

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ

**Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, Καθηγητής ΕΜΠ**  
**Δρ. Σωτήριος Καρέλλας, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ – ΖΩΓΡΑΦΟΥ  
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 157 80 ΑΘΗΝΑ



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
MECHANICAL ENGINEERING SCHOOL  
THERMAL ENGINEERING SECTION  
LABORATORY OF STEAM BOILERS AND THERMAL PLANTS  
**Prof. Dr.-Ing. Emmanouil Kakaras**  
**Assoc. Prof. Dr.-Ing. Sotirios Karellas**

POLYTECHNIUPOLI - ZOGRAFOU  
9 HEROON POLYTECHNIU, 157 80 ATHENS

☎ +30 210 772 2810

**Fax:** +30 210 772 3663

**e-mail:** sotokar@mail.ntua.gr

## Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες

**Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς<sup>1,2</sup>, Δρ. Σωτήριος Καρέλλας<sup>1</sup>, Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης<sup>1</sup>,  
Δρ. Παναγιώτης Γραμμέλης<sup>2</sup>, Πλάτων Πάλλης<sup>1</sup>, Εμμανουήλ Καραμπίνης<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

<sup>2</sup>Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης

**6 Δεκεμβρίου 2017**

Το Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων του ΕΚΕΤΑ πραγματοποίησε τεchnο-οικονομικούς υπολογισμούς σχετικά με κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στην Ελληνική αγορά.

Τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται σε αυτή τη μελέτη ισχύουν **μόνο για τις παραδοχές** που έχουν χρησιμοποιηθεί και οι οποίες παρατίθενται στο τέλος του κειμένου. Οι δε τιμές αγοράς των συσκευών θέρμανσης που αξιολογήθηκαν είναι **ενδεικτικές** και μπορεί **να διαφέρουν σημαντικά** ανάλογα με τον κατασκευαστή και τη χώρα προέλευσης.

Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρουσιάζονται επιγραμματικά τα εξεταζόμενα είδη θερμικών συγκροτημάτων τα οποία αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

