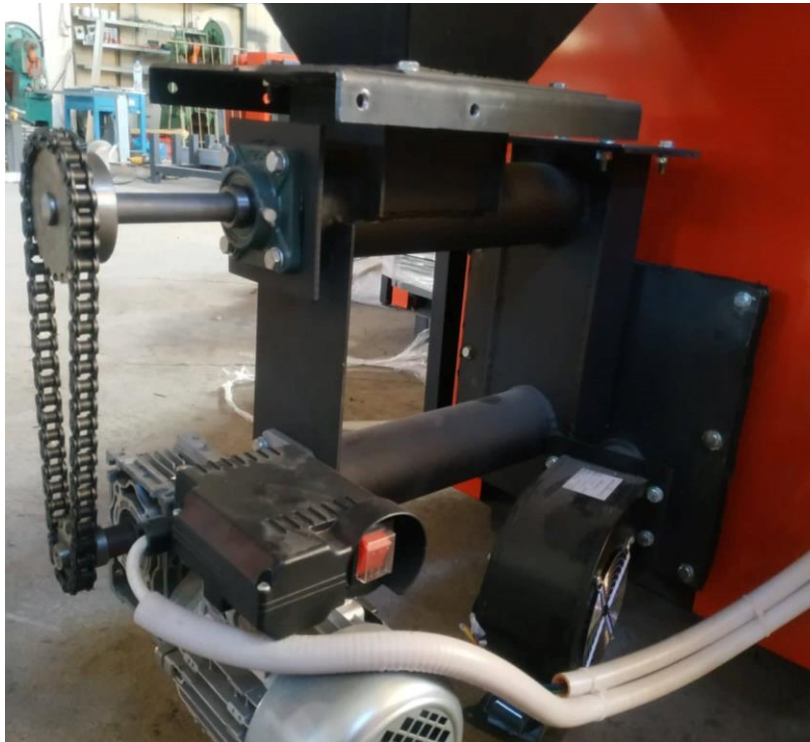


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΕΒΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ (Α.Μ.6415)  
ΜΠΑΛΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ...(Α.Μ.6492)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΟΥΡΟΣ  
ΔΙΔΑΚΤΩΡ ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2020**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Μελέτη και Κατασκευή Λέβητα Στερεών Καυσίμων» που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στον πλήρη σχεδιασμό, στην κατασκευαστική μελέτη και στην λειτουργική εφαρμογή ενός λέβητα στερεών καυσίμων.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον Επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μας εργασίας, κύριο Ανδρέα Βούρο, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, για την συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη και τις ουσιώδεις συμβουλές που μας παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας.

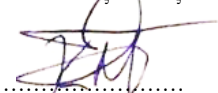
Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα αγαπημένα μας πρόσωπα, τους γονείς μας, που αποδέχτηκαν όλες τις επιλογές μας και μας παρείχαν στήριξη όλο αυτό το διάστημα, χωρίς την οποία τίποτα από όσα έχουμε καταφέρει τώρα δεν θα ήταν πραγματικότητα.

Σωτήριος Καραγιάννης και Κωνσταντίνος Μπάλλας  
Δεκέμβριος 2020

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

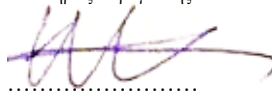
Οι σπουδαστές

Κωνσταντίνος Μπάλλας



(Υπογραφή)

Σωτήριος Καραγιάννης



(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Την σημερινή εποχή το πετρέλαιο θεωρείται το σημαντικότερο ορυκτό καύσιμο για την παγκόσμια οικονομία καθώς είναι η κυρίαρχη πηγή θερμότητας. Ωστόσο είναι γεγονός ότι κατά την καύση πετρελαίου εκπέμπονται τοξικοί ρύποι στην ατμόσφαιρα . Έτσι ολοένα και σημαντικότερη καθίσταται η αναζήτηση νέων, εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία θα είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Η χρήση πράσινων καυσίμων όπως τα βιοκαύσιμα θεωρείται διαδεδομένη σήμερα στην αγορά.

Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας περιγράφονται αναλυτικά διαφορετικοί τρόποι θέρμανσης για τον οικιστικό τομέα. Μεταξύ αυτών είναι οι λέβητες πετρελαίου, οι λέβητες φυσικού αερίου, οι πιο φιλικές προς το περιβάλλον συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα αλλά και οι εστιές θέρμανσης με στερεή βιομάζα.

Στην συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική περιγραφή του λέβητα ως συσκευή θέρμανσης. Αργότερα περιγράφεται η αρχή λειτουργίας τόσο του λέβητα πετρελαίου και του λέβητα φυσικού αερίου. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται επίσης ταξινόμηση λεβήτων σε διάφορα είδη ανάλογα με συγκεκριμένα τους χαρακτηριστικά.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται η αρχή λειτουργίας ενός λέβητα βιομάζας ενώ γίνεται και αναλυτική παρουσίαση του σχεδιασμού ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης κτιρίων στο οποίο έχει ενσωματωθεί ένας λέβητας στερεής βιομάζας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας δίνεται ο σχεδιασμός ανά βήματα ενός πειραματικού λέβητα στερεής βιομάζας και τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναγράφονται συμπεράσματα μετά από την εφαρμογή του σε πραγματική εγκατάσταση.

**Λέξεις κλειδιά:** Θερμότητα, Λέβητας, Πετρέλαιο, Φυσικό Αέριο, Ρεύμα, Στερεή Βιομάζα, Σύστημα Κεντρικής Θέρμανσης

## **ABSTRACT**

Nowadays oil is regarded as the most important solid fuel for the world economy as it is the major heat source. Nevertheless it is a fact that during oil burning, toxic gases are emitted in the atmosphere. That's why even more important is regarded the research of new, alternative that would be friendly to the environment. The use of green fuels such as biofuels is considered widespread today in the market.

Initially in this thesis different ways of heating for the house sector are analytically described. Among these are, the oil boilers, the natural gas boilers, and the friendlier to the environment machines which function with electrical power and the heat sources with solid biomass too. Afterwards an analytical description of the boiler as heating machine is made. Later the function principle of oil boiler and natural gas is described. In the end of the chapter a sorting of the boilers regarding their certain characteristics is made too.

In the next chapter the basic principle function of a biomass boiler is given and afterwards an analytical presentation of the planning of a central heating system of buildings in which a solid biomass boiler is a part of is made. In the last part of the thesis a planning of an experimental solid biomass boiler step by step is given and results of its use in a real installation are given.

**Key words:** Heat, Friendly to the environment, Boiler, Oil, Natural Gas, Electrical Current, Solid Biomass, Central Heating System

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ .....	2
1.1 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ/ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....	2
1.1.1 Πετρέλαιο (χημική σύσταση, μεταφορά, επεξεργασία).....	2
1.1.2 Λέβητες πετρελαίου.....	5
1.1.3 Λέβητες συμπίκνωσης πετρελαίου θέρμανσης.....	8
1.2 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ/ΛΕΒΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ .....	10
1.2.1 Φυσικό αέριο .....	10
1.2.2 Λέβητες φυσικού αερίου .....	12
1.2.3 Λέβητες συμπίκνωσης φυσικού αερίου .....	14
1.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ .....	15
1.3.1 Αντλίες θερμότητας.....	15
1.3.2 Ηλεκτρικοί θερμοπομποί.....	17
1.3.3 Θερμοσυσσωρευτές.....	20
1.3.4 Ηλεκτρικοί λέβητες .....	21
1.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	23
1.4.1 Στερεά βιοκαύσιμα για συσκευές θέρμανσης με βιομάζα.....	24
1.4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση στερεών βιοκαυσίμων.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΛΕΒΗΤΑΣ/ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ/ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ.....	36
2.1 Ο ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΑΝ ΣΥΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	36
2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ & ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	44
2.3 ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ.....	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°: ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ/ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	48
3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	49
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	54
3.2.1 Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας.....	55
3.2.2 Σύστημα διανομής με το φορέα θερμότητας.....	57
3.2.2.1 Κυκλοφορητές .....	57
3.2.2.2 Δοχείο Διαστολής .....	62
3.2.2.3 Σωληνώσεις .....	65
3.3 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ.....	71
3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ.....	72
3.4.1 Καπναγωγός.....	72
3.4.2 Καπνοδόχος .....	73
3.5 ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ...	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα σχεδόν ολόκληρη η παγκόσμια οικονομία στηρίζεται για τις ανάγκες παραγωγής ενέργειας και θερμότητας στην καύση πετρελαίου και ορυκτών καυσίμων. Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες πετρελαίου για τη θέρμανση χώρων, για τη παραγωγή τροφίμων, την παραγωγή ηλεκτρισμού, για τα μέσα μεταφοράς καθώς επίσης και για τη λειτουργία βιομηχανικών μονάδων. Όμως όλη αυτή η μαζική εκμετάλλευση πετρελαίου έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα.

Αρχικά τα φυσικά αποθέματα του αργού πετρελαίου έχουν ημερομηνία εξάντλησης.

Επίσης, οι πετρελαϊκές πηγές όσο και τα κοιτάσματα φυσικού αερίου δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένα στην επιφάνεια του πλανήτη και έτσι προκαλούν μεταξύ των κρατών ανασφάλειες, εξαρτήσεις και ανεπιθύμητες επιρροές. Η ανθρωπότητα το πληρώνει όλο αυτό με βαρείς φόρους αίματος.

Παράλληλα, τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρυπαντών προκαλεί η καύση των ασύλληπτων ποσοτήτων του πετρελαίου και των παραγώγων του. Τα συμπτώματα αυτής της αδυναμίας διαπιστώνονται πλέον σε καθημερινή βάση: i) Κλιματικές αλλαγές λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου με αύξηση της μέσης ετήσιας παγκόσμιας θερμοκρασίας του καύσωνα και της ξηρασίας και ακραία δριμύτερα καιρικά φαινόμενα (τυφώνες, πλημμύρες), ii) Λιώσιμο των πάγων και άνοδο της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας, iii) Ασθένειες, iv) Οικονομικές και πολιτιστικές καταστροφές.

Για αυτό τα τελευταία χρόνια έχει γίνει προσπάθεια από πολλά κράτη και κυρίως από αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης να υιοθετηθούν πολιτικές αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Καθίσταται επιτακτική ανάγκη να αναζητηθούν νέες ανανεώσιμες φιλικές προς το περιβάλλον πράσινες πηγές ενέργειας και να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας ώστε να αποφευχθεί περαιτέρω μόλυνση του περιβάλλοντος από τους τοξικούς ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα με την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί ποικίλοι τρόποι θέρμανσης στον οικιστικό τομέα ενώ τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας μπορούν να είναι από διαφορετικές πηγές προέλευσης. Τέτοιοι τρόποι θέρμανσης περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

## 1.1 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ/ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

### 1.1.1 Πετρέλαιο (χημική σύσταση, μεταφορά, επεξεργασία)

Η σπουδαιότητα του πετρελαίου είναι μεγάλη. Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή καυσίμων (βενζίνη, ντίζελ, κηροζίνη) μέσω της κλασματικής απόσταξης ενώ αποτελεί και πρώτη ύλη για την παρασκευή διάφορων λιπαντικών, εκρηκτικών, πλαστικών. Γενικά, διακόσιες έως τριακόσιες διαφορετικές χημικές ενώσεις περιέχονται στο αργό πετρέλαιο. Το 75-98% αυτών είναι υδρογονάνθρακες (Clark,2003), (Καρώνης,2011)

Οι κυριότερες κατηγορίες υδρογονανθράκων του πετρελαίου είναι (Clark, 2003), (Καρώνης, 2011):

**I) Αλκάνια** (παραφίνες): Αλκάνια ονομάζονται οι άκυκλοι υδρογονάνθρακες στο μόριο των οποίων τα άτομα άνθρακα συνδέονται με απλούς δεσμούς. Οι ενώσεις με 1 έως 4 άτομα άνθρακα είναι αέριες, με 5 έως 16 άτομα άνθρακα υγρές και από δεκαεπτά άτομα άνθρακα και πάνω στερεές. Έχει διαπιστωθεί ότι όσο πιο μικρός είναι ο αριθμός των ατόμων άνθρακα τόσο πιο πτητικές και ευδιάλυτες στο νερό είναι οι ενώσεις.

**II) Κυκλοαλκάνια.** Τα κυκλοαλκάνια είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες που στα μόρια τους εμφανίζονται κυκλικές αλυσίδες. Τα κυκλοαλκάνια με 5-6 άτομα άνθρακα αποτελούν το 30-60% του πετρελαίου.

**III) Αρωματικές ενώσεις.** Είναι πτητικές ενώσεις που περιέχουν δακτυλίους βενζολίου και αποτελούν το 2-4% του πετρελαίου. οι οποίοι μπορεί να αποτελούνται από απλές αρωματικές ενώσεις (π.χ. βενζόλιο, τολουόλιο κλπ), από συμπυκνωμένες αρωματικές ενώσεις ή συστήματα αρωματικών δακτυλίων (PAHs) όπως η ναφθαλίνη, το ανθρακένιο. Τα PAHs θεωρούνται πιθανές καρκινογενείς ουσίες. Άλλες κατηγορίες υδρογονανθράκων που μπορούν να περιέχονται στο πετρέλαιο είναι Ρητίνες και Ακόρεστοι υδρογονάνθρακες. Ένα μέσο αργό πετρέλαιο αποτελείται γενικά από (Clark, 2003):



- 30% αλκάνια,
- 50% κυκλοαλκάνια,
- 15% αρωματικά
- 5% ενώσεις αζώτου, θείου και οξυγόνου.

Σπουδαίο πλεονέκτημα εκμετάλλευσης του πετρελαίου είναι η σημαντική θερμογόνος του δύναμη. Με τον όρο θερμογόνος δύναμη εννοείται το ποσό της θερμικής ενέργειας που δίνεται προς το περιβάλλον, όταν καίγεται πλήρως το καύσιμο και αυτή η καύση γίνεται υπό σταθερή πίεση. Για τα υγρά καύσιμα (π.χ. πετρέλαιο, μαζούτ, diesel, κηροζίνη, βενζίνη), μονάδα μέτρησης της θερμογόνου δύναμης είναι το KJ/kg.

Η θερμογόνος δύναμη διακρίνεται δε σε ανώτερη (ΑΘΔ) και κατώτερη (ΚΘΔ). Ως ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ) ορίζεται δε το ποσό της θερμικής ενέργειας όταν στα προϊόντα της καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και δεν έχει απορροφήσει ενέργεια. Το αντίθετο συμβαίνει όταν στα προϊόντα της καύσης, το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση και έχει δηλαδή απορροφήσει ενέργεια. Αυτή είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (ΚΘΔ) και αποτελεί μέτρο σύγκρισης διαφορετικών καυσίμων καθώς σε μηχανές εσωτερικής καύσης εκπέμπονται καυσαέρια και το εκπεμπόμενο νερό είναι δηλαδή υπό μορφή ατμού (Καρώνης, 2011), (Λόης, 2007), (Γιαννόπουλος & Φουντής, 2011).

Με την χρήση ειδικού οργάνου (θερμιδομέτρου) και με βάση το διεθνές πρότυπο πιστοποίησης ASTM, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου υπολογίζεται λοιπόν στα  $10250\text{kcal/kg}=11.92\text{kwh/l}$ . Με άλλα λόγια η καύση 1lt πετρελαίου αποδίδει 11.9kwh (Λόης, 2007).

Στις μέρες μας χιλιάδες βαρέλια πετρελαίου παράγονται καθημερινά σε χώρες όπως η Σαουδική Αραβία, οι ΗΠΑ, η Ρωσία και το Ιράν. Για τη μεταφορά εκατομμύρια βαρελιών αργού πετρελαίου σε διυλιστήρια και χώρους αποθήκευσης, λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως οι υποδομές, η γεωγραφία της περιοχής και τις επιπτώσεις στο κόστος. Η μεταφορά πετρελαίου σε διυλιστήρια κ περαιτέρω αξιοποίηση γίνεται δε με i) Αγωγούς, ii) Δεξαμενόπλοια, iii) Σιδηροδρόμους, iv) Δεξαμενόπλοια (Breakthroughfuel, 2019), (Student Energy Org.). Πιο συγκεκριμένα:

**I) Αγωγοί:** Θεωρείται η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή μεταφοράς πετρελαίου είναι μέσω αγωγών πετρελαίου. Οι αγωγοί χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μεταφορά αργού πετρελαίου από τα σημεία άντλησης σε εγκαταστάσεις συλλογής και επεξεργασίας πετρελαίου και από εκεί σε διυλιστήρια και εγκαταστάσεις φόρτωσης δεξαμενόπλοιων. Οι αγωγοί απαιτούν πολύ λιγότερη ενέργεια για να λειτουργούν από τα φορτηγά ή τα τρένα και προκαλούν μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα στο περιβάλλον.

**II) Τρένα:** Η μεταφορά πετρελαίου με τρένο έχει γίνει ένα αυξανόμενο φαινόμενο. Το σχετικά μικρό κόστος κεφαλαίου και η περίοδος κατασκευής καθιστούν τις σιδηροδρομικές μεταφορές την ιδανική εναλλακτική λύση για μεταφορά πετρελαίου σε μεγάλες αποστάσεις. Ωστόσο, η

ταχύτητα που αναπτύσσει το τρένο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τα ατυχήματα αποτελούν ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα στις σιδηροδρομικές μεταφορές.

**III) Φορτηγά:** Τα φορτηγά έχουν τη μεγαλύτερη ευελιξία σε πιθανούς προορισμούς αποθήκευσης. Τα φορτηγά αποτελούν συχνά το τελευταίο βήμα στη διαδικασία μεταφοράς, παράδοσης πετρελαίου και εξευγενισμένων προϊόντων πετρελαίου στους προορισμούς αποθήκευσης.

**IV) Πλοία:** Στις περιπτώσεις όπου η μεταφορά πετρελαίου μέσω ξηράς δεν είναι κατάλληλη και είναι αναγκαία η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου σε μεγάλες αποστάσεις, το πετρέλαιο μπορεί να μεταφερθεί με δεξαμενόπλοιο. Τα δεξαμενόπλοια έχουν διαφορετικά μεγέθη. Μπορεί να έχουν όγκο από εκατοντάδες τόνους έως εκατοντάδες χιλιάδες τόνους (Student Energy Org.).

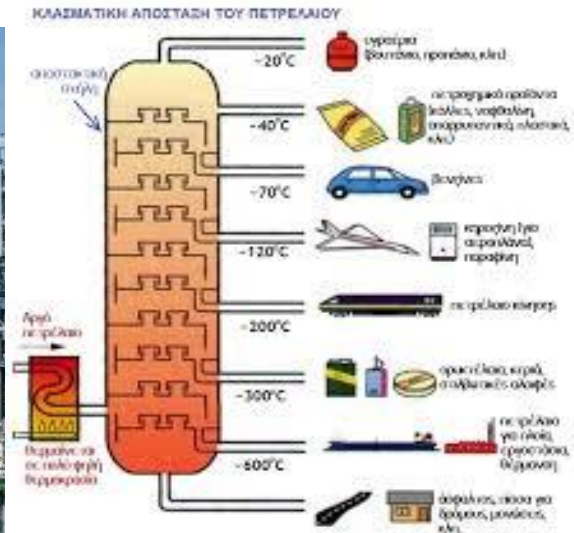


**Εικόνα 1.1:** Τα δεξαμενόπλοια αποτελούν την καλύτερη λύση μεταφοράς πετρελαίου όταν η μεταφορά μέσω ξηράς δεν είναι η κατάλληλη και για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις (Μπέλλος, 2017)

Σε σύγκριση με έναν αγωγό, το κόστος μεταφοράς πετρελαίου μάλιστα με τα δεξαμενόπλοια είναι μικρότερο κατά 20-35%, ανάλογα με τη διαδρομή (Student Energy Org.).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μεταφορά του πετρελαίου μέσω δεξαμενόπλοιων χρειάζεται να γίνει ιδιαίτερος προσεκτικά καθώς ενδεχόμενες διαρροές θα μπορούσαν να προκαλέσουν πετρελαιοκηλίδες. Αυτό θα είχε ως συνέπεια τοξικές επιπτώσεις για την χλωρίδα (π.χ. έλη) και την πανίδα (π.χ. ψάρια, οστρακοειδή, θαλασσοπούλια) αλλά και σημαντική υποβάθμιση του οικοσυστήματος της περιοχής (Clark, 2003).

Με όλους τους παραπάνω τρόπους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η μεταφορά του αργού πετρελαίου από τα σημεία άντλησής του γίνεται στην συνέχεια σε διυλιστήριο πετρελαίου. Το διυλιστήριο πετρελαίου πρόκειται για μια βαριά εγκατάσταση βιομηχανικής επεξεργασίας αργού πετρελαίου και διύλισης όπου μέσω της ατμοσφαιρικής απόσταξης σε διαφορετικές θερμοκρασίες, το αργό πετρέλαιο διαχωρίζεται σε προϊόντα όπως: i) Υγραέριο/Προπάνιο/Βουτάνιο, ii) Βενζίνη, iii) Καύσιμο ντίζελ, iv) Ασφαλτος, v) Πετρέλαιο θέρμανσης/Πετρέλαιο κίνησης, vi) Κηροζίνη, vii) Υγραέριο (Καρώνης, 2011), (Gary, 1984).



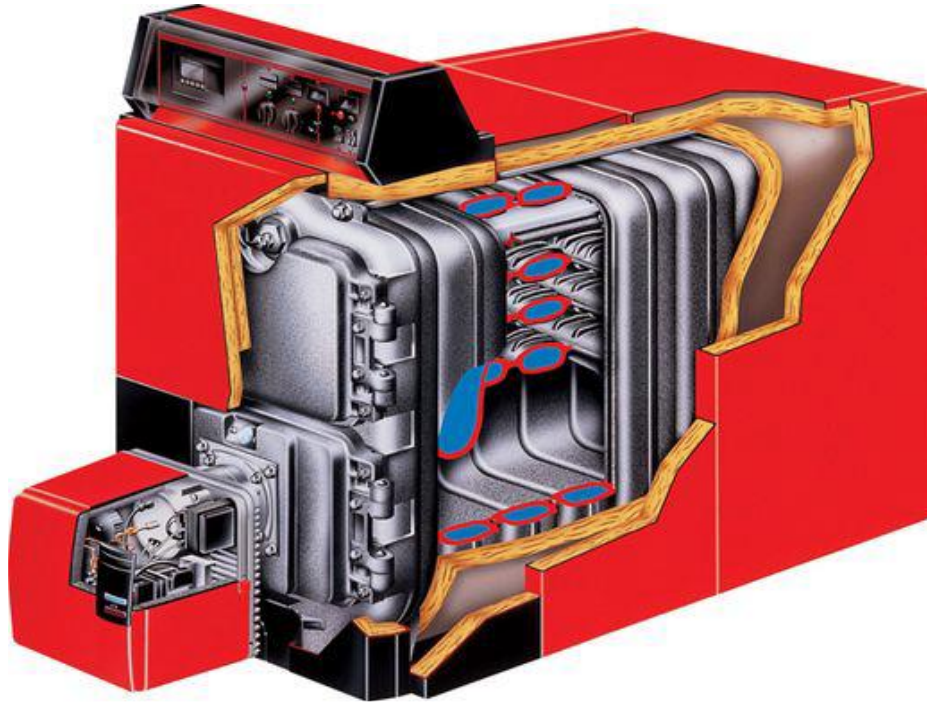
**Εικόνα 1.2:** Αριστερά: Διυλιστήριο (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Ναυτικά Χρονικά, 2018), Δεξιά: Κλασματική απόσταξη πετρελαίου (Ηλεκτρονικό Περιοδικό DigitalZoot)

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα θα πρέπει να αναφερθεί ότι το πετρέλαιο θέρμανσης σε σχέση με το αντίστοιχο της κίνησης λαμβάνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Επίσης διαθέτει τεχνητό χρώμα ώστε να αποφεύγεται η νοθεία του με το πετρέλαιο κίνησης. Παράλληλα έχει μικρότερο αριθμό κετανίων (40 κετάνια) σε σχέση με αυτό της κίνησης (50-55 κετάνια) και είναι πιο παχύρευστο. Ταυτόχρονα κοστίζει λιγότερο από το πετρέλαιο κίνησης (Καρώνης, 2011).

### 1.1.2 Λέβητες πετρελαίου

Μια από τις σημαντικότερες περιπτώσεις αξιοποίησης του πετρελαίου θέρμανσης είναι σε λέβητες θέρμανσης. Παρακάτω θα αναφερθούν τα κύρια χαρακτηριστικά λεβήτων πετρελαίου. Αρχή λειτουργίας λεβήτων πετρελαίου θέρμανσης

Ως λέβητας θεωρείται 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 από το ζεστό μέσο (νερό) που ανακυκλοφορεί στο κλειστό δίκτυο (λέβητας-σωληνώσεις-θερμαντικά σώματα-εναλλάκτης) και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χώρων καθώς και για την θέρμανση νερού χρήσης ή παραγωγής ατμού. (Βουρλιώτης et al., 2011)



**Εικόνα 1.3: Λέβητας (Εταιρεία ΚΟΥΜΠΑΡΑΚΗΣ)**

Η έναρξη και η παύση ενός λέβητα πετρελαίου γίνεται αυτόματα με την χρήση θερμικών διακοπών και αισθητήρων, οι οποίοι τοποθετούνται τόσο στο λέβητα όσο και στα δίκτυα μεταφοράς και επιστροφής του νερού, στους χώρους θέρμανσης και στον καυστήρα. Όλα αυτά ρυθμίζονται και λειτουργούν με βάση τη θερμοκρασία του νερού (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011).

Οι λέβητες πετρελαίου εξετάζοντας διαφορετικές παραμέτρους μπορεί να είναι χαλύβδινοι, μαντεμένιοι, από ανοξείδωτο χάλυβα. Μπορεί να είναι επίσης, χαμηλής πίεσης, μέσης πίεσης ή υψηλής πίεσης (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011) .

Διακρίνονται παράλληλα σε ατμοσφαιρικούς (Η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική). Δεν υπάρχει ανεμιστήρας για την τροφοδότηση του αέρα στον θάλαμο καύσης και σε πιεστικούς και υπερπιεστικούς λέβητες (Η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση γίνεται σε πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική). Απαιτείται ανεμιστήρας, ο οποίος θα τροφοδοτεί με υπερπίεση τον αέρα για την καύση (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011).

Σε ισχύ μπορεί να φτάσει αυτή από 50KW έως >400KW. Όσο αυξάνει η ισχύς του λέβητα τόσο αυξάνει και το βάρος του ενώ μπορούν να αυξηθούν και οι διαστάσεις του (πλάτος, μήκος, ύψος καθώς και διαστάσεις θαλάμου καύσης). Μπορεί να είναι επίσης επιτοίχιοι (Στερεώνονται σε τοίχο και μπορεί να λειτουργεί με ισχύ της τάξεως των 100KW) ή επιδαπέδιοι (Τοποθετούνται πάνω στο δάπεδο και μπορεί να λειτουργούν με ισχύ, η οποία μπορεί να ανέλθει ακόμη και σε ορισμένες χιλιάδες KW) (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011).



**Εικόνα 1.4: Χαλύβδινος επιδαπέδιος λέβητας (Εταιρεία Halcotherm)**

Χαρακτηριστική τεχνική παράμετρος για τους λέβητες πετρελαίου θεωρείται ο βαθμός απόδοσης (%), ο οποίος αναφέρεται ως ο λόγος της θερμότητας που μεταδίδεται στο νερό του λέβητα, προς την προσδιδόμενη από το καταναλισκόμενο καύσιμο, ανοιγμένη στην κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Καρέλλας, 2013).

Η καύση του πετρελαίου στο λέβητα γίνεται με την ανύψωση της θερμοκρασίας στον χώρο της εστίας καύσης και την εξωτερική χρήση θερμοστάτη. Κατά την καύση πετρελαίου η θερμότητα μεταδίδεται κατά κύριο λόγο στα τοιχώματα των σωλήνων νερού (υδροθάλαμος) με ακτινοβολία. Για τους λέβητες πετρελαίου, ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 86% έως 93%. (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011)

Σε έναν κοινό λέβητα πετρελαίου, η θερμοκρασία καυσαερίων στην έξοδο του κυμαίνεται ανάμεσα στους 180~200°C. Η ακριβής τιμή της θερμοκρασίας των καυσαερίων εξαρτάται από την εγκατάσταση (είδος και παλαιότητα λέβητα, κατάσταση καπνοδόχου κ.α.) και ρυθμίζεται από τον τεχνικό καυστήρων με τη βοήθεια αναλυτή καυσαερίων. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας καυσαερίων σε χαμηλότερη τιμή είναι αδύνατη στους κοινούς λέβητες. Και αυτό γιατί η μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων οδηγεί στην υγροποίηση τους. Τα υγροποιημένα καυσαέρια εκτός του ότι εμποδίζουν την σωστή ρύθμιση της καύσης, είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά και επιθετικά προς τον χάλυβα, και καταστρέφουν τους κοινούς λέβητες όταν εισχωρήσουν στο εσωτερικό τους σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στους λέβητες πετρελαίου μπορεί να ενσωματωθεί και καυστήρας, ο οποίος τοποθετείται στο μπροστινό μέρος ενός λέβητα. (Κόμπακτ λέβητες). Πάνω στο λέβητα πετρελαίου προσαρμόζεται ο καυστήρας με σκοπό την ανάμειξη του πετρελαίου με τον αέρα έτσι ώστε να πραγματοποιείται αλλά και να συντηρείται η καύση (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011).

### 1.1.3 Λέβητες συμπίκνωσης πετρελαίου θέρμανσης

Θα πρέπει να αναφερθεί όμως, ότι πέρα από τους συμβατικούς λέβητες πετρελαίου υπάρχουν και οι λέβητες συμπίκνωσης πετρελαίου.

Στους λέβητες συμπίκνωσης πετρελαίου, τα ζεστά καυσαέρια που παράγονται με την καύση, ανταλλάσσουν ενέργεια με το νερό που επιστρέφει από τα σώματα. Δημιουργούνται συμπυκνώματα καυσαερίων και αυτή η συμπίκνωση απελευθερώνει μεγάλα ποσά ενέργειας που βρίσκονται αποθηκευμένα στο καυσαέριο. *Η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια ονομάζεται "λανθάνουσα ενέργεια" και η εκμετάλλευσή της παράγει ενέργεια, η οποία προστίθεται με την ενέργεια που έχει ήδη παραχθεί με την καύση του πετρελαίου. Για αυτό το λόγο οι λέβητες συμπίκνωσης πετρελαίου εμφανίζουν και μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης* (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Εταιρεία De Dietrich).

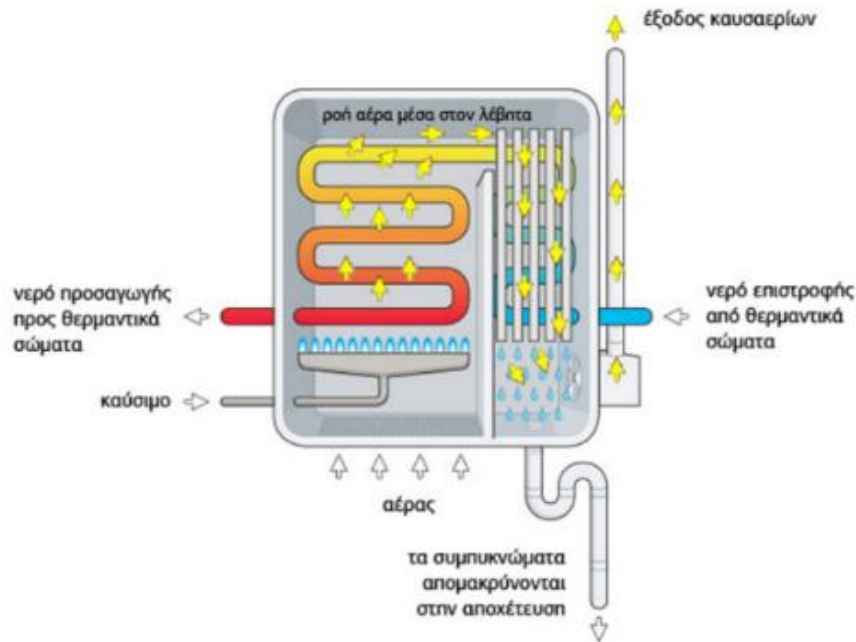
Προυπόθεση για την λειτουργία ενός λέβητα συμπίκνωσης και την παραγωγή τέτοιων συμπυκνωμάτων είναι στην έξοδο του λέβητα να βρίσκεται εγκατεστημένος ένας εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων - νερού, ο οποίος θα βοηθά στην επίτευξη χαμηλών θερμοκρασιών. Από τις σπείρες του διέρχονται το νερό που επιστρέφει, και το οποίο ανταλλάσσει ενέργεια με το ζεστά καυσαέρια. Ένας τέτοιος εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να είναι κατασκευασμένος είτε από ανοξείδωτο χάλυβα είτε κεραμικός (Εταιρεία De Dietrich).

Τα εξερχόμενα καυσαέρια απομακρύνονται από την καπνοδόχο σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ενώ τα συμπυκνώματα οδηγούνται στην αποχέτευση (Εταιρεία De Dietrich).

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το εσωτερικό μέρος ενός τέτοιου λέβητα συμπίκνωσης καυσαερίων και όλες οι βασικές λειτουργίες που επιτελούνται και αναφέρθηκαν προηγουμένως:



## Απλοποιημένο σκαρίφημα λέβητα συμπύκνωσης



Εικόνα 1.5: Εσωτερικό μέρος ενός λέβητα συμπύκνωσης καυσαερίων πετρελαίου και όλες οι βασικές λειτουργίες (Εταιρεία De Dietrich)

Οι λέβητες συμπύκνωσης πετρελαίου εμφανίζουν τα εξής πλεονεκτήματα (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Εταιρεία De Dietrich):

- Εκμεταλλεύονται τη θερμότητα των υδρατμών καυσαερίων
- Παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες των εξερχόμενων καυσαερίων και μικρές απώλειες καυσαερίων. Τα καυσαέρια εξέρχονται από τον λέβητα σε θερμοκρασία 60°C (αντί για 200°C)
- Συντελείται εξοικονόμηση καυσίμου. Ένας λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου επιτυγχάνει μια σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με έναν συμβατικό λέβητα, έως 15% σε παραδοσιακά συστήματα με θερμαντικά σώματα (υψηλών θερμοκρασιών 70~80°C), έως 20% σε μεικτά συστήματα και έως 35% σε συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης (χαμηλών θερμοκρασιών 40~50°C).
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί ως και αύξηση του βαθμού απόδοσης του λέβητα κατά 25%.
- Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής λόγω της πολύ υψηλής ποιότητας υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.
- Μειώνονται οι εκπομπές ρύπων π.χ. διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) στην ατμόσφαιρα σε σχέση με έναν συμβατικό λέβητα πετρελαίου.
- Η συντήρησή τους είναι μικρότερη σε σχέση με έναν συμβατικό λέβητα πετρελαίου.

