμφάνιση μαυρισμάτων στους τοίχους πάνω από τα σώματα.

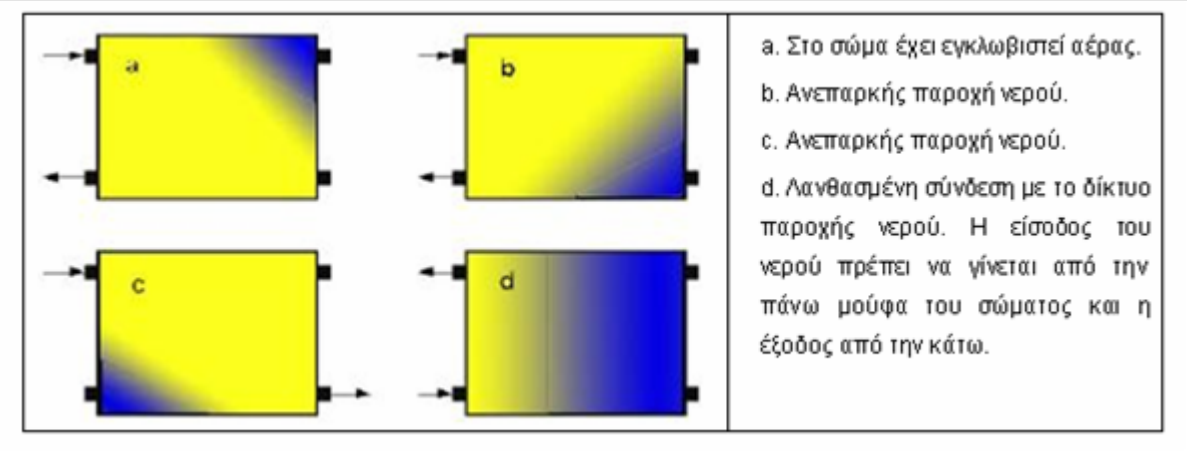
θ. Όταν το μήκος του σώματος είναι 1,5 φορά το ύψος του, η σύνδεση του με το δίκτυο πρέπει να γίνεται διαγώνια, για να ζεσταίνεται ομοιόμορφα όλη η επιφάνεια του.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ι. Η τοποθέτηση των σωμάτων πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μην εγκλωβίζεται αέρας, γιατί πέρα από αιτία κακής λειτουργίας γίνεται και αιτία διαβρώσεων λόγω του οξυγόνου που περιέχει.

ια. Η είσοδος του νερού πρέπει να γίνεται από την πάνω μούφα και η έξοδος από την κάτω.

Μερικές περιπτώσεις κακής λειτουργίας φαίνονται στο οποίο η περιοχή του σώματος που ζεσταίνεται είναι με κίτρινο χρώμα, ενώ με μπλε η περιοχή του σώματος που δε ζεσταίνεται ή ζεσταίνεται ελλιπώς.



Σχήμα 1.7.6. *Περιπτώσεις λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

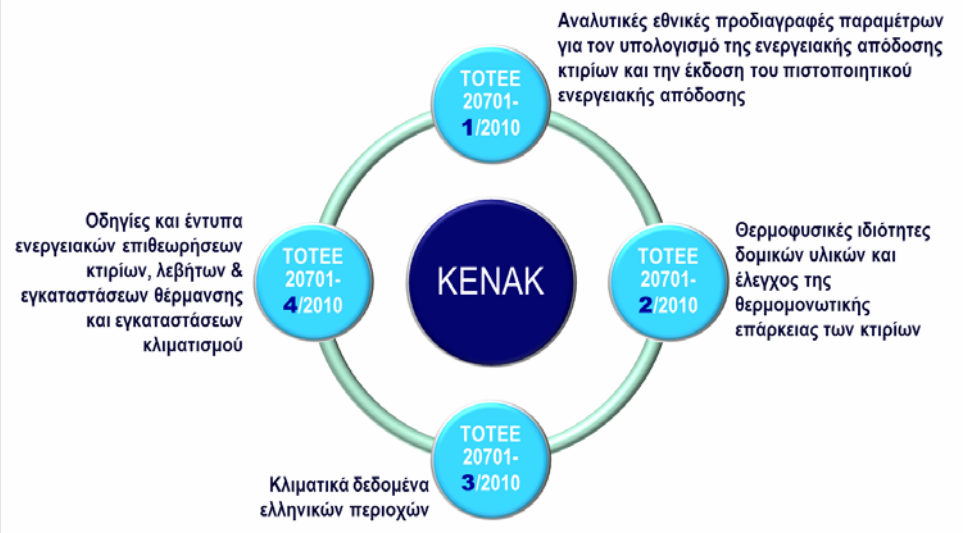
2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1.1. Γενικά.

Η επιθεώρηση διενεργείται:

1. Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου, ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων & Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού». Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και παραμέτρων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου καθώς και των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού. Δίνονται αναλυτικά τα έντυπα επιθεωρήσεων και επεξηγήσεις για την συμπλήρωσή τους.
2. Από Ενεργειακούς Επιθεωρητές, εγγεγραμμένους στο προβλεπόμενο από την παράγραφο 2 του άρθρου 9 του ν. 3661/08, Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 1 του άρθρου 8 του ν. 3661/2008 & το άρθρο 10 του ν. 3851/2010
3. Κάθε 5 έτη για συνολική εγκατεστημένη ισχύ πάνω από 12 kW σύμφωνα με το άρθρο 17 του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ (ΚΥΑ Δ6/Β/οικ. 5825/09-04-2010, ΦΕΚ Β΄ 407).



Σχήμα 2.1.1. *Οι τέσσερεις βασικές ΤΟΤΕΕ που υποστηρίζουν την υλοποίηση του ΚΕΝΑΚ*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.2. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Η επιθεώρηση των εγκαταστάσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης σκόπιμο είναι να προηγείται της αρχικής ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου ή τμήματος αυτού, έτσι ώστε να διευκολύνεται η διαδικασία συλλογής των αντίστοιχων στοιχείων που απαιτούνται για την αποτύπωση της υφιστάμενης εγκατάστασης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης.

2.2.1. Γενικά

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010, η διαδικασία επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Ανάθεση της ενεργειακής επιθεώρησης της εγκατάστασης του κτιρίου στον Ενεργειακό Επιθεωρητή κατόπιν πρόσκλησης από τον ιδιοκτήτη/διαχειριστή. Κατά την ανάθεση συμφωνούνται αμοιβαία οι υποχρεώσεις του Επιθεωρητή (όπως συμπλήρωση εντύπου κ.α.) και του ιδιοκτήτη/διαχειριστή (όπως παροχή γενικών πληροφοριών για τη χρήση και κατασκευή του κτιρίου, το ιδιοκτησιακό καθεστώς, παράδοση των αρχιτεκτονικών και Η/Μ σχεδίων του κτιρίου ως κατασκευασθέν κ.ά.), για τη διευκόλυνση της ενεργειακής επιθεώρησης. Στον Ενεργειακό Επιθεωρητή παρέχεται η δυνατότητα επίσκεψης των εσωτερικών κοινόχρηστων και ιδιόκτητων προς επιθεώρηση χώρων.

Δεν αποτελεί υποχρέωση του Ενεργειακού Επιθεωρητή η ακριβής αποτύπωση της προς επιθεώρηση εγκατάστασης , καθώς και η συλλογή των παραπάνω στοιχείων σε περίπτωση που αυτά δεν υφίστανται ή είναι ελλιπή.

Ηλεκτρονική Απόδοση Αριθμού Πρωτοκόλλου (Α.Π.) ενεργειακής επιθεώρησης από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), κατόπιν ηλεκτρονικής καταχώρησης των γενικών στοιχείων του κτιρίου σε ειδική μερίδα του Αρχείου Επιθεωρήσεως Κτιρίων (www.buildingcert.gr). Ο ίδιος αριθμός Α.Π. θα χρησιμοποιείται για την ηλεκτρονική καταχώρηση του Εντύπου Επιθεώρησης Λέβητα ή Επιθεώρησης Εγκατάστασης, στο προαναφερόμενο Αρχείο.

Επιτόπιος έλεγχος του Ενεργειακού Επιθεωρητή στις εγκαταστάσεις του κτιρίου και καταγραφή/επαλήθευση των στοιχείων που του έχουν παρασχεθεί από τον ιδιοκτήτη/διαχειριστή. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση συμπληρώνεται το τυποποιημένο Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης (Παράρτημα Γ της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010).

Επεξεργασία των στοιχείων και αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης της εγκατάστασης. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι μέσες τιμές για όμοια συστήματα εγκαταστάσεων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης όπως καθορίζονται σε εθνικά πρότυπα και τα οποία βασίζονται σε τυπολογίες εγκαταστάσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης.

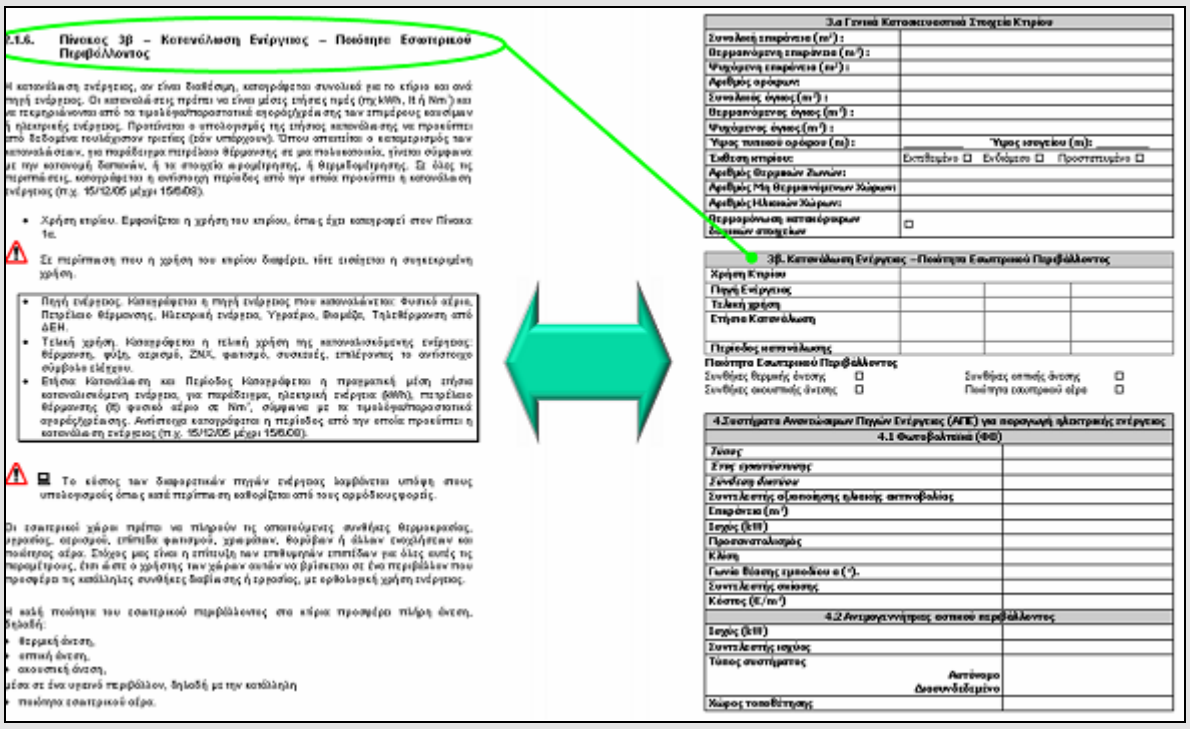
Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης καταχωρούνται στο Έντυπο Επιθεώρησης Εγκατάστασης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης (Παράρτημα της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010). Στο ίδιο έντυπο, καταχωρούνται επίσης διαπιστώσεις και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την αναβάθμιση της εγκατάστασης. Οι συστάσεις βασίζονται στα αποτελέσματα της επιθεώρησης λαμβάνοντας υπόψη και τη διαθεσιμότητα νέων τεχνολογιών. Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής δύναται να ανατρέχει σε κατάλογο προτεινόμενων συστάσεων, όπως καθορίζονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010.

Έκδοση του Εντύπου Επιθεώρησης Εγκατάστασης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης με το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ ή τα εγκεκριμένα λογισμικά από την ΕΥΕΠΕΝ, ηλεκτρονική καταχώρησή του σε ειδική μερίδα του Αρχείου Επιθεώρησης Κτιρίων (www.buildingcert.gr) και παράδοσή του, σφραγισμένο και υπογεγραμμένο, στον ιδιοκτήτη/διαχειριστή του κτιρίου, με μέριμνα του Ενεργειακού Επιθεωρητή.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης συγκεντρώνει τα στοιχεία που απαιτούνται, ώστε να συμπληρώσει όλους τους πίνακες που περιλαμβάνει το Έντυπο Επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης (Παράρτημα Γ της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010) σύμφωνα με τις αναλυτικές οδηγίες που περιλαμβάνονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010, και στη συνέχεια την ηλεκτρονική τους καταχώρηση.

Η δομή της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 αντιστοιχεί πλήρως στα περιεχόμενα του τυποποιημένου εντύπου που παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ (Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης), παρέχοντας τις απαραίτητες αναλυτικές οδηγίες και διευκρινήσεις για τα περιεχόμενα και την συμπλήρωση του κάθε πίνακα (σχήμα 2.2.1).