**Πίνακας 1:** Εξεταζόμενα είδη θερμικών συγκροτημάτων.

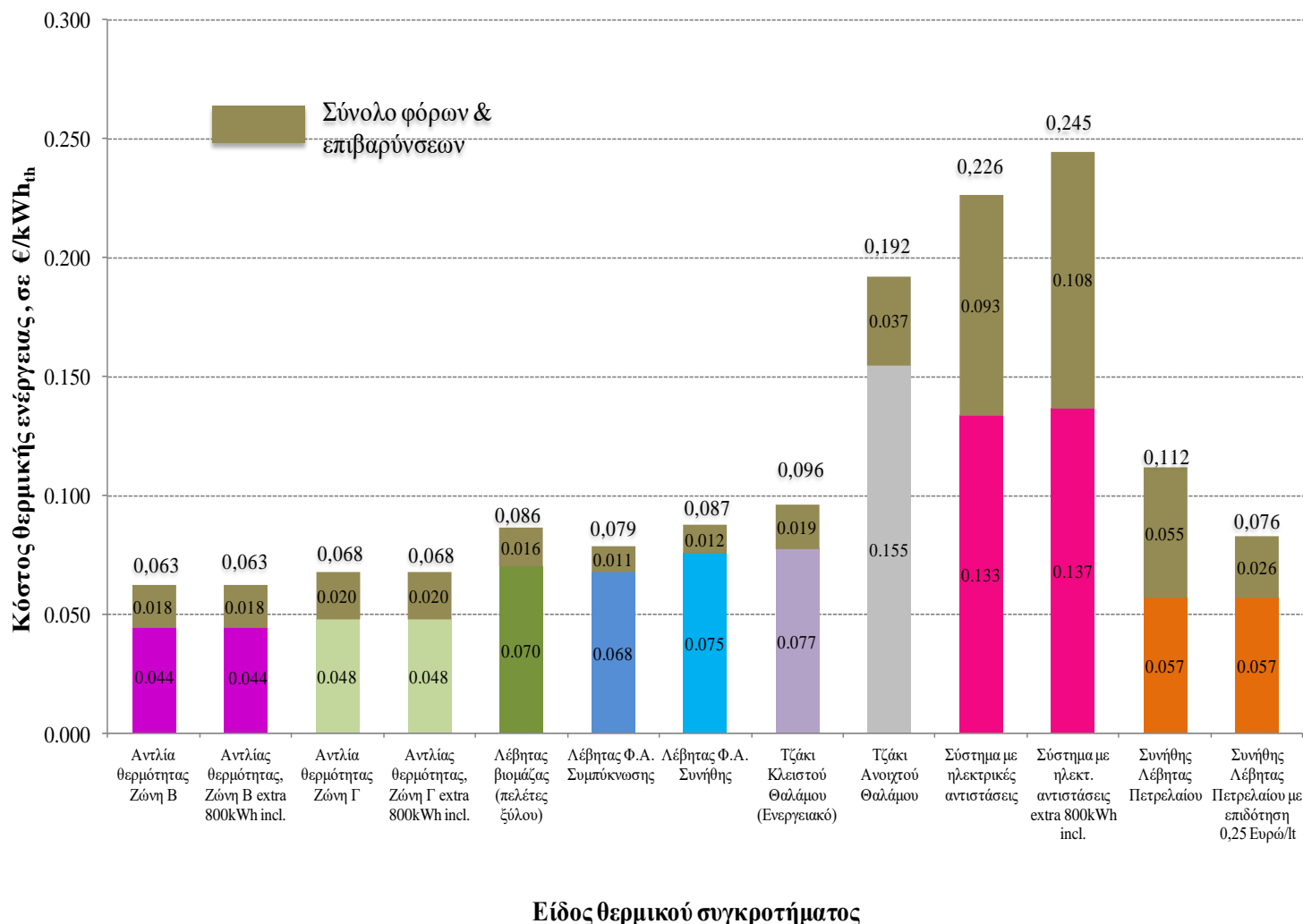
<b>Πλήρης Περιγραφή</b>	<b>Συνοτομογραφία</b>
1. Αντλία θερμότητας εγκατεστημένη σε κατοικία στη Κλιματική Ζώνη Β.	Αντλία θερμότητας Ζώνη Β.
2. Αντλία θερμότητας εγκατεστημένη σε κατοικία στη Κλιματική Ζώνη Β, έχοντας συμπεριλάβει και επιβάρυνση στη τιμολόγηση των πάγιων καταναλώσεων.	Αντλία θερμότητας Ζώνη Β extra 800kWh incl.
3. Αντλία θερμότητας εγκατεστημένη σε κατοικία στη Κλιματική Ζώνη Γ.	Αντλία θερμότητας Ζώνη Γ.
4. Αντλία θερμότητας εγκατεστημένη σε κατοικία στη Κλιματική Ζώνη Γ, έχοντας συμπεριλάβει και επιβάρυνση στη τιμολόγηση των πάγιων καταναλώσεων.	Αντλία θερμότητας Ζώνη Γ extra 800kWh incl.
5. Πιστοποιημένο συγκρότημα λέβητα - καυστήρα βιομάζας με σιλό τροφοδοσίας, ο οποίος τροφοδοτείται με πελέτες ξύλου ποιοτικής κατηγορίας Α1.	Λέβητας βιομάζας (πελέτες ξύλου).
6. Συγκρότημα λέβητα - καυστήρα φυσικού αερίου συμπύκνωσης.	Λέβητας Φ.Α. Συμπύκνωσης.
7. Συγκρότημα συνήθη λέβητα - καυστήρα φυσικού αερίου.	Λέβητας Φ.Α. Συνήθης.
8. Τζάκι κλειστού θαλάμου καύσης το οποίο συνδέεται στην υφιστάμενη υδραυλική εγκατάσταση θέρμανσης της κατοικίας.	Τζάκι Κλειστού Θαλάμου (Ενεργειακό).
9. Τζάκι ανοιχτού θαλάμου καύσης το οποίο τοποθετείται εντός κατοικημένου χώρου με σκοπό την τοπική θέρμανση τμήματος αυτού.	Τζάκι Ανοιχτού Θαλάμου.
10. Σύστημα με ηλεκτρικές αντιστάσεις με μέγιστο συντελεστή μετατροπής 100%, π.χ. ηλεκτρικός λέβητας (βλ. παραδοχές μελέτης)	Σύστημα με ηλεκτρικές αντιστάσεις.
11. Σύστημα με ηλεκτρικές αντιστάσεις με μέγιστο συντελεστή μετατροπής 100%, π.χ. ηλεκτρικός λέβητας (βλ. παραδοχές μελέτης), έχοντας συμπεριλάβει και επιβάρυνση στη τιμολόγηση των πάγιων καταναλώσεων.	Σύστημα με ηλεκτρικές αντιστάσεις extra 800kWh incl.
12. Συγκρότημα λέβητα - καυστήρα πετρελαίου.	Συνήθης Λέβητας Πετρελαίου.
13. Συγκρότημα λέβητα - καυστήρα πετρελαίου στη περίπτωση που ο καταναλωτής δικαιούται να λάβει τη μέγιστη επιδότηση του πετρελαίου θέρμανσης (0,25 €/lt).	Συνήθης Λέβητας Πετρελαίου με επιδότηση 0,25Ευρώ/lt.