Προϋποθέσεις χρήσης λεβήτων πετρελαίου θέρμανσης

Θα πρέπει ο λέβητας που θα χρησιμοποιηθεί να βρίσκεται σε μέρος προστατευμένο από πετρέλαιο, φωτιά ή βροχή και να μην εκτίθεται σε ηλιακή ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού του λέβητα με πετρέλαιο, θα πρέπει να μην εισέρχεται νερό ή σκόνη στο εσωτερικό του και αυτό γιατί το νερό και η σκόνη μπορεί να διακόψουν την καύση ή να περιορίσουν τη διάρκεια ζωής του λέβητα. Θα πρέπει να καθαρίζονται τυχόν κηλίδες πετρελαίου και τέλος να κλείνεται καλά το καπάκι της εισόδου πετρελαίου. Επίσης δεν θα πρέπει να υπάρχει κάποια διαρροή πετρελαίου στο συνδετικό τμήμα του αγωγού πετρελαίου. Είναι αναγκαίο να χρησιμοποιείται μόνο πετρέλαιο. Δεν θα πρέπει με άλλα λόγια να χρησιμοποιείται βενζίνη ή κάποια αλκοόλη.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του λέβητα θα πρέπει να υπάρχει δε αρκετό νερό ενώ εάν το φίλτρο πετρελαίου λερωθεί, θα πρέπει να διακοπεί η λειτουργία του λέβητα, να κλείσει η βαλβίδα πετρελαίου και να αφαιρεθεί η σκόνη ή τη σκουριά που έχει συσσωρευτεί κάτω από το συλλέκτη πετρελαίου. (Εταιρεία SATURN)

Οι λέβητες πετρελαίου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση ενός κτιρίου βρίσκονται σε διάφορες τιμές ανάλογα με τους εξής παράγοντες: i) Εκταση χώρου που έχουν να καλύψουν για θέρμανση, ii) Είδος λέβητα, iii) Ισχύς λέβητα, iv) Εταιρεία κατασκευής. Σύμφωνα με στοιχεία της αγοράς, μικρότερου κόστους από όλους θεωρούνται οι χαλύβδινοι λέβητες. Οι τιμές για τους χαλύβδινους λέβητες ξεκινούν από 500€ και μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 1.200€ ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής (Γεωργιακώδης, 2015).

Σε ότι αφορά τους μαντεμένιους λέβητες, μια οικονομική και αξιόλογη επιλογή τριών διαδρομών καυσαερίου μπορεί να ξεκινά από 750€ και να φτάσει μέχρι τα 1.400€ και πάλι ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής, τις διαδρομές καυσαερίων και το πάχος της μόνωσης (Γεωργιακώδης, 2015).

## **1.2 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ/ΛΕΒΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

### **1.2.1 Φυσικό αέριο**

Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε πολύ μικρότερη αναλογία από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, πεντάνιο. Μπορεί να περιέχει και άλλες προσμίξεις καυσίμων αερίων (υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο ή και αμμωνία σε ίχνη) ενώ συνήθως περιέχει και αδρανείς προσμίξεις, όπως άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα καθώς και ίχνη αδρανών αερίων. Οι αναλογίες των συστατικών διαφέρουν ανάλογα με την προέλευσή του. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του είναι εάν προέρχεται από αμιγή κοιτάσματα φυσικού αερίου ή παράγεται ως " συνοδό αέριο " κοιτασμάτων πετρελαίου (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής), (Ντάρακας, 2014).

Η χρήση του φυσικού αερίου επιβαρύνει λιγότερο το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλα καύσιμα. Η καύση του δεν παράγει αιθάλη, δίνει μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου



(SO<sub>2</sub>), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και αιωρούμενων σωματιδίων, όμως δεν μειώνει ιδιαίτερα την εκπομπή οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Επίσης εκπέμπει κατά την καύση του, για την παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας, 43 % λιγότερο CO<sub>2</sub> από το κάρβουνο και 30% λιγότερο από το πετρέλαιο. Έτσι, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το φυσικό αέριο όμως περιέχει και μεθάνιο που σε περίπτωση διαρροής του ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα να αντισταθμίζονται τα οφέλη από τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής), (Ντάρακας, 2014).

Στα οφέλη από τη χρήση του φυσικού αερίου θα πρέπει να προστεθεί και η μείωση κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων κατά 4-10%, λόγω της αυξημένης ενεργειακής του απόδοσης, η τόνωση της βιομηχανικής ανάπτυξης καθώς και η τόνωση της απασχόλησης (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής), (Ντάρακας, 2014).



**Εικόνα 1.6: Αγωγός φυσικού αερίου TAP (Βιομηχανικός Όμιλος MACCAFERRI)**

Το φυσικό αέριο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και χημικών προϊόντων, όπως αμμωνίας, μεθανόλης, αιθυλενίου και προπυλενίου. Η χρήση του στο βιομηχανικό τομέα έχει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού εξασφαλίζεται η συνεχής παροχή αερίου από το δίκτυο, καταργούνται οι αποθηκευτικοί χώροι και το καύσιμο είναι αρκετά φιλικό προς το περιβάλλον. Στον εμπορικό τομέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για θέρμανση χώρων, κλιματισμό, φωτισμό, παραγωγή θερμού νερού, Δεν χρειάζονται αποθηκευτικοί χώροι και διατήρηση αποθεμάτων, ενώ, τέλος, παρουσιάζει αυξημένη ασφάλεια στη χρήση του (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής), (Ντάρακας, 2014).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι το φυσικό αέριο δεν είναι εντελώς ακίνδυνο, γιατί είναι εύφλεκτο αέριο και μπορεί να γίνει επικίνδυνο, ειδικά σε κλειστούς χώρους. Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και σε περίπτωση διαρροής διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται σύστημα εξαερισμού των χώρων. Δεν θα πρέπει δε να συγχέεται με το

υγραέριο (προπάνιο, βουτάνιο ή μείγμα) που είναι παράγωγο καύσιμο από τα διωλιστήρια (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής).

Το σύστημα μεταφοράς, διανομής, και οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να έχουν κατασκευαστεί με τις αυστηρότερες διεθνείς προδιαγραφές, αλλά και να συντηρούνται τακτικά, για να αποφεύγεται η περίπτωση ατυχήματος (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής), (Ντάρακας, 2014). Η μεταφορά του φυσικού αερίου γίνεται κυρίως με την χρήση αγωγών. Ένας από τους μεγαλύτερους σε μήκος km αγωγός μεταφοράς φυσικού αερίου θεωρείται και ο διαδριατικός αγωγός φυσικού αερίου (Trans Adriatic Pipeline, TAP), (Βιομηχανικός Όμιλος MACCAFERRI). Ο αγωγός μεταφέρει φυσικό αέριο από το Azerbaijan, έχει συνολικό μήκος 878km και διασχίζει την Ελλάδα και την Αλβανία προτού φτάσει τη Νότια Ιταλία μέσω της Αδριατικής θάλασσας (Βιομηχανικός Όμιλος MACCAFERRI).

### 1.2.2 Λέβητες φυσικού αερίου

Για την λειτουργία ενός λέβητα φυσικού αερίου, θα πρέπει να συνδεθεί η εγκατάσταση με υπόγειο δίκτυο φυσικού αερίου που περνάει από το δρόμο. Επίσης, ο καυστήρας πετρελαίου χρειάζεται να αντικατασταθεί από καυστήρα φυσικού αερίου (Εικ.7). Ο μετρητής της παροχής φυσικού αερίου συνδέεται με τον καυστήρα με σωληνώσεις (Εταιρεία K TECH-ENERGY). Παρακάτω απεικονίζεται ένας επιδαπέδιος λέβητας φυσικού αερίου προσαρμοσμένος με καυστήρα φυσικού αερίου:



**Εικόνα 1.7: Επιδαπέδιος λέβητας φυσικού αερίου προσαρμοσμένος με καυστήρα φυσικού αερίου (Εταιρεία Thermostahl)**

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η απλή αντικατάσταση των καυστήρων δεν επαρκεί για την χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου και κάποιες φορές θεωρείται αναγκαίο να γίνει επέμβαση στον ενεργειακό εξοπλισμό.

Οι μετατροπές γίνονται κυρίως με τις διαφορές που υπάρχουν στον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας κατά την καύση φυσικού αερίου και υγρών καυσίμων (πετρέλαιο). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, κατά την καύση πετρελαίου η θερμότητα μεταδίδεται κατά κύριο λόγο με ακτινοβολία (60%-70%) λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα. Αντίθετα, κατά την καύση του φυσικού αερίου πέραν της ακτινοβολίας (50%-60%) σημαντικό μέρος της θερμότητας μεταφέρεται με απαγωγή. Τέλος η καμινάδα παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο, ώστε να υπάρχει μια πραγματική εξοικονόμηση καυσίμου με τη χρήση του φυσικού αερίου (Εταιρεία K TECH ENERGY).

Ενας λέβητας φυσικού αερίου, με ονομαστικό βαθμό απόδοσης **95%**, όταν καταναλώσει  $1\text{m}^3$  καυσίμου, μπορεί να παράγει  $(8.130 * 0.95) = 7.723\text{Kcal}$  (Εταιρεία DAIKIN).

Ενας λέβητας φυσικού αερίου μπορεί να είναι προσαρμοσμένος και εδώ με έναν καυστήρα. Τα κύρια μέρη ενός τέτοιου καυστήρα είναι περίπου ίδια με τον καυστήρα πετρελαίου, αλλά σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει αντλία πετρελαίου. Εδώ το σύστημα εισαγωγής καυσίμου, σε έναν καυστήρα φυσικού αερίου αποτελείται από: i) Τον ρυθμιστή πίεσης, (Ρυθμίζει την πίεση του φυσικού αερίου που περνά στον καυστήρα) ii) Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του αερίου (Ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα κατά τη λειτουργία του καυστήρα) iii) Το φίλτρο (Βοηθά στην καθαρότητα του φυσικού αερίου που περνά στον καυστήρα και στην απομάκρυνση των προσμείξεων).

Πέρα από αυτά σε έναν καυστήρα φυσικού αερίου είναι ενσωματωμένα ένας ρυθμιστής πίεσης για να διατηρεί τη φλόγα σταθερή και μια συσκευή στεγανότητας των βαλβίδων που ελέγχει αν υπάρχει διαρροή του φυσικού αερίου (Αγτζόγλου et al., 2010).

Σε σχέση με τους λέβητες πετρελαίου, οι λέβητες φυσικού αερίου εμφανίζουν τα εξής πλεονεκτήματα (Εταιρεία ENERGAS), (Εταιρεία ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ Αττικής):

- Υψηλότερος βαθμός απόδοσης: Πιο συγκεκριμένα για τους λέβητες φυσικού αερίου, ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 86% έως 107% ενώ για τους λέβητες πετρελαίου, ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 86% έως 93%.
- Μικρότερη παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και οξειδίων του αζώτου (NOx): Ελάχιστη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) λόγω φύσης του καυσίμου. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται χαρακτηριστικά οι ποσότητες ρύπων που εκπέμπονται κατά την καύση πετρελαίου και κατά την καύση φυσικού αερίου:

**Πίνακας 1.1:** Ποσότητες ρύπων που εκπέμπονται τόσο με καύση φυσικού αερίου όσο και πετρελαίου θέρμανσης (g ρύπου ανά kWh εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου) (Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής)

ΤΟΞΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
---------------	--------------	------------------------

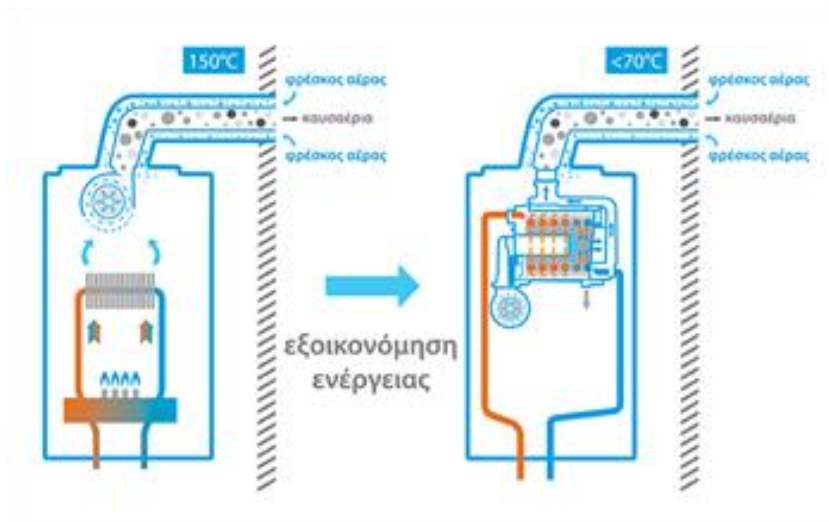
Διοξείδιο του άνθρακα	177	249
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0,022	0,045

### 1.2.3 Λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου

Επίσης, όπως και στην περίπτωση των λεβήτων πετρελαίου, έτσι και σε αυτήν την περίπτωση έχουν κατασκευαστεί λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου.

Ο πιο σύγχρονος λέβητας φυσικού αερίου με τεχνολογία συμπύκνωσης και ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου έχει αντίστοιχο βαθμό απόδοσης έως και 95%, άρα με το ίδιο 1m<sup>3</sup> φυσικού αερίου παράγει  $(8.130 * 0.95) = 7.723\text{Kcal} + 1.032\text{Kcal}$  (από ψύξη και συμπύκνωση των καυσαερίων του) = 8.755Kcal. Έτσι, προκύπτει «συμβατικός» βαθμό απόδοσης:  $8.755 / 8.130 = 1.08$  ή **108%** (Εταιρεία DAIKIN).

Παράλληλα, υπάρχει 20-35% περισσότερη ωφέλιμη θερμότητα από την ίδια ποσότητα καυσίμου. Επίσης, ένας λέβητας συμπύκνωσης φυσικού αερίου εξασφαλίζει οικονομία καυσίμου από 17-28% σε σχέση με έναν συμβατικό. Σε σχέση με τους λέβητες φυσικού αερίου συμβατικής λειτουργίας, στους οποίους τα καυσαέρια αποβάλλονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 150 °C, στους λέβητες συμπύκνωσης η θερμοκρασία των καυσαερίων δεν ξεπερνά τους 80-90 °C (Ομιλος ENERGAS).



**Εικόνα 1.8:** Εξοικονόμηση ενέργειας σε έναν λέβητα συμπυκνώσης φυσικού αερίου (Εταιρεία DAIKIN)

Θα πρέπει να αναφερθεί όμως, ότι επειδή τα καυσαέρια του φυσικού αερίου είναι κατά το πλείστον νερό, παρατηρείται το φαινόμενο των έντονων υγροποιήσεων (συμπύκνωση υδρατμών) στον αγωγό καυσαερίων που καθιστά απαραίτητη την τοποθέτηση διάταξης αποχέτευσης (Εταιρεία DAIKIN).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι αντί για το φυσικό αέριο σε αντίστοιχους λέβητες είτε απλούς είτε συμπύκνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υγραέριο, το οποίο περιλαμβάνει κυρίως προπάνιο/βουτάνιο και είναι ένα καύσιμο φιλικό προς το περιβάλλον (Εταιρεία E-Sompres).

### **1.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ**

Η καύση τόσο του πετρελαίου όσο και του φυσικού αερίου δεν παύει να εκπέμπει να εκπέμπει τοξικούς ρύπους προς το περιβάλλον. Για αυτό το λόγο πέρα από το λέβητα πετρελαίου και το λέβητα φυσικού αερίου, υπάρχουν και άλλες συσκευές που αποδίδουν θερμότητα λειτουργώντας απλά με ηλεκτρικό ρεύμα. Σε αυτήν την ενότητα θα περιγραφούν τέτοιες φιλικές προς το περιβάλλον συσκευές.

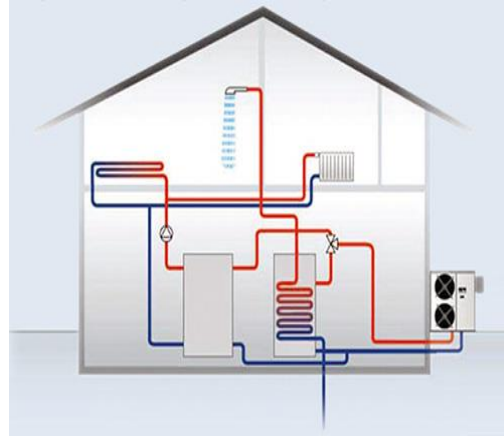
#### **1.3.1 Αντλίες θερμότητας**

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν την οικονομικότερη λύση όταν υπάρχει ανάγκη για συνεχή θέρμανση (π.χ. 24 ώρες το 24ωρο). Λειτουργούν με ρεύμα και αντλούν τη θερμότητα από τον αέρα. Μία αντλία θερμότητας χρειάζεται: i) Μία πηγή θερμότητας (τον αέρα του περιβάλλοντος), ii) Δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένας για απορρόφηση και ένας για την έκλυση θερμότητας) και iii) Μία σχετικά μικρή ποσότητα κινητικής ενέργειας για να συνεχίζει το σύστημα τη λειτουργία του (Εταιρεία Thermoplanart). Η άντληση της θερμότητας γίνεται δε είτε από τον ατμοσφαιρικό αέρα είτε από γεωθερμία (Εταιρεία Tritherma).

Πιο συγκεκριμένα, η αντλία λαμβάνει τη θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα σε ορισμένη θερμοκρασία, αυξάνει αυτή τη θερμοκρασία και κατόπιν την αποδίδει στο ρευστό λειτουργίας, το οποίο διέρχεται από τον εξαμιστή. Εκεί απορροφάται θερμότητα από τον αέρα και λαμβάνει χώρα μετατροπή του ρευστού λειτουργίας σε αέριο. Στην συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από τον συμπιεστή, την καρδιά δηλαδή του συστήματος. Εκεί εξαιτίας της συμπίεσης παράγεται θερμότητα. Στην συνέχεια η παραγόμενη θερμότητα κυκλοφορεί περνά σε ένα μέσο, το οποίο μπορεί να είναι το κυκλοφορούν νερό χαμηλής θερμοκρασίας. (Εταιρεία Thermoplanart).

Οι αντλίες θερμότητας έχουν μικρές απαιτήσεις ηλεκτρικού ρεύματος και καταναλώνουν δε το ¼ σε σχέση με τη θερμική ενέργεια που αποδίδουν. Μέχρι την παραγόμενη ισχύ των 12KW, μπορούν να λειτουργήσουν με τάση 220V και μονοφασικό ρεύμα ενώ σε υψηλότερα παραγόμενες ισχύς των 15KW, 21KW κλπ. μπορούν να λειτουργούν με τριφασικό ρεύμα και με τάση των 380V (Εταιρεία Tritherma). Μπορούν να συνδυάζονται δε και με υφιστάμενες εγκαταστάσεις θερμοσωμάτων (Ομίλος Εταιρειών Καμιτσάκης).

Η λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας και ο τρόπος μεταφοράς του θερμαινόμενου μέσου (νερού) σε ένα σπίτι μέσα από σωληνώσεις φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 1.9:** Αριστερά: Λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας (Heatproject Piraeus), Δεξιά: Τρόπος μεταφοράς του θερμαινόμενου μέσου (νερού) στους χώρους ενός σπιτιού (Ομίλος Εταιρειών Καμιτσάκης)

Πέρα από την αντλία θερμότητας που απορροφά θερμότητα από τον αέρα υπάρχει και η *γεωθερμική αντλία θερμότητας*. Αυτή είναι μια ηλεκτρική συσκευή, η οποία αξιοποιεί τη φυσική ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας της γης ή και των υπογείων υδάτων της γης, τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη (Βραχόπουλος, 2009), (Αρβανίτης, 2008). Οι αντλίες αυτές είναι τα ρηχότερα γεωθερμικά συστήματα που ταξινομούνται ως συμβατικά ενεργειακά συστήματα (Ayling, 2007).

Το πλεονέκτημα της αντλίας αυτής είναι ότι χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία εδάφους ως πηγή θερμότητας. Η αντλία αυτή αξιοποιεί βασικά τη σταθερή θερμοκρασία επιφάνειας της γης μέχρι μικρά βάθη με μέγιστο βάθος αυτό των 150m (αβαθής γεωθερμία). Έχει διαπιστωθεί ότι οι συνθήκες χαμηλής ενθαλπίας έως αυτό το βάθος, όπου εμφανίζονται θερμοκρασίες μικρότερες από 30°C μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ψύξης ή θέρμανσης στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα. Για παράδειγμα, τον χειμώνα το κρύο ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στην συσκευή οδηγείται μέσω της αντλίας στους υπόγειους αγωγούς έτσι ώστε να μπορεί να απορροφήσει τη σχετικά μεγαλύτερη περιβαλλόμενη θερμοκρασία. Το ζεστό νερό επανακυκλοφορεί στη συνέχεια μέσω σωλήνων για τη θέρμανση των κτιρίων.

Η ίδια βασική αρχή λειτουργεί το καλοκαίρι, όταν το υγρό που κυκλοφορεί μέσα στην συσκευή, θερμαίνεται από την περιβαλλόμενη εξωτερική θερμοκρασία και έτσι οδηγείται μέσω της αντλίας στους υπόγειους σωλήνες έτσι ώστε να μεταφέρει τη θερμότητα. Στην συνέχεια το υγρό επιστρέφει στην επιφάνεια και επανακυκλοφορεί μέσω των σωλήνων για τον κλιματισμό των κτιρίων (Ayling, 2007), (Βραχόπουλος, 2009), (Αρβανίτης, 2008).

Παρακάτω απεικονίζεται μια τέτοια γεωθερμική αντλία θερμότητας και η αρχή λειτουργίας της:





**Εικόνα 1.10: Γεωθερμική αντλία θερμότητας εδάφους GHP (Βραχόπουλος, 2009)**

Γενικά, κάθε αντλία θερμότητας έχει τα δικά της θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας. Οι αντλίες θερμότητας που προσφέρουν θέρμανση λειτουργούν μέχρι τους  $-15^{\circ}\text{C}$  και μέχρι τους  $-25^{\circ}\text{C}$ . Η αντλία θερμότητας αντλεί μέχρι και το 75% της ενέργειας που αποδίδει από την ατμόσφαιρα. Η απόδοση υπολογίζεται με το συντελεστή απόδοσης (COP). Για παράδειγμα, συντελεστής COP 3, σημαίνει ότι για την κατανάλωση κάθε μίας κιλοβατώρας (kWh) ηλεκτρικού ρεύματος συντελείται παραγωγή 3 θερμικών kWh. Γενικά η απόδοση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας είναι πάντα μικρότερη από την ενέργεια που καταναλώνεται (Ομιλος Εταιρειών Καμιτσάκης).

Σήμερα η αντλία θερμότητας θεωρείται και είναι από τους πιο οικονομικούς και φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους θέρμανσης ή ψύξης εσωτερικών χώρων εξαιτίας παραγόντων όπως (Εταιρεία Thermoplanart), (Ομιλος Εταιρειών Καμιτσάκης), (Εταιρεία Tritherma):

- Απαλλαγή από την αναζήτηση στερεού ορυκτού καυσίμου με τελικό αποτέλεσμα την εκπομπή μηδενικών τοξικών ρύπων
- Μικρές απαιτήσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και μάλιστα εξοικονόμηση ενέργειας έως και 70% σε σχέση με το πετρέλαιο
- Κανένας ειδικός χώρος στο λεβητοστάσιο, εξαερισμός, καμινάδα και δεξαμενή καυσίμου.
- Εύκολη τοποθέτηση
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση

### **1.3.2 Ηλεκτρικοί θερμοπομποί**

Οι ηλεκτρικοί θερμοπομποί θεωρούνται και αυτές σύγχρονες, ηλεκτρικές συσκευές τοπικής θέρμανσης. Αποτελούνται από: i) Ένα θερμαντικό στοιχείο (ηλεκτρική αντίσταση), ii) Ένα όργανο ελέγχου (μηχανικό ή ηλεκτρονικό θερμοστάτη) και iii) Περίβλημα, το οποίο είναι το κύριο σώμα του θερμοπομπού (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014).

Η τοποθέτηση των θερμοπομπών μπορεί να γίνει άνετα σε όλους τους χώρους του σπιτιού, αφού εγκαθίστανται με απλό τρόπο και λειτουργούν μόνο με μία κοινή πρίζα. Η λειτουργία τους έγκειται στο ότι ο ψυχρός αέρας του χώρου που βρίσκεται στα χαμηλότερα στρώματα του δωματίου μπαίνει στο κάτω μέρος του θερμοπομπού και θερμαίνεται με βάση το φαινόμενο Joule (λόγω υψηλών θερμοκρασιών) από την ηλεκτρική αντίσταση που είναι τοποθετημένη στον θερμοπομπό. Στην συνέχεια αυτός ο θερμός αέρας βγαίνει από το πάνω μέρος του θερμοπομπού (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014).

Ως ηλεκτρική αντίσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε γυμνό σύρμα (Naked wire ή Comb element), είτε ένα σιδερένιο θερμοαντικό στοιχείο με πτερύγια αλουμινίου (Shielded element). Οι αντιστάσεις με γυμνό σύρμα προσφέρουν πολύ γρήγορη διάχυση θερμότητας ενώ επίσης αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες στο στοιχείο, οι οποίες φτάνουν ακόμη και τους 500°C. Εξαιτίας των υψηλών όμως θερμοκρασιών λαμβάνει χώρα περισσότερη καταπόνηση και μικρότερη διάρκεια ζωής. Ιδιαίτερα μεγάλες θερμοκρασίες αναπτύσσονται και στα σιδερένια θερμοαντικά στοιχεία (Shielded element) με πτερύγια αλουμινίου, οι οποίες φτάνουν ακόμη έως και 450°C.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι εξαιτίας των συστολών-διαστολών του θερμοαντικού στοιχείου δημιουργούνται έντονοι θόρυβοι ιδιαίτερα κατά το άναμμα και το κλείσιμο της συσκευής (Εταιρεία APPLIMO).



**Εικόνα 1.11: Θερμοπομπός (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014)**

Εφόσον θερμανθεί ο αέρας, στην συνέχεια συντελείται ανύψωση και εξαγωγή του από την κορυφή της συσκευής του θερμοπομπού προς το δωμάτιο. Αυτό λαμβάνει χώρα με φυσική κυκλοφορία με αποτέλεσμα να ανεβαίνει γρήγορα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου. Σημαντικό ρόλο σε έναν θερμοπομπό αποτελεί η κατεύθυνση του θερμού αέρα που εξέρχεται από τον θερμοπομπό. Εάν η έξοδος του αέρα γίνεται από την κορυφή της συσκευής



κατακόρυφα, τότε όλος ο θερμός αέρας κινείται προς την οροφή του δωματίου και δεν διαχέεται σωστά στον χώρο. Είναι σημαντικό για την σωστή διάχυση του θερμού αέρα και την κατάλληλη θέρμανση του περιβάλλοντος χώρου, να υπάρχουν τοποθετημένα στον θερμοπομπό κεκλιμένα πτερύγια με κλίση προς τα κάτω. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν ο θερμός αέρας εξέρχεται, εκείνος κατευθύνεται χαμηλά στο εσωτερικό του δωματίου.

Μόνο έτσι συντελείται αποτελεσματική και ομοιόμορφη διάχυση του αέρα στον χώρο και εμποδίζεται η εισροή σκόνης στη συσκευή (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014) (Εταιρεία APPLIMO).

Όσο για το θερμοστάτη των θερμοπομπών αυτός μπορεί να είναι μηχανικός ή ηλεκτρονικός. Ένας μηχανικός θερμοστάτης έχει ακρίβεια  $+1^{\circ}\text{C}$ , ενώ ένας ηλεκτρονικός θερμοστάτης έχει ακρίβεια  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . Επίσης οι θερμοπομποί διαθέτουν και αισθητήρια θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου (Εταιρεία APPLIMO).

Για μέγιστη ασφάλεια θα πρέπει στις ηλεκτρικές αυτές συσκευές να υπάρχει σύστημα αυτόματης διακοπής και επανέναρξης της λειτουργίας τους. Εξαιτίας των ιδιαίτερα υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο θερμαντικό στοιχείο υπάρχει ακόμα και κίνδυνος πυρκαγιάς (Εταιρεία APPLIMO).

Συναντιώνται διάφοροι τύποι και μεγέθη θερμοπομπών ανάλογα με τις ανάγκες του καταναλωτή. Η ισχύς λειτουργίας τους βρίσκεται δε μεταξύ των 500 W – 2.500 W (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014).

Σημαντικά θεωρούνται τα πλεονεκτήματα των θερμοπομπών όπως (Εταιρεία APPLIMO), (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014):

- Δεν είναι ογκώδεις συσκευές
- Έχουν απόδοση  $\sim 100\%$ , κάτι το οποίο σημαίνει ότι όλη η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.
- Κοστίζουν λίγο
- Τοποθετούνται με μηδενικό κόστος
- Διαθέτουν αυτόματο σύστημα έναρξης και διακοπής της λειτουργίας
- Δεν εκπέμπονται καυσαέρια
- Τη θέρμανση που παράγουν την αποδίδουν  $100\%$  στον περιβάλλον χώρο
- Δεν απαιτείται συντήρηση

Μειονέκτηματα αντίθετα για έναν θερμοπομπό είναι τα εξής (Εταιρεία APPLIMO), (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014):

- Για τη θέρμανση ενός μεγάλου δωματίου απαιτούνται παραπάνω από ένας. Η θέρμανση δεν είναι η κατάλληλη σε απομακρυσμένα σημεία ενός περιβάλλοντος χώρου
- Ανακυκλώνουν τον αέρα και τη σκόνη.

### 1.3.3 Θερμοσυσσωρευτές

Μια άλλη συσκευή που παρέχει θερμότητα σε εσωτερικό χώρο και λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την ενέργεια που παράγεται μετά από την καύση πετρελαίου είναι και οι θερμοσυσσωρευτές.

Οι θερμοσυσσωρευτές καταναλώνουν ρεύμα μόνο τις ώρες του μειωμένου τιμολόγιου (κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας), αποθηκεύουν θερμότητα και την αποδίδουν στο χώρο τους για όλο το 24ωρο. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται μεγάλη εξοικονόμηση στο κόστος κατανάλωσης αλλά και συνεχόμενη θέρμανση 24 ώρες το εικοσιτετράωρο (Εταιρεία ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗ), (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Υδραυλικός, 2012).

Η αποθήκευση της θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας λαμβάνει χώρα στα πυρότουβλα από τα οποία είναι κατασκευασμένοι οι θερμοσυσσωρευτές. Κατά τη διάρκεια της ημέρας και χάρη στον ειδικά ρυθμιζόμενο θερμοστάτη συντελείται διάχυση της θερμότητας στον περιβάλλον χώρο. Η λειτουργία των θερμοπομπών γίνεται δε μέσω ειδικών ρελέ, τα οποία ενεργοποιούνται αυτόματα, μέσω ενός χρονοδιακόπτη ή ενός θερμοστάτη χώρου, ο οποίος ρυθμίζεται ανάλογα (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Υδραυλικός, 2012).



**Εικόνα 1.12: Θερμοσυσσωρευτής (Εταιρεία Παπαδόπουλος)**

Οι θερμοσυσσωρευτες μπορούν να δουλέψουν είτε με μονοφασικό αλλά και με τριφασικό ρεύμα (για την παραγωγή μεγαλύτερης ισχύος) και ταξινομούνται σε 2 κατηγορίες, στους δυναμικούς και στους στατικούς (Εταιρεία ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗ).

Οι δυναμικοί εκπέμπουν θερμότητα μέσω της επιφάνειας τους και μέσω ενός ανεμιστήρα. Αντίθετα, οι στατικοί εκπέμπουν θερμότητα μέσω της επιφάνειας τους με φυσική ροή του θερμού αέρα μέσω ενός κλαπέ στο επάνω μέρος. Με άλλα λόγια λαμβάνει χώρα φυσική μετάδοση θερμότητας για τους στατικούς θερμοσυσσωρευτές. Αντίθετα για τους δυναμικούς

θερμοσυσσωρευτές η εκπομπή του θερμού αέρα στο δωμάτιο δεν διεξάγεται με φυσικό τρόπο παρά μέσω ενός ανεμιστήρα.

Οι δυναμικοί θερμοσυσσωρευτές μπορεί να λειτουργήσουν πολύ καλά σε συνδυασμό με τους στατικούς θερμοσυσσωρευτές (Εταιρεία ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗ), (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Υδραυλικός, 2012).

Οι θερμοπομποί μπορεί να τοποθετούνται είτε στο δάπεδο (επιδαπέδιοι) είτε στον τοίχο (επιτοίχιοι). Παράλληλα το κάθε δωμάτιο ενός σπιτιού μπορεί να έχει το δικό του θερμοπομπό, με τον δικό του θερμοστάτη, ώστε να είναι ανεξάρτητο από τα άλλα (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress).

Όσο για την ισχύ του θερμοσυσσωρευτή που απαιτείται για τη θέρμανση εσωτερικού χώρου συγκεκριμένων  $m^2$ , ορισμένα ζεύγη τιμών δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 1.2:** Ισχύς θερμοσυσσωρευτή με βάση την έκταση του απαιτούμενου χώρου (Εταιρεία ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗ)

ΧΩΡΟΣ	ΙΣΧΥΣ
ΕΩΣ $12m^2$	2kw
ΕΩΣ $18m^2$	3kw
ΕΩΣ $25m^2$	4kw

Σημαντικά

θεωρούνται τα πλεονεκτήματα των θερμοσυσσωρευτών όπως (Εταιρεία ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΗ), (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Υδραυλικός, 2012):

- Κατανάλωση ρεύματος κατά τη διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερο κόστος. Μπορεί να γίνει εξοικονόμηση του κόστους ακόμη και κατά 20%
- Εμφανίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Φιλική λύση προς το περιβάλλον καθώς δεν εκπέμπονται τοξικοί ρύποι
- Οικονομική αυτόνομη θέρμανση και ανεξάρτητη από άλλες πηγές ενέργειας
- Εύκολη τοποθέτηση ακόμη και σε μεγάλες κατοικίες, σε εξοχικά, σε μεγάλα τουριστικά συγκροτήματα, σε ξενοδοχεία και νοσοκομεία.
- Τοποθετούνται είτε στο δάπεδο είτε στον τοίχο ενός σπιτιού
- Δεν χρειάζονται ουσιαστικά καμία συντήρηση.
- Απολύτως ασφαλείς συσκευές

Ωστόσο οι θερμοσυσσωρευτές εμφανίζουν αρκετά μεγάλο βάρος (ακόμη και έως και τα 350 κιλά), ενώ και από άποψη όγκου, θεωρούνται αρκετά ογκώδεις συσκευές (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress).

### 1.3.4 Ηλεκτρικοί λέβητες

Οι ηλεκτρικοί λέβητες τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα από το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ η λειτουργία τους βασίζεται στον παραδοσιακό τρόπο θέρμανσης του νερού των

θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ). Η εγκατάστασή τους γίνεται εύκολα και γρήγορα χωρίς να απαιτείται μεγάλος χώρος και καπνοδόχους και δεξαμενές καυσίμων. Η εφαρμογή τους θεωρείται ιδανική σε μόνιμες και εξοχικές κατοικίες, διαμερίσματα και επαγγελματικούς χώρους. Ως εκ τούτου οι ηλεκτρικοί λέβητες είναι μια συμφέρουσα λύση για θέρμανση και ζεστό νερό (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014).

Οι διαστάσεις του ηλεκτρικού λέβητα μοιάζουν με τις διαστάσεις ενός ντουλαπιού. Ο ηλεκτρικός λέβητας κατά κύριο λόγο τοποθετείται στο εσωτερικό του σπιτιού (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress).



**Εικόνα 13: Ο ηλεκτρικός λέβητας μοιάζει με ντουλάπι και μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα στο εσωτερικό του δωματίου (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress)**

Στους ηλεκτρικούς λέβητες είναι ενσωματωμένα: i) 3 ηλεκτρικά στοιχεία, ii) Γενικός διακόπτης, iii) Κυκλοφορητής, iv) Θερμοστάτης ασφαλείας, v) Ηλεκτρονικός έλεγχος, vi) Πίνακας λειτουργιών, vii) Μανόμετρο, viii) Θερμόμετρο, ix) Κλειστό δοχείο διαστολής. Ο συντελεστής απόδοσής τους φτάνει το 99%. Δηλαδή πραγματοποιείται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική χωρίς σχεδόν καθόλου απώλειες (Ηλεκτρονική Εφημερίδα ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 2014), (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress).