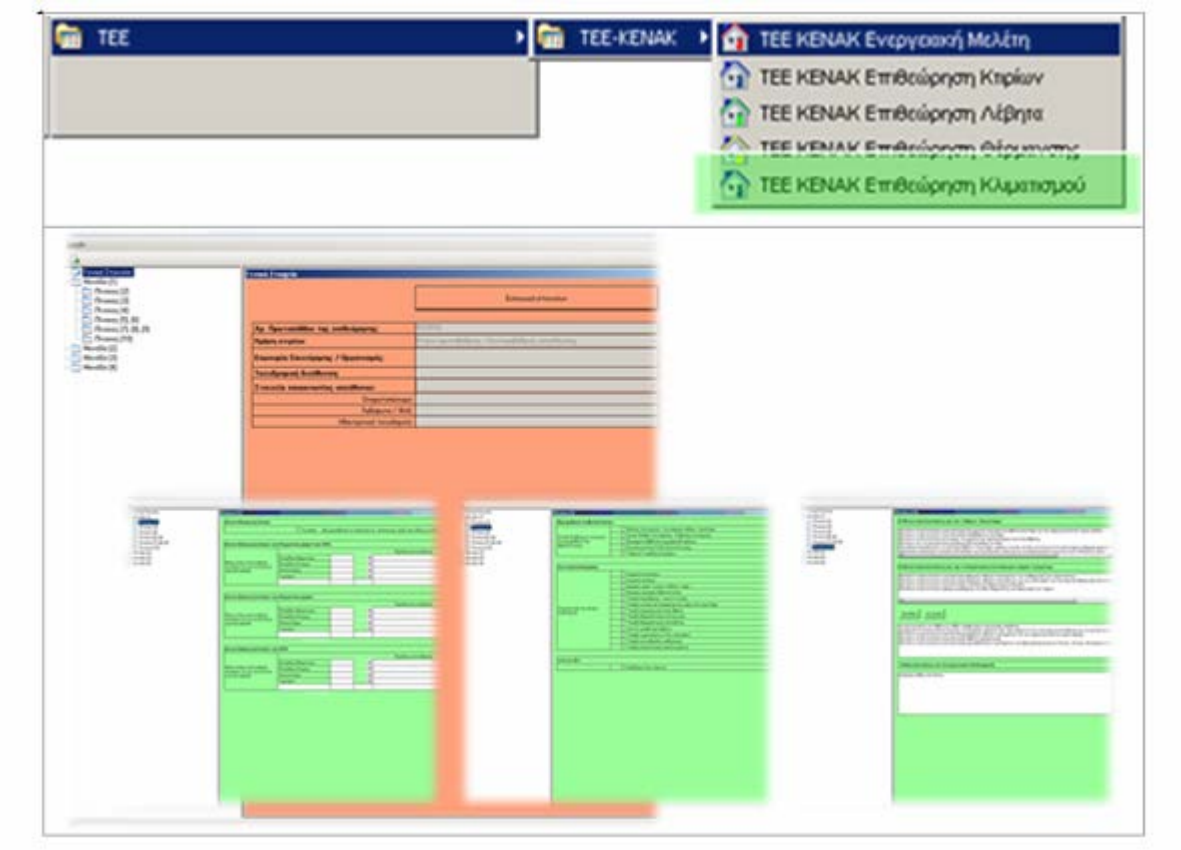


Σχήμα 2.2.1. *Παρουσίαση και επεξήγηση περιεχομένων της σχετική τεχνικής οδηγίας με το τυποποιημένο έντυπο επιθεώρησης.*

Στη συνέχεια ο Ενεργειακός Επιθεωρητής υποβάλει ηλεκτρονικά όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες χρησιμοποιώντας το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ ή τα εγκεκριμένα λογισμικά από την ΕΥΕΠΕΝ. Τα ηλεκτρονικά έντυπα (σχήμα 2.2.1) ακολουθούν την δομή του τυποποιημένου εντύπου που παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ (Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010.

Σε μερικές περιπτώσεις, το ηλεκτρονικό έντυπο μπορεί να διαφέρει σε ορισμένα σημεία από την έντυπη μορφή του, όπως επισημαίνεται στην ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010. Σε αυτές τις περιπτώσεις, γίνονται οι αντίστοιχες επισημάνσεις οι οποίες αναγνωρίζονται με το σύμβολο 💻

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 2.2.2. *Ανασκόπηση της μορφής και δομής του ηλεκτρονικού έντυπου επιθεώρησης.*

Για την ηλεκτρονική καταχώρηση του Εντύπου Ενεργειακής Επιθεώρησης Εγκατάστασης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης, ο Ενεργειακός Επιθεωρητής ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Έκδοση Αριθμού Πρωτοκόλλου (Α.Π.). Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής από την θέση εργασίας του και αφού συνδεθεί ηλεκτρονικά με την διαδικτυακή εφαρμογή www.buildingcert.gr υποβάλλει τα δεδομένα για τα «Γενικά Στοιχεία Κτιρίου» που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1 (στο Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης, Παράρτημα Γ της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010), χρησιμοποιώντας τον κωδικό πρόσβασης (username / password) που του έχει δοθεί από την ΕΥΕΠΕΝ. Αναλυτικές οδηγίες για την διαχείριση των γενικών στοιχείων του κτιρίου, αποθήκευσης αρχείων και πλοήγησης της ηλεκτρονικής εφαρμογής, περιλαμβάνονται στο Κεφ. 5.2 της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010.
- Εισαγωγή όλων των απαιτούμενων στοιχείων για κάθε πίνακα που περιλαμβάνεται στο τυποποιημένο Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης όπως εμφανίζεται στο δέντρο στην αριστερή πλευρά της οθόνης. Αναλυτικές οδηγίες για την εισαγωγή των διαθέσιμων δεδομένων, περιλαμβάνονται στο Κεφ. της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010.
- Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής δεδομένων, ο Ενεργειακός Επιθεωρητής οριστικοποιεί την επιθεώρηση μέσω της επιλογής “Οριστική Υποβολή Επιθεώρησης” για την οποία αποδίδεται ο αριθμός ασφαλείας (Α.Α.) της επιθεώρησης, ο οποίος εκτυπώνεται στο Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης που εκδίδεται και επιστρέφει ηλεκτρονικά από το σύστημα στον Ενεργειακό Επιθεωρητή. Αναλυτικές οδηγίες για την ηλεκτρονική διαχείριση και την οριστική υποβολή της επιθεώρησης, περιλαμβάνονται στην ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010.

Χωρίς τον Α.Α., το Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Εγκατάστασης Κλιματισμού δεν είναι έγκυρο.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 2.2.3. *Ανασκόπηση διαδικασίας ηλεκτρονικής υποβολής και έκδοσης του ηλεκτρονικού έντυπου επιθεώρησης.*

Στο Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης που εκδίδεται ηλεκτρονικά από το σύστημα αναγράφονται όλα τα στοιχεία του Ενεργειακού Επιθεωρητή.

Ο Ενεργειακός Επιθεωρητής υπογράφει και σφραγίζει το Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και το παραδίδει στον ιδιοκτήτη/διαχειριστή του κτιρίου.

2.2.2. Όργανα και Μετρήσεις.

Κατά την επιθεώρηση ο επιθεωρητής μπορεί να χρησιμοποιεί μετρητικό εξοπλισμό για μετρήσεις ή εξοπλισμό διάγνωσης και επαλήθευση των διαφόρων παραμέτρων και τεχνικών χαρακτηριστικών, εφόσον το θεωρεί απαραίτητο.

Δεν αποτελεί υποχρέωση του Ενεργειακού Επιθεωρητή η διενέργεια μετρήσεων, πέραν αυτών που ενδεικτικά περιέχονται στο κεφάλαιο 4 της ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 και αντίστοιχα στο Παράρτημα Δ (Έντυπο Ενεργειακής Επιθεώρησης Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης) και μπορεί ο Ενεργειακός Επιθεωρητής να επιλέξει να κάνει, εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις από τον τεχνικό υπεύθυνο ή το κεντρικό σύστημα ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης.

2.2.3. Εξοπλισμός και απαιτούμενα όργανα μετρήσεων για τον έλεγχο της εγκατάστασης.

2.2.3.1. Έλεγχος εξοπλισμού.

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 (π.χ. 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 παρακάτω έλεγχοι γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό και επιθεωρείται η εκτέλεση από τον ενεργειακό επιθεωρητή.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.2.3.2. Έλεγχος του λέβητα.

Ο έλεγχος του λέβητα επί τόπου κυρίως αναφέρεται στον έλεγχο καθαριότητας της διαδρομής των καυσαερίων. Για τον έλεγχο του λέβητα πρέπει να γίνει διακοπή της ηλεκτρικής παροχής και απομάκρυνση του καυστήρα.

Μετά το άνοιγμα των θυρίδων επίσκεψης και καθαρισμού, γίνεται οπτικός έλεγχος της καθαρότητας της διαδρομής των καυσαερίων. Οι στροβιλιστές καυσαερίων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι μέσα στους αυλούς, πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά. Εάν υπάρχει φθορά, να αντικαθίστανται με νέους. Σε περίπτωση που δεν έχει γίνει ο καθαρισμός των αυλών, οι στροβιλιστές διαβρώνουν τα μέταλλα των αυλών, με αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά του λέβητα.

Εάν κατά το κλείσιμο των θυρίδων, διαπιστωθεί πρόβλημα στεγανότητας, πρέπει να αντικατασταθούν τα στεγανοποιητικά παρεμβάσματα.

Στους λέβητες αερίου με πτερυγιοφόρους αυλούς, πρέπει να γίνει προσεκτικός έλεγχος μεταξύ των πτερυγίων, (ώστε να μην εμποδίζεται η διέλευση των καυσαερίων).

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του λέβητα, πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα.

Εάν διαπιστωθεί αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα σε σχέση με αυτή που προδιαγράφει ο κατασκευαστής ή αυτή που έχουμε με τον λέβητα καινούργιο ή καθαρό κατά:

- 40 °C για ισχύ έως 100 kW
- 35 °C για ισχύ 100 kW - 250 kW
- 30 °C για ισχύ μεγαλύτερη των 250 kW

πρέπει να γίνονται ρύθμιση της εγκατάστασης από τον υπεύθυνο συντηρητή.

Το νερό της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης πρέπει να είναι μαλακό (με χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα) . Σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει διαρροές το νερό ανακυκλώνεται. Αυτό σημαίνει νέες ποσότητες αλάτων, οι οποίες επικάθονται στα εσωτερικά τοιχώματα του λέβητα, αυξημένες φθορές λόγω κακής ψύξεως των χαλυβδοελασμάτων από το νερό και τελικά μείωση της μέσης διάρκειας ζωής του λέβητα.

2.2.3.3. Έλεγχος της καύσης.

Στην αρχή και τουλάχιστον μία φορά κατά την διάρκεια της εποχιακής λειτουργίας, πρέπει να γίνει ένας έλεγχος της καύσης, για να διαπιστωθεί η απόδοση και ότι οι εκπομπές του λέβητα δεν είναι κατώτερες από αυτή που ορίζουν οι κανονισμοί.

2.2.3.4. Έλεγχος καυστήρων.

Η συντήρηση των καυστήρων πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο προσωπικό κατά το δυνατόν του κατασκευαστή ή αντιπροσώπου.

2.2.3.5. Συντήρηση καυστήρα.

Όλες οι εργασίες συντήρησης πρέπει να γίνουν με τον ηλεκτρικό διακόπτη σε θέση διακοπής. Τα ακροφύσια (μπεκ) πρέπει να αντικαθίστανται μετά από ορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ενδείκνυται η αντικατάσταση τους να γίνεται στην αρχή της εποχιακής λειτουργίας. Ο καθαρισμός των ακροφυσίων πρέπει να γίνεται με διαλύτη χωρίς τη χρήση μεταλλικών εργαλείων.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η κεφαλή καύσης πρέπει να καθαρίζεται και να αφαιρούνται οι κάπνες με προσοχή ώστε να μη προκληθούν φθορές. Τα ηλεκτρόδια σπινθηρισμού πρέπει να λύνονται από τις επαφές τους και να καθαρίζεται προσεκτικά ακόμα και στο μονωμένο τους τμήμα, που πρέπει να είναι τελείως καθαρό και χωρίς ρωγμές.

Κατά τη συναρμολόγηση πρέπει να ελέγχεται το κεντράρισμα του ακροφυσίου του διαφράγματος και του φλογοσωλήνα (μπούκας) καθώς και η τήρηση των αποστάσεων που προβλέπει ο κατασκευαστής. Το φίλτρο της τροφοδοτικής γραμμής πρέπει να είναι καθαρό.

Το φωτοκύτταρο ή η φωτοαντίσταση πρέπει να είναι απαλλαγμένο από την παρουσία καπνού ή άλλων επικαθίσεων στην επιφάνειά του.

Κατά την περίοδο που δεν χρησιμοποιείται, ο καυστήρας πρέπει να προστατεύεται από την σκόνη. Ενδείκνυται η επί τόπου συντήρηση, να γίνεται:

- Κάθε 6 μήνες για συνεχή λειτουργία όλο τον χρόνο
- Κάθε 12 μήνες για εποχιακή λειτουργία.

Έλεγχοι. Τουλάχιστον κάθε χρόνο πρέπει να ελέγχεται η ηλεκτρική βαλβίδα ώστε κατά τη φάση πριν την αναρρόφηση να μην βγαίνει καύσιμο από το ακροφύσιο του καυστήρα. Κάθε χρόνο συνιστάται να γίνεται έλεγχος της αντλίας του καυστήρα με τον καυστήρα σε λειτουργία. Ο έλεγχος γίνεται με την τοποθέτηση στην αντλία δύο μανομέτρων, για να μετρήσουμε την πίεση τροφοδότησης και την αναρρόφηση του καυσίμου.

Γενική Επισκευή. Συνιστάται η γενική επισκευή των καυστήρων ιδιαίτερα όταν έχουν κινητά μέρη κάθε 10.000 ώρες πραγματικής λειτουργίας. Η επισκευή πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο συνεργείο και κατά το δυνατό αναγνωριζόμενο από τον κατασκευαστή. Η γενική επισκευή γίνεται με το λύσιμο όλων των εξαρτημάτων που πρέπει να επισκευασθούν, και εάν είναι ανάγκη, να αντικατασταθούν. Στους καυστήρες υγρού καυσίμου ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αντλία της τροφοδοσίας. Στους καυστήρες που έχουν εξαρτήματα που περιστρέφονται πρέπει να καθαριστούν και να λιπανθούν τα έδρανα τους. Στους καυστήρες πρέπει να ελέγχεται η ικανότητα των εξαρτημάτων ασφαλείας σύμφωνα με τους κανόνες δοκιμής των αντίστοιχων κανονισμών.