## A. Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θερμικού συγκροτήματος

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θερμικού συγκροτήματος. Εμφανίζεται δηλαδή το καθαρό κόστος της ωφέλιμης θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub>, ενώ σε αυτό προστίθεται τόσο η φορολόγηση όσο και οι επιπλέον επιβαρύνσεις αναλόγως με το είδος καυσίμου ή την χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Από το καθαρό κόστος και τη φορολόγηση προκύπτει στο ίδιο διάγραμμα και η συνολική τιμή κόστους ωφέλιμης θερμικής ενέργειας.

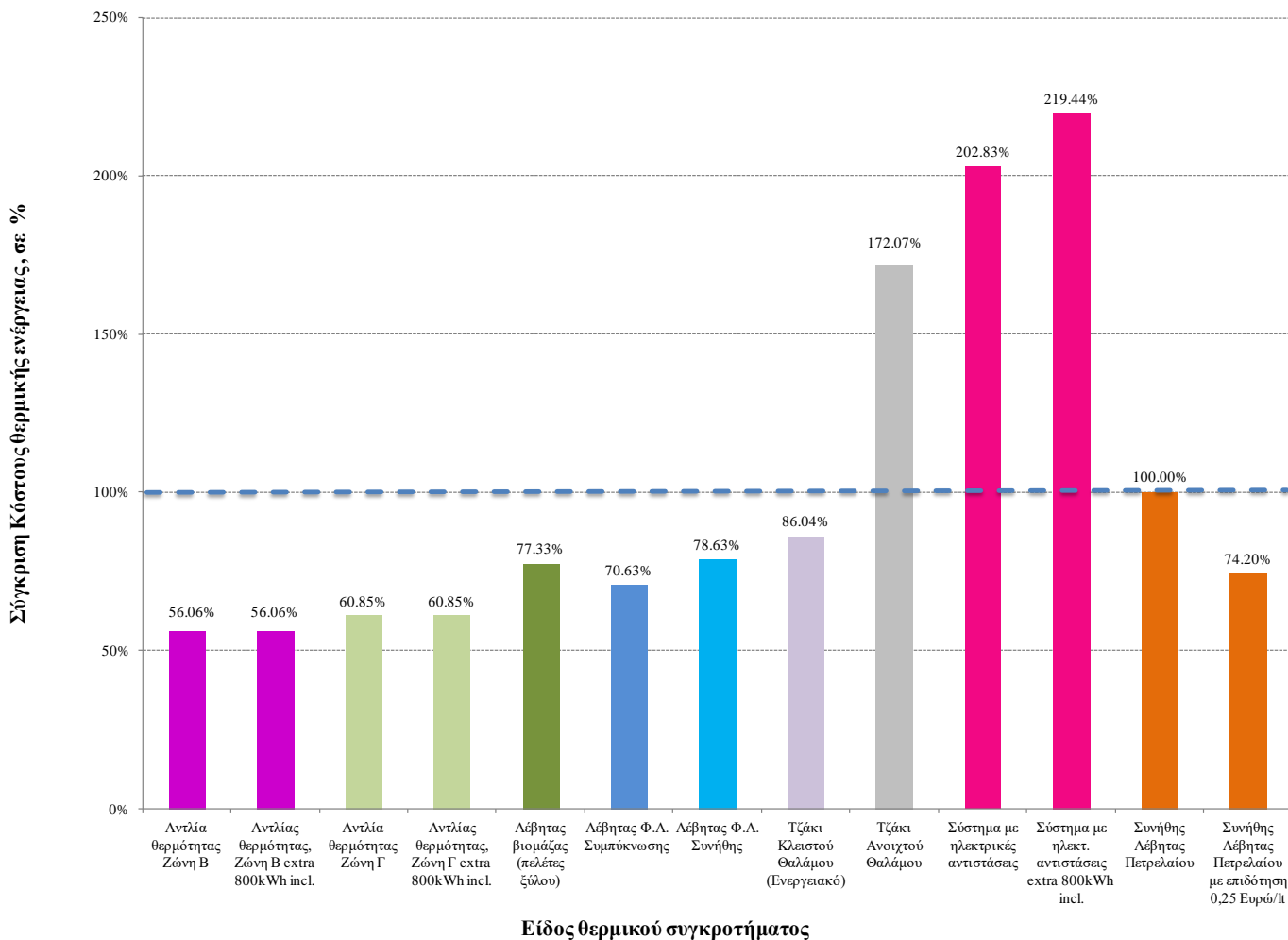
Επίσης, στην περίπτωση όλων των συστημάτων θέρμανσης με ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζεται το εκτιμώμενο κόστος της ωφέλιμης θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub>, λόγω αυξημένης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που θα επιβαρυνθεί ο καταναλωτής και για τις πάγιες καταναλώσεις του (extra 800kWh incl.). Θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας κατοικίας εμβαδού 120m<sup>2</sup> είναι περί τις 800 kWh<sub>el</sub> ανά τετράμηνο (πάγιες καταναλώσεις).