Για ένα διαμέρισμα με εμβαδό 50 – 100 τετραγωνικά, απαιτείται λέβητας ονομαστικής ισχύος 8KW, ενώ για κατοικίες με εμβαδό έως και 180 τ.μ η απαιτούμενη ισχύς αγγίζει τα 14KW. Όσον αφορά το κόστος, η τιμή για την αγορά ενός ηλεκτρικού λέβητα αρχίζει από τα 700 ευρώ (στην περίπτωση συσκευής μικρής ισχύος) και μπορεί να φτάσει έως και τα 2.000 ευρώ (τριφασικός λέβητας μεγάλης ισχύος για τη θέρμανση μεγαλύτερου μεγέθους κατοικιών) (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress).

## 1.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 28/2009, ως βιομάζα ορίζεται ως το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης (ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΚΑΠΕ). Ως βιομάζα γενικά συμπεριλαμβάνονται οι (Παναγιάρης, 2009), (ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΚΑΠΕ):.

**I) Ξυλουργικά/Δασικά υπολείμματα & Ενεργειακές καλλιέργειες:** Ως ξυλουργικά υπολείμματα θεωρούνται: i) Υπολείμματα ξύλου από χαρτοβιομηχανίες, πολτοβιομηχανίες και από ξυλουργεία (πριονίδι), ii) Υπολείμματα από χώρους αποθήκευσης ξύλων και υπολείμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις. Ως δασικά υπολείμματα θεωρούνται: i) Νεκρά ξύλα, ii) Υπολείμματα κήπων, iii) Κλαδέματα δένδρων.

Στις δε ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνονται δένδρα, θάμνοι και πόες από: Υβρίδια λεύκας, ιτιά, ευκάλυπτος, ψευδοακακία, Καλάμι, αγριαγκινάρα, σακχαρούχο σόργο, μίσχανθος.



Εικόνα 14: Ηλιάνθος (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Πόρταλ ENERGYPRESS, 2011)

II) Φυτικά έλαια και ζωικά λίπη

**III) Βιολογικά απόβλητα:** Τέτοια μπορεί να είναι χρησιμοποιημένο λάδι (μαγειρικό λάδι), ζωικά λιπάσματα και βιολογικά οικιακά απορρίμματα, φυτικά απόβλητα. Οι ποσότητες είναι περιορισμένες στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο οι πρώτες ύλες διατίθενται δωρεάν, και τα προβλήματα διαχείρισης των αποβλήτων μειώνονται.

Η ενέργεια που προκύπτει από τη βιομάζα είναι γνωστή ως βιοενέργεια. Η βιοενέργεια αποτελεί γενικά μία ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία αποθηκεύεται μέσα στο εσωτερικό των φυτικών οργανισμών. Αυτό λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της

φωτοσύνθεσης όπου συντελείται η ανάπτυξη των φυτών. Άλλη πηγή προέλευσης βιοενέργειας είναι και σε ζωικούς οργανισμούς καθώς στα λιπίδια ζωντανών οργανισμών πραγματοποιείται αποθήκευση ενέργειας (ΟΔΗΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ-BISYPLAN).

Ως βιοκαύσιμα (biofuels) ονομάζονται τα στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα και στα οποία περιέχεται βιοενέργεια. Λόγω της προέλευσης, της χρήσης, του τρόπου παραγωγής τους και της διανομής τους τα βιοκαύσιμα ως ανανεώσιμα καύσιμα, έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως είναι οργανικής προέλευσης ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση κι έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό (Παναγιάρης, 2009). Κύριες εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα είναι στην (ΚΑΠΕ-Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), (Παναγιάρης, 2009):

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου
- Τηλεθέρμανση
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Πέρα από την προστασία του περιβάλλοντος η αξιοποίηση της βιομάζας συμβάλλει (ΚΑΠΕ-Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας):

- Στην ανάπτυξη της οικονομίας μέσω νέων επενδύσεων
- Στην ανασυγκρότηση του μοντέλου ανάπτυξης του αγροτικού τομέα
- Στη μείωση του ενεργειακού κόστους στη βιομηχανία
- Στην ενίσχυση οικονομικής δραστηριότητας των μικρομεσαίων επιχειρήσεων
- Στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και τη συγκράτηση πληθυσμού στην περιφέρεια
- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος
- Στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές

#### **1.4.1 Στερεά βιοκαύσιμα για συσκευές θέρμανσης με βιομάζα**

Τα στερεά βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται σήμερα ιδιαίτερα στην παραγωγή θερμότητας μέσω της χρήσης τους σε λέβητες, σε ξυλόσομπες κτλ. Χαρακτηριστικότερα είδη στερεών βιοκαυσίμων θεωρούνται τα εξής:

#### I) Pellets

Από τα πιο διαδεδομένα στερεά βιοκαύσιμα θεωρούνται τα pellets, τα οποία παράγονται γενικά από υπολείμματα ή παραπροϊόντα γεωργικών / δασικών εφαρμογών ή υπολείμματα βιομηχανιών ξύλου αλλά και από κορμούς (Δασικής / Γεωργικής προέλευσης βιομάζα/Ξυλουργικά υπολείμματα). Τα pellets παράγονται από κονιοποιημένη βιομάζα με χρήση πρέσας (πελλετοποίηση, pelletizing). Στο στάδιο αυτό και εξαιτίας της πρέσας, η πίεση μεταξύ των ξυλωδών κόκκων αυξάνεται πολύ σημαντικά (μέχρι και άνω των 20 MPa). Την ίδια χρονική στιγμή αυξάνονται κατακόρυφα οι τριβές μεταξύ των, με άμεση συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας (έως 100-130°C) (Μαντάνης, 2015), (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014).

Με την πελετοποίηση: i) Η πυκνότητα του υλικού αυξάνεται, ii) η υγρασία του υλικού μειώνεται πολύ, και iii) η λιγνίνη (lignin) του ξύλου δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης. Μαλακώνει προσωρινά και μετά τη διαδικασία της πελλετοποίησης (βλ. ψύξη) στερεοποιείται (Μαντάνης, 2015), (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014).

Τα pellets πρώτα αποφλοιώνονται, θρυμματίζονται, ξηραίνονται, αλέθονται και κλιματίζονται προτού συντελεστεί η πελετοποίηση. Τα pellets φέρουν κυλινδρική μορφή με κυμαινόμενο μήκος (L=5-40 mm) και σπασμένες άκρες (Μαντάνης, 2015).



**Εικόνα 15: Pellets (Μαντάνης, 2015)**

Το 2015 η παραγωγή pellets ανήλθε σε 35 εκατομμύρια τόνους ενώ πρωτοπόρες χώρες στην παραγωγή pellets θεωρούνται η Σουηδία και η Γερμανία (Μαντάνης, 2015).

#### II) Μπριγκέτες



Οι μπρικέτες ξύλου προκύπτουν από υψηλή συμπίεση ξυλώδους βιομάζας και χάρη στην λιγνίνη που απελευθερώνεται κατά την συμπίεση, γίνεται συμπαγής χωρίς να υπάρχει ανάγκη να προστεθούν χημικές ουσίες ως συγκολλητικά μέσα. Έχουν μικρά ποσοστά υγρασίας από (6-8%) σε σχέση με τα κοινά καυσόξυλα, των οποίων τα ποσοστά μπορούν να φτάσουν σε πολλές περιπτώσεις ακόμη και το 60% και έτσι εμφανίζουν μεγαλύτερη απόδοση κατά την καύση (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014), (Όμιλος Alfa Wood Group).



**Εικόνα 16: Μπρικέτες (Όμιλος Alfa Wood Group)**

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση σε συμβατικά και ενεργειακά τζάκια, ξυλολέβητες, ξυλόσομπες ακόμη και σε ξυλοφούρνους αρτοποιίας. Καίγονται με πολύ αργό ρυθμό και η καύση τους εμφανίζει διπλάσια διάρκεια από τα ξύλα. Συνεισφέρουν μηδαμινά στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) καθώς οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται και πάλι στα ίδια τα φυτά για την επαναδημιουργία βιομάζας. Αποτελούν επομένως ένα καθαρό, οικολογικό καύσιμο (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014), (Όμιλος Alfa Wood Group).

### III) Θρυμματισμένα τεμάχια ξύλου (Wood chips)

Τα wood chips είναι μικρά κομμάτια ξύλου που κόβονται από ειδικούς μύλους σε πολύ μικρά μεγέθη της τάξης των mm. (Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia), (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014) Πρώτες ύλες μπορεί να είναι είτε (Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia), (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014):

- α) Κομμάτια ξύλου, ακατάλληλα για άλλες χρήσεις, προερχόμενα από εργοστάσια παραγωγής ξυλείας,
- β) Δένδρα και τμήματα δένδρων που προέρχονται από υλοτομία δασών, διανοίξεις δρόμων, κλπ.





**Εικόνα 17: Θρυμματισμένα τεμάχια ξύλου (Woodchips) (Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia)**

Τα woodchips χρησιμεύουν για την παραγωγή ενέργειας (θερμότητας και ηλεκτρισμού). Το ενεργειακό περιεχόμενο σε  $1\text{m}^3$  woodchips είναι συνήθως υψηλότερο από το αντίστοιχο ενεργειακό περιεχόμενο σε ένα  $1\text{m}^3$  ξύλο, αλλά μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την υγρασία. Τα ποσοστά υγρασίας κυμαίνονται μεταξύ 10-30% ενώ σε αυτά του ξύλου μπορούν να ανέλθουν ακόμη και στο 60%. Το ενεργειακό περιεχόμενο για τέτοια ποσοστά υγρασίας είναι περίπου 3.5-4,5kWh / kg. Και σε αυτήν την περίπτωση οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) είναι ουδέτερες καθώς οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση των woodchips δεσμεύονται και πάλι στα ίδια τα φυτά (Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia), (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014).

#### IV) Ελαιοπυρηνόξυλο

Το ελαιοπυρηνόξυλο λαμβάνεται από την επεξεργασία της ελιάς στο ελαιουργείο, όπου παράγεται ελαιόλαδο και ελαιοπυρήνα. Μετά επέρχεται η άλεση και η ξήρανση της ελαιοπυρήνας σε περιστροφικά κυλινδρικά ξηραντήρια μέχρι να ελαχιστοποιηθούν τα ποσοστά υγρασίας της από 10% έως 12% (Κοντούλη, 2009).

Στη συνέχεια συντελείται ο εκχυλισμός του πυρηνέλαιου με εξάνιο ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) ως διαλύτη και παράγεται το ελαιοπυρηνόξυλο (Κοντούλη, 2009).



**Εικόνα 18: Ελαιοπυρηνόξυλο (Κοντούλη, 2009)**

Ο διαχωρισμός του ελαίου από το εξάνιο γίνεται με απόσταξη σε κατάλληλες στήλες (αποστακτήρες) όπου λαμβάνεται το πυρηνέλαιο και ανακτάται το εξάνιο το οποίο χρησιμοποιείται ξανά. Ορισμένα πυρηνελαιουργεία διαθέτουν μονάδες όπου διαχωρίζεται το ελαιοπυρηνόξυλο σε δύο τμήματα, το ένα πλούσιο σε κυτταρίνες και το άλλο πλούσιο σε πρωτεΐνες (Κοντούλη, 2009).

Πέρα όμως από αυτά τα 4 είδη στερεων βιοκαυσίμων και άλλα φυτικά υπολείμματα: Όπως άχυρο, υπολείμματα από καλλιέργειες ρυζιού, σακχαροκαλάμων, καλαμποκιού, σόγιας αλλά και καρυδιών και άλλων καρπών αποτελούν μία πλούσια πηγή βιομάζας (Κατσίρη, 2011).

#### **1.4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση στερεών βιοκαυσίμων**

##### **I) Τζάκια ξύλου**

Μεγάλο ρόλο στην εγκατάσταση ενός τζακιού παίζει η τοποθέτηση της καπνοδόχου καθώς πρέπει να μένει ανοιχτή ώστε να φεύγουν σωστά τα καυσαέρια. Πρέπει επίσης να υπάρχει μια σίτα μπροστά από την φλόγα ή κλειστό το τζάμι του ενεργειακού τζακιού για προστασία από υπολείμματα καύσης τα οποία μπορούν να πεταχτούν εκτός τζακιού και να προκαλέσουν πυρκαγιά στο χώρο. Μετά το τέλος της χρήσης τζακιού θα πρέπει να καθαρίζει η καπνοδόχος από την τέφρα (Τζάκια Δαβρής).

Μειονέκτημα από την χρήση του τζακιού είναι ότι εκπέμπονται ρύποι όπως λεπτά σωματίδια, μονοξειδίο του άνθρακα, φορμαλδεΐδη, διοξειδίο του θείου και διάφορα ερεθιστικά αέρια όπως τα οξειδία του αζώτου που μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστικές ασθένειες (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Onmed, 2014). Τα καυσόξυλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπορεί να είναι είτε μαλακής ξυλείας (όπως για παράδειγμα πεύκο, έλατο κλπ) είτε σκληρά ξύλα (δρυς κλπ). Η διαφορά τους βρίσκεται στην πυκνότητα του ξύλου. Όσο πιο μικρή είναι η πυκνότητα του

ξύλου τόσο με μεγαλύτερη ευκολία γίνεται η καύση τους. Αντίθετα τα σκληρά ξύλα που έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα, χρειάζονται περισσότερη ώρα για να καούν (Μπαρούτας).

Γενικά για το άναμμα μιας φωτιάς σε τζάκι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξύλα από διάφορα είδη δέντρων όπως: i) Ελατο, ii) Πεύκο, iii) Οξιά, iv) Δρυς, v) Ελιά. Το ξύλο του ελάτου έχει τη μεγαλύτερη θερμική απόδοση από όλα τα υπόλοιπα είδη ξύλων με 4895 Kcal ανά κιλό καιόμενου ξύλου. Το ξύλο του πεύκου είναι γρήγορο στο άναμμα και καίγεται εύκολα. Το ξύλο της οξιάς δεν πετάει φλόγες και παράγει ήρεμη φλόγα, το ξύλο της βελανιδιάς δεν πετάει σπίθες ενώ τέλος το ξύλο του πουρναριού παρέχει και αυτό καλή θερμική απόδοση.

Τα καυσόξυλα θα πρέπει να είναι ξερά τουλάχιστον 4 με 6 μήνες πριν χρησιμοποιηθούν. Παράλληλα, ο αριθμός των καυσόξυλων που θα χρησιμοποιηθούν βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την έκταση του χώρου που απαιτείται να θερμανθεί και την θερμική απόδοση της εστίας. Για μια εστία με απόδοση 100% τότε απαιτούνται 2.38 ξύλα την ώρα ώστε να αναπτύσσεται ισχύ στον χώρο 4.2 kw (Μπαρούτας), (Τζάκια Αλέξανδρος).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι πέρα από τα παραδοσιακά τζάκια ξύλων υπάρχουν και τα ενεργειακά τζάκια ξύλων. Αυτά διακρίνονται για την μεγάλη τους θερμική απόδοση και την ελεγχόμενη κατανάλωση ξύλου. Αυτό σημαίνει ότι μία καλή εστία ενεργειακού τζακιού καταναλώνει λιγότερα κιλά καυσόξυλα από τα παραδοσιακά τζάκια. Παράλληλα, η καύση που γίνεται εντός της ενεργειακής εστίας είναι τελείως διαφορετική από ότι στο παραδοσιακό τζάκι αφού η θερμότητα μένει στην εστία, και δεν φεύγει αμέσως στην ατμόσφαιρα από την καμινάδα (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Thermansipress). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι πέρα από τα τζάκια ξύλου υπάρχουν και τζάκια όπου ως στερεό καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μπρικέτα ή πέλλετ (Εταιρεία Agrowood). Μάλιστα αυτού του είδους τζάκια εμφανίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς η μπρικέτα και το πέλλετ (Εταιρεία Agrowood):

- Έχουν χαμηλά ποσοστά υγρασίας
- Έχουν πολύ υψηλή θερμογόνο δύναμη και παράγουν μεγάλα ποσά θερμότητας
- Παρέχουν καθαρή καύση με αποτέλεσμα να μην λερώνει εύκολα η καμινάδα και να μην απαιτούνται τακτικά επαναλαμβανόμενοι καθαρισμοί.
- Η ταχύτητα απόδοσης είναι ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα. Ανάβουν εύκολα και γρήγορα παρέχουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση.

Το μειονέκτημα είναι ότι οι μπρικέτες και τα ξύλα καίνε λιγότερη ώρα από κάποια είδη καυσόξυλων π.χ από μια ξερή οξιά, δηλαδή από ένα μαλακό σχετικά ξύλο (Εταιρεία Agrowood).

## II) Ξυλόσομπες

Η καύση των στερεών βιοκαυσίμων γίνεται αξιοποιήσιμη για την παραγωγή θερμότητας σε σόμπες ξύλου. Οι σόμπες ξύλου θεωρούνται μια διαχρονικά αξιόπιστη λύση σε ότι αφορά τη θέρμανση του σπιτιού, παρέχοντας υψηλή απόδοση αλλά και οικονομία σε σχέση με άλλα

καύσιμα. Παράλληλα οι χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων σε σχέση με εκείνες που παράγονται κατά την καύση του πετρελαίου παρέχουν δυνατότητες μεγαλύτερης οικολογικής θέρμανσης και σημαντικότερης εξοικονόμησης ενέργειας (Εταιρεία Leroy Merlin).

Οι ξυλόσομπες μπορούν να κατασκευαστούν από (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Πεμπτουσία):

- i) Χάλυβα (ατσάλι)
- ii) Χυτοσίδηρο (μαντέμι) ή από συνδυασμό των δύο αυτών υλικών

Παρακάτω απεικονίζονται 2 μαντεμένιες ξυλόσομπες διαφορετικής ισχύος 6KW και 13KW.



**Εικόνα 19: Μαντεμένιες ξυλόσομπες διαφορετικής ισχύος (6KW αριστερά και 13KW δεξιά)  
(Ηλεκτρονικό Περιοδικό Πεμπτουσία)**

Οι ξυλόσομπες αποτελούνται γενικά είτε από μονά είτε από διπλά τοιχώματα και η θέρμανση του χώρου γίνεται είτε με ακτινοβολία είτε αν συνδυαστεί ακτινοβολία και κυκλοφορία του ζεστού αέρα. Πολλές φορές στον χώρο καύσης μιας ξυλόσομπας τοποθετούνται και πυρότουβλα (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Πεμπτουσία).

Τα στερεά βιοκαύσιμα που θα τοποθετηθούν μέσα στην σόμπα θα πρέπει δε να μην εμφανίζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία. Τα ποσοστά των καυσόξυλων σε υγρασία δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το 12%. Σε διαφορετική περίπτωση οι ξυλόσομπες εμφανίζουν μειωμένες αποδόσεις, καθώς (πέρα του ότι το ανάμμά τους είναι πιο δύσκολο) μεγάλο μέρος της θερμότητας που παράγεται χάνεται για την εξάτμιση του νερού. Γενικά, τα καυσόξυλα θα πρέπει να ξηρανθούν υποχρεωτικά σε ξηραντήρια. Η τιμή των καυσόξυλων πάει με βάση το βάρος τους. Για καυσόξυλα 1kg, οι τιμή τους εντοπίζεται μεταξύ των 0.07€ και των 0.08€.

Όσο για την ισχύ της σόμπας που θα απαιτηθεί εξαρτάται δε από την έκταση του θερμαινόμενου χώρου. Έχει διαπιστωθεί ότι για τη θέρμανση 40 τ.μ. απαιτείται σόμπα ισχύος

5 KW ενώ για τη θέρμανση 120 τ.μ. απαιτείται σόμπα ισχύος 15 kW. Ο αριθμός των καυσόξυλων που θα χρησιμοποιηθούν σε ξυλόσομπα βασίζεται πάνω στην ισχύ της σόμπας που θέλουμε να παράγουμε. Έχει διαπιστωθεί ότι για την παραγωγή ισχύος 12KW (έκταση θερμαινόμενου χώρου 85-90 τ.μ.) απαιτούνται γενικά 3.5 έως 5.0kg καυσόξυλα ανά ώρα (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Πεμπτουσία).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σημαντική προϋπόθεση για την χρήση ξυλόσομπας είναι η σωστή εγκατάστασή της καθώς σε διαφορετική περίπτωση μια σόμπα που βγάζει καυσαέρια μέσα στο σπίτι βάζει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Για αυτό το λόγο θεωρείται σημαντική η ύπαρξη τρύπας για την καπνοδόχο σε κοντινό σημείο από τη θέση της σόμπας. Η καπνοδόχος θα πρέπει να είναι σε ύψος τουλάχιστον 3m (4m από το ύψος της σόμπας) και η έξοδός της να είναι μακριά από τοίχους, να ξεπερνά δηλαδή το ύψος του κτιρίου.

Παράλληλα σε μια απόσταση 60 εκατοστών από την ξυλόσομπα δεν θα πρέπει να τοποθετούνται επίπλα ή άλλα πράγματα εξαιτίας των παραγόμενων υψηλών θερμοκρασιών και της εκπεμπόμενης θερμότητας με συνέπεια να δημιουργηθεί σημαντική δυνατότητα πρόκλησης βλάβης ή ακόμη και πυρκαγιάς σε περίπτωση που καύτρες εκτοξευτούν από την καύση των ξύλων προς αυτά τα αντικείμενα. Ένας 2<sup>ος</sup> λόγος απομάκρυνσης των επίπλων από τον χώρο δίπλα στην σόμπα είναι η κατάλληλη διάδοση της παραγόμενης θερμότητας στον χώρο.

Γενικά υπάρχουν ξυλόσομπες που διαθέτουν φούρνο ώστε να γίνεται το μαγείρεμα αλλά και ξυλόσομπες που διαθέτουν ένα μικρό μπόιλερ με σκοπό την τροφοδότηση σωμάτων καλοριφέρ. Στην 2<sup>η</sup> περίπτωση απαιτείται όμως πολύπλοκη υδραυλική και ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Όσο για την αγορά τους, αυτή θεωρείται ιδιαίτερα οικονομική με τιμές που κυμαίνονται από 140-500€ για αγορά ξυλόσομπας ισχύος 5KW και 600-1800€ για αγορά ξυλόσομπας ισχύος 15KW (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Πεμπτουσία).

Πέρα από τις ξυλόσομπες υπάρχουν και οι σόμπες πέλλετ με κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά δεν απαιτείται καμινάδα παρά μια πολύ μικρή τρύπα περίπου 8 εκατοστών. Πολύ σημαντικό της πλεονέκτημα είναι η αυτόματη διακοπή της λειτουργίας της ενώ δεν απαιτείται να τροφοδοτείται με καύσιμο τακτικά αλλά περίπου 1 φορά την εβδομάδα. Επίσης αυτού του είδους οι σόμπες είναι πολύ πιο φιλικές προς το περιβάλλον καθώς δεν παράγεται αιθάλη ενώ και οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να είναι έως και 50% λιγότερες από αυτές της ξυλόσομπας (Σούλης).

### III) Λέβητες βιομάζας

Οι λέβητες βιομάζας βρίσκουν τελευταία πολλές εφαρμογές στην αλλά και αλλού για τη θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, καθώς παρουσιάζουν πολλά θετικά χαρακτηριστικά όπως (Εταιρεία Σαμαράς), (Μακεδονική Βιομηχανία Λεβήτων MAVIL SA), (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ):

1. Φιλικά προς το περιβάλλον σε σχέση με το πετρέλαιο (Ουδέτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα). Σε περίπτωση καύσης ξηρής βιομάζας δεν παράγεται καπνός.
2. Χαμηλό κόστος καυσίμου
3. Δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού
4. Ύπαρξη τοπικά της ενεργειακής πρώτης ύλης (Πολλές φορές υπάρχει και αδυναμία τροφοδοσίας με κάποια άλλη πρώτη ύλη π.χ. με φυσικό αέριο εάν η τοποθεσία του θερμοκηπίου δεν είναι η κατάλληλη). Ενισχύεται και η τοπική οικονομία.
5. Μικρή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος/Μικρά λειτουργικά κόστη
6. Απλή λειτουργία/Εύκολη συντήρηση
7. Μεγάλη διάρκεια ζωής

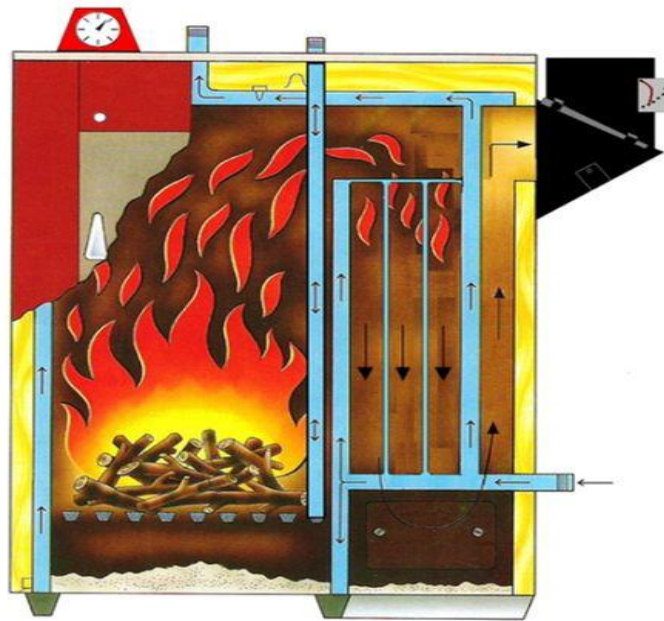
Οι λέβητες στερεών βιοκαυσίμων έχουν θάλαμο καύσης μεγαλύτερο σε διαστάσεις από τους άλλους λέβητες και χώρο όπου συγκεντρώνεται η τέφρα (στάχτη) που παράγεται. Ανάλογα με την καύσιμη ύλη, η απομάκρυνση της τέφρας μπορεί να γίνεται καθημερινά ή και πιο αραιά. Κατασκευάζονται από υλικά, όπως χάλυβα ή χυτοσίδηρο. (Εταιρεία Σαμαράς), (Μακεδονική Βιομηχανία Λεβήτων MAVIL SA), (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Λόγω της μικρότερης θερμιδικής απόδοσης της βιομάζας από αυτήν του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, οι λέβητες αυτοί εμφανίζουν μικρότερο βαθμό απόδοσης θερμότητας (συνήθως περί το **80%**) σε σχέση με έναν λέβητα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. (Σιάγκας, 2013). Υπάρχουν λέβητες στερεών βιοκαυσίμων αυτόματης λειτουργίας αλλά και λέβητες στερεών βιοκαυσίμων που λειτουργούν χειροκίνητα (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014). Ορισμένα παραδείγματα λεβήτων στερεών βιοκαυσίμων με τα χαρακτηριστικά τους περιγράφονται παρακάτω (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ), (Bioenergy):

#### A) Λέβητες ξύλου

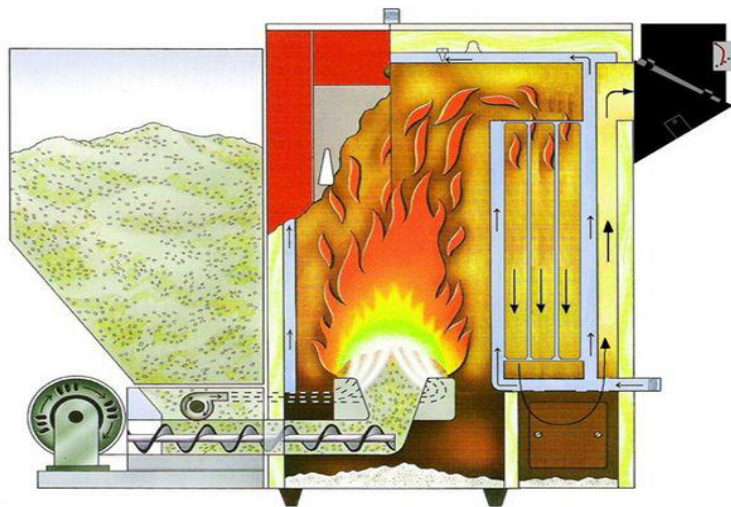
- Λειτουργούν απλά σε διάφορες θερμικές αποδόσεις (kcal/h)
- Εγκαθίστανται εύκολα
- Υπάρχει μηδενική κατανάλωση ρεύματος
- Υπό προϋποθέσεις υπάρχει μηδενικό κόστος λειτουργίας
- Καθαρίζονται ανά αραιά διαστήματα (1 φορά το μήνα έως μία φορά τον χρόνο)
- Παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης
- Μπορούν να γίνουν 3 γεμίσματα ξύλων την ημέρα
- Παρουσιάζουν χαμηλή θερμική φόρτιση στοιχείο που ισοδυναμεί με μεγάλη διάρκεια ζωής
- Μετατρέπονται εύκολα σε λέβητες pellets





**Εικόνα 20: Λέβητες ξύλου (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ)**

**B) Λέβητες πυρηνόξυλου**



**Εικόνα 21: Λέβητας πυρηνόξυλου (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ)**

- Λειτουργούν αυτόματα σε διάφορες θερμικές αποδόσεις (Kcal/h)
- Εγκαθίστανται με τον ίδιο τρόπο όπως με τον λέβητα πετρελαίου (εκτός καμινάδος)
- Καθαρίζονται ανά αραιά διαστήματα από 1 φορά το μήνα έως μία φορά τον χρόνο)
- Εμφανίζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης
- Παρουσιάζουν χαμηλή θερμική φόρτιση που σημαίνει μεγάλη διάρκεια ζωής
- Υπάρχει δυνατότητα καύσης διαφόρων καυσίμων σε ανάμιξη με πυρηνόξυλο όπως pellet, αμύγδαλο, φυστίκι, κ.α.

### Γ) Λέβητες pellets



Εικόνα 22: Λέβητας pellets (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ)

- Λειτουργούν αυτόματα σε διάφορες θερμικές αποδόσεις (Kcal/h)
- Εύκολη εγκατάσταση
- Οι λέβητες συντηρούνται εύκολα
- Καθαρίζονται ανά αραιά διαστήματα (1 φορά ανά τόνο καυσίμου)
- Εμφανίζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης
- Υπάρχει δυνατότητα αυτόματης τροφοδοσίας σιλό
- Ο χώρος αποθήκευσης καυσίμου και ο λέβητας είναι συνήθως σε διαφορετικούς χώρους ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς αλλά και για άλλους λόγους ασφάλειας (π.χ. σκόνη, αεριοποίηση, καθαριότητα).

Η θερμαντική ισχύς κάθε λέβητα βιομάζας εξαρτάται και από το ενεργειακό περιεχόμενο και την θερμιδική απόδοση του κάθε στερεού βιοκαυσίμου. Γενικά τα στερεά βιοκαύσιμα έχουν διαφορετικό ενεργειακό περιεχόμενο και θερμιδικές αποδόσεις κατά την καύση τους. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι θερμιδικές αποδόσεις για ορισμένους τύπους στερεής βιομάζας.

**Πίνακας 1.3:** Διάφορα είδη στερεών βιοκαυσίμων και οι θερμιδικές τους αποδόσεις (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ)

Στερεά Βιοκαύσιμα	Θερμιδική απόδοση (Kcal/kg)
Πυρηνόξυλο	3700-4300
Pellets	4500
Ξύλο	4000
Αμύγδαλο	4500



Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα τα Pellets εμφανίζουν τη μεγαλύτερη θερμιδική απόδοση (4500Kcal/kg) και άρα συνίστανται πρωτίστως για την χρήση τους σε λέβητες βιομάζας.

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι για θερμογόνο δύναμη pellets των 4500 Kcal/Kg και για συνολική ποσότητα 100.000 τόνων pellets προκύπτει ότι η ετησίως παραγόμενη ποσότητα είναι συνολικής ενεργειακής αξίας 450.000.000.000 Kcal. Αν θεωρηθεί ότι η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου είναι 10.200Kcal/kg (Εταιρεία ΣΑΜΑΡΑΣ) τότε συμπεραίνεται ότι η συνολική ενεργειακή αξία 100.000 τόνων pellets ισοδυναμεί με την ενεργειακή αξία 43.200 τόνων πετρελαίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΛΕΒΗΤΑΣ/ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ/ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ

### 2.1 Ο ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΑΝ ΣΥΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναλυτική περιγραφή του λέβητα ως συσκευή θέρμανσης καθώς και της αρχής λειτουργίας του λέβητα πετρελαίου και του λέβητα φυσικού αερίου.

Αρχικά τα βασικά μέρη τα οποία συναντώνται σχεδόν σε κάθε τύπο λέβητα είναι (Βουρλιώτης et al., 2011), (Αγτζιόγλου et al., 2010), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

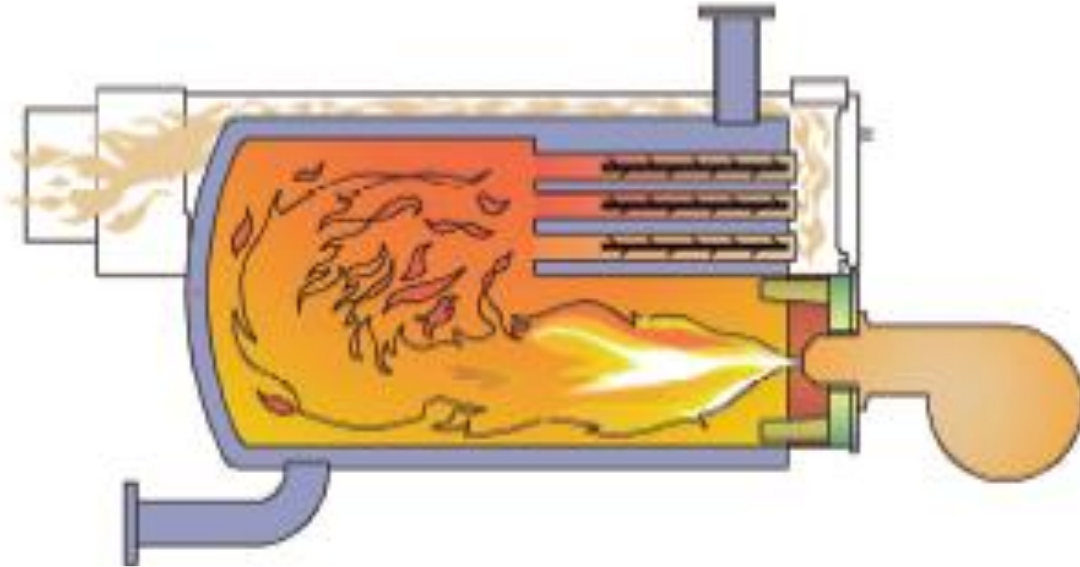
I) Η πόρτα πάνω στην οποία στηρίζεται ο καυστήρας, ο οποίος χρειάζεται για την έγχυση του καυσίμου. Στηρίζεται πάνω σε μεντεσέδες. Εκεί τοποθετείται και πυρίμαχο τσιμέντο ώστε να μην παρατηρούνται κατά τη λειτουργία του λέβητα θερμικές απώλειες στο περιβάλλον.

II) Ο φλογοθάλαμος όπου υπάρχει η εστία καύσης, στην οποία πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου και παραγόνται καυσαέρια. Το περίβλημα του φλογοθαλάμου είναι χαλύβδινο και περιβάλλει την εστία καύσης.

III) Ο καπνοθάλαμος και οι αεριαυλοί από τους οποίους περνούν ή περιβάλλουν τα καυσαέρια πριν εξέλθουν από το λέβητα προς τον καπναγωγό και την καπνοδόχο. Μέσα στους αεριαύλους μπορούν να τοποθετηθούν και στροβιλιστές. Αυτά είναι σπειροειδή, ελικοειδή ή πλακοειδή χαλύβδινα στοιχεία, τα οποία δημιουργούν στροβιλώδη ροή για τα καυσαέρια. Έτσι αυξάνει η ταχύτητά των καυσαερίων και με αυτόν τον τρόπο αυξάνει και ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας προς τα τοιχώματα.