Επαναλειτουργία. Οι εργασίες της συντήρησης των καυστήρων για αέρια ή για υγρά καύσιμα πρέπει να επιβεβαιωθούν με σχετική βεβαίωση από το συνεργείο η τον συντηρητή. Στους καυστήρες με υγρό καύσιμο οι καυστήρες αερίων εξαναγκασμένης ροής αέρα, πρέπει να διαπιστώνεται ότι η φλόγα αναπτύσσεται κανονικά χωρίς να κτυπά στις εσωτερικές επιφάνειες του λέβητα. Εάν πρόκειται για καυστήρες αερίου χωρίς υπερπίεση πρέπει να ελέγχεται το χρώμα, και η ανάπτυξη της φλόγας ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή καύση (λευκή φλόγα).

2.2.3.6. Αντλίες, Κυκλοφορητές.

Συντήρηση. Αναφέρεται ειδικά στα εξαρτήματα στεγανοποίησης και πρέπει να γίνεται στην αρχή της κάθε περιόδου λειτουργίας. Εάν το όργανο εργάζεται όλο το χρόνο η συντήρηση πρέπει να γίνεται κάθε εξάμηνο.

Έλεγχος. Πριν την έναρξη της περιόδου λειτουργίας ή μετά από οποιαδήποτε εργασία στα στεγανοποιητικά παρεμβύσματα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η πτερωτή της αντλίας γυρίζει ελεύθερα. Πριν την έναρξη της περιόδου λειτουργίας πρέπει να εξασφαλίζεται ότι:

- Η αντλία δεν λειτουργεί στο κενό.
- Έχει γίνει εξαερισμός
- Η φορά περιστροφής είναι η σωστή.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Γενική επισκευή. Τουλάχιστον κάθε 10.000 μέχρι 12.000 h πραγματικής λειτουργίας πρέπει να προβλέπουμε τη γενική επισκευή λύνοντας την αντλία, εξετάζοντας την κατάσταση της έλικας και εξασφαλίζοντας την καθαριότητα και την λίπανση των εδράνων, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και κατά το δυνατόν σε συνεργείο εξουσιοδοτημένο από αυτόν.

Τα έδρανα πρέπει να αντικατασταθούν όταν το επίπεδο θορύβου και οι ταλαντώσεις ξεπεράσουν τα όρια ανοχής. Μετά από κάθε γενική επισκευή και στην περίπτωση μη ομαλής κυκλοφορίας του νερού πρέπει να εξετάσουμε την πίεση στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη της αντλίας.

2.2.3.7. Δοχεία διαστολής, πλήρωση με νερό και απομάκρυνση του νερού εγκατάστασης

Ανοικτά δοχεία διαστολής. Είναι αναγκαίο, τουλάχιστον μια φορά το χρόνο, να ελέγξουμε εάν υπάρχουν διαρροές. Ειδικότερα:

- Στην μέγιστη θερμοκρασία η στάθμη του νερού δεν πρέπει να φθάσει στο σημείο υπερχείλισης.
- Ο πληρωτής αυτόματης τροφοδοσίας πρέπει να μην είναι τρύπιος και η βαλβίδα να είναι κλειστή όταν η στάθμη είναι λίγο μεγαλύτερη από την ελάχιστη.
- κατά την διάρκεια λειτουργίας το νερό που περιέχει το δοχείο πρέπει να είναι κρύο ή ελάχιστα χλιαρό.

Κλειστά δοχεία διαστολής. Είναι αναγκαίο. τουλάχιστον μία φορά το χρόνο να ελέγχουμε εάν υπάρχουν διαρροές ειδικότερα:

- Μέχρι την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας η βαλβίδα ασφαλείας δεν πρέπει να παρουσιάζει διαρροή νερού.
- Η πίεση μετά την συσκευή αυτομάτου πλήρωσης πρέπει να αντιστοιχεί σε εκείνη της μελέτης και να είναι πάντα μικρότερη της πίεσης που είναι ρυθμισμένη η βαλβίδα ασφαλείας.
- Στα δοχεία με διάφραγμα πρέπει να ελέγχεται η κατάσταση του διαφράγματος.
- Στα δοχεία που ο προμηθευτής τα πουλάει γεμάτα με αέρα ή αέριο υπό πίεση πρέπει να ελέγχει ότι η πίεση αυτή είναι αυτή που προβλέπεται από την μελέτη.

Πλήρωση της εγκατάστασης με νερό. Πρέπει να ελέγχουμε συχνά κατά την διάρκεια της λειτουργίας ότι δεν παρουσιάζονται διαρροές στην εγκατάσταση με αποτελέσματα σοβαρά και επιβλαβή για την διάρκεια ζωής και την απόδοση της εγκατάστασης. Ένας προσεκτικός έλεγχος πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Αυτός γίνεται:

- Με την τοποθέτηση μετά τα εξαρτήματα τροφοδοσίας. χειροκίνητα ή αυτόματα.
- ενός μετρητή παροχής.
- Η ελέγχοντας το κατέβασα της στάθμης του νερού στην εγκατάσταση όταν όλοι οι διακόπτες τροφοδοσίας είναι σε θέση διακοπής.

Συσκευές επεξεργασίας του νερού. Σε δίκτυα που διαθέτουν συσκευές επεξεργασίας του νερού πρέπει δύο φορές το χρόνο να γίνεται έλεγχος της σκληρότητας και των άλλων κυρίων χημικών χαρακτηριστικών του νερού για την λήψη των αναγκαίων μέτρων να εμποδιστεί η δημιουργία καταλοίπων ή διαβρώσεων.

Στην περίπτωση δοσομετρικών συσκευών για πρόσθετες ή διορθωτικές ουσίες πρέπει να ελέγχουμε τουλάχιστον κάθε μήνα την δόση ώστε να αντιστοιχεί σ' εκείνη που προβλέπεται.

Στην περίπτωση αυτομάτων συσκευών πρέπει να γίνεται ο έλεγχος του αυτοματισμού τουλάχιστον στην αρχή κάθε περιόδου λειτουργίας ώστε να αποτρέπεται η είσοδος και η διαρροή μη επεξεργασμένου νερού στην εγκατάσταση.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Απομάκρυνση του νερού της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση δεν πρέπει ποτέ να αδειάζει παρά μόνο για σοβαρούς λόγους όπως επισκευές και μετατροπές και σ' αυτήν την περίπτωση, εάν είναι δυνατόν, πρέπει ν' αδειάζει μόνο το τμήμα που μας ενδιαφέρει. Η εγκατάσταση πρέπει να ξαναγεμίζει το ταχύτερο δυνατόν.

2.2.3.8. Δεξαμενή καυσίμων.

Εσωτερικός καθαρισμός. Ο εσωτερικός καθαρισμός των δεξαμενών και η απομάκρυνση των καταλοίπων πρέπει να γίνεται κάθε 3 χρόνια για δεξαμενές που περιέχουν υγρά καύσιμα. Για δεξαμενές που περιέχουν υγρά καύσιμα ο καθαρισμός επιτυγχάνεται με άντληση από τον πυθμένα της δεξαμενής των καταλοίπων με την βοήθεια ειδικής αντλίας και ο καθαρισμός θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί όταν από την αντλία αρχίσει να αντλείται καθαρό καύσιμο.

Επιθεώρηση της δεξαμενής. Αφού απομακρυνθούν τα κατάλοιπα πρέπει να γίνεται προσεκτική εξέταση των εσωτερικών τοιχωμάτων και εάν χρειάζεται η αποκατάσταση αυτών. Με ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα ύπαρξης διαρροών καυσίμου. Για τις υπόγειες δεξαμενές πρέπει να γίνει επίσης και η δοκιμή διαρροής υπό πίεση.

Εξωτερική επιφάνεια των ημιυπόγειων δεξαμενών. Κάθε χρόνο πρέπει να επιθεωρούνται οι εξωτερικές επιφάνειες των μεταλλικών δεξαμενών και εάν είναι αναγκαίο να γίνεται αποκατάσταση της προστατευτικής βαφής. Σε περίπτωση που χρειάζεται προστατευτική βαφή πρέπει:

- Να καθαριστεί με διαλύτη η επιφάνεια της δεξαμενής
- Να αφαιρεθεί με μεταλλική βούρτσα και σμυριδόπανα κάθε ίχνος
- σκουριάς.
- Να περάσει με δύο χέρια σταυρωτά με βερνίκι αντισκωρικό (για να εξασφαλίζεται μία ομοιόμορφη κάλυψη, προτείνεται η χρήση αντισκωριακών βερνικιών διαφορετικού χρώματος) πριν την τελική χρώση).

Έλεγχος των εξαρτημάτων της δεξαμενής. Τουλάχιστον κάθε χρόνο κάνουμε τις ακόλουθες εργασίες.

- Εξέταση, και σε περίπτωση ανάγκης αντικατάσταση, του στεγανωτικού παρεμβύσματος της ανθρωποθυρίδας.
- Εξέταση του συρμάτινου πλέγματος (διακοπή φλόγας) στο σωλήνα εξαερισμού
- Εξέταση της βαλβίδας του αγωγού προσαγωγής καυσίμου.
- Εξέταση της κατάστασης των σωλήνων τροφοδοσίας του καυστήρα και της επιστροφής.
- Εξέταση της αυτόματης βαλβίδας ασφαλείας του καυσίμου.
- Εξέταση της στεγανότητας των αρμών της ανθρωποθυρίδας.
- Εξέταση αντίστασης γείωσης.

Βεβαίωση. Η πραγματοποίηση αυτών των εργασιών συντήρησης πρέπει να επιβεβαιώνεται σε έντυπο που θα συμπληρώνει ο συντηρητής. Η βεβαίωση αυτή πρέπει να διατηρείται για μία περίοδο 5 ετών στο φάκελο θέρμανσης του κτιρίου.

2.2.3.9. Όργανα ασφάλειας, προστασίας και δείκτες.

Έλεγχος των οργάνων ασφαλείας και προστασίας. Τουλάχιστον μία φορά το χρόνο πρέπει να γίνεται ο έλεγχος των οργάνων ασφαλείας και προστασίας.

Η βαλβίδα ασφαλείας πρέπει να δοκιμάζεται:

- Όταν η εγκατάσταση δεν λειτουργεί δοκιμάζοντας χειροκίνητα το άνοιγμα της ώστε να βεβαιωθούμε ότι λειτουργεί το ελατήριο της.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

- Όταν η εγκατάσταση είναι σε λειτουργία εφαρμόζοντας πίεση λίγο μεγαλύτερη από την πίεση ρύθμισης για να διαπιστώσουμε εάν λειτουργεί.

Οι σωλήνες ασφαλείας πρέπει να επιθεωρηθούν στην έξοδο για να βεβαιωθούμε ότι δεν είναι φραγμένοι.

Οι θερμοστάτες και όργανα πρέπει, αυξάνοντας την θερμοκρασία να ενεργοποιούνται.

Οι πιεζοστάτες όταν χρησιμοποιούνται πρέπει να δοκιμαστούν στο εργαστήριο αυξάνοντας την πίεση για την διαπίστωση της λειτουργίας τους .

Τα εξαρτήματα προστασίας έναντι έλλειψης της φλόγας πρέπει να δοκιμαστούν τοποθετώντας ένα αδιαφανές εμπόδιο μπροστά από το στοιχείο που εντοπίζει την φλόγα.

Τα θερμομηχανικά ή θερμοηλεκτρικά εξαρτήματα της ασφάλειας του λέβητα με αέριο πρέπει να δοκιμαστούν σε συνθήκες μη ομαλής λειτουργίας για τις οποίες είναι κατασκευασμένα να επέμβουν. Όλα τα όργανα ασφαλείας πρέπει να επισκευάζονται ή να αντικαθίστανται στις ημερομηνίες που προκαθορίζουν οι σχετικές οδηγίες.

΄Ελεγχος των ενδεικτικών οργάνων.

Τα θερμόμετρα πρέπει να ελέγχονται τουλάχιστον μία φορά κάθε δύο χρόνια, χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο θερμόμετρο τοποθετημένο στην αντίστοιχη θέση.

Τα μανόμετρα που πρέπει να φέρουν κρουνό για να είναι δυνατή η αφαίρεση τους πρέπει να ελέγχονται τουλάχιστον μία φορά κάθε δύο χρόνια χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο μανόμετρο τοποθετημένο στην αντίστοιχη θέση.

Τα θερμόμετρα για την μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων πρέπει να ελεγχθούν τουλάχιστον μία φορά κάθε δύο χρόνια, ενώ ο λέβητας θα λειτουργεί στο μέγιστό του, χρησιμοποιώντας σ' αντιπαράθεση ένα πρότυπο θερμόμετρο.

2.2.3.10. Σύστημα απαγωγής καυσαερίων.

Συντήρηση. Στο σύστημα απαγωγής καυσαερίων πρέπει να γίνεται περιοδική συντήρηση:

- της καπνοδόχου.
- του καπναγωγού.
- των περιοχών σύνδεσης λέβητα - καπναγωγού και καπναγωγού – καπνοδόχου.
- της βάσης της καπνοδόχου.

Η περιοδικότητα εξαρτάται από το είδος του χρησιμοποιουμένου καύσιμου, από την ποιότητα του καυσίμου και από την διάρκεια λειτουργίας.

Η μέγιστη διάρκεια της περιόδου μεταξύ δύο καθαρισμών σε λεβητοστάσια συνήθους λειτουργίας είναι:

- Τρία (3) χρόνια για λέβητες αερίων καυσίμων.
- Δύο (2) χρόνια για λέβητες υγρών καυσίμων πλην μαζούτ.

΄Ελεγχος. Κάθε φορά που καθαρίζονται οι αγωγοί πρέπει απαραίτητα να ελέγχεται η στεγανότητα του συστήματος.

Ο έλεγχος στεγανότητας πραγματοποιείται με σύγκριση της περιεκτικότητας σε $C0_2$ των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα, στη βάση και στην κορυφή της καπνοδόχου. Η δοκιμή πρέπει να γίνεται με το λέβητα σε λειτουργία στο μέγιστο της απόδοσής του.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.2.3.11. Ηλεκτρικοί κινητήρες.