Τέλος, παρουσιάζεται και το κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> ενός συνήθη συγκροτήματος λέβητα – καυστήρα πετρελαίου στη περίπτωση που ο καταναλωτής δικαιούται να λάβει τη μέγιστη επιδότηση του πετρελαίου θέρμανσης (0,25 €/lt). Σημειώνεται ότι το τελικό ποσό επιδότησης μεταβάλλεται ανά γεωγραφική ζώνη και βάση εισοδηματικών και περιουσιακών κριτηρίων (Αριθ. ΠΟΛ 1262 – ΦΕΚ Β 2677 – 11.12.2015).



Διάγραμμα 1: Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θερμικού συγκροτήματος

Η σύγκριση του συνολικού κόστους της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θερμικού συγκροτήματος με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 0,969€/lt (βλ. παραδοχές υπολογισμών).



**Διάγραμμα 2:** Σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας σε %, σε σχέση με το κόστος ενός συγκροτήματος συνήθη λέβητα – καυστήρα πετρελαίου (για τιμή πετρελαίου ~0.969 €/lt), ανά είδος θερμικού συγκροτήματος

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών κόστους θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> καθώς επίσης και σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας σε % με συγκρότημα συνήθη λέβητα – καυστήρα πετρελαίου παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο Πίνακα 2. Στον πίνακα αυτόν παρατίθενται ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ή ο βαθμός απόδοσης της κάθε τεχνολογίας (ως προς την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα) καθώς επίσης και το κόστος αγοράς καυσίμου ή ηλεκτρικής ενέργειας που επιβαρύνει τον καταναλωτή.

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα υπολογισμών κόστους θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> και σύγκριση κόστους θερμικής ενέργειας σε % με συγκρότημα συνήθη λέβητα – καυστήρα πετρελαίου.