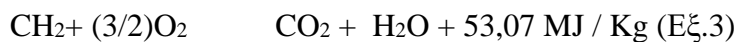
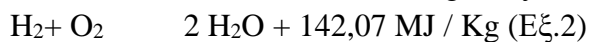
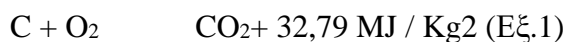
IV) Ο υδροθάλαμος, δηλαδή ο χώρος στον οποίο βρίσκεται το νερό που πρόκειται να θερμανθεί εξαιτίας της μεταφοράς της θερμότητας των παραγόμενων καυσαερίων προς τα τοιχώματα του υδροθαλάμου. Το περίβλημα του υδροθαλάμου έχει κυλινδρική μορφή και είναι κατασκευασμένο από χαλύβδινο έλασμα. Περιβάλλει εξωτερικά το λέβητα.

Βασική προϋπόθεση για τη λειτουργία κάθε λέβητα θεωρείται η καύση του καυσίμου, το οποίο εμπεριέχεται στον λέβητα. Ως καύση χαρακτηρίζεται η εξώθερμη χημική αντίδραση του οξυγόνου με κάποιο είδος καυσίμου ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνεται ενέργεια. Αυτή η καύση λαμβάνει χώρα στην εστία καύσης του φλογοθαλάμου του λέβητα (Βουρλιώτης et al., 2011), (Αγτζιόγλου et al., 2010).



**Εικόνα 2.1: Η καύση λαμβάνει χώρα μέσα στην εστία καύσης του λέβητα (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015)**

Στα προϊόντα της καύσης υπάρχουν το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα καύσης είναι τα ακόλουθα (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016):



Ανάλογα με την ποσότητα του οξυγόνου που προστίθεται στο θάλαμο καύσης για την καύση του καυσίμου διακρίνονται 3 είδη καύσης:

Στην πρώτη περίπτωση, όταν η ποσότητα του οξυγόνου που προστίθεται στο καύση είναι τέλεια και δεν περισσεύει οξυγόνο τότε χαρακτηρίζεται ως *στοιχειομετρική*.

Στην πράξη δεν μπορεί να υπάρξει στοιχειομετρική καύση και αυτό οφείλεται στην αδυναμία της πλήρους ανάμιξης του καυσίμου με τον αέρα. Αν η καύση γίνεται με μικρότερη από την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου τότε χαρακτηρίζεται ως *ατελής* και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μειωμένη απόδοση. Αυτό οφείλεται στο ότι διαφεύγει ποσότητα καυσίμου το οποίο δεν έχει καεί πλήρως. Στην περίπτωση όπου τα καυσαέρια περιέχουν υψηλή ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) αυτό σημαίνει ατελής καύση. Σε περίπτωση ατελούς καύσης εμφανίζονται αρνητικές συνέπειες τόσο στην απόδοση της καύσης όσο και στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος. (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Για να αποφευχθεί ατελής καύση διοχετεύεται στον χώρο καύσης μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από την στοιχειομετρική. Η ποσότητα αυτή χαρακτηρίζεται ως *περίσσεια αέρα*. Κατά τη περίσσεια αέρα, τα καυσαέρια περιέχουν μεγάλη ποσότητα οξυγόνου ( $O_2$ ). Η περίσσεια

αέρα δίνεται γενικά από τον τύπο (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016) :

$$\lambda=L/L_0$$

Όπου: λ: περίσσεια αέρα

- L: πραγματικά χρησιμοποιούμενος αέρας
- L<sub>0</sub>: θεωρητικά αναγκαία ποσότητα αέρα (στοιχειομετρική ποσότητα)

Σημαντικό ρόλο για την απόδοση της καύσης παίζει η ποσότητα της περίσσειας αέρα. Η περίσσεια του αέρα δεν μπορεί να είναι υψηλή διότι θα μειωθεί η απόδοση. Αυτό θα συμβεί διότι η περίσσεια αέρα θα μειώσει την θερμοκρασία των καπναερίων και άρα ο εναλλάκτης δεν θα μπορέσει να αντλήσει υψηλό ποσό θερμότητας από αυτά. Ένας ακόμη λόγος που η υψηλή περίσσεια αέρα θα μειώσει την απόδοση είναι ότι η ταχύτητα των καπναερίων θα είναι μεγάλη κατά την διέλευσή τους μέσα από τον εναλλάκτη με συνέπεια και πάλι την μικρή απόδοση.

Οι απώλειες θερμότητας στα καυσαέρια, οι οποίες είναι και οι πιο βασικές, ελαχιστοποιούνται όταν υπάρχει στην καύση η μικρότερη δυνατή περίσσεια αέρα, σε σχέση πάντοτε με την στοιχειομετρική ποσότητα αέρα (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Ορισμένες ενδεικτικές τιμές περίσσειας αέρα ανάλογα με το είδος καυσίμου δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 2.1: Περίσσεια αέρα ανάλογα με το είδος καυσίμου (Βουρλιώτης et al., 2011)**

Είδος καυσίμου	Περίσσεια αέρα
Πετρέλαιο	1,07-1,15
φυσικό αέριο	1,05
Λιγνίτης	1,25-1,30
Λιθάνθρακας	1,10-1,20

Η διοχέτευση του αέρα στο λέβητα στον χώρο καύσης πραγματοποιείται με δύο κυρίως τρόπους (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016):

- Με φυσική κυκλοφορία
- Με εξαναγκασμένη κυκλοφορία

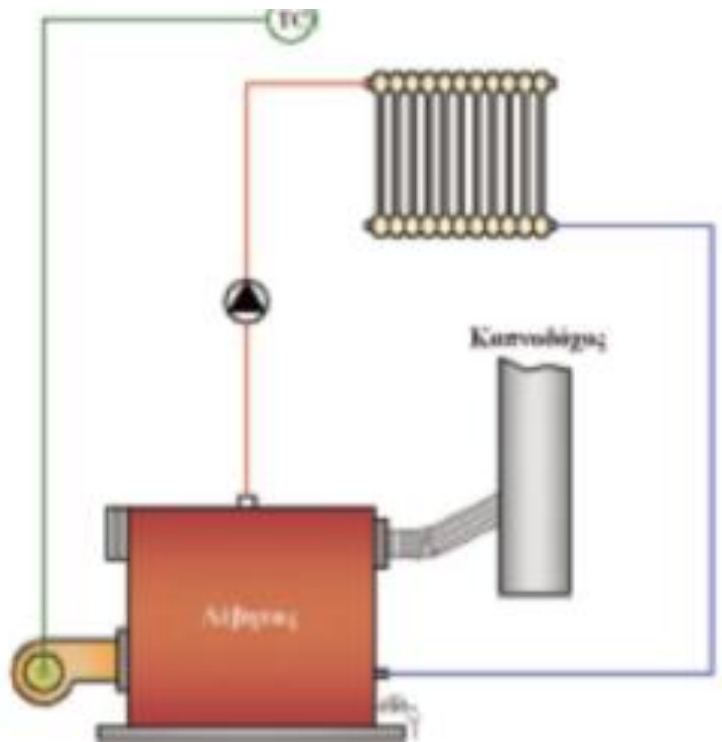
**I) Φυσική κυκλοφορία:** Χρησιμοποιείται σε μικρούς κυρίως λέβητες λόγω του ότι δεν προσφέρει έλεγχο της καύσης. Συνήθως η καύση γίνεται με μεγάλη περίσσεια αέρα.

**II) Εξαναγκασμένη κυκλοφορία:** Υπάρχει κάποια διάταξη, συνήθως κάποιος ηλεκτρικός φυσητήρας αέρα ο οποίος πολλές φορές έχει ρυθμιζόμενο αριθμό στροφών το οποίο εξασφαλίζει την σωστή ποσότητα αέρα για την καύση..

Σημαντικό ρόλο σε κάθε καύση παίζει και η ταχύτητα της καύσης καθώς όσο πιο μεγάλη είναι, τόσο με περισσότερο επιταχυνόμενο ρυθμό παράγεται θερμότητα, η οποία μεταφέρεται στον περιβάλλον χώρο. Αυτή εξαρτάται από τις διαστάσεις, τη θερμοκρασία και τη μορφή του χώρου καύσης, επίσης τη μορφή και το μέγεθος της καπνοδόχου καθώς και το είδος, την ποσότητα του καυσίμου – αέρα (αναλογία) και τον τρόπο αναμειξέωσ του (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2011).

Στην συνέχεια τα παραγόμενα καυσαέρια αποδίδουν στους αεριαύλους ένα σημαντικό μέρος από τη θερμότητά τους, η οποία μεταφέρεται με αγωγή και συναγωγή στα τοιχώματα και από εκεί στο εργαζόμενο μέσο (νερό), το οποίο βρίσκεται στον υδροθάλαμο. Κατά δεύτερο λόγο η θερμότητα μεταφέρεται με ακτινοβολία. Μετά το εργαζόμενο μέσο (νερό), αφού θερμανθεί, μεταφέρει τη θερμότητά του, με τη βοήθεια συνήθως ενός κυκλοφορητή, και μέσω των δικτύων διανομής προσάγεται σε εναλλάκτες θερμότητας (θερμαντικά σώματα, fan coil units, κλπ) που είναι τοποθετημένα στους προς θέρμανση χώρους. Εκεί, αφού αποδώσει μέρος της θερμότητάς του, επιστρέφει με μειωμένη θερμοκρασία στο λέβητα, αναθερμαίνεται και επανακυκλοφορεί στο κλειστό κύκλωμά του, επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015), (Βουρλιώτης et al., 2011).

Τα παραγόμενα δε καυσαέρια εξερχόμενα από το λέβητα οδηγούνται στην καπνοδόχο μέσω του καπναγωγού, εγκαταλείπουν το συγκρότημα και εξέρχονται στο περιβάλλον. Τέτοια καυσαέρια μπορεί να είναι: Διοξείδιο του άνθρακα, Διοξείδιο του θείου, Πτητικοί Υδρογονάνθρακες, Αιωρούμενα Σωματίδια (Βουρλιώτης et al., 2011).



**Εικόνα 2.2: Λειτουργία λέβητα όπου το θερμό νερό οδηγείται στο θερμαντικό σώμα και τα καυσαέρια οδηγούνται στην καπνοδόχο (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015)**

Γενικά η λειτουργία ενός συνηθισμένου λέβητα διακρίνεται σε 2 κυκλώματα στο: i) Κύκλωμα των καυσαερίων, ii) Κύκλωμα του νερού.

Στο κύκλωμα των καυσαερίων περιλαμβάνεται η καύση του καυσίμου στο φλογοθάλαμο του λέβητα, η παραγωγή καυσαερίων, η μεταφορά τους μέσα από τους αεριαύλους προς την καπνοδόχο καθώς και η μεταφορά της παραγόμενης θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα στο εργαζόμενο μέσο (π.χ. νερό).

Στο κύκλωμα του νερού συμπεριλαμβάνεται η μεταφορά του θερμαινόμενου νερού προς τα θερμαντικά σώματα, τα οποία βρίσκονται στους προς θέρμανση χώρους καθώς και η επιστροφή του νερού με μικρότερη κυκλοφορία προς το λέβητα. Εκεί το νερό επαναθερμαίνεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015). Χαρακτηριστική τεχνική παράμετρος για όλους τους λέβητες θεωρείται ο *βαθμός απόδοσης (%)*, ο οποίος αναφέρεται ως ο λόγος της θερμότητας που μεταδίδεται στο νερό του λέβητα, προς την προσδιδόμενη από το καταναλισκόμενο καύσιμο, ανοιγμένη στην κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου. (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Καρέλλας, 2013). Με άλλα λόγια ο συντελεστής απόδοσης της καύσης είναι το μέγεθος που μας δείχνει το πόσο καλά κάποιο σύστημα εκμεταλλεύεται την προσφερόμενη σε αυτό ενέργεια (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Συντελεστής απόδοσης (%) = Προσφερόμενη ενέργεια/Καταναλώσιμη ενέργεια x 100

Ο μεγαλύτερος συντελεστής απόδοσης επιτυγχάνεται όταν η ανάμιξη του αέρα με το καύσιμο είναι η καλύτερη δυνατή και η περίσσεια αέρα έχει την κατάλληλη ποσότητα (Βουρλιώτης et al., 2011).

Για συνήθεις λέβητες ισχύος  $P_n$  (ισχύς) όπου η θερμοκρασία νερού είναι  $70^{\circ}\text{C}$  (ονομαστική ισχύς), η απαίτηση απόδοσης εκφρασμένη (%) θα πρέπει να είναι (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

$$A(\%) \geq 84 + 2\log P_n$$

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι έπειτα από κάποιο χρονικό διάστημα λειτουργίας του λέβητα, ο βαθμός απόδοσής του μειώνεται και ένας από τους παράγοντες θεωρείται η ενδεχόμενη κίνηση των καυσαερίων μέσα στο λέβητα. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση του λέβητα μειώνεται από το σύνολο των αντιστάσεων που συναντούν τα καυσαέρια κατά την κίνηση τους προκειμένου να διέλθουν από το θάλαμο καύσης, στη συνέχεια από τους αεριαυλούς για να φτάσουν τελικά, μέσω του καπναγωγού, στην καπνοδόχο. Μετράται σε mbar ή σε mm H<sub>2</sub>O. Αυτό το στοιχείο ονομάζεται αντίθλιψη. Συντελείται επίσης και ο ελκυσμός των καυσαερίων, ο οποίος είναι το σύνολο των αντιστάσεων που πρέπει να υπερνικήσουν τα καυσαέρια κατά την κίνησή τους στην καπνοδόχο προκειμένου να καταφέρουν να εξέλθουν ελεύθερα στην ατμόσφαιρα (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015). Για αυτούς τους λόγους απαιτείται μηχανικός καθαρισμός της διαδρομής των καυσαερίων με μηχανικά ή/και χημικά μέσα. Παράλληλα όσοι αεριαύλοι είναι φθαρμένοι αντικαθίστανται (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Άλλος παράγοντας που μειώνει την απόδοση του λέβητα θεωρείται όμως και η επικάθιση στην επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας του λέβητα αλάτων νερού (λεβητόλιθος). Για αυτό το λόγο διενεργείται χημικός καθαρισμός, ο οποίος λαμβάνει χώρα κάθε 10 – 15 χρόνια ή και περισσότερο, κατά την κρίση του εγκαταστάτη τεχνικών συστημάτων, μετά από μέτρηση της απόδοσης του λέβητα. Πέρα από τον χημικό καθαρισμό λαμβάνει χώρα και ξηρός καθαρισμός, ο οποίος χρειάζεται ώστε να απομακρυνθεί η αιθάλη, η τέφρα και τα άλατα της καύσης από τον φλογόθλαμο και τους καπναυλούς. Αυτός διεξάγεται με κατάλληλα διαμορφωμένες βούρτσες από χάλυβα ή σκληρό πλαστικό. Πιο συγκεκριμένα, η αιθάλη θα μπορούσε να μειώσει κατά πολύ την απόδοση του λέβητα και να αυξήσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Για την περίπτωση της αποφυγής διαρροής καυσαερίων κατά τη λειτουργία του λέβητα, κάτι το οποίο θα μπορούσε να συντελέσει επίσης μείωση στην απόδοσή του, γενικά συντελείται αφαίρεση των υλικών στεγάνωσης και τοποθέτηση καινούργιων όπως (αμιαντοκορδόνι, υαλοκορδόνι). Επίσης, εάν το μονωτικό υλικό του λέβητα είναι κατεστραμμένο, απαιτείται καινούργια τοποθέτηση από υαλοβάμβακα ή πετροβάμβακα (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα καταγράφεται υποχρεωτικά από τον κατασκευαστή. Κατά την καταγραφή αναφέρονται επίσης οι εξής πληροφορίες (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

- Τύπος λέβητα
- Ωφέλιμη ονομαστική ισχύς του λέβητα
- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας
- Σήμανση με την ετικέτα CE

Σε ένα λέβητα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο θεωρούνται και οι **καυστήρες** καθώς είναι οι συσκευές μέσα από τις οποίες γίνεται ή διανομή ή έγχυση και καύση του καυσίμου για την παραγωγή της φλόγας και των καυσαερίων στο θάλαμο καύσης του λέβητα. Η φλόγα και τα παραγόμενα καυσαέρια κατά τη διαδρομή τους προς την καπνοδόχο θερμαίνουν τα τοιχώματα του θαλάμου καύσης και, μέσω καταλλήλων διατάξεων σωληνώσεων, το νερό του δικτύου που διέρχεται από το λέβητα. Ο καυστήρας αποτελείται από μηχανισμούς και εξαρτήματα κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους έτσι, ώστε να δημιουργεί το κατάλληλο μίγμα για την πλήρη και ασφαλή καύση του καυσίμου, με τελικό σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου, σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος (Βουρλιώτης et al., 2011), (Αγτζόγλου et al., 2010).

Βασικά μέρη για έναν καυστήρα είναι (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015), (Εταιρεία Φαντάκης):



- i) Ο κορμός πάνω στον οποίο προσαρμόζονται ο κινητήρας και όλα τα απαραίτητα όργανα με σκοπό να λειτουργήσει ο καυστήρας
- ii) Ο ανεμιστήρας (φτερωτή), ο οποίος αναρροφά αέρα από τον χώρο του λεβητοστασίου και τον οδηγεί με πίεση μέσα στο φλογοσωλήνα για τη μίξη με το καύσιμο,
- iii) Ο φλογοσωλήνας, ο οποίος εγκαθίσταται πάνω στον κορμό του καυστήρα και περικλείει τον σωλήνα εισαγωγής μείγματος καυσίμου/αέρα
- iv) Ο μετασχηματιστής/ηλεκτρόδια. Ο μετασχηματιστής έχει προσαρμοστεί στον κορμό του καυστήρα και μέσω του οποίου γίνεται η αύξηση της τάσης του δικτύου από τα 220 στα 5.000 μέχρι 15.000V (βολτ), με σκοπό τη δημιουργία σπινθήρα στα ηλεκτρόδια με σκοπό την ανάφλεξη του μείγματος υγρού/αερίου καυσίμου και αέρα. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται με τον κατάλληλο τρόπο στον καυστήρα ώστε να δημιουργηθεί ηλεκτρικό τόξο και είναι χαλύβδινα σύρματα
- v) Ηλεκτρονική διάταξη ελέγχου: Είναι η διάταξη η οποία συντονίζει και ελέγχει τη λειτουργία του καυστήρα.

Παρακάτω απεικονίζονται τα βασικά μέρη ενός καυστήρα πετρελαίου:



**Εικόνα 2.3: Μέρη ενός καυστήρα πετρελαίου (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Τα υλικά κατασκευής των καυστήρων, τα εξαρτήματα και τα όργανα με τα οποία συνοδεύονται πρέπει να είναι ανθεκτικά τόσο στις μηχανικές, όσο και στις θερμικές καταπονήσεις που είναι δυνατόν να υποστούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος λέβητα – καυστήρα. Επίσης τα κινούμενα μέρη του καυστήρα πρέπει να είναι προστατευμένα, ώστε να αποκλείεται ο κίνδυνος ατυχήματος (Βουρλιώτης et al., 2011).

Βασικά δεδομένα για την επιλογή του καυστήρα είναι i) Οι διαστάσεις του λέβητα, ii) Το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί, iii) Η παροχή του καυσίμου, iv) Η απαιτούμενη θερμική ισχύς, v) Η διαμόρφωση του φλογοσωλήνα, vi) Η αντίθλιψη του λέβητα, με άλλα λόγια η πίεση που απαιτείται μέσα στο θάλαμο καύσης με σκοπό να είναι μεγαλύτερη από την πτώση της πίεσης που παρουσιάζεται κατά τη διαδρομή των καυσαερίων μέσα στον λέβητα (Ψυχογιού, 2014).

Ανάλογα με το είδος του καυσίμου, οι καυστήρες διακρίνονται σε (Βουρλιώτης et al., 2011), (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

- Υγρών καυσίμων,
- Αερίων καυσίμων,
- Καυστήρες μεικτού τύπου, συνήθως υγρών και αερίων καυσίμων
- Κονιοποιημένων συνήθως στερεών καυσίμων

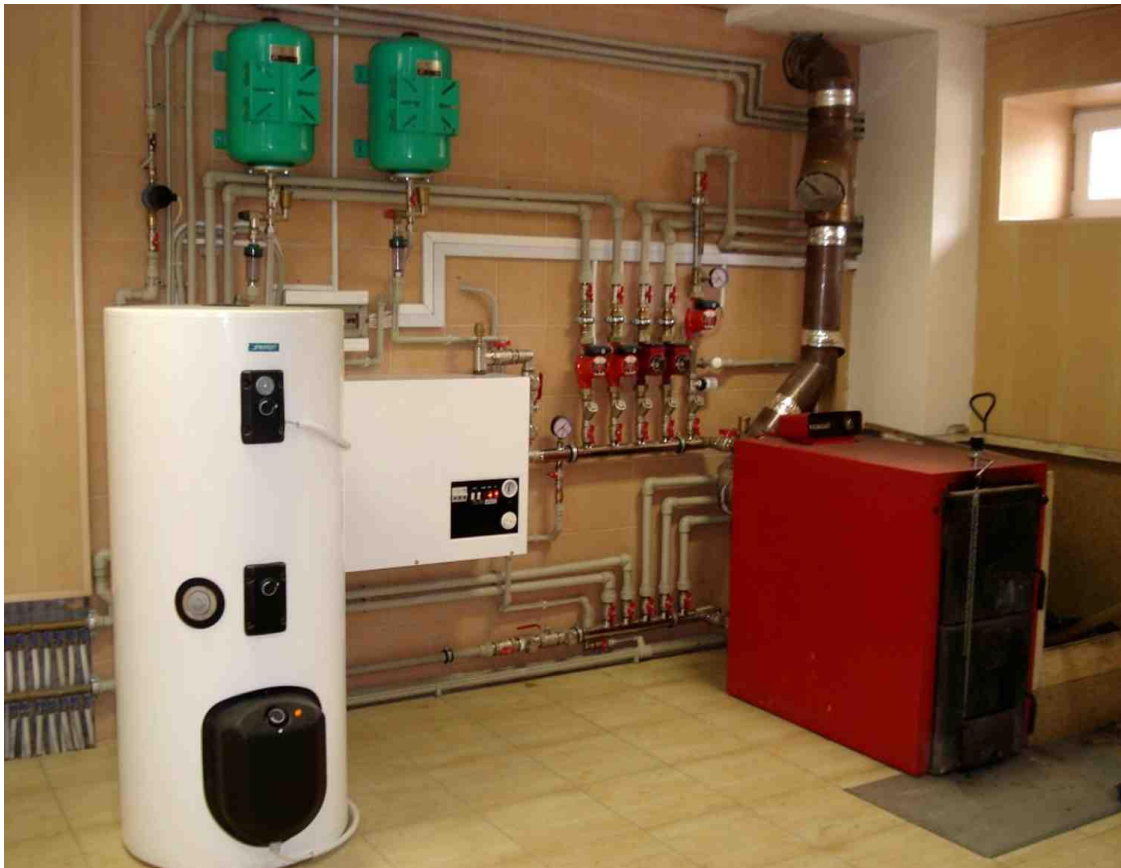
Ένας άλλος διαχωρισμός των καυστήρων βασίζεται στον τρόπο λειτουργία τους. Πιο συγκεκριμένα διακρίνονται σε (Βουρλιώτης et al., 2011), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

- Μονοβάθμιους καυστήρες, οι οποίοι λειτουργούν σε ένα μοναδικό σύστημα τροφοδότησης και, κατά συνέπεια, τόσο η παροχή του καυσίμου, όσο και του αέρα δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους,
- Διβάθμιους ή πολυβάθμιους καυστήρες, που λειτουργούν σε δύο ή περισσότερες συνθήκες τροφοδοσίας, με την αλλαγή από τη μία κατάσταση τροφοδοσίας στην άλλη να γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα,
- Αυτόματους καυστήρες, οι οποίοι προορίζονται για λειτουργία σε συνθήκες που απαιτούν η τροφοδοσία να μεταβάλλεται αυτόματα και συνεχώς

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται ακόμη και σε (Βουρλιώτης et al., 2011), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015):

- Ατμοσφαιρικούς, όπου η καύση λαμβάνει τόπο σε μια λεκάνη. Η προθέρμανση του καυσίμου γίνεται επιτόπου από το καύσιμο το οποίο ήδη καίγεται. για την τροφοδότηση του καυστήρα αυτού το καύσιμο ρέει φυσικά από τη δεξαμενή, ενώ μια συσκευή (καρμπιρατέρ) ελέγχει τη ροή του (την ποσότητα).
- Πιεστικούς, όπου μια αντλία ανεβάζει την πίεση του καυσίμου και μέσω ενός εγχυτήρα (μπεκ) γίνεται η εκνέφωσή του. Το καύσιμο διασκορπίζεται σε λεπτότατα σταγονίδια τα οποία αναμιγνύονται με τον αέρα σε ιδανική αναλογία και έτσι πραγματοποιείται η καύση. Οι πιεστικοί καυστήρες μπορεί να είναι υψηλής πίεσης και χαμηλής πίεσης.

Ο λέβητας μαζί με τον προσαρμοσμένο καυστήρα τοποθετείται σε έναν ειδικό χώρο σε ένα κτίριο, το λεβητοστάσιο (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Καρέλλας, 2013).



**Εικόνα 2.4: Λεβητοστάσιο (Εταιρεία Decorexpro)**

Η δημιουργία του χώρου του λεβητοστασίου λαμβάνει χώρα σε ανεξάρτητο χώρο της οικοδομής με είσοδο - έξοδο προς ελεύθερο χώρο (Ηλεκτρονικός ιστότοπος λεβητοστάσιο).

## **2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ & ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Εφόσον στην προηγούμενη ενότητα έγινε περιγραφή των βασικών μερών ενός λέβητα καθώς και του καυστήρα στις παρακάτω ενότητες περιγράφεται η αρχή λειτουργίας ενός λέβητα πετρελαίου, ενός λέβητα φυσικού αερίου.

Για τη λειτουργία ενός λέβητα πετρελαίου γίνεται αρχικά τοποθέτηση της δεξαμενής πετρελαίου. Η δεξαμενή βρίσκεται είτε ψηλότερα από τον καυστήρα (απόσταση της επιφάνειας πετρελαίου μικρότερη από 4 μέτρα, προς αποφυγή βλάβης στην αντλία πετρελαίου) είτε από χαμηλά (επίσης απόσταση της επιφάνειας πετρελαίου μικρότερη από 4 μέτρα) (Ψυχογιού, 2014).

Μέσω μιας αντλίας πετρελαίου πραγματοποιείται στην συνέχεια άντληση επαρκούς ποσότητας πετρελαίου από τη δεξαμενή και μέσω ενός σωλήνα τροφοδότησης παρέχεται καύσιμο προς τον καυστήρα. Αξίζει να αναφερθεί ότι πάνω στην αντλία πετρελαίου γίνεται τοποθέτηση μιας ηλεκτρομαγνητικής βάνας (βαλβίδας), η οποία συνδέεται με τον καυστήρα και η οποία ανοίγει

ή κλείνει μόνο όταν λάβει τη σχετική εντολή από το ηλεκτρονικό του καυστήρα (Βουρλιώτης et al, 2011), (Ψυχογιού, 2014), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014).

Μόλις λοιπόν ο καυστήρας πάρει εντολή λειτουργίας παίρνει την εντολή το ηλεκτρονικό από το οποίο αντιστοίχως παίρνουν εντολή και αρχικά εκκινεί ο ανεμιστήρας πραγματοποιώντας για λόγους ασφαλείας προαερισμό στον θάλαμο καύσης για την απομάκρυνση τυχόν εναπομείναντος άκαυστου μίγματος καθώς και για τον αερισμό του θαλάμου.

Στην συνέχεια, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του πετρελαίου ανοίγει και επιτρέπει τη ροή του καυσίμου, ενώ παράλληλα η αντλία αναρροφά πετρέλαιο. Η πίεση ανυψώνεται και αυτό το γεγονός παίζει σημαντικό ρόλο στην ομαλή καύση. Σε περίπτωση χαμηλότερης πίεσης προκαλείται κακός ψεκασμός του πετρελαίου ενώ σε περίπτωση μεγαλύτερης πίεσης συμβαίνει έγχυση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου. Το υψηλής πίεσης πετρέλαιο στην συνέχεια περνά μέσα από ένα ακροφύσιο (μπεκ) όπου εξαερώνεται και αναμιγνύεται με τον αέρα καύσης.

Μετά αρχίζει να λειτουργεί ο μετασχηματιστής και δημιουργείται σπινθήρας στην άκρη των ηλεκτροδίων. Αυτό γίνεται τη στιγμή που ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου και αρχίζει να ψεκάζει πετρέλαιο το μπεκ. Από τον σπινθηρισμό των ηλεκτροδίων προκαλείται ανάφλεξη (Βουρλιώτης et al, 2011), (Ψυχογιού, 2014), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015).



**Εικόνα 2.5: Μπεκ και ψεκασμός πετρελαίου στον καυστήρα (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014)**

Πάνω στο καυστήρα υπάρχει ένα φωτοκύτταρο, το οποίο δέχεται το φως της φλόγας και ύστερα από λίγα δευτερόλεπτα δίνει εντολή (μέσω του ηλεκτρονικού) για διακοπή λειτουργίας του μετασχηματιστή, ενώ ο καυστήρας συνεχίζει να λειτουργεί. Ο χρόνος από τη στιγμή της τροφοδότησης με πετρέλαιο μέχρι τη στιγμή που δίνει εντολή το φωτοκύτταρο ονομάζεται χρόνος ανάφλεξης (Ψυχογιού, 2014), (Κατσαπρακάκης & Μονιάκης, 2015).

Από την παραγόμενη φωτιά στην εστία καύσης του λέβητα δημιουργείται έτσι θερμότητα, η οποία θερμαίνει τα γύρω τοιχώματα μέσα στα οποία κυκλοφορεί νερό. Στην συνέχεια και μέσα από το κύκλωμα του νερού του λέβητα, το θερμό νερό μεταφέρεται μέσα από το σύστημα διανομής στα θερμοσώματα και με αυτόν τον τρόπο παρέχεται θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.

Αρχή λειτουργίας λεβήτων αερίου (φυσικού αερίου/υγραερίου)

Όσο για τους λέβητες φυσικού αερίου/υγραερίου, δεν υπάρχει δεξαμενή αποθήκευσης όπως συμβαίνει με τη δεξαμενή πετρελαίου. Το καύσιμο αέριο διοχετεύεται δε στην εγκατάσταση από κεντρικό δίκτυο μέσω αγωγού. Στην είσοδο του κτιρίου βρίσκεται η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα της γραμμής τροφοδοσίας.

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα έχει μεγάλη σημασία για την λειτουργία του λέβητα και κατά επέκταση για το δίκτυο κεντρικής θέρμανσης καθώς ρυθμίζει την παροχή ενώ με προοδευτική αύξηση με κατάλληλη ρύθμιση την ποσότητα του αερίου από το πρώτο στάδιο (έναυση) μέχρι την ονομαστική παροχή (δεύτερο στάδιο) όπου θα υπάρχει κανονική λειτουργία με πλήρες φορτίο (Ψυχογιού, 2014), (Αγτζόγλου et al., 2010).

Ακριβώς πριν από τη γραμμή υπάρχει μάλιστα πιεσοστάτης για τη τελική ρύθμιση της πίεσης του φυσικού αερίου. Μετά αρχίζει να λειτουργεί ο μετασχηματιστής και δημιουργείται σπινθήρας στην άκρη των ηλεκτροδίων ενώ το υψηλής πίεσης αέριο εισέρχεται στον σωλήνα ανάμιξης του καυστήρα, όπου αναμιγνύεται με τον αέρα (ο οποίος έχει αναρροφηθεί στον καυστήρα από την φτερωτή). Το καύσιμο μίγμα καταλήγει στο εσωτερικό του λέβητα και έτσι δημιουργείται φλόγα. Ο αισθητήρας πλέον αντιλαμβάνεται τη φλόγα και δίνει εντολή (μέσω του ηλεκτρονικού) για διακοπή της λειτουργίας του μετασχηματιστή (Ψυχογιού, 2014), (Αγτζόγλου et al., 2010).

Η διαφορά της αρχής λειτουργίας του λέβητα αερίου με αυτόν του πετρελαίου είναι ότι στον λέβητα αερίου δεν υπάρχει ούτε αντλία πετρελαίου, ούτε μπεκ και ούτε φωτοκύτταρο. Ο κινητήρας σε ένα καυστήρα φυσικού αερίου είναι όμοιος με του καυστήρα πετρελαίου, με τη διαφορά ότι έχει μικρότερο μέγεθος επειδή δεν υπάρχει η αντλία βενζίνης (Ψυχογιού, 2014).

Στην συνέχεια μέσα από το κύκλωμα νερού του λέβητα το θερμό νερό οδηγείται στα θερμοσώματα ενώ μέσα από το κύκλωμα καυσαερίων τα καυσαέρια κατευθύνονται στην καπνοδόχο.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι και για τα 2 είδη λεβήτων πολύ σημαντικός είναι ο ηλεκτρονικός πίνακας καθώς ελέγχει όλες τις παραμέτρους καθόλη τη διάρκεια λειτουργίας του λέβητα με τον ενσωματωμένο καυστήρα. Όλα τα εξαρτήματα (π.χ. ανεμιστήρας καυστήρα) συνδέονται στον πίνακα και ελέγχονται μέσω αυτού. Ο χρήστης έχει παράλληλα την δυνατότητα μέσω του ηλεκτρονικού πίνακα να ρυθμίσει ή και να ελέγξει τα ακόλουθα (Ψυχογιού, 2014):

- Τη παροχή του καυσίμου
- Τη θερμοκρασία του νερού του λέβητα
- Την πίεση λειτουργίας του λέβητα
- Την ένταση του ανεμιστήρα
- Τον χρόνο τροφοδοσίας της κανονικής λειτουργίας
- Τον νεκρό χρόνο μη τροφοδοσίας της κανονικής λειτουργίας.

## 2.3 ΕΙΔΗ ΛΕΒΗΤΩΝ

Γενικά οι λέβητες ανεξαρτήτου καυσίμου ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες εξετάζοντας διαφορετικές παραμέτρους (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014):

**I) Ανάλογα με το υλικό κατασκευής:** i) Σε μαντεμένιους, ii) Σε χαλύβδινους. Ο χυτοσίδηρος (κοινώς μαντέμι) είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 2,1% κατά βάρος. Οι χυτοσίδηροι διακρίνονται σε φαιό χυτοσίδηρο, σε χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη, σε μαλακτοποιημένο χυτοσίδηρο και σε χυτοχάλυβα. χρησιμοποιείται κυρίως ο φαιός χυτοσίδηρος ενώ τα λοιπά είδη χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ειδικών μερών του όπως όργανα, σωλήνες και στοιχεία μορφής. Διαθέτουν υψηλή αντοχή στη διάβρωση, με συνακόλουθο μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επίσης σε αυτούς παράγονται υψηλά ποσά θερμικής ενέργειας στο φλογοθάλαμο ενώ συγκροτούνται και από απλά στοιχεία, των οποίων η συναρμολόγηση μπορεί να γίνει μέσα στο λεβητοστάσιο. Ωστόσο μειονεκτήματά τους αποτελούν το υψηλό τους βάρος και το υψηλό τους κόστος.