Έλεγχος. Τουλάχιστον μία φορά το χρόνο καθώς επίσης στην αρχή κάθε περιόδου λειτουργίας και μετά γενική επισκευή του ίδιου του κινητήρα ή της συσκευής που αυτό κινεί πρέπει να ελέγξουμε:

- Την ίση φόρτιση των φάσεων (για τριφασικούς κινητήρες).
- Την θερμοκρασία λειτουργίας που δεν πρέπει, στην μέγιστη ισχύ, να ξεπεράσει τις αντίστοιχες τιμές που καθορίζει ο κατασκευαστής.
- Την ικανότητα του ανεμιστήρα (όταν έχει εξαναγκασμένο αερισμό) προσέχοντας να μην έχουν κλείσει οι είσοδοι και έξοδοι του αέρα.
- Την κατάσταση των διαφόρων οργάνων μετάδοσης της κίνησης.

Τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια και μετά από κάθε γενική επισκευή του κινητήρα ή της συσκευής που αυτό κινεί πρέπει να ελέγχουμε:

- Την σωστή προστασία των μέρων που βρίσκονται υπό τάση
- Την γείωση
- Την αντίσταση της μόνωσης
- Το ρεύμα κατανάλωσης που πρέπει να αντιστοιχεί στα αναμενόμενα της πινακίδας του με ανοχές της τάξης του ΙΔΧ.

Στην αρχή κάθε περιόδου λειτουργίας να ελέγχουμε την σωστή λειτουργία του συστήματος προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων, υπερφόρτωσης ή έλλειψης τάσης.

Συντήρηση εδράνων. Σε διαστήματα που εξαρτώνται από την καθαριότητα του λεβητοστασίου και από τον τύπο των εδράνων, συνήθως κάθε 12.000 h λειτουργίας, πρέπει να λυθούν, να καθαριστούν και να λιπανθούν τα έδρανα.

2.2.3.12. Ηλεκτρικές συσκευές

Έλεγχος της κατάστασης των συσκευών. Κατά την συντήρηση πρέπει να γίνει έλεγχος:

- Της κατάστασης των κινητών επαφών
- Ότι οι διακόπτες και οι μονώσεις τους βρίσκονται σε καλή κατάσταση.
- Της σωστής σύνδεσης των επαφών.

Έλεγχος λειτουργίας. Κατά την συντήρηση πρέπει να ελέγχουμε:

- Την λειτουργία και σωστή ρύθμιση όλων των οργάνων προστασίας, προκαλώντας την επέμβαση τους μετρώντας τον αναγκαίο χρόνο τια αυτή την παρέμβαση.
- Την σωστή λειτουργία των ενδεικτικών οργάνων (βολτόμετρα, αμπερόμετρα κ.τ.λ.).
- Την σωστή λειτουργία των ενδεικτικών λυχνιών.

Έλεγχος της γείωσης και των μονώσεων. Πρέπει να εξασφαλίσουμε την γείωση όλων των μεταλλικών μερών και όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Πρέπει να ελέγχουμε την αντίσταση των μονώσεων των συσκευών που λειτουργούν υπό τάση.

Οι προαναφερόμενες εργασίες πρέπει να γίνονται τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια και οπωσδήποτε όταν έχουν μετακινηθεί για κάποιο σκοπό οι ηλεκτρικές συσκευές και οι μεταλλικές επιφάνειές του.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.2.3.13. Συσκευές αυτόματου ελέγχου.

Συντήρηση. Η συντήρηση πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο και να περιλαμβάνει:

- Την λίπανση των αξόνων των ρυθμιστικών βανών. Η λίπανση πρέπει να γίνεται με τον τρόπο και τα λιπαντικά που προβλέπει ο κατασκευαστής, με την προϋπόθεση ότι τα παρεμβύσματα στεγάνωσης δεν είναι αυτολιπανόμενα ή διαρκούς λίπανσης.
- Τον καθαρισμό των επαφών .
- Την αντικατάσταση των κατεστραμμένων ή κακώς μονωμένων αγωγών.
- Την επισκευή των σωλήνων που παρουσιάζουν διαρροές.
- Τον καθαρισμό των φίλτρων.

2.2.3.14. Συσκευές για την μέτρηση κατανάλωσης.

Μία φορά το χρόνο πρέπει να ελέγχονται τα όργανα μέτρησης της κατανάλωσης. Για τους μετρητές ωρών ο έλεγχος γίνεται στο θερμοστάτη και στον χρόνο μέτρησης. Για τους μετρητές παροχής ο έλεγχος γίνεται τροφοδοτώντας μία ορισμένη ποσότητα νερού. Για τους μετρητές θερμότητας ο έλεγχος γίνεται ελέγχοντας την σωστή μέτρηση της παροχής, και την διαφορά θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής.

2.2.4. Μετρητικά όργανα για τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης λεβητοστασίου-Τρόπος μέτρησης

2.2.4.1. Μετρητικά όργανα και χρήση αυτών για τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης λεβητοστασίου.

Ο έλεγχος της ενεργειακής αποδοτικότητας του λεβητοστασίου είναι απαραίτητος προκειμένου να κρίνουμε πόσο αποδοτική είναι η παραγωγή θέρμανσης και ΖΝΧ , αλλά και τι δυνατότητες βελτίωσης υπάρχουν

Ανάλυση καυσαερίου. Στην εγκατάσταση η εκτίμηση του βαθμού απόδοσης καύσης ή εστίας και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης ενός συγκροτήματος Λέβητα-Καυστήρα γίνεται με τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών, όπως:

- Απώλειες θερμότητας ατελούς καύσης, εξαιτίας της περιεκτικότητας του καυσαερίου, σε ορισμένα καύσιμα αέρια, (όπως το μονοξείδιο του άνθρακα CO) που προήλθαν από το καύσιμο αλλά δεν έχουν καεί πλήρως (ατελής καύση).

  Με τη μέτρηση των απωλειών θερμότητας ατελούς καύσης λόγω παρουσίας CO στο καυσαέριο υπολογίζεται εν μέρει ο βαθμός απόδοσης εστίας λόγω ατελούς καύσης.
- Απώλειες θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου, εξαιτίας της (σχετικά) υψηλής θερμοκρασίας του καυσαερίου, με την οποία αυτό εγκαταλείπει το λέβητα και εξέρχεται στην ατμόσφαιρα.

  Με τη μέτρηση των απωλειών θερμότητας λόγω θερμού καυσαερίου υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης που έχει επικρατήσει να ορίζεται ως εσωτερικός βαθμός απόδοσης.

Με το γινόμενο αυτών των δύο βαθμών απόδοσης υπολογίζεται εν μέρει ο έμμεσος βαθμός απόδοσης.

Η μέτρηση αυτή γίνεται με τη χρήση κατάλληλου ηλεκτρονικού αναλυτή καυσαερίου. Με τον αναλυτή καυσαερίου μετρούνται κάποιες βασικές παράμετροι στο καυσαέριο (θερμοκρασία καυσαερίου & περιβάλλοντος, συγκεντρώσεις CO_2, O_2, CO κ.ά.) σε απόσταση τρεις φορές τη διάμετρο του καπναγωγού από την έξοδο του λέβητα.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οι ηλεκτρονικοί αναλυτές καυσαερίου που διαθέτουν και αισθητήρες για τη μέτρηση του μονοξειδίου του άνθρακα CO, εκτιμούν τον εν μέρει τον έμμεσο βαθμό απόδοσης λαμβάνοντας υπόψη και τα δυο είδη απωλειών που αναφέρθηκαν παραπάνω και δίνεται με μία τιμή ως εσωτερικός βαθμός απόδοσης, ο οποίος καταγράφεται από τον τεχνίτη συντήρησης καυστήρων.

Λόγω του γεγονότος ότι ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το πηλίκο της αποδιδόμενης ισχύος προς το γινόμενο της παροχής καυσίμου επί την κατωτέρα θερμογόνο δύναμη του καυσίμου είναι δυνατόν ο βαθμός απόδοσης να είναι και μεγαλύτερος του 100% για τους λέβητες συμπυκνώσεως, οι οποίοι εκμεταλλεύονται και την λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης του υδρατμού (νερό στο καυσαέριο), η οποία δεν περιλαμβάνεται στον παρονομαστή.

Απώλειες καμινάδας σε κατάσταση αναμονής. Η καμινάδα έχει απώλειες ακόμα και μετά την παύση της λειτουργίας του καυστήρα. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στον φυσικό ελκυσμό της καμινάδας μέσω του οποίου αφαιρείται ένα ποσό θερμότητας από τον λέβητα. Η μέτρηση πρέπει να γίνεται 30 s μετά την παύση του καυστήρα και αφορά την παροχή αέρα μέσα από την καμινάδα. Οι απώλειες αυτές μετρώνται από ειδικά όργανα.

Απώλειες επιφανείας λέβητα. Για τον υπολογισμό των απωλειών επιφανείας λέβητα πρέπει να θεωρήσουμε όλες τις μερικές επιφάνειες του λέβητα. Στην συνέχεια μετράμε την θερμοκρασία του περιβάλλοντος του λέβητα και την θερμοκρασία σε κάθε ξεχωριστή επιφάνεια. Με βάση αυτές τις επιφάνειες και θερμοκρασίες υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες επιφανείας του λέβητα.

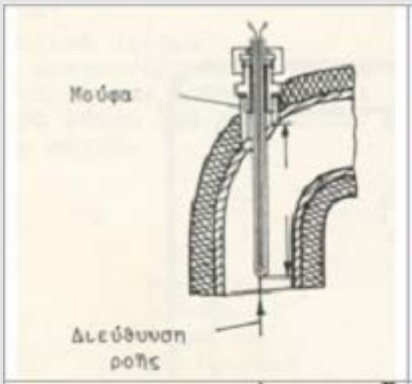
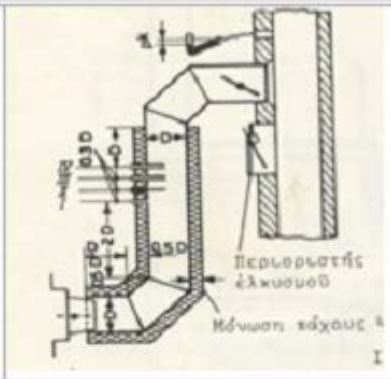
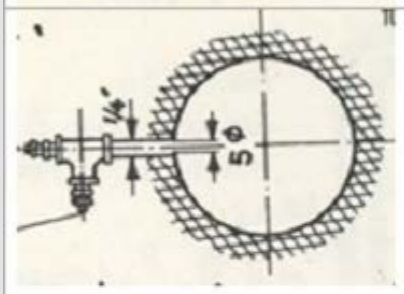
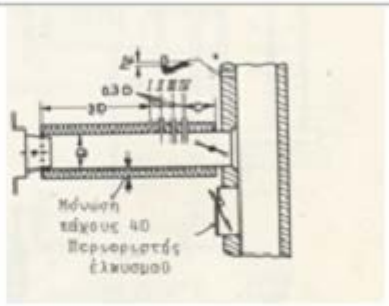
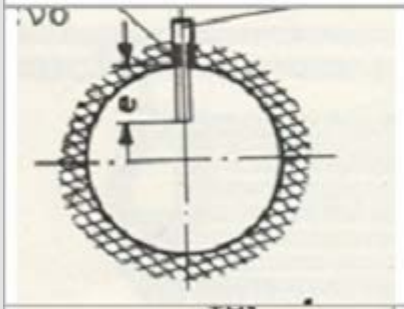
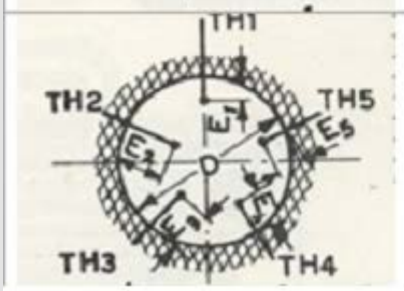
Σχήμα 2.2.4. *Αναλυτής καυσαερίου.*

Σχήμα 2.2.5. *Μέτρηση απωλειών επιφανείας λέβητα.*

Σχήμα 2.2.6. *Μέτρηση απωλειών κατάστασης αναμονής.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.2.4.2. Τρόπος μέτρησης

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Παράδειγμα τοποθέτησης θερμοστοιχείων και θερμομέτρων υδραργύρου και αντίστασης.</td>
<td> 
</td>
<td>Υποδοχή για τη μέτρηση ελκυσμού
Υποδοχή για την μέτρηση της θερμοκρασίας
Απολήπτης για ανάλυση καυσαερίων
Υποδοχή για μέτρηση αιθάλης</td>
</tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>Υποδοχή για μέτρηση ελκυσμού με κατέληξη στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα καυσαερίων. Θέση συγγολήστεως τροχισμένη εσωτερικά.</td>
<td> 
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>  </td>
<td colspan="3">Μέτρηση θερμοκρασίας καυσαερίων. Βάθος βυθίσματος "e"
α) Για οριζόντια διαδρομή μετρήστεως = D / 3
β) Για κατακόρυφη διαδρομή μετρήστεως = D / 2</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td colspan="3">Μέτρηση θερμοκρασίας καυσαερίων με 5 θερμοστοιχεία (συστήνεται όταν αναμένεται ώνιση κατανομή της θερμοκρασίας στη διατομή του σωλήνα) E1= 0.10 D Βάθος βυθίσματος θερμοστοιχείων
E2= 0,17 D
E3= 0,24 D
E4= 0,30 D
E5= 0,37 D</td>
</tr>
</table>

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΙΔΙΟΚΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.

Οι βασικοί κανόνες που οδηγούν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση του CO_2 από το σύστημα θέρμανσης είναι οι εξής:

- Συντήρηση του λεβητοστασίου και βελτιστοποίηση της λειτουργίας του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης.
- Μόνωση λέβητα, σωληνώσεων λεβητοστασίου και σωληνώσεων συστήματος διανομής θέρμανσης οι οποίες διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους.
- Εγκατάσταση αντιστάθμισης καιρικών συνθηκών με χρήση τρίοδης ή τετράοδης βάνας. Η χρήση της αντιστάθμισης με επίδραση στη θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θέρμανσης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των θερμικών απωλειών των σωληνώσεων που διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους και των θερμαντικών σωμάτων που γειτνιάζουν με εξωτερικούς τοίχους. Επίσης, συμβάλει κατά την περιοδική λειτουργία του συγκροτήματος Λέβητα-Καυστήρα στην αύξηση της λειτουργίας του καυστήρα, με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των εκκινήσεων του καυστήρα κα τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.
- Εγκατάσταση αντιστάθμισης καιρικών συνθηκών με έλεγχο στον καυστήρα του λέβητα. Η χρήση αντιστάθμισης με επίδραση στη θερμοκρασία εξόδου του νερού από το λέβητα, πέρα από τα ανωτέρω αναφερθέντα έχει και το επιπλέον πλεονέκτημα της αύξησης του βαθμού απόδοσης του λέβητα, γιατί οι μικρότερες θερμοκρασίες εργαζόμενου μέσου (νερού) σημαίνουν και μικρότερες θερμοκρασίες καυσαερίου. Η εν λόγω επιρροή στο βαθμό απόδοσης του λέβητα είναι πολύ πιο ισχυρή στους λέβητες συμπύκνωσης.