Είδος θερμικού συγκροτήματος	Βαθμός απόδοσης/ συντελεστής συμπεριφοράς	Κόστος αγοράς καυσίμου-ηλ. ενέργειας	Κόστος θερμικής ενέργειας €/kWh <sub>th</sub>	Κόστος θερμικής ενέργειας €/kWh <sub>th</sub> , tax free	Σύγκριση Κόστους θερμικής ενέργειας σε % με Συνήθη Λέβητα Πετρελαίου
Αντλία θερμότητας <b>Ζώνη Β</b>	3,00	*	0,063	0,044	56,06%
Αντλίας θερμότητας; <b>Ζώνη Β extra 800kWh incl.</b>	3,00	*	0,063	0,044	56,06%
Αντλία θερμότητας <b>Ζώνη Γ</b>	2,75	*	0,068	0,048	60,85%
Αντλίας θερμότητας; <b>Ζώνη Γ extra 800kWh incl.</b>	2,75	*	0,068	0,048	60,85%
Λέβητας βιομάζας (πελέτες ξύλου)	0,75	323€/tn	0,086	0,070	77,33%
Λέβητας Φ.Α. Συμπύκνωσης	0,98	0,0774€/kWh***	0,079	0,068	70,632%
Λέβητας Φ.Α. Συνήθης	0,87	0,0759€/kWh****	0,088	0,075	78,63%
Τζάκι Κλειστού Θαλάμου (Ενεργειακό)	0,50	186,5€/tn**	0,096	0,077	86,04%
Τζάκι Ανοιχτού Θαλάμου	0,25	186,5€/tn**	0,192	0,155	172,07%
Συσκευή με ηλεκτρικές αντιστάσεις ( <b>Ηλεκτρικός λέβητας</b> )	1,00	*	0,226	0,133	202,83%
Συσκευή με ηλεκτρικές αντιστάσεις extra 800kWh incl.	1,00	*	0,245	0,137	219,44%
Συνήθης Λέβητας Πετρελαίου	0,87	0,969€/lt	0,112	0,057	100,00%
Συνήθης Λέβητας Πετρελαίου με επιδότηση 0,25 Ευρώ/lt	0,87	0,719€/lt*****	0,083	0,057	74,20%

**Όπου:**

\*Η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας έγινε σύμφωνα με το οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ, χωρίς χρονοχρέωση (Τιμολόγιο Γ1): Θεωρείται 3φασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Επίσης, θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεξάρτητης κατοικίας είναι περί τις 800 kWh<sub>el</sub> ανά τετράμηνο. Επομένως, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών αυτής θα τιμολογείται με κόστος που αντιστοιχεί σε κλίμακα μεγαλύτερη από τις 800 kWh<sub>el</sub> ανά τετράμηνο.

\*\*Αντιστοιχεί σε τιμή πώλησης 84,5€/m<sup>3</sup> στοιβαγμένων καυσόξυλων οξιάς μήκους 33 cm και με περιεκτικότητα 20% κ.β. σε υγρασία.

\*\*\*Ο υπολογισμός του κόστους ενέργειας φυσικού αερίου (Φ.Α.) έχει υπολογισθεί με αναγωγή στην κατώτερη θερμογόνο ικανότητα (Lower Heating Value, LHV). Το κόστος ενέργειας Φ.Α. με βάση την ανώτερη θερμογόνο ικανότητα (Higher Heating Value, HHV), όπως αυτό παρουσιάζεται στα τιμολόγια της Εταιρείας Παροχής Αερίου είναι 0,0698€/kWh. Το υπολογιζόμενο κόστος προκύπτει για μια κατανάλωση 2000kWh<sub>th</sub> ανά τετράμηνο (3000kWh<sub>th</sub>/σεζόν) σε ένα λέβητα συμπύκνωσης με βαθμό απόδοσης (B.A.) 0,98. Ο βαθμός απόδοσης υπολογίζεται με βάση την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα. Στην περίπτωση λεβήτων συμπύκνωσης, ο βαθμός απόδοσης μπορεί να ξεπεράσει το 100% (σε λέβητες υψηλής απόδοσης ή/και σε συστήματα θέρμανσης νερού με χρήση αντιστάθμισης). Στην παρούσα μελέτη έχει αξιολογηθεί μόνο η λειτουργία λέβητα Φ.Α. συμπύκνωσης με εποχιακό B.A. σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις των Οδηγιών 2009/125/EK (Eco design), 2010/30/EK (Energy Labelling) και των αντίστοιχων εφαρμοστικών κανονισμών 813/2013 & 811/2016.