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες, αποτελούν ειδική κατηγορία χάλυβων που περιέχουν υψηλότερα ποσοστά άλλων μετάλλων. Είναι το πιο διαδεδομένο κατασκευαστικό υλικό και βρίσκεται εφαρμογή στην κατασκευή λέβητων. Τέτοιου είδους λέβητες λειτουργούν σε υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες και υφίστανται μεγαλύτερες καταπονήσεις από τον χυτοσίδηρο.

**II) Ανάλογα με την πίεση λειτουργίας:** i) Σε χαμηλής πίεσης, ii) Σε μέσης πίεσης, iii) Σε υψηλής πίεσης

**III) Ανάλογα με το καύσιμο:** i) Σε υγρών καυσίμων (π.χ. πετρελαίου θέρμανσης), ii) Σε στερεών καυσίμων (π.χ. πέλλετ), iii) Σε αέριων καυσίμων (π.χ. φυσικού αερίου)

**IV) Ανάλογα με τον τρόπο κυκλοφορίας του καυσαερίου:** i) Σε αεριοαλωτούς: Το καυσαέριο φτάνει στην καπνοδόχο μέσα από αυλούς που περιβάλλονται από νερό, ii) Σε υδραλωτούς: Το καυσαέριο φτάνει στην καπνοδόχο γύρω και έξω από αυλούς όπου κυκλοφορεί το νερό.

**IV) Ανάλογα με το μέσο μεταφοράς θερμότητας:** i) Νερού (χρησιμοποιείται περισσότερο), ii) Ατμού (Ατμολέβητες), iii) Αέρα (Αερολέβητες), iv) Λάδι

**V) Ανάλογα με την πίεση του θαλάμου καύσης:** i) Ατμοσφαιρικοί (Η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική). Δεν υπάρχει ανεμιστήρας για την τροφοδότηση του αέρα στον θάλαμο καύσης. ii) Πιεστικοί και υπερπιεστικοί λέβητες (Η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση γίνεται σε πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική). Απαιτείται ανεμιστήρας, ο οποίος θα τροφοδοτεί με υπερπίεση τον αέρα για την καύση.

**VI) Ανάλογα με την ισχύ:** i) Σε μικρού μεγέθους και ισχύος λέβητες (μέχρι 50KW), ii) Σε μεσαίου μεγέθους και ισχύος λέβητες (50KW-400KW), iii) Σε μεγάλου μεγέθους και ισχύος λέβητες (>400KW). Όσο αυξάνει η ισχύς του λέβητα τόσο αυξάνει και το βάρος του ενώ

μπορούν να αυξηθούν και οι διαστάσεις του (πλάτος, μήκος, ύψος καθώς και διαστάσεις θαλάμου καύσης).

**VII) Ανάλογα με τον χώρο τοποθετησής του:** i) Σε επιτοίχιους. Στερεώνεται σε τοίχο και μπορεί να λειτουργεί με ισχύ της τάξεως των 100KW. ii) Σε επιδαπέδιους. Τοποθετούνται πάνω στο δάπεδο και μπορεί να λειτουργούν με ισχύ, η οποία μπορεί να ανέλθει ακόμη και σε ορισμένες χιλιάδες KW.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΛΕΒΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ/ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**



### 3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι λέβητες στερεών βιοκαυσίμων έχουν θάλαμο καύσης μεγαλύτερο σε διαστάσεις από τους άλλους λέβητες και χώρο όπου συγκεντρώνεται η τέφρα (στάχτη) που παράγεται. Ανάλογα με την καύσιμη ύλη, η απομάκρυνση της τέφρας μπορεί να γίνεται καθημερινά ή και πιο αραιά. Κατασκευάζονται από υλικά, όπως χάλυβα ή χυτοσίδηρο. (Εταιρεία Σαμαράς), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA), (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Λόγω της μικρότερης θερμιδικής απόδοσης της βιομάζας από αυτήν του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, οι λέβητες αυτοί εμφανίζουν μικρότερο βαθμό απόδοσης θερμότητας (συνήθως περί το **80%**) σε σχέση με έναν λέβητα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. (Σιάγκας, 2013)

Υπάρχουν λέβητες στερεών βιοκαυσίμων αυτόματης λειτουργίας π.χ. pellets, woodchips αλλά και λέβητες στερεών βιοκαυσίμων που λειτουργούν χειροκίνητα π.χ. μπρικέτες, ξύλα. (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014)

Για την μεταφορά στερεών βιοκαυσίμων (π.χ. πυρηνόξυλα, pellets) προς την εστία καύσης, χρησιμοποιείται σύστημα, το οποίο αποτελείται από τον *άξονα τροφοδοσίας με ηλεκτροκινητήρα και ατέρμονο κοχλία*, το οποίο μεταφέρει τα στερεά βιοκαύσιμα από την δεξαμενή αποθήκευσης (σιλό) προς τον λέβητα.



Εικόνα 3.1: Ατέρμονος κοχλίας (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με δυνατότητα ρύθμισης στροφών και κινεί τον ατέρμονο κοχλία. Συνεργάζεται με μειωτή στροφών, για αύξηση της ροπής προώθησης. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA). Ο δε ατέρμονος κοχλίας κατασκευάζεται από χάλυβα, χυτοσίδηρο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Το βήμα του και η διάμετρος του καθορίζονται από την ισχύ που θα έχει ο καυστήρας (παροχή καυσίμου). (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Τοποθετείται στο κάτω μέρος της δεξαμενής αποθήκευσης καυσίμου και από εκεί γίνεται η μεταφορά του καυσίμου προς το λέβητα. Θα πρέπει να υπάρχει προσοχή κατά την μεταφορά του καυσίμου καθώς υλικά όπως πέτρες, πλαστικά και μέταλλα μπορούν να καταστρέψουν τον

κοχλία και τον μειωτή στροφών και για αυτό σε περίπτωση εμπλοκής θα πρέπει να ξεβιδωθεί ο κοχλίας με τον μειωτή στροφών και να καθαριστεί. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Το δε σιλό χρησιμεύει για την αποθήκευση του στερεού καυσίμου (Εταιρεία Σαμαράς), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA), (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ). Το σιλό κατασκευάζεται είτε πάνω στον καυστήρα είτε δίπλα στον καυστήρα. Για λέβητες μικρής ισχύος, το σιλό κατασκευάζεται πάνω στον καυστήρα και θεωρείται με αυτόν ένα ενιαίο σύνολο. Τα στερεά βιοκαύσιμα πηγαίνουν προς τον καυστήρα μέσω της βαρύτητας. (Εταιρεία Σαμαράς), (ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΛΕΒΗΤΩΝ MAVIL SA), (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Παρακάτω απεικονίζεται ένας τέτοιος λέβητας βιομάζας με σιλό τοποθετημένο πάνω στον καυστήρα:



**Εικόνα 3.2: Σιλό τοποθετημένο πάνω στον καυστήρα (Λέβητες μικρής ισχύος) (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Για λέβητες μεγάλης ισχύος, το σιλό κατασκευάζεται δίπλα στον καυστήρα. Συνδέεται στο κάτω μέρος του με τον κοχλία τροφοδοσίας όπου υπάρχει και θυρίδα ελέγχου και καθαρισμού. Το σιλό έχει κεκλιμένες πλευρές που συντελούν στην απρόσκοπτη τροφοδοσία της εστίας καύσης μέσω του συστήματος ηλεκτροκινητήρα/κοχλία. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)



**Εικόνα 3.3: Σιλό τοποθετημένο δίπλα σε λέβητα (Λέβητες μεγάλης ισχύος) (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Ενας άλλος τρόπος μεταφοράς καυσίμου προς τον λέβητα είναι και μέσω ανύψωσης και μεταφοράς του καυσίμου σε ένα ελαστικό σωλήνα. Από εκεί τα στερεά βιοκαύσιμα φθάνουν στον λέβητα. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)

Παρακάτω απεικονίζεται ένα τέτοιο σύστημα μεταφοράς του καυσίμου με σωλήνα ανύψωσης από το σιλό:



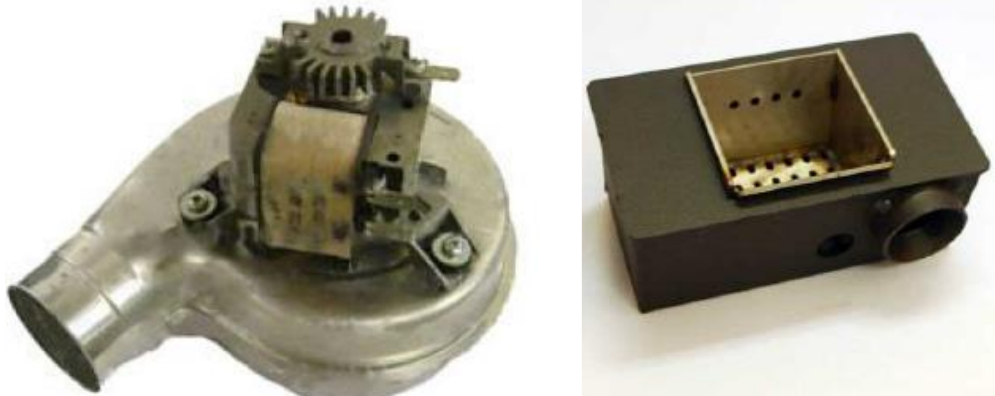
**Εικόνα 3.4: Σύστημα μεταφοράς του καυσίμου με σωλήνα ανύψωσης από το σιλό (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Το σιλό έχει πυθμένα σχήματος ανεστραμμένου κώνου, για να μη μένει στο τέλος καύσιμο που δεν καίγεται ενώ είναι επίσης εφοδιασμένο με σταθμοδείκτη καυσίμου. Το καπάκι του σιλό πρέπει να είναι ερμητικά κλειστό, κατά τις ώρες λειτουργίας ώστε να μην εισέρχεται αέρας για

λόγους ασφαλείας, σε περίπτωση επιστροφής της φλόγας. Επίσης με αυτόν τον τρόπο δεν μπαίνει και υγρασία που θα μπορούσε να διογκώσει την στερεά καύσιμη ύλη και να μειώσει την απόδοση του λέβητα λόγω παραγωγής υδρατμών. (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA)

Στους λέβητες βιομάζας, η *εστία καύσης* είναι ως επί το πλείστον κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο. Στο εσωτερικό της εστίας καύσης υπάρχει μια *ηλεκτρική αντίσταση*, η οποία προεξέχει έξω από αυτή κατά ένα μικρό μέρος ώστε να έρχεται σε επαφή με το καύσιμο. Σε περίπτωση που θα απαιτηθεί να αντικατασταθεί η ηλεκτρική αντίσταση, υπάρχει θυρίδα ελέγχου στο σώμα της εστίας. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA)

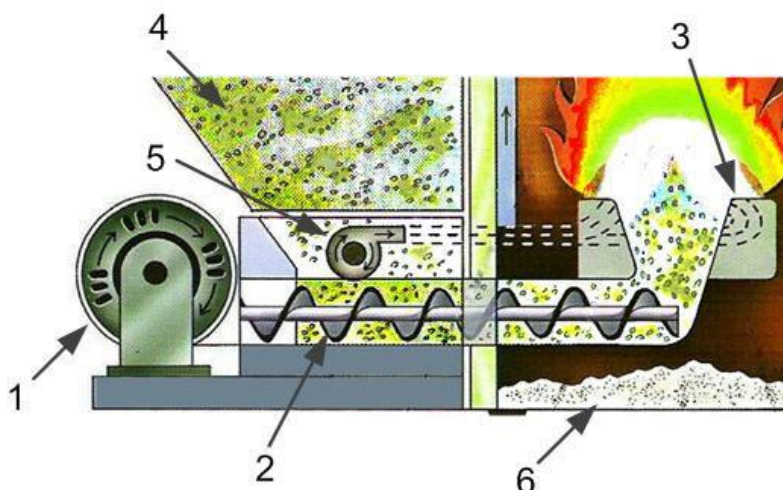
Αν δεν υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση, το ξεκίνημα της καύσης γίνεται αυτόματα με ζεστό αέρα. Ο ζεστός αέρας παρέχεται από τον *φουσητήρα/καυστήρα*, ο οποίος είναι αναγκαίος διότι παρέχει τον απαραίτητο αέρα για την καύση στην εστία. Για αυτόν τον λόγο η εστία καύσης φέρει οπές, από τις οποίες διέρχεται ο υπέρθερμος αέρας. Στην εστία καύσης λαμβάνει χώρα η πυρόλυση/αεριοποίηση του στερεού βιοκαυσίμου. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA)



**Εικόνα 3.5: Φουσητήρας και εστία καύσης (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Η ποσότητα του αέρα αυτού δεν είναι σταθερή, αλλά καθορίζεται από τους 2 εξής παράγοντες (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ): i) Ποσότητα του καυσίμου, ii) Φάση λειτουργίας του καυστήρα (Ξεκίνημα της λειτουργίας, θερμοκρασία του νερού, σταμάτημα της λειτουργίας). Για αυτό το λόγο ρυθμιστές του αέρα καύσης ή ρυθμιστές ανάφλεξης τοποθετούνται πάντοτε στους λέβητες βιομάζας. Οι ρυθμιστές αυτοί ρυθμίζονται από το εργοστάσιο σε θερμοκρασία έως 90°C. Το άνοιγμα εισόδου του αέρα καύσης ανοίγει ή κλείνει ανάλογα με την θερμοκρασία του νερού στο λέβητα με την χρήση μίας αλυσίδας. Επίσης με τον ρυθμιστή αυτό γίνεται ο χειρισμός του φουσητήρα του αέρα καύσης ή του ρεύματος στροβιλισμού με σκοπό να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο νερό του λέβητα προστατεύοντας τον από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Παρακάτω απεικονίζεται η όλη διαδικασία λειτουργίας ενός λέβητα στερεών βιοκαυσίμων:



**Εικόνα 3.6: Απεικόνιση της διαδικασίας λειτουργίας ενός λέβητα στερεών βιοκαυσίμων. 1: Ηλεκτροκινητήρας, 2: Ατέρμονος κοχλίας 3: Εστία καύσης 4: Σιλό 5: Φυσητήρας/Καυστήρας 6: Χώρος συγκέντρωσης της τέφρας (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ)**

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η όλη διαδικασία ελέγχεται από πίνακα ελέγχου που βρίσκεται πάνω στους καυστήρες. Οι σύγχρονοι πίνακες ελέγχου των λεβήτων στερεών καυσίμων, είναι ψηφιακοί και διαθέτουν μία σειρά προγραμμάτων για καύση διαφόρων καυσίμων, όπως pellets, φλοιούς καρπών, πετροκάρβουνο, ξύλο κ.λπ. Ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ του λέβητα, ο πίνακας ρυθμίζει (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA):

- Την ταχύτητα τροφοδοσίας του καυσίμου
- Την ένταση (%) του φυσητήρα
- Την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία νερού του λέβητα
- Τον χρόνο τροφοδοσίας στην κανονική λειτουργία
- Τους χρόνους μη τροφοδοσίας καυσίμου
- Το καθάρισμα της εστίας καύσης από την τέφρα και του χώρου από τα καυσαέρια

Για την επίτευξη των παραπάνω, ο πίνακας ελέγχου διαθέτει φωτοκύτταρο, αισθητήριο θερμοκρασίας νερού και αισθητήριο θερμοκρασίας καυσαερίων. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, πάνω από έναν λέβητα στερεών βιοκαυσίμων τοποθετείται και μια *θερμοστατική βαλβίδα ασφαλείας*. Έτσι, όταν η θερμοκρασία του νερού πλησιάσει τους 100 °C (95°C), αυτή η βαλβίδα ανοίγει και μία ποσότητα θερμού νερού μεταφέρεται εκτός εγκατάστασης. Ταυτόχρονα αντίστοιχη ποσότητα κρύου νερού έρχεται για αντικατάσταση, οπότε η συνολική θερμοκρασία του νερού της εγκατάστασης μειώνεται και έτσι δεν επέρχεται θερμικό σοκ. Όταν η θερμοκρασία εντός του λέβητα πέσει κάτω από το όριο, η θερμοστατική βαλβίδα επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση. (Εταιρεία ΦΑΝΤΑΚΗΣ), (Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL SA)

Σε ένα λέβητα βιομάζας υπάρχουν και οι προειδοποιήσεις πίνακα ελέγχου (alarms) με ενδείξεις όπως: AL1 (Πρόκειται για αισθητήριο θερμοκρασίας νερού λέβητα), AL2: Πρόκειται για



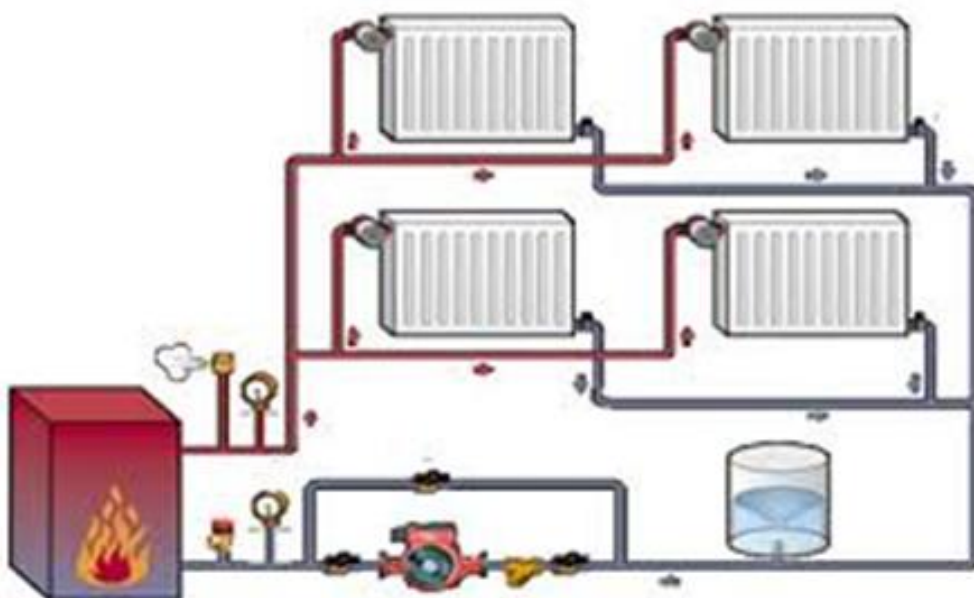
αισθητήριο θερμοκρασίας άξονα τροφοδοσίας, AL3: Έλλειψη υλικού στην δεξαμενή ή αστοχία έναυσης του λέβητα, AL4: Η θερμοκρασία του λέβητα έχει φτάσει τους 85°C, AL5: Η θερμοκρασία του λέβητα έχει φτάσει τους 95°C, AL6: Έπιτεύχθηκε η μέγιστη θερμοκρασία στον άξονα τροφοδοσίας ή έχει καταστραφεί το αισθητήριο θερμοκρασίας του άξονα (Εταιρεία Thermoley).

### 3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Με τον όρο εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης εννοούνται όλες οι κατασκευές, διατάξεις, μηχανισμοί κ.τ.λ. από τις οποίες παραλαμβάνεται θερμική ενέργεια από μία πηγή (εστία παραγωγής της θερμότητας) μέσω ενός φορέα μεταφοράς θερμότητας (θερμαντικού μέσου) και κατανέμεται σε διάφορους χώρους προκειμένου να διατηρηθεί η θερμοκρασία αυτών των χώρων σε επιθυμητά επίπεδα. Περιλαμβάνονται συνήθως (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014):

- 1) Το λέβητα βιομάζας
- 2) Το σύστημα διανομής
- 3) Τα θερμαντικά σώματα
- 4) Το σύστημα απαγωγής καυσαερίου
- 5) Όργανα αυτοματοποίησης και ασφάλειας της εγκατάστασης

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η λειτουργία ενός τέτοιου δικτύου.



Εικόνα 3.7: Σχεδιασμός ενός δικτύου κεντρικής θέρμανσης (Εταιρεία Decorexpro)

### 3.2.1 Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα αρχικά εγκαθίσταται ένας λέβητας βιομάζας. Η εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας γίνεται σε λεβητοστάσιο. Κατά την εγκατάσταση ενός λέβητα θα πρέπει να είναι γνωστά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λέβητα όπως (Ψυχογιού, 2014):

- Τα όρια της ονομαστικής απόδοσης ισχύος ( $Q_{min}$  και  $Q_{max}$ ) σε kW ή kcal/h ή Btu/h. Η μονάδα μέτρησης επιλέγεται από την αναπτυσσόμενη λίστα στη γραμμή εργαλείων.
- Οι εξωτερικές διαστάσεις Ύψος x Μήκος x Πλάτος (H, L, W) σε mm
- Η διάμετρος του στομίου της καπνοδόχου (R) σε mm.
- Οι ονομαστικές διαμέτροι ( $D_{in}$  και  $D_{out}$ ) της εισόδου και εξόδου του νερού αντίστοιχα, σε ίντσες ή DN.
- Το βάρος (χωρίς νερό) σε kg.
- Ο όγκος του νερού σε lit.
- Η πτώση πίεσης του νερού ( $\Delta p$ ) σε mmWS

Πέρα όμως από το λέβητα και για το καυστήρα, ο οποίος θα εγκατασταθεί πάνω στο λέβητα, θα πρέπει να υπάρχουν πρώτα καταχωρημένα τεχνικά του χαρακτηριστικά, όπως τα παρακάτω: i) Οι εξωτερικές διαστάσεις Ύψος x Μήκος x Πλάτος (H, L, W) σε mm, ii) Το βάρος σε kg, iii) Τα όρια της ονομαστικής απόδοσης ( $Q_{min}$  και  $Q_{max}$ ) σε kW ή kcal/h ή Btu/h. Η μονάδα μέτρησης επιλέγεται από την αναπτυσσόμενη λίστα στη γραμμή εργαλείων, iv) Οι αντίστοιχες παροχές του πετρελαίου ( $W_{min}$  και  $W_{max}$ ) σε kg/h, v) Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, δηλαδή :Φάσεις Τάση (V) Συχνότητα (Hz) Ισχύς (W) (Ψυχογιού, 2014).

Τα λεβητοστάσια τοποθετούνται συνήθως στο υπόγειο ενός κτιρίου και η θέση τους καθορίζεται από τη θέση της καπνοδόχου καθώς και από τη διάταξη των σωληνώσεων διανομής-επιστροφής του νερού στους θερμαινόμενους χώρους καθώς και από την αρχιτεκτονική του κτιρίου (Αγτζόγλου et al., 2010), (Βουρλιώτης et al., 2011), (Καρέλλας, 2013), (Ηλεκτρονικός ιστότοπος λεβητοστάσιο).

Σε ένα λεβητοστάσιο χρειάζεται να υπάρχει φωτισμός και να διενεργείται επίσης επαρκής φυσικός εξαερισμός των χώρων του με άνοιγμα προς τον ελεύθερο χώρο του κτιρίου και όχι προς κοινόχρηστους χώρους διαδρόμων, κλιμακοστασίου ή φρεατίου ανελκυστήρα. Θα πρέπει δε να διατηρείται καθαρό και σε τάξη (Βουρλιώτης et al., 2011), (Ηλεκτρονικός ιστότοπος λεβητοστάσιο).

Με βάση την Παράγραφο 4.2.2. του Άρθρου 4, Ενεργητικά Μέτρα Πυροπροστασίας του Περί Πυροπροστασίας Νόμου, θα πρέπει να λαμβάνεται και ειδική μέριμνα για εγκατάσταση πυρόσβεσης (Εταιρεία Fire Security).

Ετσι, μέσα στον εσωτερικό χώρο του λεβητοστασίου, θα πρέπει να γίνει τοποθέτηση στην οροφή αυτόματου πυροσβεστήρα ξηρής σκόνης τουλάχιστον 6 κιλών (Εταιρεία Πυρόσβεση).



Μπορεί επίσης να εγκατασταθεί σύστημα αυτόματης πυρόσβεσης κατάλληλο για πυρκαγιές με εύφλεκτα υγρά. Σε ένα αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης περιλαμβάνονται ένα ή περισσότερα τυποποιημένα πυροσβεστικά δοχεία, χωρητικότητας 6-12 λίτρα το καθένα (Εταιρεία Πυρόσβεση).



**Εικόνα 3.8:** Αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με ένα ή περισσότερα πυροσβεστικά δοχεία (Εταιρεία Fire Security)

Στην συνέχεια λαμβάνει χώρα εκτόξευση του κατασβεστικού μέσου με πίεση μέσα στον χώρο, υπό μορφή σταγονιδίων (υδρονέφωση). Αυτό στην συνέχεια μετά το τέλος της πυρόσβεσης οδηγείται στην αποχέτευση ενώ δεν αφήνει και στερεά υπολείμματα (Εταιρεία Πυρόσβεση).

Πιο συγκεκριμένα σε ένα δοχείο συνολικής χωρητικότητας 12lt, με ενδεικτική αρχική πίεση 15 bar, περιέχεται μια ποσότητα 6lt κατασβεστικού υγρού flameout και μια ποσότητα 6lt αδρανούς αερίου προώθησης αζώτου. Στην συνέχεια πραγματοποιείται σύνδεση του δοχείου με έναν ή περισσότερους αυτόματους θερμοευαίσθητους εκτοξευτήρες σταγονιδίων κατασβεστικού μέσου και μέσω εκείνων σε περίπτωση φωτιάς γίνεται εκτόξευση του πυροσβεστικού υγρού και κατάσβεση. Η διάχυση του κατασβεστικού υγρού συμβαίνει ύστερα από την αύξηση της θερμότητας και υπέρβαση του θερμικού ορίου, οπότε προκαλείται προκαλείται έτσι θραύση της θερμικής αμπούλας σε έναν ή πιο πολλούς αυτόματους εκτοξευτήρες.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό το αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης δύναται και να συνδέεται με ένα οπτικοακουστικό μέσο συναγερμού φωτιάς. Μπορεί επίσης και να διακόπτει αυτόματα την ηλεκτρική παροχή σε περίπτωση πυρκαγιάς (Εταιρεία Πυρόσβεση).

Το σύστημα με το ένα δοχείο 12 Lit, εφαρμόζεται επιτυχώς σε λεβητοστάσια με συνολική επιφάνεια έως 15 m<sup>2</sup>. Για μεγαλύτερες επιφάνειες λεβητοστασίου χρησιμοποιούνται 2 δοχεία με συνολική επιφάνεια έως 30 m<sup>2</sup>. Τα δοχεία του συστήματος αποτελούνται από ανοξείδωτο ατσάλι και διαθέτουν προστασία από διάβρωση ενώ επίσης φέρουν και πιστοποιημένο σήμα CE (Εταιρεία Πυρόσβεση).

### 3.2.2 Σύστημα διανομής με το φορέα θερμότητας

Το σύστημα διανομής είναι ένα σύστημα, του οποίου σκοπός είναι η μεταφορά του φορέα θερμότητας (σε αυτή την περίπτωση θερμό νερό) από το λέβητα προς τα θερμοσώματα και την απαγωγή της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο ενός δωματίου. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα στοιχεία, τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε ένα τέτοιο σύστημα διανομής (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014).

#### 3.2.2.1 Κυκλοφορητές

Η κυκλοφορία του ζεστού νερού στο σύστημα θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια φυγοκεντρικών αντλιών κατάλληλης κατασκευής, που ονομάζονται κυκλοφορητές. Παλιότερα το ζεστό νερό του λέβητα ανέβαινε στο κύκλωμα με φυσικό τρόπο και εξαιτίας μικρότερης πυκνότητας. Όμως για να συμβεί κάτι τέτοιο θα έπρεπε αφενός μεν οι σωλήνες να έχουν μεγάλη διάμετρο ενώ αφετέρου το ζεστό νερό καθυστερούσε να φτάσει στα θερμαντικά σώματα. Για αυτό σήμερα η κυκλοφορία του νερού πραγματοποιείται με εξαναγκασμένο τρόπο με τη βοήθεια κυκλοφορητών των οποίων η κίνηση υποβοηθούν ηλεκτρικοί κινητήρες. Πολύ σημαντικό είναι ότι μέσω του κυκλοφορητή προστίθεται ταχύτητα στο ζεστό νερό, το οποίο ρέει μέσα από τις σωληνώσεις της εγκατάστασης, ώστε να φτάσει στο υψηλότερο σημείο τους λόγω του βάρους του, το οποίο είναι πιο μειωμένο, σε σχέση με το κρύο νερό (Αληφραγκής, 2014), (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Different Service).

Τα κύρια μέρη ενός κυκλοφορητή είναι (Αληφραγκής, 2014), (Σοφιανός, 2011):

- Κιβώτιο σύνδεσης: είναι το σημείο όπου καταλήγει το καλώδιο παροχής του ηλεκτροκινητήρα.
- Στάτης: είναι το ακίνητο μέρος του ηλεκτροκινητήρα το οποίο διαρρέεται άμεσα με το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου.
- Ρότορας ή δρομέας: είναι το κινητό μέρος του ηλεκτροκινητήρα όπου αναπτύσσεται μηχανική ροπή που τον βάζει σε περιστροφή. Είναι απευθείας συνδεδεμένος με τη φτερωτή της αντλίας.
- Έδρανο από κεραμικό υψηλής αντοχής σε φθορά.
- Άξονας από κεραμικό υψηλής αντοχής ή ανοξείδωτο χάλυβα.
- Δίσκος εδράνου
- Φτερωτή από ανοξείδωτο χάλυβα ή πολυμερές συνθετικό υλικό
- Σώμα αντλίας από χυτοσίδηρο ή ανοξείδωτο χάλυβα

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφονται τα βασικά μέρη ενός κυκλοφορητή:



Εικόνα 3.9: Βασικά μέρη κυκλοφορητή (Σοφιανός, 2011)

Γενικά, οι κυκλοφορητές διακρίνονται σε υδρολίπαντοι και ελαιολίπαντοι. Με την κυκλοφορία του νερού εξασφαλίζεται η λίπανση στους υδρολίπαντους. Αντίθετα στους ελαιολίπαντους απαιτείται λάδι. Σήμερα οι ελαιολίπαντοι έχουν σχεδόν καταργηθεί (Υπηρεσία Καθαρισμού Different Service), (Σοφιανός, 2011).

### Λειτουργικά χαρακτηριστικά κυκλοφορητών

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. Για την επιλογή του σωστού κυκλοφορητή απαιτούνται δύο χαρακτηριστικά μεγέθη, που προκύπτουν από την υδραυλική μελέτη της κεντρικής θέρμανσης (Αληφραγκής, 2014):

1, Η παροχή του νερού (Q), δηλαδή πόσα m<sup>3</sup>/h νερού πρέπει να κυκλοφορούν στην εγκατάσταση

2. Το μανομετρικό ύψος (H) του κυκλοφορητή, δηλαδή οι τριβές (= πτώση πίεσης) στους σωλήνες και στις τοπικές αντιστάσεις που πρέπει συνολικά να υπερνικήσει ο κυκλοφορητής ώστε το νερό να φθάσει - με τη σωστή παροχή - μέχρι το δυσμενέστερο σημείο της εγκατάστασης. Κατά τη λειτουργία κάθε κυκλοφορητή λαμβάνονται υπόψη 2 είδη πίεσης:

1) Η πίεση που επικρατεί στην αναρρόφηση του κυκλοφορητή και ονομάζεται στατική πίεση. Η πίεση αυτή αντιστοιχεί στην αρχική πίεση του αερίου, στο κλειστό δοχείο διαστολής, συν την υψομετρική διαφορά μεταξύ του κέντρου της αντλίας και του δοχείου διαστολής (αν το δοχείο διαστολής είναι ψηλότερα από την αντλία).

II) Η πίεση λειτουργίας ή διαφορική πίεση είναι η πρόσθετη πίεση που δημιουργεί ο κυκλοφορητής για να υπερνικήσει τις αντιστάσεις του δικτύου των σωληνώσεων.

Οι κατασκευαστές διαθέτουν καμπύλες για κάθε οικογένεια κυκλοφορητών, που βοηθούν το μελετητή στην αρχική επιλογή του κυκλοφορητή. Για κάθε κυκλοφορητή δίνουν τη χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας που περιγράφει το μανομετρικό του κυκλοφορητή (H) σε συνάρτηση με την παροχή του νερού (Q), δηλαδή τη γραφική παράσταση της συνάρτησης  $H = f(Q)$ . Οι καμπύλες αυτές βασίζονται σε εργαστηριακές μετρήσεις. Αν ο κυκλοφορητής έχει περισσότερες από μία ταχύτητες, τότε για κάθε ταχύτητα δίνεται ξεχωριστή καμπύλη λειτουργίας (Αληφραγκής, 2014).

Τα παραπάνω μεγέθη συνδέονται μεταξύ τους με τις σχέσεις (Αληφραγκής, 2014):

$$\gamma = \rho g \text{ (kg/m}^3\text{)} \text{ (για νερό } \gamma=1000 \text{ kg/m}^3\text{)} \text{ (Εξ.1)}$$

$$H = p/\gamma \text{ (mWs)} \text{ (Εξ.2)}$$

$$\eta = P_\eta/P_N \text{ (Εξ.3)}$$

$$I_\eta = Q\Delta P = Q\rho g\Delta P = Q\gamma\Delta h \text{ (W)} \text{ (Εξ.4)}$$

$$I = pQ = \gamma HQ \text{ (Εξ.5)}$$

όπου:

$\gamma$  = ειδικό βάρος νερού,  $\rho$  = πυκνότητα του νερού = 1000 kg/m<sup>3</sup>,  $g$  = επιτάχυνση της βαρύτητας = 9,81 m/s<sup>2</sup>,  $H$  = μανομετρικό ύψος σε mWS,  $P$  = απορροφημένη ηλεκτρική ισχύς σε W,  $P_\eta$  = ισχύς Η/Κ,  $P_N$  = αξονική ισχύς,  $Q$  = παροχή του νερού σε m<sup>3</sup>/h, δηλαδή m υδάτινης στήλης,  $\eta$  = βαθμός απόδοσης αντλίας, καθαρός αριθμός < 1,  $\Delta h$  = ολικό μανομετρικό,  $\Delta P$  = πτώση πίεσης

Εφόσον το μανομετρικό του κυκλοφορητή και η παροχή σε λίτρα ανά ώρα είναι γνωστά, τότε επιλέγεται το καμπυλωτό διάγραμμα του κυκλοφορητή που πρόκειται να εγκατασταθεί.

Με άλλα λόγια, το τελικό σημείο λειτουργίας του κυκλοφορητή προκύπτει σαν σημείο τομής της καμπύλης του κυκλοφορητή με τη χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου. Η χαρακτηριστική καμπύλη του δικτύου είναι μία παραβολή που ξεκινά από το σημείο (0,0) και περνά από το σημείο λειτουργίας Q-H που έχουμε υπολογίσει (Αληφραγκής, 2014).

### Ταξινόμηση κινητήρων κυκλοφορητών

Ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους με ηλεκτρικό ρεύμα οι κινητήρες των κυκλοφορητών διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Στους μονοφασικούς ηλεκτροκινητήρες είναι ενσωματωμένη θερμική προστασία που σε περίπτωση υπερφόρτισης ανοίγει το κύριο κύκλωμα και διακόπτεται η λειτουργία του κυκλοφορητή. Αντίθετα στους τριφασικούς κινητήρες συνήθως δεν διατίθεται ενσωματωμένη προστασία γι'αυτό στον αντίστοιχο εκκινητή πρέπει να προβλέπεται τουλάχιστον θερμική και μαγνητική προστασία του κινητήρα.

Για αυτό το λόγο στην αγορά κυκλοφορούν ηλεκτρονόμοι προστασίας που παρέχουν ολική προστασία του κινητήρα, δηλαδή πέρα της κλασσικής θερμικής προστασίας περιλαμβάνουν προστασία από: μπλοκαρισμένο δρομέα, απώλεια φάσης έλλειψη τάσης ή υπέρταση, διαρροή ρεύματος προς τη γη, κ.ά (Αληφραγκής, 2014), (Υπηρεσία Καθαρισμού Different Service).