Σχήμα 2.3.1. *Συσκευή ελέγχου αντιστάθμιση συστήματος θέρμανσης και θερμοστάτης χώρου με εβδομαδιαίο προγραμματισμό.*

Επίσης στην περίπτωση σοβαρών βλαβών και δυσλειτουργίας του συστήματος θέρμανσης προτείνονται τα εξής:

1. Αντικατάσταση του μονοβάθμιου καυστήρα με διβάθμιο ή αναλογικό. Η χρήση διβάθμιου ή, ακόμα περισσότερο, αναλογικού καυστήρα έχει ως αποτέλεσμα την παρατεταμένη λειτουργία του λέβητα και ως εκ τούτου την μείωση των εκκινήσεων.
2. Αντικατάσταση του λέβητα με νέο, μικρότερο (όχι υπερδιαστασιολογημένο), αποδοτικότερο (χαμηλών θερμοκρασιών ή συμπυκνώσεως) και πολυβάθμιο (με διβάθμιο ή αναλογικό καυστήρα) λέβητα πετρελαίου. Αυτή η ριζική λύση μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 2.3.2. *Επιδαπέδιος λέβητας πετρελαίου συμπυκνώσεως, εμπρόσθια όψη και σε τομή.*

3. Στην περίπτωση λέβητα πετρελαίου υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης του καυστήρα ή και του λέβητα με νέο καυστήρα ή και λέβητα φυσικού αερίου ή υγραερίου. Ως προς την επιλογή του νέου καυστήρα ή λέβητα ισχύουν όσα αναφέρονται στις δύο προηγούμενες παραγράφους. Η χρήση φυσικού αερίου μπορεί να μειώσει την εκπομπή CO_2 κατά 23% σε σχέση με έναν ίδιου βαθμού απόδοσης λέβητα πετρελαίου. Αν δε ο λέβητας είναι τεχνολογίας συμπύκνωσης η συνολική μείωση εκπομπών CO_2 (λόγω της καύσης αερίου, λόγω σωστής διαστασιολόγησης, και λόγω πολύ καλύτερου βαθμού απόδοσης σε σχέση με τον παλαιό λέβητα) μπορεί ακόμα και να ξεπεράσει το 50%.

Σχήμα 2.3.3. *Επιτοίχιος λέβητας αερίου συμπυκνώσεως, σε εμπρόσθια όψη και σε τομή.*

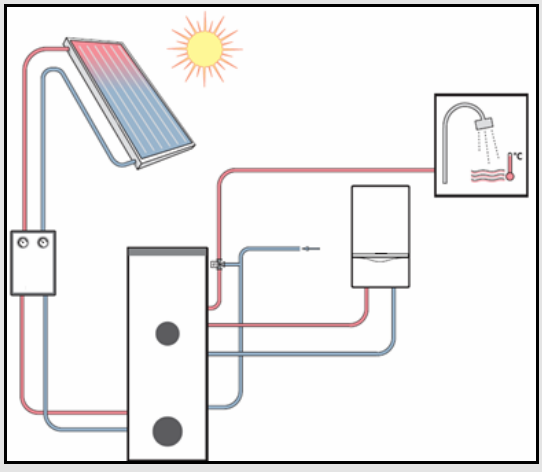
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχήμα 2.3.4. *Επιδαπέδιος λέβητας αερίου συμπυκνώσεως σε τομή.*

4. Υποβοήθηση της θέρμανσης με ηλιοθερμικό σύστημα.
5. Υποβοήθηση της θέρμανσης με σύστημα καύσης βιομάζας.
6. Υποβοήθηση της θέρμανσης με αντλία θερμότητας γεωθερμική ή αέρα νερού ή αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας.

Οι βασικοί τρόποι εξοικονόμησης στην παραγωγή ΖΝΧ είναι οι εξής:

1. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ΖΝΧ. Σε κάθε περίπτωση παραγωγής ΖΝΧ από ηλιακούς συλλέκτες με ταμιευτήρα εγκατεστημένο στο ύπαιθρο το νερό αυτό δεν θα πρέπει να θερμαίνεται από άλλη πηγή θερμότητας (ηλεκτρική αντίσταση, εναλλάκτης – σερπαντίνα για ζεστό νερό προερχόμενο από λέβητα κ.τ.λ.) εντός του ταμιευτήρα. Σε αυτή την περίπτωση ο καλύτερος τρόπος συμπλήρωσης της θέρμανσης του νερού χρήσης είναι με έναν εναλλάκτη εντός του κτηρίου. Η ιδανική περίπτωση είναι αυτός ο εναλλάκτης να θερμαίνεται άμεσα ή έμμεσα από καύση φυσικού αερίου.
2.



Σχήμα 2.3.5. *Σχηματική απεικόνιση συστήματος παραγωγής ΖΝΧ εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, σε συνδυασμό με επιτοίχιο λέβητα αερίου.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

3. Χρήση φυσικού αερίου ή και υγραερίου για την θέρμανση του ΖΝΧ. Η χρήση φυσικού αερίου και ακόμα περισσότερο η χρήση της τεχνολογίας συμπυκνώσεως, μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO_2 κατά 80% σε σχέση με την ηλεκτρική αντίσταση και έως και 30% σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου.

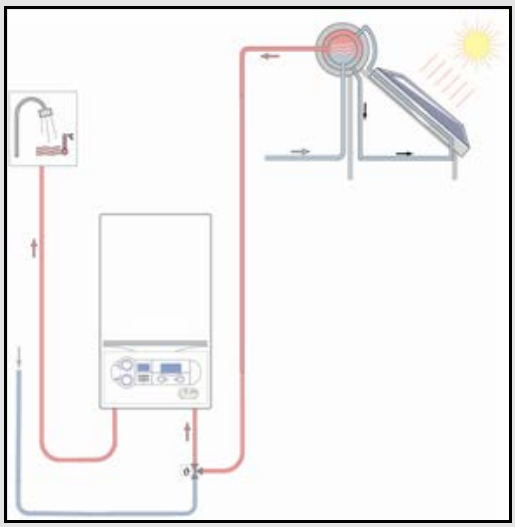
Σχήμα 2.3.6. *Απεικόνιση ταχυθερμαντήρα αερίου για παραγωγή ΖΝΧ.*

4. Χρήση ταχυθερμαντήρα αντί ταμιευτήρα. Ο ταχυθερμαντήρας θερμαίνει το ΖΝΧ την στιγμή που το χρειαζόμαστε, αποφεύγοντας έτσι τις απώλειες αναμονής οι οποίες μπορεί να είναι, σε μερικές περιπτώσεις, ακόμα και συγκρίσιμες με την ωφέλιμη ενέργεια. Ταχυθερμαντήρες υπάρχουν ηλεκτρικοί και αερίου. Οι ταχυθερμαντήρες αερίου (είτε άμεσοι, δηλαδή εναλλάκτες καυσαερίων, ΖΝΧ, είτε έμμεσοι, δηλαδή πλακοειδείς εναλλάκτες με νερό θερμαινόμενο από καύση αερίου) παράγουν πολύ λιγότερο CO_2 από τους αντίστοιχους ηλεκτρικούς (πρακτικά έως και 5 φορές λιγότερο). Επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις ο ταχυθερμαντήρας μπορεί να μην είναι αρκετός για την κάλυψη των ταυτόχρονων λήψεων του κτηρίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυαστικός τύπος μονάδας ταχυθερμαντήρα και μικρού (≈20 lt) ταμιευτήρα.

Σχήμα 2.3.7. *Επιτοίχιος λέβητας αερίου συμπυκνώσεως για θέρμανση και παραγωγή ΖΝΧ.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

5. Ηλιακός θερμοσίφωνας σε συνδυασμό με ταχυθερμαντήρα. Στην περίπτωση ύπαρξης ηλιακού θερμοσίφωνα ο συνδυασμός αυτού με έναν ταχυθερμαντήρα αποτελεί ιδανική περίπτωση για την εξοικονόμηση ενέργειας με τις ελάχιστες δυνατές παρεμβάσεις. Σε αυτή την περίπτωση το ZNX οδηγείται από τον ηλιακό θερμοσίφωνα μέσω του ταχυθερμαντήρα (π.χ. ενός επιτοίχιου λέβητα αερίου) στις λήψεις. Ο ταχυθερμαντήρας σε αυτή την περίπτωση δρα ως μεταθερμαντής του ζεστού νερού του ηλιακού θερμοσίφωνα. Απαραίτητη σε αυτή την περίπτωση είναι η χρήση μία θερμοστατικής βαλβίδας η οποία δεν επιτρέπει την είσοδο πολύ ζεστού νερού (π.χ. άνω των 50°C) μέσα από τον λέβητα / ταχυθερμαντήρα.



Σχήμα 2.3.8. *Σχηματική απεικόνιση επιτοίχιου λέβητα αερίου συμπυκνώσεως, όπου λειτουργεί ως ταχυθερμαντήρας, αλλά και ως μεταθερμαντής του ζεστού νερού από τον ηλιακό θερμοσίφωνα.*

6. Χρήση αντλίας θερμότητας αέρα νερού για την παραγωγή ZNX. Η χρήση αντλίας θερμότητας για την παραγωγή του ZNX μπορεί να είναι έως και 4 φορές οικονομικότερη και λιγότερο επιβαρυντική για το περιβάλλον σε σχέση με τον απλό ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, αφού το SCOP της μπορεί να φτάσει μέχρι και την τιμή 4. Αυτή η αντλία θερμότητας μπορεί ακόμα αντί να αντλεί θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον να την αντλεί από το εσωτερικό του κτηρίου συμβάλλοντας έτσι στον εξαερισμό του κτηρίου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανάκτηση της θερμότητας την οποία έτσι κι΄ αλλιώς θα απορρίπταμε στο περιβάλλον με τον εξαερισμό και αυξάνεται περαιτέρω το COP, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, αφού ο αέρας από τον οποίο αντλείται θερμότητα είναι υψηλότερης θερμοκρασία από τον εξωτερικό αέρα.

Σχήμα 2.3.9. *Αντλία θερμότητας αέρα νερού μόνο για την παραγωγή ZNX.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

7. Χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για την παραγωγή ΖΝΧ. Αποτελεί μία ιδανική ενεργειακά περίπτωση. Συνδυάζεται σχεδόν πάντα με την παραγωγή θέρμανσης ή και ψύξης. Στην περίπτωση της ψύξης μπορεί να συνδυαστεί με ανάκτηση θερμότητας, δηλαδή με χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας από τον ψυκτικό κύκλο για την θέρμανση του ΖΝΧ. Σε αυτή την περίπτωση το μέρος της ισχύος που εναλλάσσεται μεταξύ του ψυκτικού κύκλου και της παραγωγής ΖΝΧ είναι ουσιαστικά δωρεάν.

Σχήμα 2.3.9. *Γεωθερμική αντλία θερμότητας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ΖΝΧ.*

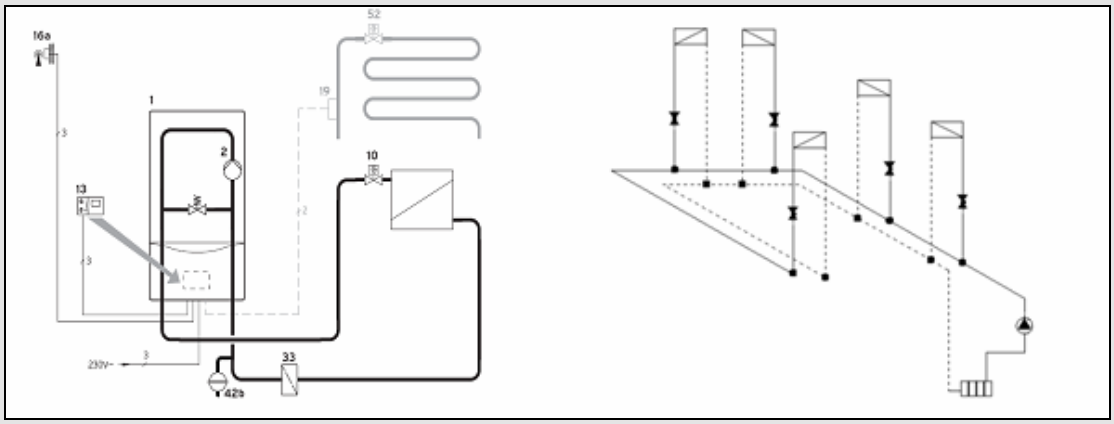
8. Απενεργοποίηση της ανακυκλοφορίας. Οι απώλειες της ανακυκλοφορίας του ΖΝΧ μπορούν να είναι ιδιαίτερα υψηλές, σε μερικές περιπτώσεις συγκρίσιμες με την ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή του ΖΝΧ. Η ανακυκλοφορία σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να λειτουργεί ανεξέλεγκτα. Θα πρέπει να οδηγείται είτε από χρονοπρόγραμμα, το οποίο θα έχει επιλεγεί με βάση τις πραγματικές συνήθειες των χρηστών είτε από κομβίο με το οποίο ο χρήστης θα την ενεργοποιεί λίγο πριν την χρήση ΖΝΧ.
9. Επιλογή χαμηλών θερμοκρασιών. Στην περίπτωση των ταμιευτήρων ΖΝΧ η επιλογή χαμηλών θερμοκρασιών συνεπάγεται την πιο γρήγορη αποφόρτιση του ταμιευτήρα λόγω της χρήσης και την πιο αργή αποφόρτισή του λόγω απωλειών από το περίβλημά του στον χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένος. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα με κάποιον αυτοματισμό το περιεχόμενο του ταμιευτήρα να θερμαίνεται μέχρι τους 70 ° C για την καταστροφή της λεγιονέλας.
10. Μονώσεις των σωληνώσεων ΖΝΧ. Ιδιαίτερα όταν η απόσταση μεταξύ παραγωγής/ αποθήκευσης και λήψης του ΖΝΧ είναι μεγάλη οι μονώσεις του δικτύου ΖΝΧ είναι σημαντικές για την εξοικονόμηση ενέργειας. Ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται ανακυκλοφορία οι απώλειες λόγω έλλειψης μόνωσης μπορεί να είναι πολύ μεγάλες (βλ. και παράγραφο 6, παραπάνω).
11. Θέση του ταμιευτήρα και μόνωση αυτού. Οι απώλειες του ταμιευτήρα είναι ανάλογες της διαφοράς θερμοκρασίας του περιεχομένου του και του περιβάλλοντος χώρου του και αντιστρόφως ανάλογες της μόνωσής του. Για αυτούς τους λόγους θα πρέπει, κατά το δυνατόν, ο ταμιευτήρας να εγκαθίσταται σε χώρους θερμαινόμενους ή ημιθερμαινόμενους και ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στην μόνωση του ταμιευτήρα (αν έχει καταστραφεί ή αλλοιωθεί).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3.1. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΤΩΝ

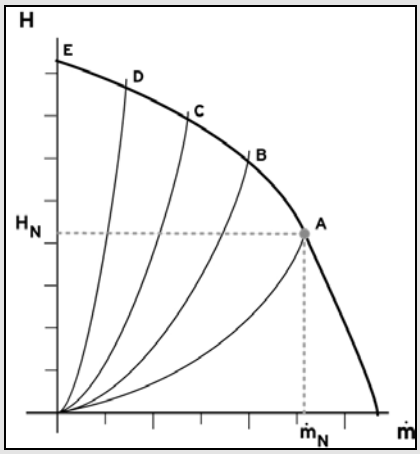
Το κύκλωμα διανομής της θέρμανσης μπορεί να συνδέεται με τον παραγωγό θέρμανσης (λέβητας, αντλία θερμότητας, ηλιοθερμικό σύστημα κ.ά.) με διαφόρους τρόπους ανάλογα με τις ανάγκες και τις επιλογές του μελετητή / εγκαταστάτη.

Η πιο απλή και πλέον διαδεδομένη περίπτωση είναι η χρήση ενός και μοναδικού κυκλώματος. Σε αυτή την περίπτωση (σχήμα 2.3.10.) σε όλες τις κεντρικές σωληνώσεις του συστήματος έχουμε την ίδια παροχή. Φυσικά το σύστημα αυτό μπορεί να αποτελείται από παράλληλα υποκυκλώματα τα οποία έχουν παροχές υποπολλαπλάσιες της κύριας παροχής. Έτσι αν m (π.χ. σε m^3/hr) είναι η παροχή του νερού που περνάει από τον λέβητα και m1, m2, m3, m4 και m5 οι παροχές που περνάνε από τα θερμαντικά σώματα του σχήματος 2.3.10. (δεξιά) τότε: m1 +m2 +m3 +m4 +m5 = m.



Σχήμα 2.3.10. *Σύστημα θέρμανσης με ένα κύκλωμα θέρμανσης.*

Στην περίπτωση που οι διακόπτες των σωμάτων κλείνουν είτε χειροκίνητα είτε θερμοστατικά (με θερμοστατικές κεφαλές ή με θερμοστάτες χώρου) τότε η παροχή η οποία περνάει στο κεντρικό κύκλωμα και άρα από τον λέβητα μειώνεται όσο κλείνουν περισσότεροι ή περισσότερο οι διακόπτες. Στο σχήμα 2.3.11., στο διάγραμμα παροχής – πίεσης, βλέπουμε την καμπύλη του κυκλοφορητή και τις χαρακτηριστικές του κυκλώματος για διάφορες θέσεις των διακοπτών. Το σημείο Α είναι το σημείο λειτουργίας με όλους τους διακόπτες τέρμα ανοικτούς. Αν αρχίσουν να κλείνουν διακόπτες τότε περνάμε σταδιακά από τα σημεία λειτουργίας Β, C, D και καταλήγουμε στο Ε όταν κλείσουν όλοι οι διακόπτες. Τότε έχουμε μηδενική παροχή και το μέγιστο μανομετρικό.

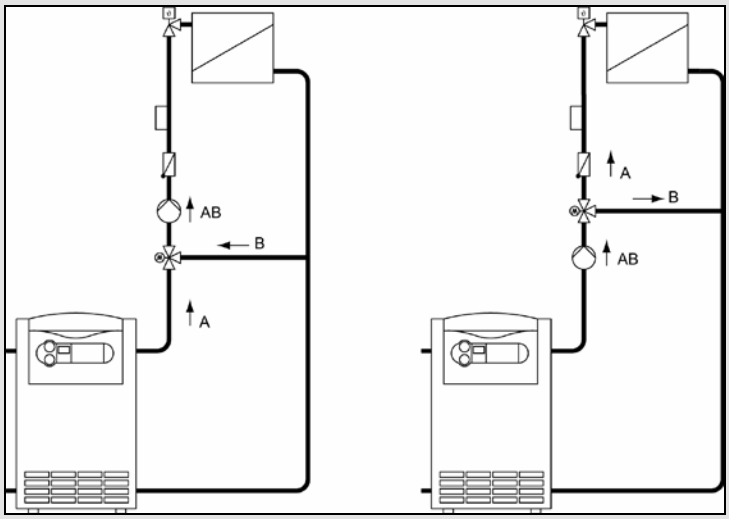


Σχήμα 2.3.11. *Διάγραμμα παροχής – πίεσης για ένα κύκλωμα θέρμανσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Αν για κάποιο λόγο το σύνολο των παραλλήλων παροχών των θερμαντικών σωμάτων (ή γενικά του συστήματος διανομής θέρμανσης) είναι μικρότερο ή μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να περάσει από τον λέβητα τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μία τρίοδη ή τετράοδη αναμεικτική βαλβίδα ή έναν θερμικό διαχωριστή.

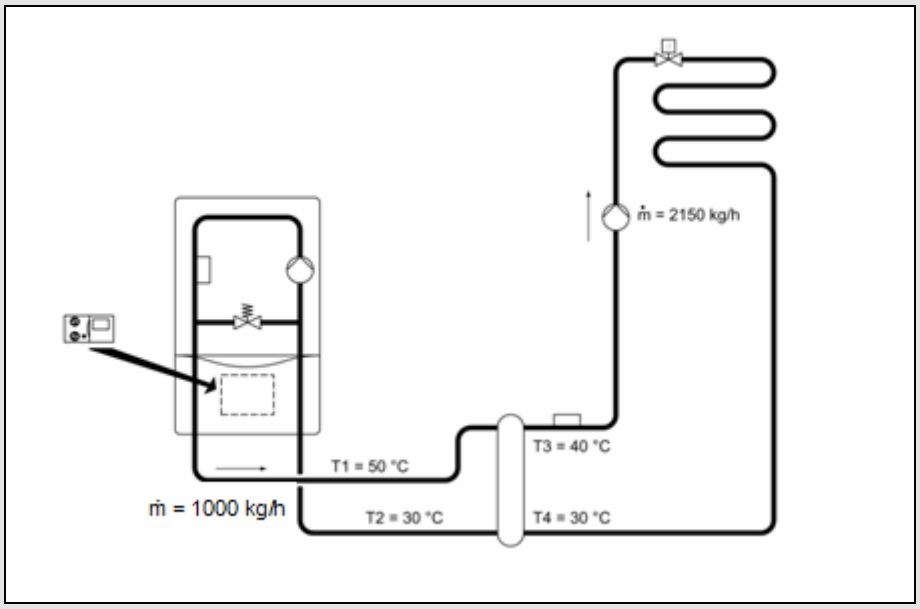
Στην περίπτωση της τρίοδης βαλβίδας, όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.3.12., ανάλογα με την θέση του κυκλοφορητή μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη παροχή στο σύστημα διανομής από το σύστημα παραγωγής ή μικρότερη. Στην πρώτη περίπτωση η θερμοκρασία προσαγωγής προς τα θερμαντικά σώματα είναι μικρότερη από την θερμοκρασία παραγωγής από τον λέβητα και αν η τρίοδη είναι ηλεκτροκίνητη μπορούμε να έχουμε ακριβώς την θερμοκρασία που χρειαζόμαστε στα σώματα, ανεξάρτητα από την θερμοκρασία του νερού που παράγει ο λέβητας.



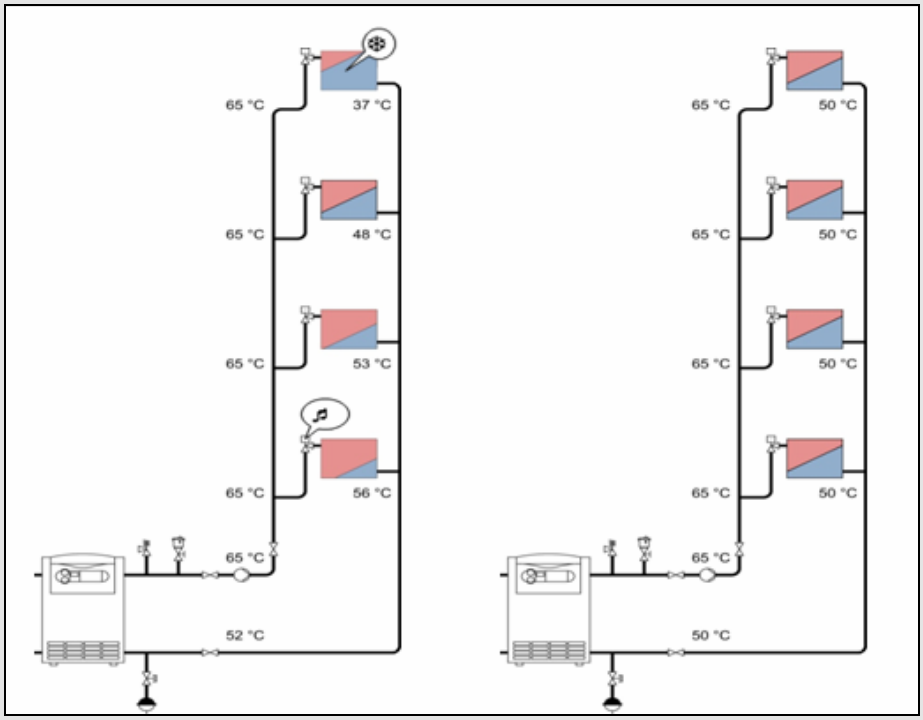
Σχήμα 2.3.12. *Χρήση τρίοδης βαλβίδας.*

Στην περίπτωση της χρήσης θερμικού διαχωριστή ουσιαστικά έχουμε δύο υδραυλικά ανεξάρτητα κυκλώματα με μόνο κοινό σημείο την παροχή κατά μήκος του θερμικού διαχωριστή. Το ένα είναι το κύκλωμα του λέβητα και το άλλο είναι το κύκλωμα της διανομής θέρμανσης. Στο σχήμα 2.3.13. για παράδειγμα η παροχή του λέβητα είναι 1000 kg/h, η παροχή της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι 2150 kg/h και η παροχή κατά μήκος του θερμικού διαχωριστή (από κάτω προς τα πάνω όπως βλέπουμε το σχήμα) είναι 2150 – 1000 = 1150 kg/h. Οι διαφορετικές παροχές παράγονται από τους δύο κυκλοφορητές του συστήματος. Με τον θερμικό διαχωριστή καταφέρνουμε να έχουμε, ανάλογα με τις ανάγκες μας, διαφορετική παροχή, διαφορετικό μανομετρικό και διαφορετικές θερμοκρασίες μεταξύ συστήματος παραγωγής και συστήματος διανομής της θέρμανσης.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ



Σχήμα 2.3.13. *Χρήση θερμικού διαχωριστή.*



Σχήμα 2.3.14. *Υδραυλική εξισορρόπηση κυκλωμάτων θέρμανσης.*

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων». ΕΕΕΚ L.1, 4.1.2003, (2003).
2. Οδηγία 2010/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την «Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων» (αναδιατύπωση). ΕΕΕΚ L.153, 18.6.2010, (2010).
3. Φ.Ε.Κ. 89, νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις».
4. Φ.Ε.Κ. Β΄ 407 / 9-4-2010, απόφαση Δ6/Β/οικ.5825 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων».
5. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης, και εγκαταστάσεων κλιματισμού». Υπουργική απόφαση αριθμ. οικ.17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των τεχνικών οδηγιών του Τ.Ε.Ε. για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων», Φ.Ε.Κ. 1387/2-9-2010, έκδοση Β΄.
6. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 – Μέρος 1/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Δίκτυα διανομής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων». ΦΕΚ 67/Β/4-2-88, Έκδοση Δ΄.
7. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2421 - Μέρος 2/86 Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Λεβητοστάσια παραγωγής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών έργων. ΦΕΚ 148/Β/17-3-88, Έκδοση Δ΄.
8. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, «Εγκαταστάσεις σε κτήρια. Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων». Έκδοση Ε΄.
9. Οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1988 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών.
10. EN 13384-1: Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods - Part 1: Chimneys serving one appliance.
11. EN 13384-2: Chimneys - Thermal and fluid dynamic calculation methods -Part 2: Chimneys serving more than one heating appliance
12. ΕΛΟΤ 447 (26-06-1982) Υπολογισμός των διαστάσεων καπνοδόχων - Προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού καπνοδόχου μιας σύνδεσης.
13. Ν. Παπαγεωργίου: "Ατμοπαραγωγοί Ι, Γενικές Αρχές, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1991.
14. Μαλαχίας Γ. «Κεντρικές θερμάνσεις με Μονοσωλήνιο Σύστημα». Εκδόσεις ΙΩΝ, Έκδοση 2η, Αθήνα, 2001.
15. Σελλούντος Β.Η. «Θέρμανση - Κλιματισμός, Μελέτη, κατασκευή, εγκαταστάσεις, υλικά, δίκτυα, εξοπλισμός». Εκδόσεις Σέλκα - 4Μ (ISBN 960-8257-05-0), Αθήνα, 2002.
16. GUMZ, W.: Handbuch der Brennstoff und Feuerungs technik. Verlag Springer, Belrin.
17. Οδηγία 92/42 ΕΟΚ (21/05/1992): Απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα.
18. Π.Δ. 335 (16/08/1993): Απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή αέρια καύσιμα σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 92/42/ΕΟΚ της 21ης Μαΐου 1992 (L167/92).
19. Π.Δ. 59 (21/02/1995): Τροποποίηση διατάξεων του Π.Δ. 335/93 που αφορά τις απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά ή με αέρια καύσιμα ως προς την επίθεση και τη χρήση της σήμανσης CE.
20. Π.Δ. 32 (ΦΕΚ 70/14-5-2010): Καθορισμός απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού, όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και τροποποίηση των ΠΔ 335/1993 (ΦΕΚ 143/Α/93), 178/1998 (ΦΕΚ 131/Α/1998) και της ΚΥΑ Δ6/Β/17682 (ΦΕΚ 1407/Β/2001) σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2005/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