Ως προς τον αριθμό στροφών τους δε οι ηλεκτρικοί κινητήρες των κυκλοφορητών διακρίνονται σε διπολικούς/πολύστροφους με περίπου 2900 στροφές/min ή τετραπολικούς/αργόστροφους με περίπου 1450 στροφές/min ασύγχρονους με βραχυκυκλωμένο δρομέα σχεδιασμένους να λειτουργούν σε 1 ως 4 ταχύτητες (Αληφραγκής, 2014).

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί και οι λεγόμενοι έξυπνοι κυκλοφορητές (κυκλοφορητές inverter) από τους οποίους μπορεί να γίνει ρύθμιση των στροφών τους. Στους κυκλοφορητές αυτούς είναι ενσωματωμένη ηλεκτρονική κάρτα στην οποία συμπεριλαμβάνονται τα ηλεκτρονικά ισχύος και ο μικροεπεξεργαστής, που εξασφαλίζουν το συνεχή έλεγχο των στροφών του ασύγχρονου ηλεκτρικού κινητήρα σε μία ευρεία περιοχή.

### **Ο τρόπος λειτουργίας ενός έξυπνου κυκλοφορητή είναι ο εξής:**

Στον μικροεπεξεργαστή εισάγονται από πριν τα σημεία ρύθμισης που αντιστοιχούν στις καμπύλες λειτουργίας του κυκλοφορητή. Κατόπιν γίνεται σύγκριση της ταχύτητας του νερού με τα προκαθορισμένα σημεία. Αν η ταχύτητα διαφέρει από αυτά, μεταβάλλονται οι στροφές του κινητήρα από τον μικροεπεξεργαστή και επομένως και η απόδοση, μέχρι να λαμβάνει χώρα η αντιστοίχιση της ταχύτητας με το δεδομένο σημείο. Με αυτόν τρόπο χρησιμοποιώντας έναν κυκλοφορητή inverter επιτυγχάνεται χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και μέγιστη απόδοση (Αληφραγκής, 2014), (Υπηρεσία Καθαρισμού Different Service).

Σε γενικά πλαίσια ο κυκλοφορητής που θα επιλέγεται θα πρέπει να είναι ολιγόστροφος και αθόρυβος. Οι κυμαινόμενες απαιτήσεις θέρμανσης κατά τη διάρκεια της ημέρας συχνά προκαλούν θόρυβο στις εγκαταστάσεις που είναι εφοδιασμένοι με κοινούς κυκλοφορητές (Αληφραγκής, 2014).

### **Σύνδεση του κυκλοφορητή στο δίκτυο**

Παλιότερα η σύνδεση των κυκλοφορητών λάμβανε χώρα στην επιστροφή του λέβητα με σκοπό να γίνει δυνατή η προστασία τους από τις υψηλές θερμοκρασίες του νερού στην έξοδο του λέβητα. Σήμερα, οι κυκλοφορητές που βρίσκονται στην αγορά έχουν τη δυνατότητα αντοχής σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 110 °C και για αυτό η σύνδεσή τους μπορεί χωρίς πρόβλημα να γίνει στην έξοδο του λέβητα (Αληφραγκής, 2014).

Η σύνδεση του κυκλοφορητή με τις σωληνώσεις γίνεται συνήθως με φλάντζες ή με ρακόρ για μικρές διαμέτρους (Αληφραγκής, 2014), (Υπηρεσία Καθαρισμού Different Service), (Σοφιανός, 2011).



**Εικόνα 3.10: Τρόπος σύνδεσης κυκλοφορητή με φλάντζα με λέβητα (Αληφραγκής, 2014)**

Παράλληλα κατά την σύνδεση του κυκλοφορητή συνίσταται να συμπεριλαμβάνονται τα παρακάτω όργανα (Αληφραγκής, 2014), (Βουρλιώτης et al., 2011):

- 2 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.
- 1 ρυθμιστική βαλβίδα μετά τον κυκλοφορητή για να είναι δυνατή η ρύθμιση της συνολικής πτώσης πίεσης (στραγγαλισμός) και της παροχής στο δίκτυο, (εφόσον ο κυκλοφορητής δεν είναι πολλών ταχυτήτων).
- 2 μανόμετρα, ένα πριν και ένα μετά τον κυκλοφορητή, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της υπερπίεσης που δημιουργεί η λειτουργία του κυκλοφορητή.
- Σε εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους συνιστάται η τοποθέτηση ενός φίλτρου νερού, με καθοριζόμενο στοιχείο στην αναρρόφηση του κυκλοφορητή.

Σε ένα δίκτυο μπορούν να τοποθετηθούν παραπάνω από ένας κυκλοφορητές. Σε περίπτωση παράλληλης σύνδεσης κυκλοφορητών, οι παροχές των κυκλοφορητών αθροίζονται ενώ το μανομετρικό παραμένει το ίδιο. Αντίθετα σε σύνδεση κυκλοφορητών σε σειρά και όταν απαιτείται αυξημένο μανομετρικό, η παροχή παραμένει η ίδια αλλά το μανομετρικό των κυκλοφορητών προστίθεται. Σε σειρά συνδεδεμένοι κυκλοφορητές ενδέχεται να απαιτηθούν σε δίκτυα μεγάλου μήκους (Σοφιανός, 2011).

Για κάθε αντλία - κυκλοφορητή υπάρχουν καταχωρημένα τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά (Ψυχογιού, 2014):

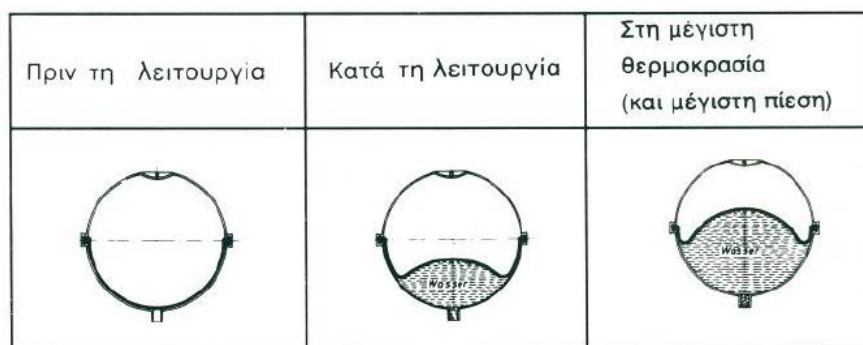
- Ονομαστικές διαμέτροι αναρρόφησης και κατάθλιψης (DN1, DN2).
- Οι εξωτερικές διαστάσεις L0 και L1 σε mm
- Οι διαστάσεις των φλαντζών D1, D2, D3 (αν η αντλία είναι φλαντζωτή).
- Το βάρος σε kg

Η διαστασιολόγηση του κυκλοφορητή χρειάζεται να διενεργείται με σωστό τρόπο και παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του με σκοπό την σωστή απόδοση και οικονομική λειτουργία του συστήματος (Αληφραγκής, 2014), (Ψυχογιού, 2014).

### 3.2.2.2 Δοχείο Διαστολής

Το νερό, που υπάρχει στην εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, κατά τη θέρμανσή του αυξάνει τον όγκο του. Η αύξηση αυτή παραλαμβάνεται από το δοχείο διαστολής. Αυτό διαθέτει ειδική ελαστική μεμβράνη, η οποία διαχωρίζει το εσωτερικό του τμήμα σε δύο μέρη. Στο ένα μέρος βρίσκεται το αδρανές αέριο άζωτο υπό πίεση, περίπου 1.5 bar, ενώ το άλλο μέρος επικοινωνεί με το νερό της εγκατάστασης χωρίς να παρεμβάλλεται οποιοσδήποτε διακόπτης (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014), (Google sites), (Εταιρεία TIssoft). Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το δοχείο διαστολής είναι ο εξής (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014):

Αφού γεμίσει το δίκτυο με νερό (b), η πίεση του νερού πιέζει τη μεμβράνη και μέρος του δοχείου γεμίζεται με νερό έως την εξισσορόπηση πιέσεων νερού και αέρα. Στην συνέχεια όταν λαμβάνει χώρα η θέρμανση του νερού της εγκατάστασης αυτό διαστέλλεται (c), τείνει να διασταλεί, και πιέζεται η μεμβράνη ακόμα περισσότερο προς τη μεριά του αέρα. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνει χώρα αύξηση του όγκου του νερού στο δοχείο, και κατ'έπекταση του συνολικού όγκου του νερού στο σύστημα. Έτσι η συνολική πίεση στο δίκτυο διατηρείται σταθερή ενώ οι συστολοδιαστολές του νερού παραλαμβάνονται στο δοχείο διαστολής (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014). Παρακάτω απεικονίζεται αυτός ο τρόπος λειτουργίας του δοχείου διαστολής του νερού:



Εικόνα 3.11: Τρόπος λειτουργίας δοχείου διαστολής (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014)

Υπάρχουν μικρά δοχεία διαστολής, μέχρι 25 lit, τα οποία εγκαθίστανται εύκολα στον σωλήνα χωρίς κάποιο στήριγμα. Μετά υπάρχουν τα δοχεία διαστολής με μεσαία μεγέθη, από 35 έως 140 lit. Αυτά τοποθετούνται στον τοίχο ή στο δάπεδο και συνδέονται με ένα σωλήνα 1/2" στην επιστροφή του λέβητα. Τα μεγαλύτερα σε όγκο δοχεία τοποθετούνται δε στο δάπεδο (Google sites), (Εταιρεία TIssoft).





Εικόνα 3.12: Δοχεία διαστολής διαφορετικών μεγεθών (Google Sites)

Το δοχείο διαστολής έχει μεγάλη σημασία σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης και πιθανή βλάβη του, μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες πιέσεις στο δίκτυο κατά τη θέρμανση του νερού (Google sites), (Εταιρεία TIssoft).

Σχετικά με την εγκατάσταση του δοχείου διαστολής υπάρχουν 2 περιπτώσεις:

- Δοχεία διαστολής για ανοιχτές εγκαταστάσεις
- Δοχεία διαστολής για κλειστές εγκαταστάσεις

Οι ανοιχτές εγκαταστάσεις συναντιούνται μόνο σε παλιά κτίρια. Η αύξηση του νερού στο λέβητα παραλαμβάνεται από έναν σωλήνα ασφαλείας, καταλήγει στο πάνω μέρος του ανοιχτού δοχείου διαστολής που βρίσκεται στην ταράτσα. Ένας άλλος σωλήνας, ο σωλήνας πλήρωσης συνδέεται με το κάτω μέρος του δοχείου διαστολής. Σε αντίθεση με τις ανοιχτές εγκαταστάσεις, στις κλειστές δεν υπάρχει άμεση επικοινωνία του νερού της εγκατάστασης με την ατμόσφαιρα. Όλες οι σύγχρονες εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι κλειστές (Google sites), (Εταιρεία TIssoft).

Σε κλειστές εγκαταστάσεις εμφανίζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα κατά την εγκατάσταση του δοχείου διαστολής (Google sites), (Εταιρεία TIssoft):

- Εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση καθώς η τοποθέτηση του δοχείου διαστολής γίνεται μέσα στο λεβητοστάσιο.
- Δεν χρειάζεται να τοποθετούνται τόσο σωλήνας ασφαλείας όσο και σωλήνας πλήρωσης.
- Καμία απώλεια νερού.

- Το νερό δεν παγώνει όπως συμβαίνει στα ανοιχτά δοχεία, όπως για παράδειγμα σε συνθήκες μεγάλου ψύχους.
- Το νερό δεν ανανεώνεται με τελική συνέπεια τη σκωρίαση των σωλήνων, του λέβητα και των θερμομαντικών σωμάτων.
- Δεν επιτρέπεται είσοδος αέρα από την ασφάλεια της εγκατάστασης.
- Η επιφάνεια των θερμομαντικών σωμάτων μπορεί να μειωθεί, γιατί με το κλειστό σύστημα η εγκατάσταση μπορεί να λειτουργήσει ως τους 110°C.

Για τον ακριβή υπολογισμό των λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός δοχείου διαστολής καθορίζονται δε οι εξής παράμετροι (Εταιρεία TIssoft):

- Περιεκτικότητα όλης της εγκαταστάσεως σε νερό (λέβητας, σώματα, σωληνώσεις κ.λ.π.) (It).
- Θερμοκρασία νερού προσαγωγής (T<sub>v</sub>).
- Θερμοκρασία νερού επιστροφής (T<sub>r</sub>).
- Αρχική πίεση (στατικό ύψος) (P<sub>A</sub>) σε bar.
- Τελική πίεση (μέγιστη πίεση λειτουργίας) (P<sub>E</sub>) σε bar

Η διαδικασία υπολογισμού των παραπάνω παραμέτρων περιγράφεται παρακάτω (Εταιρεία TIssoft):

1. Η μέση θερμοκρασία του νερού (t<sub>m</sub>) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$t_m = \frac{t_v + t_r}{2} \text{ σε } ^\circ\text{C}$$

2. Η διαστολή (W<sub>A</sub>) του νερού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_A = W_q \times A_f (It)$$

Όπου A<sub>f</sub> = Συντελεστής διαστολής με βάση την T<sub>m</sub>

3. Η τελική πίεση της εγκατάστασης (Μέγιστη πίεση λειτουργίας) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P_E = P_A + 0,7 \text{ (bar)}$$

4. Ο συντελεστής πίεσης (D<sub>i</sub>) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D_i = \frac{(P_E + 1) - (P_A + 1)}{P_E + 1}$$

5. Από τις τιμές W<sub>A</sub> και D<sub>i</sub> υπολογίζεται ο συνολικός όγκος (V<sub>N</sub>) του δοχείου διαστολής από τον τύπο:

$$VN = \frac{WA}{Di} \sigma \varepsilon \text{ lt}$$

Τέλος για κάθε δοχείο διαστολής καταχωρούνται τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά (Εταιρεία Tisoft):

- Ο όγκος του νερού (lt)
- Οι εξωτερικές διαστάσεις Ύψος x Διάμετρος (H, D) (mm)
- Η διάμετρος της οπής σύνδεσης (Din) (ίντσες)
- Το βάρος (χωρίς νερό) (kg)

### 3.2.2.3 Σωληνώσεις

Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα θέρμανσης σημαντικός ρόλος διαδραματίζεται από τις σωληνώσεις και αυτό γιατί μέσα από τις σωληνώσεις παρέχεται ζεστό νερό από τον λέβητα προς τα θερμαντικά σώματα. Αλλωστε και τα άλλα βασικά στοιχεία, όπως ο κυκλοφορητής και το δοχείο διαστολής συνδέονται σε ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης μέσω των σωληνώσεων.

Οι σωληνώσεις που θα τοποθετηθούν σε ένα σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ανθεκτικότητα και αυτό το χαρακτηριστικό είναι σημαντικό να διατηρείται σε όλη τη διάρκεια ζωής του σωλήνα. Οι σωληνώσεις θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή στις μεταβολές της πίεσης και της θερμοκρασίας κάτω από τις οποίες κυκλοφορεί το ζεστό νερό προερχόμενο από το λέβητα. Χρειάζεται παράλληλα να αντέχουν στη γήρανση και στις διάφορες καταπονήσεις. Επίσης θεωρείται σημαντικό να μην αποκτούν σκουριά, καθώς αυτή μπορεί να φράξει τον σωλήνα και να εμποδίσει την κυκλοφορία του ζεστού νερού. Με βάση το υλικό κατασκευής που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει τέλος να μην επιτρέπουν την επικάλυψη αλάτων ασβεστίου καθώς και την ανάπτυξη πληθυσμού βακτηρίων (Εταιρεία Εγκαταστάσεις Χαλκού).

Παρακάτω περιγράφονται χαρακτηριστικά σωληνώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα δίκτυο κεντρικής θέρμανσης με βάση το υλικό κατασκευής τους:

#### I) Χαλκοσωλήνες

Το υλικό των χαλκοσωλήνων είναι καθαρός χαλκός (Cu = 99,9% min) με μικρή πρόσμιξη φωσφόρου (P = 0,015 , 0,040%), από τον οποίο έχει αφαιρεθεί οξυγόνο για να μπορεί να συγκολληθεί χωρίς προβλήματα σε ατμόσφαιρα που έχει υδρογόνο (Εταιρεία Εγκαταστάσεις Χαλκού).

Οι χαλκοσωλήνες προσφέρονται σε ευθύγραμμες ράβδους των 3, 4 ή 5 m και σε κουλούρες των 25 ή 50 m (Εταιρεία Hydrometal).



**Εικόνα 3.13: Χαλκοσωλήνες (Εταιρεία Hydrometal)**

Οι μικτές κατασκευές, δηλαδή σιδηροσωλήνας και χαλκοσωλήνας πρέπει να αποφεύγονται γιατί στα σημεία επαφής έχουμε έντονη διάβρωση του σιδηροσωλήνα. Αν όμως είναι απαραίτητο, θα πρέπει να προσέξουμε τα εξής (Εταιρεία εγκαταστάσεις χαλκού):

- Η ροή του νερού, πρέπει να συναντά πρώτα το σιδηροσωλήνα και κατόπιν το χαλκοσωλήνα.
- Μεταξύ σιδηροσωλήνα και χαλκοσωλήνα, πρέπει να παρεμβάλλεται ορειχάλκινο εξάρτημα.

Οι χαλκοσωλήνες έχουν υψηλό κόστος, με ιδιαίτερη υψηλή αντοχή στην υπερπίεση. Γενικά λειτουργούν σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών λειτουργίας. Ο χαλκός μπορεί να μεταφέρει ψυκτικό μέσο που θερμαίνεται στους 500 ° C και χωρίς απώλειες, αντέχει στο πάγωμα του συστήματος. Θεωρούνται πολύ αξιόπιστοι, με μεγάλη διάρκεια ζωής, η οποία φτάνει τα 100 χρόνια. Τέλος, εμφανίζουν και αντιβακτηριακές ιδιότητες. Οι χαλκοσωλήνες γενικά μονώνονται με PVC καθώς μειώνονται οι θερμικές απώλειες ενώ μειώνεται και ο θόρυβος από τη ροή του νερού (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in Home), (Εταιρεία Εγκαταστάσεις Χαλκού)

## II) Χαλυβδοσωλήνες

Οι χαλυβδοσωλήνες που προορίζονται για εγκατάσταση θέρμανσης Οι αγωγοί αυτοί θεωρούνται φτηνοί, ανθεκτικοί, με όχι πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Ο λόγος για αυτό - χαμηλή αντοχή στη διάβρωση. Κρίθηκε ότι η διάρκεια ζωής των σωλήνων αυτών είναι 25 χρόνια, αλλά στην πράξη ήδη σε 5-6 χρόνια αρχίζουν να φράζουν με σκουριά (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).



Εικόνα 3.14: Χαλυβδοσωλήνες (Zhangjiagang Bonded Area Yaxin Precision Tube Co., Ltd)

Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα και οι ανοξείδωτοι χάλυβες με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι συγκεκριμένοι είδους σωλήνες εμφανίζουν άριστη μηχανική αντοχή καθώς και καλή αντοχή σε υψηλή πίεση. Εμφανίζουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα ενώ το κόστος τους θεωρείται χαμηλότερο σε σχέση με τον χαλκό (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).

### III) Πλαστικοί σωλήνες

Οι πλαστικοί σωλήνες που χαρακτηρίζονται από τη χημική σύνθεση της πρώτης ύλης. Οι γνωστότεροι είναι (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home):

- σωλήνες από PP (πολυπροπυλένιο)
- σωλήνες από PE-HD (πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας)
- σωλήνες από PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο)

Παρακάτω περιγράφονται τα 3 είδη σωλήνων:

#### I) Σωλήνες από πολυπροπυλένιο (PP)

Οι σωλήνες από πολυπροπυλένιο θεωρούνται πολύ ακριβοί, ανθεκτικοί, αλλά όχι πολύ ισχυροί σωλήνες. Τέτοιοι σωλήνες πολλαπλών στρωμάτων πολυπροπυλενίου μπορεί να αντέξουν θερμοκρασίες μέχρι 120οC, ωστόσο εξαρτήματα σωληνώσεων (επίσης πολυπροπυλένιο) διατηρούνται συνήθως το πολύ σε 75-90οC.

Γενικά διαθέτουν μικρό βάρος ενώ εγκαθίστανται εύκολα στο σύστημα. Επιπλέον, οι σωλήνες από πολυαιθυλένιο εμφανίζουν ιδιαίτερη ανθεκτικότητα σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες και υψηλή πίεση. Ωστόσο υπάρχουν και μειονεκτήματα, όπως η χαμηλή πλαστική ακαμψία, η οποία οδηγεί σε γραμμές χαλάρωσης που μπορεί να προκαλέσουν θραύση. Παράλληλα, εξαιτίας αυτής της ακαμψίας του πολυπροπυλενίου, πρέπει να

χρησιμοποιούνται ειδικά εξαρτήματα για να πραγματοποιούνται στροφές (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).

### II) Σωλήνες από πολυαιθυλένιο (PE)

Η ειδική πυκνότητα του υλικού του πολυαιθυλενίου δίνει αντοχή σε αυξημένη θερμοκρασία και υψηλή πίεση. Οι σωλήνες αυτοί εμφανίζουν ταυτόχρονα μικρό συντελεστής διόγκωσης ενώ χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάρκεια ζωής, η οποία σύμφωνα με τους κατασκευαστές είναι πάνω από 50 χρόνια. Παράλληλα, εγκαθίστανται εύκολα (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Electric in Home).



Εικόνα 3.15: Σωλήνες από πολυαιθυλένιο (Εταιρεία Interplast)

Μειονέκτημα θεωρείται ότι εξαιτίας των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της παραγωγής τέτοιων προϊόντων δεν επιτρέπεται η παραγωγή τέτοιων σωλήνων μεγάλης διαμέτρου (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in Home).

### III) Σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Οι σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο PVC έχουν μικρό βάρος ενώ επίσης δεν σκουριάζουν. Παράλληλα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, τουλάχιστον 50 έτη. Επίσης η θερμοκρασία του ρευστού που μεταδίδεται μέσω του σωλήνα PVC ουσιαστικά δεν χάνεται κατά τη μεταφορά.

Παρόλα αυτά κύριο μειονέκτημα των σωλήνων από PVC είναι ότι δεν αντέχουν σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες και για αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα σε ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται σωλήνες από CPVC (από χλωριούχο πολυβινυλοχλωρίδιο-με χλωρίωση της ρητίνης του PVC, των οποίων η αντοχή μπορεί να φτάσει έως και θερμοκρασίες +95°C). Οι σωλήνες από CPVC είναι πιο όλκιμοι με μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη ενώ παράλληλα δεν διαβρώνονται εύκολα (Presmarymythuen Org). Γενικά, μειονεκτήματα των πλαστικών σωλήνων είναι ότι δεν αντέχουν σε γήρανση, μεταβολές συνθηκών και σε διάφορες καταπονήσεις. Για παράδειγμα σε περίπτωση υψηλών



θερμοκρασιών μπορούν να παραμορφωθούν εύκολα καθώς έχουν μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής διαστολής ενώ ενδέχεται να υποστούν και εύκολα βλάβη από παγετό. Επίσης ο χρόνος ζωής τους είναι περιορισμένος ενώ επιτρέπουν και τον πολλαπλασιασμό ανάπτυξης μικροβίων (Εταιρεία εγκαταστάσεις χαλκού).

#### IV) Μεταλλικοί πλαστικοί σωλήνες

Τέλος υπάρχουν και οι μεταλλικοί πλαστικοί σωλήνες όπου το εσωτερικό του στρώμα είναι κατασκευασμένο από μέταλλο (για παράδειγμα αλουμίνιο) ενώ το εξωτερικό του στρώμα είναι κατασκευασμένο από πλαστικό, το οποίο προστατεύει το προϊόν από τις δυσμενείς επιπτώσεις.

Επιπλέον, οι μεταλλικοί πλαστικοί σωλήνες δύνανται να αποτελούνται και από 3 στρώματα, όπου το εσωτερικό στρώμα είναι από πλαστικό, το εξωτερικό είναι από το μέταλλο, επιπλέον επικαλυμμένο με ένα λεπτό στρώμα πλαστικού.

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν αντίσταση στις υψηλές θερμοκρασίες μεγαλύτερη από άλλα πλαστικά υλικά. Παράλληλα, έχουν μικρότερο βάρος ενώ η αντοχή τους θεωρείται μεγαλύτερη από αυτή των πλαστικών εξαρτημάτων. Ταυτόχρονα, είναι εξαιρετικά όλκιμοι ενώ διαθέτουν και μεγάλη αντοχή στη διάβρωση (Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).

Παρόλα αυτά στα μειονεκτήματα τους είναι ότι, διαθέτουν μια σχετικά μικρή διάρκεια ζωής - περίπου 15 χρόνια και σχετικά υψηλό κόστος. Διαθέτουν μικρότερη αντοχή σε καταπονήσεις και στις αυξομειώσεις θερμοκρασιών σε σχέση με τα μεταλλικά υλικά.

Για παράδειγμα, ο συντελεστής διαστολής ενός μεταλλικού πλαστικού σωλήνα μπορεί να είναι και 10 φορές μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του μετάλλου. Παράλληλα, το κόστος των εξαρτημάτων τέτοιων σωλήνων είναι υψηλό, με αποτέλεσμα το τελικό κόστος να είναι ακόμη μεγαλύτερο. Οι συνδέσεις τέτοιων εξαρτημάτων θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστες ενώ απαιτείται τακτική συντήρηση. Επιπλέον, όταν το σύστημα παγώσει, τα εξαρτήματα μετάλλου ενδέχεται να εκραγούν και ο αγωγός θα καταστεί άχρηστος (Εταιρεία εγκαταστάσεις χαλκού), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).

Πέρα από το υλικό κατασκευής του σωλήνα είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κατά την εγκατάσταση σωληνώσεων σε σύστημα κεντρικής θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα εξής:

**i) Ο τρόπος με τον οποίο τοποθετείται ο σωλήνας:** Αυτός μπορεί να λαμβάνει χώρα τόσο εξωτερικά όσο και σε μη εμφανή σημεία, όπως για παράδειγμα κάτω από το πάτωμα, μέσα στο πλαίσιο για γυψοσανίδα ή στο πάνελ τοίχου. Η τοποθέτηση των σωλήνων δύνανται να λάβει χώρα επίσης τόσο σε θερμαινόμενες εγκαταστάσεις όσο και σε μη θερμαινόμενες, όπως για παράδειγμα στο υπόγειο.

**ii) Η απαιτούμενη διάμετρος των σωλήνων που θα χρησιμοποιηθούν, η οποία καθορίζει τις απαιτούμενες διαστάσεις σωλήνα.** Η παράμετρος αυτή θεωρείται μεγάλης σημασίας καθώς όταν υπολογίζεται με σωστό τρόπο αποφεύγονται οι απώλειες σε θερμότητα καθώς και οι περιττές σπατάλες σε ενέργεια.



Για τον υπολογισμό αυτό θα πρέπει να είναι γνωστές κάποιες παράμετροι όπως: i) Εσωτερική διάμετρος εξαρτημάτων, ii) Ο τρόπος τοποθέτησης του σωλήνα, iii) ο ονομαστικός δείκτης εσωτερικής διαμέτρου και πάχους τοιχώματος. Με αύξηση της διαμέτρου, αυξάνει η περιοχή μεταφοράς θερμότητας, κάτι το οποίο συντελεί σίγουρα σε πτώση της πίεσης και σε απώλεια θερμότητας. Επίσης όσο μικρότερη είναι η εξωτερική διάμετρος τόσο ευνοείται η μεταφορά μεγαλύτερου όγκου νερού (Εταιρεία εγκαταστάσεις χαλκού), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in home).

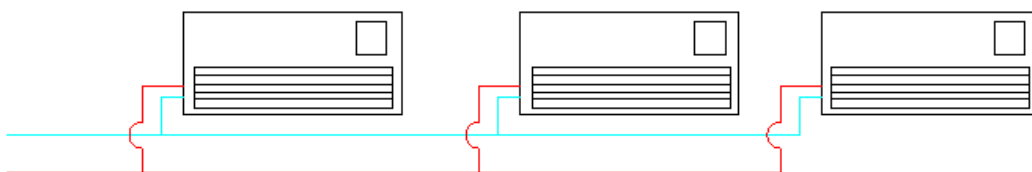
**iii) Η πίεση λειτουργίας στο σωλήνα διανομής.** Χρησιμοποιείται πίνακας υπολογισμού, όπου όλες οι παράμετροι σαφώς δηλώνονται εκεί όπως και οι παράμετροι του ψυκτικού υγρού, η διάταξη των σωλήνων και τα χαρακτηριστικά των συσκευών θέρμανσης. Η διάμετρος των σωλήνων υπολογίζεται σε ίντσες, για παράδειγμα από 1/8" (»6 mm) μέχρι 6" (»150 mm) (Εταιρεία εγκαταστάσεις χαλκού).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε ένα κεντρικό δίκτυο θέρμανσης πάνω στις σωληνώσεις μπορούν να τοποθετηθούν όργανα όπως είναι οι *διαχωριστές αέρα*. Μέσω αυτών λαμβάνει χώρα η συγκέντρωση και η αυτόματη απομάκρυνση του αέρα, ο οποίος βρίσκεται διαλυμένος στη μάζα του νερού πριν εκείνος οδηγηθεί στο δίκτυο διανομής και στα θερμαντικά σώματα της εγκατάστασης. Τοποθετούνται σε απόσταση 1 m από το λέβητα (Εταιρεία Αένας Α.Ε, 2015).

Παράλληλα πάνω σε σωλήνες μπορούν να τοποθετηθούν και *αυτόματα εξαεριστικά*, σκοπός των οποίων είναι η αυτόματη εξαγωγή του διαλυμένου αέρα που βρίσκεται στο νερό της εγκατάστασης. Έχει διαπιστωθεί ότι ο αέρας μπορεί να εγκλωβιστεί στα πάνω τμήματα των κατακόρυφων κεντρικών σωληνώσεων προσαγωγής – επιστροφής. Οι θέσεις που τοποθετούνται τα αυτόματα εξαεριστικά είναι σε ανώτερα σημεία του συστήματος σωληνώσεων (Εταιρεία Αένας Α.Ε, 2015).

Επίσης πάνω σε σωληνώσεις μπορούν να τοποθετηθούν και βάνες, βαλβίδες καθώς και όργανα ένδειξης - μέτρησης και καταγραφής, όπως μανόμετρα, θερμόμετρο, μετρητές όγκου νερού κλπ (Ψυχογιού, 2014).

Τέλος, κάθε σύστημα μπορεί να είναι μονοσωλήνιο ή δισωλήνιο. Σε ένα δισωλήνιο σύστημα υπάρχει αντίστροφη επιστροφή προς το λέβητα ούτως ώστε το υδραυλικό κύκλωμα να είναι εξισορροπημένο (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014). Παρακάτω απεικονίζεται ένα τέτοιο δισωλήνιο σύστημα:



**Εικόνα 3.16:** Δισωλήνιο σύστημα όπου λαμβάνει χώρα αντίστροφη επιστροφή του ζεστού νερού (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014)

### 3.3 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Σε ένα σύστημα εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης, οι σωληνώσεις μέσα από τις οποίες κυκλοφορεί τελικά το ζεστό νερό καταλήγουν στα θερμαντικά σώματα. Τα θερμαντικά σώματα ή θερμοσώματα είναι πολύ χρήσιμα καθώς μέσω αυτών, η παραγόμενη θερμότητα απάγεται και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο, όπου είναι εγκατεστημένο το θερμοσώμα. Για να υπάρξει η κατάλληλη θερμοκρασία στον χώρο, θα πρέπει να λαμβάνει χώρα βέβαια η εγκατάσταση του θερμοσώματος στα πιο ψυχρά σημεία ενός δωματίου. Σημεία κοντά στα εξωτερικά παράθυρα ή κοντά στην πόρτα θεωρούνται τέτοια ψυχρά σημεία σε έναν χώρο (Εταιρεία Αγγελόπουλος). Σήμερα ανάλογα με το σχήμα τους συναντιώνται διάφορες κατηγορίες θερμοσωμάτων και τέτοιες περιγράφονται παρακάτω:

#### I) Σώματα ΑΚΑΝ ή κλασσικά

Είναι τα σώματα τα οποία αποτέλεσαν πρωταγωνιστές για πολλά χρόνια στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης. Κατά 20 - 30% η θέρμανση του εσωτερικού χώρου με την χρήση αυτών των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ενώ κατά 70 - 80 % με ακτινοβολία. Έχουν μεγάλη χωρητικότητα σε νερό και αυτό έχει ως συνέπεια την αργή θέρμανσή τους όπως και το αργό κρυμά τους. Κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο αλλά και από χάλυβα (Εταιρεία Αγγελόπουλος).

#### II) Σώματα πάνελ

Τα σώματα πάνελ εμφανίζουν ποικιλία διαστάσεων ενώ επίσης διαθέτουν αντοχή στο χρόνο. Ο τρόπος κατασκευής τους είναι από χαλύβδινα ελάσματα πάχους 1.1 – 1.25 mm, τα οποία διαμορφώνονται σε πρέσα και στην συνέχεια συγκολλούνται μεταξύ τους ώστε να δημιουργείται μια υδροφόρα πλάκα. Το κάθε σώμα πάνελ αποτελείται από 1 έως 3 υδροφόρες πλάκες. Τα σώματα τύπου πάνελ και τα τύπου ΑΚΑΝ για την ίδια θερμική απόδοση, έχουν το ίδιο ύψος και το ίδιο πλάτος (Εταιρεία Αγγελόπουλος), (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014).

#### III) Σώματα αλουμινίου

Κατασκευάζονται σε φέτες με χύτευση κραμάτων αλουμινίου σε καλούπια. Έχουν λεία επιφάνεια. Οι φέτες ενώνονται μεταξύ τους με χαλύβδινα νίπελ και κατασκευάζονται σε διαφορετικά ύψη ενώ ο καθορισμός του μήκους τους γίνεται από τον αριθμό των φετών. Τα σώματα αλουμινίου εμφανίζουν υψηλό κόστος και για αυτό δεν χρησιμοποιούνται τόσο σήμερα (Εταιρεία Αγγελόπουλος).

#### IV) Σώματα Ρούνταλ

Ελάχιστα πλέον χρησιμοποιούνται αυτά τα σώματα εξαιτίας της διευρυμένης χρήσης των σωμάτων πάνελ. Το υλικό κατασκευής τους είναι χαλύβδινοι πεπλατυσμένοι οριζόντιοι σωλήνες (Εταιρεία Αγγελόπουλος).

Παρακάτω απεικονίζονται και οι 4 περιπτώσεις θερμαντικών σωμάτων:



**Εικόνα 3.17: Θερμαντικά σώματα διαφορετικών τύπων. I) ΑΚΑΝ, ii) Πάνελ, iii) Αλουμινίου, iv) Ρούνταλ (Βλαχογιάννης & Καμπούρας, 2014)**

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την εγκατάσταση κάθε θερμοσώματος, η απόσταση από τον πίσω τοίχο πρέπει να είναι 2 cm, ώστε να κυκλοφορεί ο θερμός αέρας. Σημαντικότερη βελτίωση επιφέρει η μόνωση του τοίχου πίσω από το σώμα. Και αυτό γιατί υπάρχει μεγάλη διαφορά στη θερμοκρασία που επικρατεί μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου (Εταιρεία Αγγελόπουλος).

### **3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ**

#### **3.4.1 Καπναγωγός**

Ο καπναγωγός είναι το τμήμα του συστήματος απαγωγής καυσαερίων που συνδέει τον λέβητα με την καπνοδόχο και κατασκευάζεται με τον εξής τρόπο (Εταιρεία TIssoft):

- Εσωτερική στρώση, συνήθως ανοξείδωτος χάλυβας, πάχους  $d_1=0.01$  m και μήκους  $\lambda_1=17.00$  W/(mK)
- Μεσαία στρώση, συνήθως ορυκτοβάμβακας, πάχους  $d_2=0.03$  m και μήκους  $\lambda_2=0.045$  W/(mK)
- Εξωτερική στρώση, συνήθως ανοξείδωτος χάλυβας, πάχους  $d_3=0.01$  m και μήκους  $\lambda_3=17.00$  W/(mK)

Γενικά στους καπναγωγούς αξιοποιείται ευρύτατα το ανοξείδωτο ατσάλι καθώς πρόκειται για ένα υλικό με το οποίο επιταχύνεται η διαδικασία καύσης και η αποβολή των καυσαερίων ενώ παράλληλα μειώνεται η κατανάλωση των καυσίμων. Το ανοξείδωτο ατσάλι θεωρείται ιδιαίτερα ανθεκτικό στη διάβρωση και τις υψηλές θερμοκρασίες (Ηλεκτρονικό Περιοδικό ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ).



**Εικόνα 3.18: Καπναγωγός από ανοξείδωτο χάλυβα διαμέτρου 100mm και μήκους 1m (Εταιρεία LeroyMerlin)**

Τα τεμάχια που συνθέτουν τον καπναγωγό (ή το σωλήνα καυσαερίων), πρέπει να παρουσιάζουν κλίση προς τα επάνω, όπως τα καυσαέρια απομακρύνονται από το λέβητα. Η κλίση αυτή στους μεταλλικούς αγωγούς πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 % και στους κτιστούς τουλάχιστον 10 % (Ηλεκτρονικός Ιστότοπος Λεβητοστάσιο).

Αλλα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή του καπναγωγού είναι (Εταιρεία TISoft):

A) Η διατομή: Η διατομή του καπναγωγού είναι ενιαία σε όλο το μήκος του και μπορεί να είναι κυκλική ή ορθογωνική. Η διατομή κτιστών καπναγωγών πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της καπνοδόχου κατά 20 %.

B) Εκτεταμένο μήκος ( $L_v$ ) σε [m]: Είναι το μήκος της αξονικής γραμμής από το περιστόμιο της συσκευής μέχρι την είσοδο στην καπνοδόχο.

Γ) Ενεργό ύψος ( $H_v$ ) σε [m]: Είναι η υψομετρική διαφορά από το κέντρο του περιστόμιου της συσκευής μέχρι το κέντρο του καπναγωγού στην είσοδο του στην καπνοδόχο.

### **3.4.2 Καπνοδόχος**

Η καπνοδόχος είναι βασικό τμήμα μιας εγκατάστασής κεντρικής θέρμανσης που βασίζεται σε καύση, που παραλαμβάνει τα καυσαέρια από τον λέβητα και τα οδηγεί στην ατμόσφαιρα. Είναι με άλλα λόγια το σύνολο των δομικών στοιχείων που εξασφαλίζουν την απαγωγή των καυσαερίων από τις εστίες καύσεως των λεβήτων, στον αέρα επάνω από τις στέγες (Ηλεκτρονικό Περιοδικό Υδραυλικός, 2012).

Για την καλύτερη απαγωγή των καυσαερίων από ένα σπίτι, η τοποθέτηση της καμινάδας σε ένα σπίτι πρέπει να γίνεται κατακόρυφα (Ηλεκτρονικός Ιστότοπος Λεβητοστάσιο).



**Εικόνα 3.19:** Συνίσταται η κατακόρυφη τοποθέτηση της καπνοδόχου σε ένα σπίτι (Ομιλος Τσεκούρας)

Η εσωτερική δομή της καπνοδόχου πρέπει να κατασκευάζεται από υλικά (Ηλεκτρονικός ιστότοπος Λεβητοστάσιο), (Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, 2012):

- Ανθεκτικά στην υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων που παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στην χημική διάβρωση από συμπυκνώματα καυσαερίων,
- Αδιάβροχα
- Χωρίς ρωγμές, ραβδώσεις ή εσωτερικές διαβρώσεις, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν στροβιλισμούς, να κατακρατήσουν αιθάλη, μειώνοντας την εσωτερική διατομή της.

Παλιότερα χρησιμοποιούταν για την κατασκευή της καπνοδόχου σίδηρος, καθώς υπήρχε η θεωρία ότι έτσι αυξανόταν η διάρκεια ζωής του καπναγωγού ενώ ο σίδηρος πρόκειται για ένα υλικό, το οποίο δεν καταστρέφεται γρήγορα. Τώρα χρησιμοποιείται ευρύτατα για την κατασκευή του ανοξείδωτος χάλυβας (Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, 2012).

Το αναγκαίο ύψος της καπνοδόχου, η διατομή της, η διαδρομή και τα υλικά κατασκευής της θα πρέπει να συνδέονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του λέβητα. Η καπνοδόχος μπορεί να βρίσκεται μέσα στην οικοδομή ή επάνω σε κάποιον εξωτερικό τοίχο ή και σε κάποια απόσταση από το κτίριο. Η δομική κατασκευή πρέπει να στηρίζεται με ασφάλεια σε φέροντα στοιχεία του κτιρίου ή στο έδαφος. Πέρα από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του λέβητα, οι λειτουργίες που επιτελεί η καπνοδόχος σχετίζονται άμεσα με θέματα υγιεινής, ασφάλειας, οχλήσεως περιοίκων, ρυπάνσεως του τοπικού και ευρύτερου περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία της καπνοδόχου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολεοδομικές, υγειονομικές, αστικές και βέβαια τεχνικές προδιαγραφές και διατάξεις (Ηλεκτρονικός ιστότοπος Λεβητοστάσιο).

Η καπνοδόχος πρέπει να επιτυγχάνει την απαγωγή των καπναερίων κατά τρόπον ώστε να υποβοηθά την καύση με υψηλό βαθμό αποδόσεως, ώστε να μεταφέρονται τα καυσαέρια σε επαρκές ύψος, ώστε οι κινούμενες αέριες μάζες μετά ακόμη και σε περίοδο όπου δεν επικρατεί

άνεμος, να μπορούν να διαλύουν (αραιώνουν) και να απομακρύνουν τα αέρια παραπροϊόντα της καύσεως. Έτσι, επιδιώκεται η δημιουργία υποπίεσης στη βάση τους, με αφετηρία τη διαφορά πυκνότητας των θερμών καπναερίων σε σχέση με ψυχρό αέρα ανάλογα με το ύψος της καπνοδόχου. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ελκυσμός και ισχύει για κάθε είδους καπνοδόχο. Ο ελκυσμός όμως δεν πρέπει να είναι ούτε μικρότερος ούτε μεγαλύτερος από τον απαραίτητο.

Και αυτό γιατί μεγαλύτερος ελκυσμός από τον απαραίτητο, οδηγεί σε αυξημένη περίσσεια αέρα και ταχύτερη της ενδεδειγμένης ροή των καυσαερίων μέσα στον λέβητα. Όμως έτσι λαμβάνει χώρα ατελής καύση και μειωμένη απόδοση συναλλαγής θερμότητας μεταξύ καυσαερίων και θερμαινόμενου νερού. Ο βαθμός απόδοσης είναι χαμηλός και παρατηρείται αυξημένη ρύπανση του περιβάλλοντος. Επίσης, μικρότερος ελκυσμός από τον αναγκαίο οδηγεί και πάλι σε ατελή καύση και πάλι κακή εκμετάλλευση του καυσίμου και σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος (Ηλεκτρονικός ιστότοπος Λεβητοστάσιο).

### 3.5 ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

#### 1) Οργανα διακοπής

Πέρα από το λέβητα/καυστήρα, τον κυκλοφορητή, το δοχείο διαστολής, τις σωληνώσεις, τα θερμοσώματα σε ένα κύκλωμα κεντρικής θέρμανσης, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα όργανα διακοπής, ασφάλειας και ρύθμισης της εγκατάστασης (Ψυχογιού, 2014).

Τα *όργανα διακοπής* παρέχουν την δυνατότητα διακοπής, μερικώς ή τελείως, της ροής του νερού μέσα στους σωλήνες. Τα όργανα αυτά βοηθούν ώστε η συνολική πτώση πίεσης στο δίκτυο να παραμένει μικρή. Μέσω αυτών των οργάνων δεν επιτρέπεται η αλλαγή της κατεύθυνσης ροής του νερού καθώς εκείνο διέρχεται μέσα από το σώμα τους. Επίσης από τα όργανα διακοπής δεν θα πρέπει να προκαλούνται μεγάλα υδραυλικά πλήγματα στο δίκτυο, τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν μια ισχυρή καταπόνηση όλων των οργάνων και των σωληνώσεων του (Ηλεκτρονικός ιστότοπος Θέρμανση), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016). Τέτοια όργανα διακοπής μπορούν να είναι:

**Διακόπτες:** Οι διακόπτες μπορούν να διακόψουν την παροχή νερού σε μια εγκατάσταση. Υπάρχουν οι ηλεκτροθερμικοί διακόπτες, οι οποίοι είναι διακόπτες που ανοίγουν από τη θερμική διαστολή του νερού. Υπάρχουν επίσης και οι θερμοστατικοί διακόπτες μέσω των οποίων γίνεται διακοπή της παροχής νερού στο θερμαντικό σώμα ανάλογα με την επικρατούσα θερμοκρασία στον χώρο. Με τις βάνες μπορεί να γίνει διακοπή της παροχής νερού που πάει στα σώματα (όπως για παράδειγμα τις περιστροφικές). **Στις βάνες** δεν εμφανίζεται αντίσταση στην κίνηση του νερού και χρησιμοποιούνται ευρύτερα σε σωλήνες μεγάλων διαμέτρων. Οι βάνες λόγω αυξημένης πτώσης πίεσης, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής πίεσης. Κατασκευάζονται από χάλυβα ή χυτοσίδηρο.

**Στους κρουνοί** η διακοπή της ροής επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός πώματος, το οποίο έχει την μορφή κόλουρου κώνου. Η περιστροφή του πώματος γίνεται με την βοήθεια μοχλού

συνήθως κατά 90°. Οι κρουνοί είναι όργανα ασφαλή έναντι σκόνης, κλείνουν με γρήγορο ρυθμό και η χρήση τους διεξάγεται σε όλο το εύρος πιέσεων. Κατασκευάζονται από χάλυβα ή χυτοσίδηρο (Ηλεκτρονικός ιστότοπος θέρμανση), (Ενεργειακό γραφείο Κύπρου, 2016).

Παρακάτω απεικονίζεται ένας τέτοιος κρούνος με ενσωματωμένη βάνα:



**Εικόνα 3.20: Κρούνος με ενσωματωμένη βάνα (Εταιρεία Κορδάλης)**

## II) Όργανα ασφάλειας (Ασφαλιστικές δικλείδες)

Τα *όργανα ασφάλειας* σκοπό έχουν να προστατεύουν την εγκατάσταση από φαινόμενα που μπορούν να διαταράξουν την ομαλή της λειτουργία και να προστατεύουν την εγκατάσταση. Τέτοια όργανα είναι για παράδειγμα οι *βαλβίδες αντεπιστροφής* και οι *βαλβίδες αερισμού*. Στις πρώτες δεν επιτρέπεται η ροή του νερού μέσα στις σωληνώσεις σε φορά αντίθετη από την επιθυμητή. Οι δεύτερες δε αξιοποιούνται έτσι είτε στο να επιτρέπουν την είσοδο του αέρα στις σωληνώσεις είτε στον να επιτρέπουν την έξοδο του εγκλωβισμένου αέρα από την εγκατάσταση.

Παράλληλα, οι *βαλβίδες ασφαλείας* αποτρέπουν την υπέρβαση της επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας των κλειστών κυκλωμάτων θέρμανσης. οι βαλβίδες ασφαλείας ανοίγουν και αφαιρούν νερό από την εγκατάσταση αν η πίεση ξεπεράσει μια καθορισμένη τιμή. Η πίεση στην εγκατάσταση μπορεί να ξεπεράσει την καθορισμένη τιμή όταν: i) Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού είναι πάνω από μια ορισμένη τιμή, ii) Η αρχική πίεση του δοχείου διαστολής έχει ρυθμιστεί λάθος, iii) Η μεμβράνη του δοχείου διαστολής έχει καταστραφεί. Είναι ρυθμισμένες να ενεργοποιούνται σε μια πίεση 2.5 ή 3.0 bar. Ο τρόπος, ο οποίος λειτουργεί μια βαλβίδα ασφαλείας είναι μέσω ενός ελατηρίου, το οποίο ανυψώνεται σε περίπτωση που η πίεση του δικτύου είναι μεγαλύτερη από την καθορισμένη τιμή. (Μηχανολογικό Φόρουμ Μοναχός), (Εταιρεία Αένας Α.Ε., 2015).





**Εικόνα 3.21: Βαλβίδα αντεπιστροφής (αριστερά) (Εταιρεία KM Irrigation), βαλβίδα αερισμού (κέντρο) (Εταιρεία Φλόγα), βαλβίδα ασφαλείας (δεξιά) (Εταιρεία Multiclisma)**

Τα *όργανα ρύθμισης* έχουν αποστολή να ρυθμίζουν κάποιο μέγεθος του νερού που ρέει μέσα στις σωληνώσεις. Τέτοια είναι π.χ. οι ρυθμιστές πίεσεως που κρατούν σταθερή την πίεση μέσα στον αγωγό, οι βαλβίδες πλήρωσης που ρυθμίζουν την ροή του νερού σε μια εγκατάσταση (Ενεργειακό γραφείο κύπρου, 2016), (Ηλεκτρονικός ιστότοπος λεβητοστάσιο).

Μια ρυθμιστική βαλβίδα θεωρείται και ο *αυτόματος πλήρωσης*, ο οποίος έχει ως σκοπό στο να εισάγεται αυτόματα νερό στην εγκατάσταση ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση του νερού της εγκατάστασης του δικτύου. Η ρύθμιση της πίεσης του αυτομάτου πλήρωσης γίνεται συνήθως από 0,2 – 0,5 bar πάνω από την στατική πίεση του συστήματος της εγκατάστασης. Τοποθετείται δε στην είσοδο του λέβητα (Εταιρεία Κόζας, 2010).

Άλλο ένα τέτοιο όργανο ρύθμισης, είναι και ο *θερμοστάτης λέβητα*, ο οποίος περιορίζει τη θερμοκρασία, την οποία πρέπει να διαθέτει ο λέβητας. Ο θερμοστάτης καθορίζει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του νερού στο λέβητα. Σε περίπτωση μεγαλύτερης θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία λειτουργίας με την χρήση του θερμοστάτη αμέσως διακόπτεται η παροχή καυσίμου στον λέβητα (Ηλεκτρονικός ιστότοπος λεβητοστάσιο).

Παρακάτω απεικονίζεται ένας τέτοιος θερμοστάτης:



**Εικόνα 3.22: Θερμοστάτης (Εταιρεία Thermis)**

Τέλος υπάρχουν και οι *υδροστάτες*, τα οποία είναι όργανα με τα οποία ελέγχεται η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τον καυστήρα και τον κυκλοφορητή, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού στον λέβητα (Εταιρεία Due Line Energy Management).



**Εικόνα 3.23: Υδροστάτης (Εταιρεία Due Line Energy Management)**

Μέσω των υδροστατών μπορεί να γίνει (Εταιρεία Due Line Energy Management):

- α) Διακοπή της παροχής ρεύματος προς τον καυστήρα όταν η θερμοκρασία υπερβεί ένα όριο (συνήθως 90°C). Έτσι, η εγκατάσταση προστατεύεται από υπερθέρμανση του νερού.
- β) Ενεργοποίηση του καυστήρα όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από μια θερμοκρασία (συνήθως 5°C). Με αυτόν τον τρόπο η εγκατάσταση προστατεύεται από πάγωμα του νερού.
- γ) Ενεργοποίηση του κυκλοφορητή όταν η θερμοκρασία του νερού στον λέβητα φτάσει σε προκαθορισμένη θερμοκρασία (συνήθως 45-55°C).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η ιδέα για την κατασκευή του λέβητα στερεών καυσίμων ήταν για να έχουμε μειωμένο κόστος θέρμανσης και ευρεία επιλογή καυσίμων απο την εκμετάλλευση της βιομάζας. Ο καυστήρας σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με την προοπτική της καύσης κάθε είδους βιομάζας στην κατάλληλη μορφή ώστε να είναι εφικτή η αυτόματη τροφοδοσία. Σκοπός της κατασκευής είναι η εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης των στερεών καυσίμων και της ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος. Ο λέβητας στερεών καυσίμων της συγκεκριμένης πτυχιακής αποτελείται απο λέβητα 5 διαδρομών, καυστήρα με διπλό κοχλία για λόγους ασφαλείας και το σιλό αποθήκευσης της καύσιμης ύλης. Ακολουθεί η διαδικασία κατασκευής με όλες τις κατεργασίες που απαιτούνται για το κάθε τμήμα του λέβητα στερεών καυσίμων ξεχωριστά.



Ο ρόλος του καυστήρα βιομάζας είναι να τροφοδοτεί την εστία καύσης και σε συνδυασμό με την παρουσία οξυγόνου να διατηρεί τη φλόγα. Ο σχεδιασμός του υλοποιήθηκε με κριτήρια χωρητικότητας καύσιμης ύλης στην εστία ώστε μετά την καύση να απελευθερώνονται οι απαιτούμενες θερμίδες οι οποίες διαφέρουν στο κάθε είδος βιομάζας. Δοκιμάστηκε σε καύση πελλετοποιημένου ξύλου, υπολείμματα από φιστίκι Αίγινας, πυρηνόξυλο καθώς και σπασμένο κουκούτσι ελιάς.

Για την κατασκευή της εστίας καύσης χρησιμοποιήθηκαν 5 κομμάτια μαύρης λαμαρίνας θερμής έλασης και πάχους 6mm τα οποία δέχθηκαν στεγανή συγκόλληση με αυτόματη μηχανή σύρματος πάχους 1mm. Τα κομμάτια αυτά αποτέλεσαν τις 4 πλευρές και τον πάτο της εστίας καύσης. Οι 4 πλευρές δέχθηκαν την κατεργασία διάνοιξης οπών πάχους 4mm από κολωνάτο δράπανο και η 1 πλευρά δέχθηκε την κατεργασία διάνοιξης οπής διαμέτρου 80mm από παντογράφο κοπής μετάλλου, στην οποία μέσω του κοχλίου επιτυγχάνεται η τροφοδοσία της καύσιμης ύλης στην εστία καύσης. Οι οπές πάχους 4mm βοηθούν την παρουσία οξυγόνου στο θάλαμο καύσης.



Η εστία που δημιουργήθηκε, τοποθετήθηκε σε μαύρη λαμαρίνα θερμής έλασης και πάχους 6mm μορφοποιημένη από υδραυλική στράντζα σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου διαστάσεων 205X415X200(mm). Το κενό που δημιουργήθηκε ανάμεσα στην εστία και το μεταλλικό ορθογώνιο επιτρέπει τη διέλευση οξυγόνου από το μοτέρ αέρα στις οπές.

Η μια πλευρά του ορθογωνίου αποτελείται από μεταλλική φλάντζα πάχους 6mm η οποία δέχθηκε την κατεργασία κοπής σε παντογράφο κοπής μετάλλου για τη διάνοιξη 8 οπών διαμέτρου 10mm περιμετρικά, για τη στερέωση του καυστήρα στο λέβητα, οπής διαμέτρου



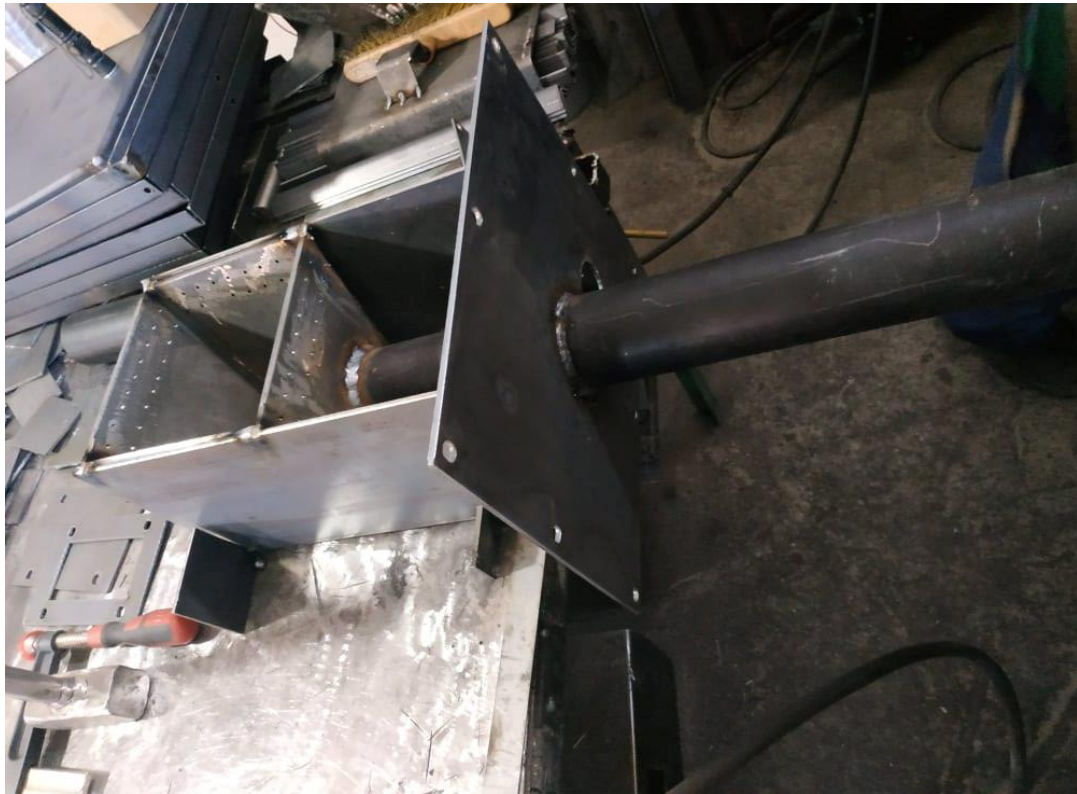
80mm για την προσαρμογή σωλήνας του κοχλία καθώς και οπή διαμέτρου 50mm για την παροχή οξυγόνου.

Στη συνέχεια προσαρμόστηκε στη φλάντζα σωλήνα μήκους 570mm και διαμέτρου 76mm, η μια άκρη του οποίου καταλήγει στην εστία καύσης και σωλήνα μήκους 110mm κομμένη σε κορδέλα κοπής μετάλλου στις 45 μοίρες στην οποία συγκολλήθηκε στεγανά με αυτόματη μηχανή σύρματος πάχους 1mm μεταλλική φλάντζα για την προσαρμογή του μοτέρ αέρα.



Στο σωλήνα προσαρμόστηκε μαύρη λαμαρίνα πάχους 5mm στην οποία μετά την κατεργασία κοπής σε παντογράφο κοπής μετάλλου δημιουργήθηκε στο πάνω μέρος ημικύκλιο ακτίνας 40mm για τη στερέωση της πάνω σωλήνας, οπή διαμέτρου 65mm για τη διέλευση του άξονα της κάτω διαδρομής και 4 οπές πάχους 10mm περιμετρικά για την τοποθέτηση της φωλιάς του ηλεκτρικού κινητήρα.

Στο κάτω μέρος δημιουργήθηκε οπή διαμέτρου 22mm και στη συνέχεια διαμορφώθηκε σε υδραυλική στράντζα κάθετη γωνία με την οπή διαμέτρου 22mm να είναι πλέον παράλληλη στο έδαφος στην οποία τοποθετήθηκε ντίζα για τη διατήρηση της απόστασης του καυστήρα από το έδαφος. Στη συνέχεια προσαρμόστηκε η κάθετη διαδρομή μέσω της οποίας περνάει η καύσιμη ύλη με ρίψη από τον πάνω κοχλία στον κάτω για να οδηγηθεί στην εστία καύσης. Η κάθετη διαδρομή έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου με τη μια πλευρά να έχει στο πάνω μέρος οπή διαμέτρου 80mm για την προσαρμογή της πάνω σωλήνας και ημικύκλιο ακτίνας 40mm για την προσαρμογή στην κάτω σωλήνα



Η άλλη πλευρά έχει οπή διαμέτρου 30mm και 2 οπές διαμέτρου 10mm για τη στερέωση κουζινέτου τύπου UCFL (μάτι) το οποίο είναι απαραίτητο για την προσαρμογή του άξονα. Στο πάνω μέρος της κάθετης διαδρομής συγκολλήθηκε στεγανά μεταλλική φλάντζα και προσαρμόστηκε καπάκι για τον εύκολο καθαρισμό της.



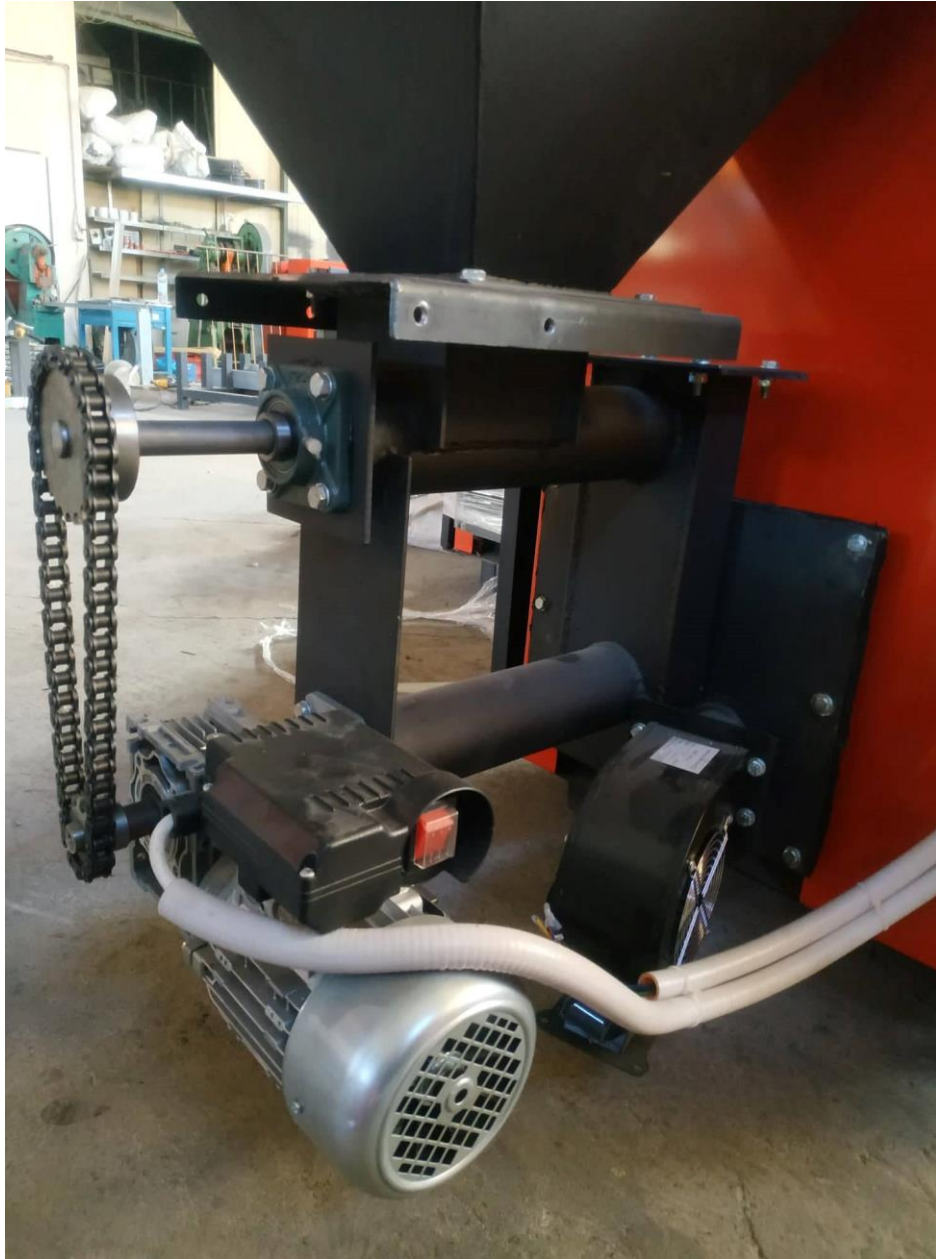




Για την πάνω διαδρομή προσαρμόστηκε σωλήνα μήκους 310mm και διαμέτρου 80mm και στην άκρη της συγκολλήθηκε μεταλλική φλάντζα για την προσαρμογή κουζινέτου τύπου UCF (τετράγωνο) το οποίο είναι απαραίτητο για τη στήριξη του άξονα. Στις οριζόντιες διαδρομές τοποθετήθηκε ανοξείδωτος άξονας διαμέτρου 22mm με δεξιόστροφο ανοξείδωτο κοχλία εσωτερικής διαμέτρου 22mm και εξωτερικής 55mm. Στον κάτω άξονα προσαρμόστηκε γρανάτζι με 10 δόντια και στον πάνω γρανάτζι με 20. Η κίνηση στον κάτω άξονα δίνεται από



ηλεκτρικό κινητήρα 1400rpm με μειωτήρα 1:80 και η μετάδοση κίνησης στον πάνω γίνεται μέσω αλυσίδας



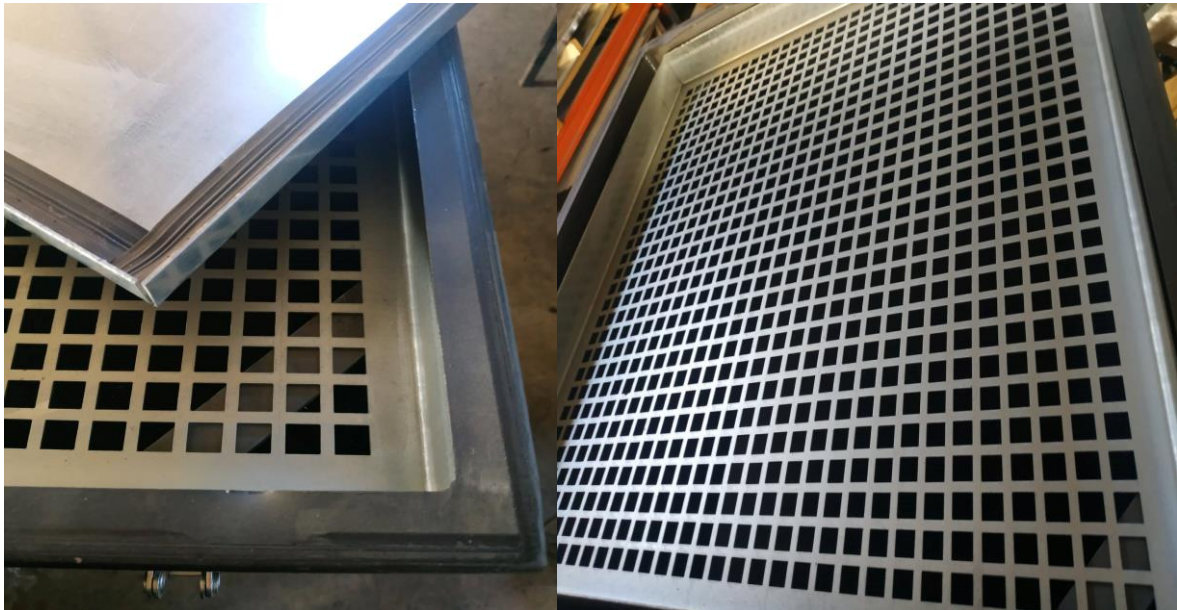
Για την προσαρμογή του σιλό αποθήκευσης της καύσιμης ύλης στον καυστήρα κατασκευάστηκε στήριξη βάσης αποτελούμενη από 4 πλευρές, οι 2 παράλληλες στον άξονα και οι άλλες κάθετες όπου μετά την κατεργασία κοπής σε παντογράφο δημιουργήθηκε ημικόκλιο ακτίνας 40mm. Πάνω από τη στήριξη συγκολλήθηκε μαύρη λαμαρίνα πάχους 5mm με άνοιγμα 110X150mm και 4 οπές διαμέτρου 10mm ως βάση.



Το σιλό αποθήκευσης κατασκευάστηκε από 4 πλευρές μαύρης λαμαρίνας πάχους 0.8mm στο άνω μέρος των οποίων δημιουργήθηκε εσωτερικό χείλος μετά από κατεργασία σε υδραυλική στράντζα και στη συνέχεια συγκολλήθηκε στεγανά με αυτόματη μηχανή σύρματος πάχους 0.8mm. Για την αποφυγή επιστροφής καπνού στο σιλό αποθήκευσης, κατασκευάστηκε καπάκι από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1mm σε διαστάσεις 615X615mm με γύρισμα 15mm σε κάθε πλευρά.

Στην εσωτερική του πλευρά περιμετρικά προσαρμόστηκε λάστιχο για τη στεγανή προσαρμογή του με το σιλό. Στο κάτω μέρος του σιλό συγκολλήθηκε τετραγωνική μεταλλική φλάντζα για την ένωση με τη βάση στον καυστήρα. Ανάμεσα από τη βάση και τη φλάντζα χρησιμοποιήθηκε μαύρη σιλικόνη για τη στεγανή εφαρμογή τους.

Για το κοσκίνισμα της καύσιμης ύλης χρησιμοποιήθηκε διάτρητη γαλβανισμένη λαμαρίνα για να απομακρύνει υλικά που είναι ικανά να προκαλέσουν πρόβλημα στον κοχλία όπως π.χ πέτρες.



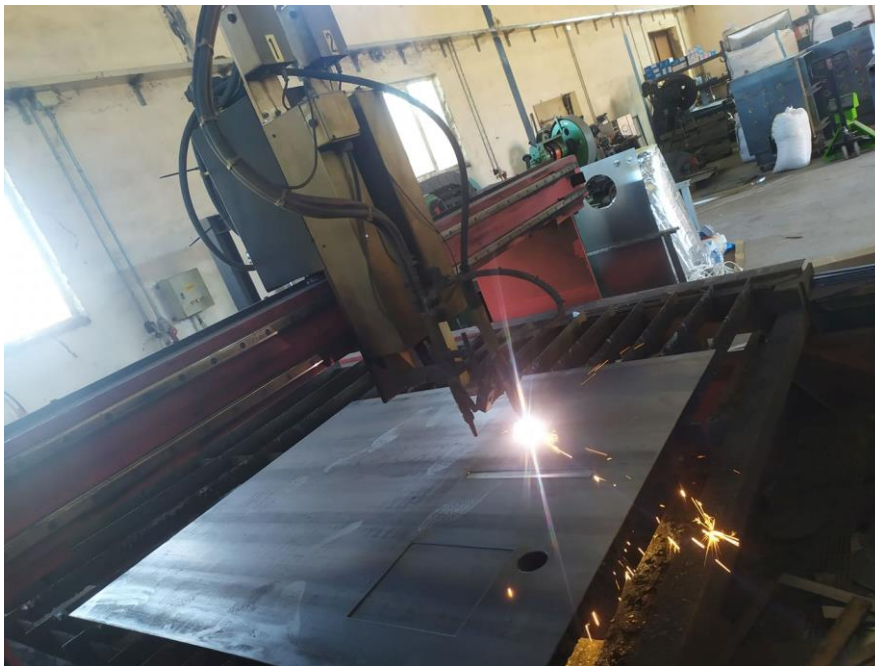
Για τη λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα, του μοτέρ αέρα αλλά και την ασφαλή λειτουργία του λέβητα χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας βιομάζας. Απο τον πίνακα ρυθμίζεται ο χρόνος λειτουργίας του κοχλία καθώς και ο χρόνος παύσης τα οποία αλλάζουν για κάθε είδος βιομάζας. Έχει 4 αισθητήρια τα οποία διαβάζουν τη θερμοκρασία του λέβητα για τη λειτουργία του κοχλία, του κυκλοφορητή αλλά και για τη θερμική ασφάλεια του λέβητα. Η λειτουργία της συντήρησης φλόγας δίνει τη δυνατότητα αυτόματης έναυσης όποτε αυτή ζητηθεί





Σχεδιασμός και κατασκευή κορμού λέβητα:

Για το σχεδιασμό του κορμιού συνυπολογίστηκε η απαιτούμενη επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας καθώς και οι διαδρομές που θα ακολουθήσουν τα καυσαέρια πριν την έξοδο τους από το λέβητα στερεών καυσίμων με στόχο τη μείωση απωλειών σε μορφή θερμότητας στην καπνοδόχο. Αφού ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός χρησιμοποιήθηκε φύλλο μαύρης λαμαρίνας θερμής έλασης το οποίο υπόκειται κατεργασία μορφοποίησης σε παντογράφο κοπής μετάλλου. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε σε υδραυλική στράντζα ώστε να πάρει την τελική μορφή για να μπορούν να προσαρμοστούν τα διαφράγματα και ο καυστήρας.