21. Οδηγία 90/396/ΕΟΚ περί συσκευών αερίου. ΚΥΑ 15233/91 (ΦΕΚ 487 Β/4-7-91) "Συμμόρφωση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την 90/396/ΕΟΚ Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων σχετικά με τις συσκευές αερίου". ΚΥΑ Οικ. Β 3380/737 (ΦΕΚ 134 Β/1-3-95) Τροποποίηση της υπ' αριθ. 15233/91 ΚΥΑ των Υπ. Εθν. Οικονομίας και Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας σχετικά με τις συσκευές αερίου σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 93/68/ΕΟΚ.
22. ΕΛΟΤ ΕΝ 303-2 Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 2:Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες εκνέφωσης πετρελαίου.
23. ΕΛΟΤ ΕΝ 303-3 Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 3: Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Συγκρότημα που περιλαμβάνει ένα λέβητα και ένα καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.
24. Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης «Εισηγητική έκθεση τεκμηρίωσης για απόδοση και όρια εκπομπών Λεβήτων Ζεστού Νερού, στο πλαίσιο του σχεδίου Κοινής Υπουργικής Απόφασης του ΥΠΕΚΑ με θέμα: «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού». Αθήνα, Φεβρουάριος 2010.
25. Α. Ασημακόπουλου, «Εργαστήριο θερμάνσεως ψύξεως και κλιματισμού». Ίδρυμα Ευγενίδου, 1990.
26. Μανασής Λάμπρος, «Επιθεώρηση λεβήτων και δικτύων κεντρικής θέρμανσης». ISBN 978-960-8257-25-2, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ.
27. Μανασής Λάμπρος, «Ενεργειακός υπολογισμός βιοκλιματικών παρεμβάσεων». ISBN 978-960-8257-54-2, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

28. ASHRAE Handbook «Fundamentals». American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2009.
29. ASHRAE Handbook «HVAC-Systems and Equipment». American Society of Heating Refrigeration and Air- Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2008.
30. ASHRAE Green Guide (3rd edition). The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Atlanta, Georgia, Edition 2010.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- ΤΕΕ: **www.tee.gr**
Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ: **www.ypeka.gr**
Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης ΕΛΟΤ: **www.elot.gr**
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: **www.cres.gr**
Ελληνικό παράρτημα ASHRAE: **www.ashrae.gr**
Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: **www.energycon.org**
Ιστοσελίδα τεχνολογικών θέρμανσης: **http://levitostasia.net/**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

Όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής και Εθνικές νομοθεσίες καθώς και οι συντελεστές μετατροπής της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) & οξειδίων του αζώτου (NOx), στις χρησιμοποιούμενες μονάδες, για ελαφρύ πετρέλαιο, φυσικό αέριο και LPG.

Πίνακας Α.1: *Όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής.*

Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Τίτλος	Θερμική ισχύς (kW)	Ημερ.: μμ-εε	NOx (mg/kWh)	CO (mg/kWh)	CxHy (ppm)	Βαθμός αιθάλης
Περίπτωση υγρού καυσίμου (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης)							
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-2	Λέβητες θέρμανσης – Μέρος 2:Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες εκνέφωσης πετρελαίου	<= 1000 kW ωφέλιμη	03-99	250	110	10	1
			Μονάδες	3 classes: 185 / 120 / 120	3 classes: 110 / 80 / 60		
EN 267	Καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένης αναρρόφησης - Ορισμοί, απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση.		09-99	3 classes: 250 / 185 / 120	3 classes: 110 / 110 / 60	10	1
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-4	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 4: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένου ελκυσμού με ωφέλιμη ισχύ έως και 70 kW και μέγιστη πίεση λειτουργίας 3 bar - Ορολογία, ειδικές απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση.	<= 70 kW ωφέλιμη	02-99	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	5	2
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-6	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 6: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λειτουργία ζεστού νερού οικιακής χρήσης λεβήτων διπλής λειτουργίας με καυστήρες πετρελαίου μηχανικού διασκορπισμού καυσίμου, ονομαστικής θερμικής ισχύος εισόδου έως και 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	02-99	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
ΕΛΟΤ ΕΝ 15034 + AC	Λέβητες θέρμανσης - Λέβητες θέρμανσης πετρελαίου που λειτουργούν με συμπύκνωση.	<= 1000 kW ωφέλιμη	09-2009	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.1 (συνέχεια): *Όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής.*

Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Τίτλος	Θερμική ισχύς (kW)	Ημερ.: μμ-εε	NOx (mg/kWh)	CO (mg/kWh)	CxHy (ppm)	Βαθμός αιθάλης
Περίπτωση Αερίου καυσίμου							
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-3	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 3: Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Συγκρότημα που περιλαμβάνει ένα λέβητα και ένα καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.	<= 1000 kW ωφέλιμη	10-98	Παραπομπή στο ΕΝ 676	1074 **(G20)**		
ΕΛΟΤ ΕΝ 676+Α2	Αυτόματοι καυστήρες βεβιασμένης κυκλοφορίας για αέρια καύσιμα.	Πάνω από 1 οικογένεια	07-08	170 **(G20,25)** 230 **(G31)**	100		
		$2^{η}$ και/ή $3^{η}$ οικογένεια		**3 classes**: **≤** 170 / 120 / 80 ($2^{η}$ οικογένεια H, E και L) **3 classes:** **≤** 230 / 180 / 140			
ΕΛΟΤ ΕΝ 297/Α5	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Λέβητες τύπου B11 και B11BS με ατμοσφαιρικούς καυστήρες και με ονομαστική θερμική ισχύ μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW ωφέλιμη	11-98		1074 **(G20)**		
		$2^{η}$ οικογένεια (G20) ή G25		5 classes: 260 200 / 150 / 100 / 70			
		3η οικογένεια (G30ref) ***1.3**		5 classes: 338 / 260 / 195 / 130 / 91			
		Προπάνιο (G31ref) ***1.2**		5 classes: 312 / 240 / 180 / 120 / 84			
prEN 483	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Λέβητες τύπου C με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μέχρι 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	04-98	Ίδιο με EN 297	Ίδιο με EN 297		
ΕΛΟΤ ΕΝ 677	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες συμπύκνωσης με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	07/98	Ίδιο με EN 297	Ίδιο με EN 297		
ΕΛΟΤ ΕΝ 656	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης με ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου – Τύπος Β με θερμική ισχύ εισόδου μεταξύ 70kW & 300kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	02/00	Ίδιο με EN 297	Ίδιο με EN 297		

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.2: *Όρια εκπομπών CO & NOx (εκφρασμένα σε vppm και ανηγμένα σε 0% & 3% O_2 αναφοράς) για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου, που προτείνονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα δοκιμής.*

Πρότυπο	**NOx (ppm σε 0%O_2)**	**NOx (ppm σε 3% O_2)**	**CO (ppm σε 0%O_2)**	**CO (ppm σε 3% O_2)**
Περίπτωση υγρού καυσίμου (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης)				
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-2 ΕΛΟΤ ΕΝ 303-4 ΕΛΟΤ ΕΝ 303-6 ΕΛΟΤ ΕΝ 15034 + AC	146	125	105	90
	Μονάδες 3 classes: 108 / 70 / 70	Μονάδες 3 classes: 92 / 60 / 60	Μονάδες 3 classes: 105 / 76 / 57	Μονάδες 3 classes: 90 / 66 / 49
EN 267	3 classes: 146 / 108 / 70	3 classes: 125 / 92 / 60	3 classes: 105 / 105 / 57	3 classes: 90 / 90 / 49
Περίπτωση Αερίου καυσίμου				
ΕΛΟΤ ΕΝ 303-3	Παραπομπή στο EN 676	Παραπομπή στο EN 676	1000 **(G20)**	
ΕΛΟΤ ΕΝ 676+A2	96**(G20),** 95 **(G25),** 129 **(G31)**	83**(G20),** 81 **(G25),** 111 **(G31)**	93	
	3 classes: **≤** 96 / 68 / 45 **(2η οικογένεια H, E – G20)** 95 / 67 / 45 **(2η οικογένεια L – G25)** **3 classes: ≤** 129 / 101 / 79 **(3η οικογένεια)**	**3 classes**: **≤** 83 / 58 / 39 **(2η οικογένεια H, E – G20)** 81 / 57 / 38 **(2η οικογένεια L – G25)** **3 classes: ≤** 111 / 87 / 67 **(3η οικογένεια)**		
ΕΛΟΤ ΕΝ 297/A5			1000 **(G20)**	
	5 classes **G20**: 147 / 113 / 85 / 57 / 40	5 classes **G20**: 126 / 97 / 73 / 49 / 34		
	5 classes **G25**: 145 / 111 / 83 / 56 / 39	5 classes **G25**: 124 / 95 / 71 / 48 / 33		
	5 classes: 189 / 145 / 109 / 73 / 51	5 classes: 162 / 124 / 93 / 62 / 44		
	5 classes: 175 / 135 / 101 / 67 / 47	5 classes: 150 / 116 / 87 / 58 / 41		
prEN 483 ΕΛΟΤ ΕΝ 677 ΕΛΟΤ ΕΝ 656	Ίδιο με EN 297			

Σημείωση: G20 αντιστοιχεί σε**: CH_4=100%. G25** αντιστοιχεί σε**: CH_4=86% & N_2=14%. G30** αντιστοιχεί σε**: η-C_4H_{10}=50% & i-C_4H_{10}=50%. G31** αντιστοιχεί σε**: C_3H_8=100%.**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.3: *Όρια εκπομπών (σε mg/kWh) από Ευρωπαϊκά πρότυπα, Γερμανία, Αυστρία & Ελβετία, για Συστήματα πετρελαίου θέρμανσης.*

Συσκευές πετρελαίου θέρμανσης (όρια εκπομπών σε mg/kWh)		**Καυστήρας πετρελαίου**	**Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες πετρελαίου**	**Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες πετρελαίου - Μονάδες**
Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Πρότυπο	EN 267:99	ΕΛΟΤ EN 303-2:99	ΕΛΟΤ EN 303-2:99
	NOx	250 / 185 / 120	250	185 / 120 / 120
	CO	110 / 110 / 60	110	110 / 80 / 60
	CxHy [1)]	-	19	19
	RZ	-	1	1
	παρατηρήσεις		<= 1000 kW	
1.BImSchV Germany (1.1.1998)	NOx	120	120	120
	CO	-	-	-
	CxHy	-	-	-
	RZ	-	-	-
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW
KFA-Verordnung (§15a)	NOx [2)]	126	126	126
Austria (1995, 1998)	CO [2)]	72	72	72
	CxHy [2)]	21,6	21,6	21,6
	RZ	1	1	1
	παρατηρήσεις	4-400 kW	4-400 kW	4-400 kW
Luftreinhalteverordnung	NOx [3)]	124	124	124
Switzerland (1-1-92)	CO [3)]	62	83	62
	CxHy [3)]	31	-	-
	RZ	0,5	1	1
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Blauer Engel	NOx	120		110
Germany (1998)	CO	60		60
	παρατηρήσεις	<= 120 kW		<= 70 kW

1) Μετατρεπόμενες τιμές: ppm (3%O2) σε mgC/kWh.
2) Μετατρεπόμενες τιμές: mg/MJ σε mg/kWh.
3) Μετατρεπόμενες τιμές: mg/m^3 (3%O2) σε mg/kWh.