Κατασκευή διαφραγμάτων λέβητα:

Ο ρόλος των διαφραγμάτων είναι να αυξήσουν την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας καθώς και να δημιουργήσουν διαδρομές για τα καυσαέρια ώστε να καθυστερούν την παραμονή τους εντός, με αποτέλεσμα την εκμετάλλευση της θερμότητάς τους μέχρι την έξοδο αυτών από το λέβητα στερεών καυσίμων για να μην έχουμε απώλειες στην καπνοδόχο σε μορφή θερμότητας. Η κατασκευή τους πραγματοποιείται με την κατεργασία κοπής φύλλου μαύρης λαμαρίνας θερμής έλασης πάχους 5mm σε αυτόματο υδραυλικό ψαλίδι, την μορφοποίηση σε υδραυλική στράντζα και τέλος στη στεγανή συγκόλληση τους. Για την αποφυγή παραμόρφωσης των διαφραγμάτων κατά τη διάρκεια δοκιμής αλλά και χρήσης χρησιμοποιούνται μεταλλικές καβίλιες σε μορφή πι πάχους 4mm οι οποίες θα κρατήσουν τις δύο(2) επιφάνειες σε σταθερή απόσταση.

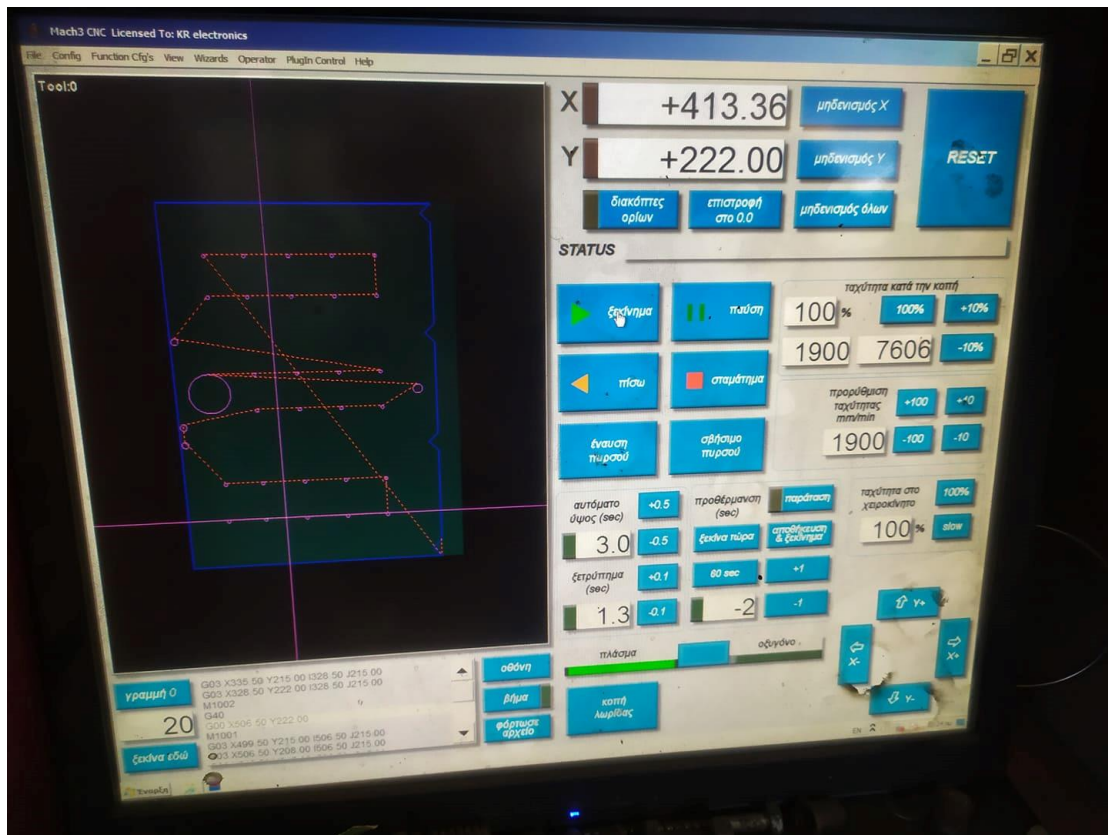






Σχεδιασμός και κατασκευή μανδύα λέβητα:

Ο σχεδιασμός του μανδύα βασίζεται στο κορμί. Προσαρμόζοντας το μανδύα στο κορμί δημιουργείται ο λέβητας όπου το εργαζόμενο μέσο δηλαδή το νερό μεταφέρει την παραγόμενη θερμότητα, απο την καύση στερεάς ύλης, μέσω σωληνώσεων στα θερμαντικά σώματα. Στο μανδύα υπάρχουν οι απαραίτητες οπές για να γίνει η στεγανή συγκόλληση με τις καβίλιες. Σχεδιάστηκαν και οπές για να προσαρμοστούν μεταλλικές μούφες που θα λειτουργήσουν ως αναμονές για τα απαραίτητα υδραυλικά εξαρτήματα της εγκατάστασης καθώς και οπή για την προσαρμογή λαιμού για την καπνοδόχο. Χρησιμοποιήθηκε μαύρη λαμαρίνα θερμής έλασης πάχους 4mm η οποία δέχτηκε κατεργασία σε παντογράφο κοπής μετάλλου και στη συνέχεια μορφοποίηση σε υδραυλική στράντζα.





### Κατασκευή λέβητα στερεών καυσίμων

Στο σημείο αυτό το κορμί, τα διαφράγματα και ο μανδύας θα ενωθούν με στεγανή συγκόλληση για να δημιουργηθεί ο λέβητας στερεών καυσίμων. Όλες οι επιφάνειες που θα δεχτούν κόλληση τροχίστηκαν για να απομακρυνθούν πιθανά ρινίσματα σιδήρου από την κατεργασία της κοπής τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν την εμφάνιση πόρων στην κόλληση και δέχτηκαν την κατεργασία φρέζας για να μπορέσει να γίνει διείδυση της κόλλησης και δημιουργία ρίζας.







Προσαρμόστηκε καλίμπρα στο κορμί έτσι ώστε μετά την κόλληση να διατηρηθούν οι επιθυμητές αποστάσεις σταθερές, χωρίς παραμορφώσεις που θα εμποδίσουν τις πόρτες να εφαρμοστούν.



Μετά την καλίμπρα τοποθετήθηκαν ο πάτος και τα διαφράγματα όπου σταθεροποιήθηκαν με ποντάρισμα καθώς και το καπάκι του κορμιού το οποίο αφού δέχτηκε την κατεργασία της φρέζας δέχτηκε στεγανή συγκόλληση με ένα γαζί από σύρμα 1,25mm και ένα γαζί με ηλεκτρόδιο 3,25mm.



Κολλήθηκε απο μια(1) τουμποσωλήνα στον πάτο και το καπάκι για να βοηθήσουν τη στήριξη του λέβητα στη βάση που θα γίνει η συγκόλληση. Αφού προσαρμόστηκε ο λαιμός για την υποδοχή της καπνοδόχου έγινε στεγανή συγκόλληση με την ίδια διαδικασία μεταξύ αυτού και του κορμιού καθώς και των διαφραγμάτων με το κορμί.





Στη συνέχεια αφού καθαρίστηκε η επιφάνεια από δίσκο λειάνσεως κολλήθηκαν οι μεταλλικές καβίλιες οι οποίες κάλυψαν τις οπές του μανδύα όπου πραγματοποιήθηκε στεγανή συγκόλληση.



Πρίν αφαιρεθεί ο λέβητας απο τη βάση στήριξης κολλήθηκαν τέσσερεις(4) μεταλλικές γωνίες στο κάτω μέρος του λέβητα ως ποδαρικά.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις μέρες μας υπάρχει μια ποικιλία τρόπων θέρμανσης στον οικιστικό τομέα. Τέτοιες είναι για παράδειγμα οι συσκευές παραγωγής θερμότητας όπως αυτές που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και θεωρούνται έτσι ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον. Τέτοιες είναι οι: i) Αντλίες θερμότητας, οι οποίες λειτουργούν απορροφώντας θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα, ii) Θερμοπομποί, οι οποίοι λειτουργούν με απορρόφηση του ψυχρού αέρα, ο οποίος μπαίνει από το κάτω μέρος του θερμοπομπού, θερμαίνεται εξαιτίας της ηλεκτρικής αντίστασης που είναι τοποθετημένη στον θερμοπομπού και εξέρχεται από το πάνω του μέρος, iii) Θερμοσυσσωρευτές, οι οποίοι καταναλώνουν ρεύμα κατά τη διάρκεια της νύχτας, αποθηκεύουν θερμότητα και την αποδίδουν στο χώρο τους για όλο το 24ωρο, iv) Ηλεκτρικοί λέβητες των οποίων η λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ). Πέρα από αυτές τις συσκευές θέρμανσης, υπάρχουν βέβαια και εκείνες που αποδίδουν θερμότητα μέσω καύσης της στερεής βιομάζας. Τέτοιες είναι λόγω χάρη τα τζάκια ξύλου/pellets όπως και οι σόμπες ξύλου/pellets.

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές συσκευές παραγωγής θερμότητας θεωρείται ο λέβητας. Τα βασικά μέρη ενός λέβητα είναι: i) ο θάλαμος καύσης στον οποίο λαμβάνει χώρα η καύση του στερεού, υγρού ή αερίου καυσίμου, ii) ο υδροθάλαμος στον οποίο βρίσκεται το νερό, το οποίο θερμαίνεται εξαιτίας της θερμότητας που μεταφέρεται στα τοιχώματα του θαλάμου, iii) οι αερίανλοι από όπου περνούν τα καυσαέρια εξερχόμενα από το θάλαμο καύσης. Κατά τη διαδρομή των καυσαερίων μεταφέρεται μάλιστα πρόσθετη θερμότητα στα τοιχώματα του υδροθαλάμου με αποτέλεσμα να θερμαίνεται πρόσθετα το νερό, iv) η καπνοδόχος από όπου εξέρχονται τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα μέσω του καπναγωγού. Το θερμαινόμενο νερό κυκλοφορεί στην συνέχεια μέσω του δικτύου διανομής προς τα θερμοσώματα, από όπου εκπέμπεται θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Το νερό με μειωμένη θερμοκρασία επιστρέφει στο λέβητα, όπου θερμαίνεται ξανά και έτσι η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Βασική συσκευή για έναν λέβητα πετρελαίου ή αερίου θεωρείται ο καυστήρας, ο οποίος προσαρμόζεται πάνω στο λέβητα και μέσω αυτού γίνεται η ανάμειξη του καυσίμου υλικού με τον αέρα με σκοπό την παραγωγή φλόγας. Διαφορές μεταξύ των 2 ειδών λέβητα είναι ότι στην 1<sup>η</sup> περίπτωση, το πετρέλαιο μεταφέρεται προς το λέβητα από μια δεξαμενή μέσω μιας αντλίας πετρελαίου ενώ για ότι αφορά το φυσικό αέριο ή υγραέριο, η τροφοδοσία δεν λαμβάνει χώρα από δεξαμενή και αυτή γίνεται μέσω ενός κεντρικού αγωγού τροφοδοσίας. Επίσης μια άλλη βασική διαφορά είναι ότι σε ένα καυστήρα πετρελαίου υπάρχει ακροφύσιο/μπεκ από όπου γίνεται η εκνέφωση του πετρελαίου και ανάμειξή του στην συνέχεια με τον αέρα ενώ σε έναν καυστήρα αερίου υπάρχει απλά ο σωλήνας ανάμειξης φυσικού αερίου ή υγραερίου με τον αέρα.

Γενικά οι λέβητες ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες. Για παράδειγμα ανάλογα με το είδος του καυσίμου σε υγρών, αέριων ή στερεών καυσίμων, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους ταξινομούνται σε χαλύβδινους και μαντεμένιους, ανάλογα με την ισχύ τους από μικρού ως μεγάλου μεγέθους ισχύος (από 50KW έως και >400KW), ανάλογα με τη πίεση στο θάλαμο καύσης σε ατμοσφαιρικούς, όπου η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική και σε πιεστικούς και υπερπιεστικούς λέβητες, όπου η καύση στο θάλαμο καύσης γίνεται σε πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Πέρα από αυτά τα 2 είδη λεβήτων στην αγορά κυκλοφορεί και ο λέβητας βιομάζας, ο οποίος αποτελείται από: i) το σιλό στον οποίο αποθηκεύεται το στερεό βιοκαύσιμο, ii) έναν ηλεκτροκινητήρα με ατέρμονο κοχλία, από όπου μεταφέρονται τα στερεά βιοκαύσιμα από την δεξαμενή αποθήκευσης (σιλό) προς τον λέβητα, iii) έναν φυσητήρα/καυστήρα, ο οποίος μεταφέρει θερμό αέρα προς το θάλαμο καύσης της στερεάς βιομάζας, iv) θάλαμος με εστία καύσης πάνω στην οποία είναι προσαρμοσμένη μια ηλεκτρική αντίσταση, η οποία βοηθά στην παραγωγή φλόγας. Σε αυτόν τον χώρο πραγματοποιείται η καύση του στερεού βιοκαυσίμου.

Στερεά βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα λέβητα στερεής βιομάζας μπορούν να είναι: i) Pellets, ii) Μπριγκέτες, iii) Ελαιοπυρηνόξυλο, iv) Θρυμματισμένα τεμάχια ξύλου (woodchips). Το πλεονέκτημα της χρήσης λέβητα βιομάζας σε σχέση με τα άλλα είδη λεβήτων είναι ότι κατά την καύση στερεών βιοκαυσίμων παράγονται ουδέτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι λέβητες βιομάζας εγκαθίστανται και συντηρούνται εύκολα, λειτουργούν αυτόματα ενώ εμφανίζουν και μεγάλο βαθμό θερμικής απόδοσης. Μάλιστα η συνολική ενεργειακή αξία 100.000 τόνων pellets ισοδυναμεί με την ενεργειακή αξία 43.200 τόνων πετρελαίου. Ένας λέβητας βιομάζας εγκαθίσταται σε λεβητοστάσιο, το οποίο βρίσκεται στο υπόγειο ενός κτιρίου, και στο οποίο υπάρχει φυσικός εξαερισμός ενώ χρειάζεται να υπάρχει και αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης.

Κατά τον σχεδιασμό εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης κτιρίων θα πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη ένα σύστημα διανομής του θερμού νερού του λέβητα για τη μεταφορά του οποίου απαιτούνται: i) ειδικές αντλίες/κυκλοφορητές, οι οποίες προσθέτουν ταχύτητα στο ζεστό νερό και βοηθούν στη μεταφορά του νερού στο υψηλότερο σημείο της εγκατάστασης. Πρέπει να είναι γνωστά η παροχή του νερού και το μανομετρικό, ii) Οι σωληνώσεις που μπορεί να ναι από χαλκό, ατσάλι, από πλαστικό ή ακόμη και από μεταλλικό πλαστικό για τη μεταφορά του θερμού νερού. Οι χαλκοσωλήνες θεωρούνται οι πιο ενδεδειγμένοι., iii) Το δοχείο διαστολής, το οποίο βοηθά στην εξισορρόπηση της συνολικής πίεσης στην εγκατάσταση εξαιτίας της διαστολής του νερού λόγω θέρμανσης. Σε ένα τέτοιο δίκτυο θέρμανσης χρειάζεται επίσης να συμπεριλαμβάνεται και σύστημα απαγωγής καυσαερίων μέσω του καπναγωγού/καπνοδόχου, θερμοσώματα για τη μεταφορά της θερμότητας στον χώρο. Φυσικά μεγάλης σημασίας για το όλο δίκτυο θεωρούνται και τα εξαρτήματα και όργανα διακοπής/ρύθμισης/προστασίας της εγκατάστασης. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται για παράδειγμα: Διακόπτες, βάνες, κρουνοί, θερμοστάτες, αυτόματος πλήρωσης, εξαεριστικά, υδροστάτες, βαλβίδες αντεπιστροφής/αερισμού/ασφαλείας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγτζόγλου et al., (20.11.2010), *Λέβητες-Καυστήρες*, ΕΝ.Ε.ΠΙ.Θ.Ε., Μεταμόρφωση
2. Αληφραγκής, Γ., (11.2014), *Τι είναι ο κυκλοφορητής ζεστού νερού*, Άρθρο διαθέσιμο στο: [https://ilektroytomatismoi.blogspot.com/2014/11/blog-post\\_30.html](https://ilektroytomatismoi.blogspot.com/2014/11/blog-post_30.html)
3. Αρβανίτης, Α., (2008), *Μύθοι και Πραγματικότητα για τη Γεωθερμία*, Υπουργείο Ανάπτυξης/Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών/Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων
4. Βιομηχανικός Όμιλος Maccaferri, *Trans-Adriatic Pipeline*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.maccaferri.com>
5. Βουρλιώτης et al., (06.2011), *Επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
6. Βραχόπουλος, Μ., (07.2009), *Κανονική Γεωθερμία/Εφαρμογές στα κτίρια*, Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Ερευνών ΤΕΙ Χαλκίδας
7. Γεωργιακόδης, Ν. (2015), *Λέβητας πετρελαίου: Πόσο θα μου κοστίσει*, <https://www.in2life.gr/home/buy/article/367983/levhtas-petrelaiouy-poso-tha-moy-kostisei.html>
8. Γιαννόπουλος, Δ.; Φούντης, Μ., (31.12.2011), *Θεωρία Καύσης και Συστήματα Καύσης*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
9. Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal Energypress, (2011), *Ηλιάνθος: Το φυτό που παράγει οικολογικά καύσιμα*, Διαθέσιμο στο: <https://energypress.gr/news/ilianthos-fytopoy-paragei-oikologika-kaysima>
10. Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal Thermansipress, *Εξοικονόμηση έως και 20% με τους θερμοσυσσωρευτές*, <https://thermansipress.gr/thermansipress/>
11. Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal Thermansipress, *Ηλεκτρικοί λέβητες: Σύγχρονη και εύκολη κεντρική θέρμανση*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://thermansipress.gr/thermansipress/>
12. Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal Thermansipress, *Ενεργειακά τζάκια ακόμη και για κεντρική θέρμανση*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://thermansipress.gr/thermansipress/>
13. ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, (09.2014), *Οδηγός στερεών βιοκαυσίμων και λεβήτων βιομάζας για εφαρμογές οικιακής θέρμανσης*, Αθήνα
14. Ενεργειακό Γραφείο Κύπρου, (11.2016), *Διαδικασία Ρύθμισης και ελέγχου συστημάτων θέρμανσης με λέβητα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: [www.cea.org.cy](http://www.cea.org.cy)
15. Εταιρεία Κουμπάρακης, *Λέβητες*, [http://www.koubarakis.gr/el/product\\_](http://www.koubarakis.gr/el/product_)
16. Εταιρεία Φυσικό Αέριο Αττικής, <http://www.aerioattikis.gr/>
17. Εταιρεία De Dietrich, *Λέβητες πετρελαίου συμπύκνωσης μεγάλης ισχύος*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.klimatika.gr/files/lebhtes-aerioy-sympiknosis.pdf>

18. Εταιρεία Halcotherm, *Λέβητας πετρελαίου L5ND (5 διαδρομών)*, Διαθέσιμη στο: <https://halcotherm.gr/products/petrelaio/chalubdinios-lebitas-petrelaiou-5-diadromon-new>
19. Εταιρεία Saturn, *Λέβητες Πετρελαίου*, <http://www.saturn.com>
20. Εταιρεία K-Tech Energy, *Προβλήματα εγκαταστάσεων φυσικού αερίου*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.k-tech-energy.gr/index.php/tehniki-ypostiriksi/problimata-egkatastaseon/problimata-fysikou-aeriou>
21. Εταιρεία Thermostahl, *Λέβητας Φυσικού Αερίου ENERSAVEPLUS-NEW 20-3.000.000kcal/h*, Διαθέσιμη στο: <http://www.thermostahl.gr/site/product/>
22. Εταιρεία Daikin, *Επιτοίχιοι λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου*, <https://www.daikin.gr>
23. Εταιρεία E-Sompes, *Λέβητες αερίου-Επιτοίχιοι λέβητες φυσικού αερίου/συμπυκνωμάτων*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.e-sompes.gr/index.php?>
24. Εταιρεία Thermoplanart, *Αντλίες θερμότητας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://thermoplanart.gr/>
25. Εταιρεία Tritherma, *Αντλίες θερμότητας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.tritherma.gr/?lightbox=dataItem-igls53ro>
26. Εταιρεία Applimo, *Θερμοπομποί/Αερόθερμα/Ηλεκτρικοί Λέβητες*, <http://www.applimo.gr/Xrisima.html#3>
27. Εταιρεία Ηλιοθερμική, *Θερμοσυσσωρευτές*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eliothermiki.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%85%CF%83%CF%83%CF%89%CF%81%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%82>
28. Εταιρεία Παπαδόπουλος, *Θερμοσυσσωρευτές/Κλιματισμός/Service*, Διαθέσιμη στο: <https://www.thermosyssoresutes-klimatismos.gr/>
29. Εταιρεία Agrowood, (11.07.2019), *Ποια τα Πλεονεκτήματα των Πέλετ και της Μπρικέτας Έναντι των Καυσόξυλων;*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.agrowood.gr/blog/pelet-briketas-vs-kafsoxylon.html>
30. Εταιρεία LeroyMerlin, *Θέρμανση-Ξυλοσόμπες*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.leroymerlin.gr/gr/thermansisobes/xulosobes/>
31. Εταιρεία Σαμαράς, *Λέβητες βιομάζας*, <http://www.samaras.gr>
32. Εταιρεία Φαντάκης, *Λειτουργία και ασφάλεια λέβητα στερεών καυσίμων*, Άρθρο διαθέσιμο στο: [www.fantakis.gr](http://www.fantakis.gr)
33. Εταιρεία Πυρόσβεση, *Αυτόματη Πυρόσβεση σε λεβητοστάσια/γκαράζ/τζάκια*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.pyrosvesi.gr/155-aytomati-pyrosbesh>
34. Εταιρεία Fire Security, *Νομοθετικό πλαίσιο πυροπροστασίας κτιρίων*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.firesecurity.gr/bibliothiki/nomplais.htm>
35. Εταιρεία Fire Security, *FM-200 Σύστημα Κατάσβεσης*, Διαθέσιμη στο: <http://www.firesecurity.gr/fm200.htm>
36. Εταιρεία Thermolev, *Τεχνικό εγχειρίδιο χαλύβδινου λέβητα βιομάζας σειράς BMT*, Άρθρο διαθέσιμο στο <http://www.thermolev.com>
37. Εταιρεία Εγκαταστάσεις Χαλκού, *Μια καλή υδραυλική εγκατάσταση*, Άρθρο διαθέσιμο στο <http://www.halcosolinas.gr/giati-halko/mia-kali-ydryayliki-egkatastasi>

38. Εταιρεία Hydrometal, *Σωλήνες και εξαρτήματα χαλκού*, Διαθέσιμη στο: <https://ydrometal.gr/ydravlika/swlines-eksartimata-xalkou/attachment/swlines-kai-eksartimata-xalkou/>
39. Εταιρεία Interplast, *Πλαστικοί Σωλήνες Aquaplus*, Διαθέσιμη στο: <https://www.interplast.gr/el/proionta/aquaplus/solines-aquaplus>
40. Εταιρεία Decorexpro, *Σύστημα θέρμανσης με αναγκαστική κυκλοφορία για το σπίτι*, Διαθέσιμη στο: <https://el.decorexpro.com/otoplenie/sistema-s-prinuditelnoj-cirkulyaciej/>
41. Εταιρεία Αένας Α.Ε, (21.07.2015), *Εξαέρωση δικτύων θέρμανσης και κλιματισμού*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.aenaos-sa.gr/exaerosi-diktion-thermansis-klimatismou>
42. Εταιρεία Tisoft, *Τι πρέπει να γνωρίζουμε για τα δοχεία διαστολής*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.tisoft.com/el/support/help/libraries/products/exptanks/>
43. Εταιρεία Αγγελόπουλος, *Θερμαντικά σώματα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.agelopoulos.gr/page-28.html>
44. Εταιρεία Tisoft, *Καπναγωγοί*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.tisoft.com/el/support/help/thermocad/project/chimney/fluepipe>
45. Εταιρεία Leroymerlin, *Καπναγωγός 100mm/1m Ανοξείδωτος χάλυβας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.leroymerlin.com.cy/gr/thermansi/kapnodohoi>
46. Εταιρεία Κορδάλης, *Σφαιρικός κρονονός με πεταλούδα*, Διαθέσιμη στο: <http://www.kordalis.com/el/sfairikoi-kroynoi-emmeti/221-html>
47. Εταιρεία Κόζας, (26.06.2010), *Αυτόματος Πλήρωσης*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.kozas4urplace.gr/forum/showthread.php?tid=221>
48. Εταιρεία KM Irrigation, *Βαλβίδα Αντεπιστροφής 4" οριζόντια*, Διαθέσιμη στο: <https://www.kmirrigation.com/products>
49. Εταιρεία Floga SA., *Βαλβίδα αερισμού*, Διαθέσιμη στο: [http://www.floga-sa.gr/product\\_detail](http://www.floga-sa.gr/product_detail)
50. Εταιρεία Multiclimate, *Βαλβίδα ασφαλείας 4bar 1"*, Διαθέσιμη στο: <https://www.multiclimate.gr>
51. Εταιρεία Thermis ABEE., *Θερμοστάτης TY60RH/Ηλεκτρικές σωληνωτές αντιστάσεις*, Διαθέσιμη στο: <https://www.thermis-sa.gr/greek/details.php?pid=256>
52. Εταιρεία Due Line Energy Management, *Υδροστάτης*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.due-line.gr/proionta/ydrostaths/>
53. Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Wikipedia, *Woodchips*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Woodchips>
54. Ηλεκτρονική εφημερίδα Ναυτεμπορική, (25.08.2014), *Θερμοπομποί: Μια εναλλακτική λύση από τα παλιά*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://m.naftemporiki.gr/story/848734>
55. Ηλεκτρονική εφημερίδα Ναυτεμπορική, (25.08.2014), *Ηλεκτρικοί λέβητες: Η λύση για ανεξάρτηση απ' το πετρέλαιο*, <https://m.naftemporiki.gr/story/848724>
56. Ηλεκτρονικός ιστότοπος Θέρμανση, *Όργανα και συσκευές λεβητοστασίου* Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.thermansi.org/kentriki-thermansi/levitostasia/organa-levitostasiou/>
57. Ηλεκτρονικός ιστότοπος Λεβητοστάσιο, *Τα πάντα για τους λέβητες και τα λεβητοστάσια*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.m.levitostasio.webnode.gr/>

58. Ηλεκτρονικό περιοδικό Ναυτικά Χρονικά, (26.10.2018), *Σε λειτουργία το μεγαλύτερο διωλιστήριο πετρελαίου της Τουρκίας*, Διαθέσιμο στο: <http://naftikakachronika.gr/2018/10/26/se-leitourgia-to-megalytero-diylistirio-petrelaiou-tis-tourkias/>
59. Ηλεκτρονικό περιοδικό DigitalZoot, *Επεξεργασία του αργού πετρελαίου*, Διαθέσιμη στο: <https://digitalzoot.weebly.com>
60. Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, (23.02.2012), *Στατικοί και Δυναμικοί θερμοσυσσωρευτές Elnur από την <<Ecofer-K.Οικονόμου>>*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://ydravlikos.gr/elnur-lecofer-r/>
61. Ηλεκτρονικό περιοδικό Πεμπτούσια, (17.12.2012), *Ξυλόσομπες και καυσόξυλα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.pemptousia.gr/2012/12/xilosompes-ke-kafsoxila/>
62. Ηλεκτρονικό περιοδικό Onmed, (01.11.2014), *Τζάκι και σόμπες ξύλου: Όλοι οι κίνδυνοι που κρύβουν για την υγεία σας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.onmed.gr/ygeia/story/321314/tzaki-kai-sompes-ksylou-oloi-oi-kindynoi-pou-kryvoun-gia-tin-ygeia-sas>
63. Ηλεκτρονικό περιοδικό Shallot, *Τύποι σωλήνων για συστήματα νερού και θέρμανσης*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://shallot.ru/el/types-of-pipes-for-water-and-heating-systems.html>
64. Ηλεκτρονικό περιοδικό Electric in Home, *Σωλήνες για θέρμανση: Τύποι σωλήνων και τα χαρακτηριστικά τους*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://electric-in-home.com/el/pipes-for-heating-which-is-better-types-of-pipes-and-their-characteristics/>
65. Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, (22.02.2012), *Καπνοδόχοι/Καπναγωγοί*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://ydravlikos.gr/karnodochi-karnagogi/>
66. Heatproject Pireaus, *Αντλία θερμότητας*, Διαθέσιμη στο: <https://www.heatprojectpireaus.weebly.com>
67. Ιστότοπος Google (Google Sites), *Δοχεία διαστολής*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://sites.google.com/site/thermanse994137/lebetas/docheio-diaστοles>
68. Καρέλλας, Σ., (27.03.2013), *Οικονομική και περιβαλλοντική σύγκριση συστημάτων θέρμανσης*, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
69. Καρώνης, Δ., (2011), *Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου*, ΕΜΠ, Αθήνα
70. Κατσαπρακάκης, Δ.; Μονιάκης, Μ., (2015), *Θέρμανση/Ψύξη/Κλιματισμός- Κεφάλαιο 7: Μελέτη και σχεδιασμός συστημάτων διανομής θερμότητας*, Αθήνα, Εκδόσεις: Κάλλιπος,
71. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, *Ενέργεια και Πολίτης: Βιομάζα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_)
72. Κοντούλη, Κ., (2009), *Ελαιοπυρηνόξυλο-Θερμοχημική Μετατροπή*, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»,
73. Λόης, Ε.; Στούρνας, Σ., (2007), *Τεχνολογία Καυσίμων και Λιπαντικών*, ΕΜΠ
74. Μακεδονική Βιομηχανία λεβήτων MAVIL S.A., *Λέβητας βιομάζας PRIMUS*, <http://www.mavil>.
75. Μαντάνης, Γ., (2015), *Pellets-Τεχνολογία Παραγωγής και Ιδιότητες*, Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας

76. Μηχανολογικό Φόρουμ Μοναχός, *Θέρμανση/Κλιματισμός/Διαχείριση ενέργειας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.monachos.gr/forum.content.php/319>
77. Μπαρούτας Κ., Τι ξύλα να πάρω για το τζάκι μου: Καυσόξυλα, Pellet και Κάρβουνα, Χαλκίδα
78. Μπέλλος, Η., (24.10.2017), *Διευρύνεται η κυριαρχία της Ναυτιλίας των Ελλήνων στα δεξαμενόπλοια*, Διαθέσιμη στο: <https://www.kathimerini.gr/931787/article/>
79. Νταρακάς, Ε., (2014, 01), *Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων*, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκη
80. Οδηγός Σχεδιασμού Ενεργειακών Συστημάτων-Bisyplan, <http://bisyplan.bioenarea.eu/html-files-gr/handbook.intro.html>
81. Όμιλος Energas, *Το φυσικό αέριο είναι μια πολυδύναμη ενέργεια*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.energasgroup.com/>
82. Όμιλος Εταιρειών Καμιτσάκης, *Αντλίες Θερμότητας*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.kamitsakis-group.gr/energeiaki/ypiresies-energeiaki/antlies-thermotitas>
83. Όμιλος Alfa Wood Group, *Τι είναι η μπρικέτα-Πλεονεκτήματα*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://www.alfapellet.gr/>
84. Όμιλος Τσεκούρας, *Καμινάδες/Επιθυμητά Αποτελέσματα*, Διαθέσιμη στο: <https://www.tsekourasgroup.com/kaminades-epithimita-apotelesmata/>
85. Παναγιάρης, Ν.Β., (06.2009), *Τα βιοκαύσιμα ως εναλλακτική πηγή ενέργειας*, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Σερρών
86. Σιάγκας, Ο., (11.2013), *Σύγκριση κόστους θερμότητας από διάφορες πηγές ενέργειας*, Τρίπολη
87. Σούλης, Σ., *Σόμπα Ξύλου ή Pellet: Ποια να Χρησιμοποιήσετε;* Άρθρο διαθέσιμο στο: <http://spirossoulis.com/epoxiko-xeimwnas-sompa-ksylou-i-pellet-poia-na-xrisimopoiisete/>
88. Σοφινός, Φ., (2011), *Κυκλοφορητής*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://slideplayer.gr/slide/15744136/>
89. Τζάκια Δαβρής, *Τζάκι Αερίου ή Τζάκι Ενεργειακό Ξύλου*, <https://www.tzakiadavris.gr/tzaki-aeriou-i-tzaki-energeiako-xyλου/>
90. Τζάκια Αλέξανδρος, *Πόσα ξύλα χρειάζεστε για να ζεστάνετε το σπίτι σας*, <https://www.alexandroztzakia.gr/>
91. Υπηρεσία Καθαρισμού Different Service, *Κυκλοφορητής - Τι είναι & σε τι χρησιμεύει*, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.different-service.gr/ti-einai-o-kikloforitis-se-ti-xrisimeyει/>
92. Ψυχογιού, Σ., (2014), *Κατάρτιση συντηρητών και εγκαταστατών καυστήρων υγρών και αέριων καυσίμων*, Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων, Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδας

## Ξενόγλωσση

1. Ayling B.F., (2007), *Direct-use of Geothermal Energy: Opportunities for Australia*, Geoscience Australia, Educational Factsheet GA10660.



2. Breakthroughfuel, (01.11.2019), *Oil in motion visibility into crude oil transportation*, Άρθρο διαθέσιμο στο:<https://www.breakthroughfuel.com/blog/oil-in-motion-visibility-into-crude-oil-transportation/>
3. Clark, (2003), *Marine Pollution*, Oxford, England: Oxford University Press
4. Company Zhangjiagang Bonded Area Yaxin Precision Tube Co., Ltd., *Cold drawn seamless carbon steel boiler tubes*, Διαθέσιμη στο:  
<http://greek.precisionsteeltubing.com/sale-8532415-cold-drawn-seamless-carbon-steel-boiler-tubes-st37-2-sae1020.html>
5. Gary, J.H.; Handwerk, G.E., (1984). *Petroleum Refining Technology and Economics* (2nd Edition έκδοση). Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-7150-8
6. Presmarmythuen Org., What is the difference between PVC and CPVC,  
<https://presmarmythuen.org/el/dictionary/what-is-the-difference-between-pvc-and-cpvc/>
7. Student energy Org., *Oil Transport*, Άρθρο διαθέσιμο στο:  
<https://www.studentenergy.org/topics/ff-transport>