RZ = Βαθμός αιθάλης.
CxHy = πτητικές οργανικές ενώσεις (υδρογονάνθρακες).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.4: *Όρια εκπομπών CO & NOx (εκφρασμένα σε vppm και ανηγμένα σε 0% & 3% O_2 αναφοράς) από Ευρωπαϊκά πρότυπα, Γερμανία, Αυστρία & Ελβετία, για Συστήματα πετρελαίου θέρμανσης.*

Συσκευές πετρελαίου θέρμανσης (όρια εκπομπών σε ppm)		**Καυστήρας πετρελαίου**	**Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες πετρελαίου**	**Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες πετρελαίου - Μονάδες**
Ευρωπαϊκό Πρότυπο	Πρότυπο	EN 267:99	ΕΛΟΤ EN 303-2:99	ΕΛΟΤ EN 303-2:99
(όρια εκπομπών σε ppm)	NOx (0%)	146/108/70	146	108/70/70
	NOx (3%)	125/92/60	125	92/60/60
	CO (0%)	105/105/57	105	105/76/57
	CO (3%)	90/90/49	90	90/66/49
	παρατηρήσεις		<= 1000 kW	
1.BimSchV	NOx (0%)	70	70	70
Germany (1.1.1998)	NOx (3%)	60	60	60
(όρια εκπομπών σε ppm)	CxHy	-	-	-
	RZ	-	-	-
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW
KFA-Verordnung (§15a)	NOx (0%)	73	73	73
Austria (1995, 1998)	NOx (3%)	63	63	63
(όρια εκπομπών σε ppm)	CO (0%)	69	69	69
	CO (3%)	59	59	59
	παρατηρήσεις	4-400 kW	4-400 kW	4-400 kW
Luftreinhalteverordnung	NOx (3%)	62	62	62
Switzerland (1-1-92)	CO (3%)	51	68	51
(όρια εκπομπών σε ppm)				
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Blauer Engel	NOx (0%)	70		64
Germany (1998)	NOx (3%)	60		55
(όρια εκπομπών σε ppm)	CO (0%)	57		57
	CO (3%)	49		49
	παρατηρήσεις	<= 120 kW		<= 70 kW

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.5: *Όρια εκπομπών (σε mg/kWh) από Ευρωπαϊκά πρότυπα, Γερμανία, Αυστρία & Ελβετία, για Συστήματα αερίου καυσίμου.*

Συσκευές αερίου (όρια εκπομπών σε mg/kWh)		**Βεβιασμένης κυκλοφορίας καυστήρες για αέρια καύσιμα**	**Λέβητες θέρμανσης αερίου με καυστήρες με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα**	**Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης με ατμοσφαιρικούς καυστήρες**		**Λέβητες συμπύκνωσης**
Ευρωπαϊκά Πρότυπα		ΕΛΟΤ EN 676+A2: 08	ΕΛΟΤ EN 303-3: 98	ΕΛΟΤ EN 297/A5: 98	prEN 483	EN 677
	NOx	170	Παραπομπή στο EN 676	260 / 200 / 150 / 100 / 70		
	CO	100	1074 [1]			
	παρατηρήσεις	<= 1000 kW	**<= 1000 kW**	<= 70 kW	<= 70 kW	<= 70 kW
1.BimSchV	NOx	80	80	80	80	80
Germany (1998)	CO					
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW
KFA-Verordnung (§15a)	NOx [2])	108	108	**108** [3]	108 [3]	108
Austria (1995, 1998)	CO [2])	72	72	72	72	72
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Luftreinhalteverordnung	NOx [4])	80	80	80 [5]	80 [5]	80
Switzerland (1992)	CO [4])	60	100	100	100	100
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Blauer Engel	NOx	70	70	70	70 (60 [6])	60
Germany (1998)	CO	60	60	60	60	50
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	Units <= 70 kW	<= 70 kW	<= 70 kW	Units <= 70 kW

1) Μετατρεπόμενες τιμές: ppm (0%O2) σε mg/kWh.
2) Μετατρεπόμενες τιμές: mg/MJ σε mg/kWh.
3) Για gas-fired recirculated water heater, reservoir water heater and single stove: 216 mg/kWh.
4) Μετατρεπόμενες τιμές: mg/m^3 (3%O2) σε mg/kWh.
5) Για ατμοσφαιρικούς καυστήρες έως 12 kW θερμική ισχύ εισόδου: 120 mg/kWh.
6) Για ειδικά είδη of water heaters (Kombiwasserheizer, Umlaufwasserheizer).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.6: *Όρια εκπομπών CO & NOx (εκφρασμένα σε vppm και ανηγμένα σε 0% & 3% O_2 αναφοράς) από Ευρωπαϊκά πρότυπα, Γερμανία, Αυστρία & Ελβετία, για Συστήματα πετρελαίου θέρμανσης.*

Συσκευές αερίου **(όρια εκπομπών σε ppm)**		**Βεβιασμένης κυκλοφορίας καυστήρες για αέρια καύσιμα**	**Λέβητες θέρμανσης αερίου με καυστήρες με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα**	**Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης με ατμοσφαιρικούς καυστήρες**		**Λέβητες συμπύκνωσης**
Ευρωπαϊκά Πρότυπα (όρια εκπομπών σε ppm) G20		ΕΛΟΤ ΕΝ 676+Α2: 08	ΕΛΟΤ ΕΝ 303-3: 98	ΕΛΟΤ ΕΝ 297/Α5: 98	prEN 483	EN 677
	NOx (0%)	96	-	147 / 113 / 85 / 57 / 40		
	NOx (3%)	83		126 / 97 / 73 / 49 / 34		
	CO (0%)	93	1000			
	CO (3%)					
	παρατηρήσεις	<= 1000 kW	<= 1000 kW	<= 70 kW	<= 70 kW	<= 70 kW
1.BImSchV (όρια εκπομπών σε ppm)	NOx (0%)	45	45	45	45	45
Germany (1998)	NOx (3%)	39	39	39	39	39
	CO					
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW	<= 120 kW
KFA-Verordnung (§15a)	NOx (0%)	61	61	61 (1)	61 (1)	61
Austria (1995, 1998) (όρια εκπομπών σε ppm)	NOx (3%)	52	52	52 (1)	52 (1)	52
	CO (0%)	67	67	67	67	67
	CO (3%)	57	57	57	57	57
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Luftreinhalteverordnung (όρια εκπομπών σε ppm)	NOx (3%)	39	39	39 (2)	39 (2)	39
Switzerland (1992)	CO (3%)	48	48	48	48	48
	παρατηρήσεις	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW	<= 350 kW
Blauer Engel	NOx (0%)	40	40	40	40 (34 (3))	34
Germany (1998)	NOx (3%)	34	34	34	34 (29 (3))	29
(όρια εκπομπών σε ppm)	CO (0%)	56	56	56	56	47
	CO (3%)	48	48	48	48	40
	παρατηρήσεις	<= 120 kW	Μονάδες <= 70 kW	<= 70 kW	<= 70 kW	Μονάδες <= 70 kW

1) Για gas-fired recirculated water heater, reservoir water heater and single stove: 122ppm (0%), 105 ppm (3%).
2) Για ατμοσφαιρικούς καυστήρες έως 12 kW ονομαστική ισχύς εισόδου: 58ppm (3%).
3) Για ειδικά είδη of water heaters (Kombiwasserheizer, Umlaufwasserheizer).

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.7: *Προτεινόμενα όρια εκπομπών για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου.*

Πρότυπο	Τίτλος	Θερμική ισχύς (kW)	CO mg/kWh	NOx mg/kWh	CxHy ppm	Βαθμός αιθάλης
Περίπτωση υγρού καυσίμου (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης)						
EN 303-2	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 2:Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες εκνέφωσης πετρελαίου.	<= 1 MW ωφέλιμη	110	250	10	1
	Μονάδες		110	185		
ΕΛΟΤ EN 303-4	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 4: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένου ελκυσμού με ωφέλιμη ισχύ έως και 70 kW και μέγιστη πίεση λειτουργίας 3 bar - Ορολογία, ειδικές απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση.	<= 70 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	5	2
ΕΛΟΤ EN 303-6	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 6: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λειτουργία ζεστού νερού οικιακής χρήσης λεβήτων διπλής λειτουργίας με καυστήρες πετρελαίου μηχανικού διασκορπισμού καυσίμου, ονομαστικής θερμικής ισχύος εισόδου έως και 70 kW.	<= 70 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
ΕΛΟΤ EN 15034 + AC	Λέβητες θέρμανσης - Λέβητες θέρμανσης πετρελαίου που λειτουργούν με συμπύκνωση.	<= 1000 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
Περίπτωση Αερίου καυσίμου						
EN 303-3	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 3: Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Συγκρότημα που περιλαμβάνει ένα λέβητα και ένα καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.	<= 1 MW ωφέλιμη	100	170 G20 230 G31		
EN 297	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Λέβητες τύπου B11 και B11BS με ατμοσφαιρικούς καυστήρες και με ονομαστική θερμική ισχύ μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	100	260 G20 312 G31 338 G30		
EN 483	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Λέβητες τύπου C με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μέχρι 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	100	260 G20 312 G31 338 G30		-

Σημείωση:
G20 αντιστοιχεί σε**: CH_4=100%.**
G25 αντιστοιχεί σε**: CH_4=86% & N_2=14%.**
G30 αντιστοιχεί σε**: η-C_4H_{10}=50% & i-C_4H_{10}=50%.**
G31 αντιστοιχεί σε**: C_3H_8=100%.**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πίνακας Α.8: *Προτεινόμενα όρια εκπομπών CO & NOx (εκφρασμένα σε vppm και ανηγμένα σε 0% & 3% O_2 αναφοράς) για λέβητες πετρελαίου και αερίου καυσίμου.*

Πρότυπο	Τίτλος	Θερμική ισχύς (kW)	CO (ppm (0%O_2)	CO (ppm 3% O_2)	NOx (ppm 0% O_2)	NOx (ppm 3% O_2)
Περίπτωση υγρού καυσίμου (Ελαφρύ Πετρέλαιο Θέρμανσης)						
EN 303-2	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 2:Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες εκνέφωσης πετρελαίου.	<=1000 kW ωφέλιμη	105	90	146	125
	Μονάδες		105	90	108	92
ΕΛΟΤ EN 303-4	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 4: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λέβητες με καυστήρες πετρελαίου εξαναγκασμένου ελκυσμού με ωφέλιμη ισχύ έως και 70 kW και μέγιστη πίεση λειτουργίας 3 bar - Ορολογία, ειδικές απαιτήσεις, δοκιμές και σήμανση.	<= 70 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
ΕΛΟΤ EN 303-6	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 6: Λέβητες θέρμανσης με καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού - Ειδικές απαιτήσεις για λειτουργία ζεστού νερού οικιακής χρήσης λεβήτων διπλής λειτουργίας με καυστήρες πετρελαίου μηχανικού διασκορπισμού καυσίμου, ονομαστικής θερμικής ισχύος εισόδου έως και 70 kW.	<= 70 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
ΕΛΟΤ EN 15034 + AC	Λέβητες θέρμανσης - Λέβητες θέρμανσης πετρελαίου που λειτουργούν με συμπύκνωση.	<= 1000 kW ωφέλιμη	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2	Ίδιο με EN 303-2
Περίπτωση Αερίου καυσίμου						
EN 303-3	Λέβητες θέρμανσης - Μέρος 3: Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Συγκρότημα που περιλαμβάνει ένα λέβητα και ένα καυστήρα με βεβιασμένη προσαγωγή αέρα.	<= 1000 kjW ωφέλιμη	93	80	96 G20 129 G31	83 G20 111 G31
EN 297	Λέβητες κεντρικής θέρμανσης αερίου - Λέβητες τύπου B11 και B11BS με ατμοσφαιρικούς καυστήρες και με ονομαστική θερμική ισχύ μη υπερβαίνουσα τα 70kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	93	80	147 G20 175 G31 189 G30	126 G20 150 G31 162 G30
EN 483	Λέβητες αερίου κεντρικής θέρμανσης - Λέβητες τύπου C με ονομαστική θερμική ισχύ εισόδου μέχρι 70 kW.	<= 70 kW Προσδιδόμενη (εισόδου)	93	80	147 G20 175 G31 189 G30	126 G20 150 G31 162 G30

Σημείωση:
G20 αντιστοιχεί σε**: CH_4=100%.**
G25 αντιστοιχεί σε**: CH_4=86% & N_2=14%.**
G30 αντιστοιχεί σε**: η-C_4H_{10}=50% & i-C_4H_{10}=50%.**
G31 αντιστοιχεί σε**: C_3H_8=100%.**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Συντελεστές μετατροπής της εκπομπής του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), στις χρησιμοποιούμενες μονάδες, για ελαφρύ πετρέλαιο, φυσικό αέριο και LPG.

CO για ελαφρύ πετρέλαιο (light oil) (1ppm=1.251mg/m^3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.046	0.302
	1mg/m^3	0.836	0.241
O_2=3%	1ppm	1.22	0.352
	1mg/m^3	0.975	0.281

		G 20		**G 25**	
CO για Φυσικό αέριο (natural gas) (1ppm=1.251mg/m^3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**	**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.074	0.298	1.095	0.304
	1mg/m^3	0.859	0.239	0.875	0.243
O_2=3%	1ppm	1.253	0.348	1.278	0.355
	1mg/m^3	1.002	0.278	1.021	0.284
		G 30		**G 31**	
CO for LPG (1ppm=1.251mg/m^3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**	**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.091	0.303	1.083	0.301
	1mg/m^3	0.872	0.242	0.866	0.24
O_2=3%	1ppm	1.274	0.354	1.264	0.351
	1mg/m^3	1.018	0.283	1.01	0.281

Συντελεστές μετατροπής της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NOx), στις χρησιμοποιούμενες μονάδες, για ελαφρύ πετρέλαιο, φυσικό αέριο και LPG.

NO_x ως NO_2 για ελαφρύ πετρέλαιο (light oil) (1ppm=2.054mg/m^3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.717	0.495
	1mg/m^3	0.836	0.241
O_2=3%	1ppm	2.003	0.578
	1mg/m^3	0.975	0.281

		G 20		**G 25**	
NO_x ως NO_2 για Φυσικό αέριο (natural gas) (1ppm=2.054mg/m^3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**	**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.764	0.49	1.797	0.499
	1mg/m3	0.859	0.239	0.875	0.243
O_2=3%	1ppm	2.059	0.572	2.098	0.583
	1mg/m3	1.002	0.278	1.021	0.284
		G 30		**G 31**	
NO_x ως NO_2 για LPG (1ppm=2.054mg/m3)		**mg/kWh**	**mg/MJ**	**mg/kWh**	**mg/MJ**
O_2=0%	1ppm	1.792	0.498	1.778	0.494
	1mg/m3	0.872	0.242	0.866	0.24
O_2=3%	1ppm	2.091	0.581	2.075	0.576
	1mg/m3	1.018	0.283	1.01	0.181

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Μετασχηματισμοί μονάδων ενέργειας.

	kJ	BTU	kcal	KWh
kJ	1	0.9476	0.2388	$2.778*10^{-4}$
BTU	1.0551	1	0.2520	$2.931*10^{-4}$
kcal	4.186	3.968	1	0.001163
kWh	3600	3412.1	859.8	1

Μετατροπές μονάδων ισχύος.

	BTU/h	W	kcal/h	HP	kW
BTU/h	1	0.2931	0.2520	$3.930*10^{-4}$	$2.931*10^{-4}$
W	3.4121	1	0.8598	$1.341*10^{3}$	10^{-3}
kcal/h	3.9683	1.163	1	$1.560*10^{-3}$	$1.163*10^{-3}$
HP	2544	745.7	641.19	1	0.7457
kW	3412.1	1000	859.8	1.341	1

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