\*\*\*\*Ο υπολογισμός του κόστους ενέργειας Φ.Α. έχει υπολογισθεί με αναγωγή στην LHV. Το κόστος ενέργειας Φ.Α. με βάση την HHV είναι 0,0684€/kWh. Το υπολογιζόμενο κόστος προκύπτει για μια κατανάλωση 2000kWh<sub>th</sub> ανά τετράμηνο (3000kWh<sub>th</sub>/σεζόν) σε ένα συνήθη λέβητα Φ.Α. με B.A. 0,87. Ο βαθμός απόδοσης υπολογίζεται με βάση την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα. Σημειώνεται ότι η διάθεση στην αγορά λεβήτων Φ.Α. χωρίς συμπύκνωση (συνήθεις) αναμένεται να σταματήσει στις 31/12/2017.

\*\*\*\*\*Το κόστος αγοράς ωφέλιμης θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> ενός συνήθη συγκροτήματος λέβητα – καυστήρα πετρελαίου στη περίπτωση που ο καταναλωτής δικαιούται να λάβει τη μέγιστη επιδότηση του πετρελαίου θέρμανσης (0,25 €/lt) ανέρχεται σε 0,719€/lt και ισχύει για τις ακόλουθες παρακάτω περιπτώσεις του Πίνακα 3.

- Κλιματική Ζώνη Β (π.χ. Αθήνα): Μέγιστος επιδοτούμενος όγκος πετρελαίου θέρμανσης 800lt/σεζόν ή 8lt/m<sup>2</sup> και σεζόν με εμβαδόν θερμαινόμενου χώρου ≤100m<sup>2</sup>.
- Κλιματική Ζώνη Γ (π.χ. Θεσσαλονίκη): Μέγιστος επιδοτούμενος όγκος πετρελαίου θέρμανσης 1500lt/σεζόν ή 15lt/m<sup>2</sup> και σεζόν με εμβαδόν θερμαινόμενου χώρου ≤100m<sup>2</sup>.

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις το κόστος αγοράς ωφέλιμης θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> αυξάνεται.

#### ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ε. 20701-3

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

### **Β. Εκτιμώμενο κόστος θέρμανσης ανά σεζόν και έτη απόσβεσης ως συνάρτηση της απαιτούμενης ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για τα εξεταζόμενα θερμικά συγκροτήματα**

Το εκτιμώμενο κόστος θέρμανσης ανά σεζόν και τα έτη απόσβεσης ως συνάρτηση της απαιτούμενης ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για τα εξεταζόμενα θερμικά συγκροτήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Επίσης, στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις κόστους αντικατάστασης ενός συμβατικού λέβητα πετρελαίου από τα εξεταζόμενα εναλλακτικά συστήματα θέρμανσης στο οποίο συμπεριλαμβάνεται, εκτός του κόστους αγοράς του εξοπλισμού, ένα εκτιμώμενο κόστος εργασιών εγκατάστασης συμπεριλαμβανομένου και του ΦΠΑ. Οι εκτιμήσεις αυτές είναι ενδεικτικές και μπορεί να **διαφέρουν σημαντικά** από τα κόστη που θα κληθεί να καταβάλει ο καταναλωτής καθώς δεν μπορούν να προβλεφθούν κόστη τα οποία εξαρτώνται άμεσα από τις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης και τυχόν επιπλέον επεμβάσεις που μπορεί να απαιτηθούν. Επιπλέον, υπολογίζονται τα έτη απόσβεσης για κάθε περίπτωση ανάλογα με το εκτιμώμενο κόστος θέρμανσης ανά σεζόν, με βάση τις τιμές κόστους θερμικής ενέργειας σε €/kWh<sub>th</sub> που παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2. Για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης δε λαμβάνονται υπόψη οι μεταβολές στη χρονική αξία του χρήματος.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρόνοι αυτοί απόσβεσης ισχύουν για την κάλυψη του συνόλου των θερμικών αναγκών από το νέο σύστημα. Η επιλογή τοπικών συστημάτων θέρμανσης ενδέχεται να είναι οικονομική επιλογή μόνο στη περίπτωση αλλαγής των συνηθειών ή/και της θερμικής άνεσης του χρήστη.

Τέλος, έχει πραγματοποιηθεί παραμετρική ανάλυση ανάλογα με την υφιστάμενη απαίτηση ενέργειας (κατανάλωση πετρελαίου) ανά περίοδο θέρμανσης (σεζόν), για κάθε μια εναλλακτική πρόταση.

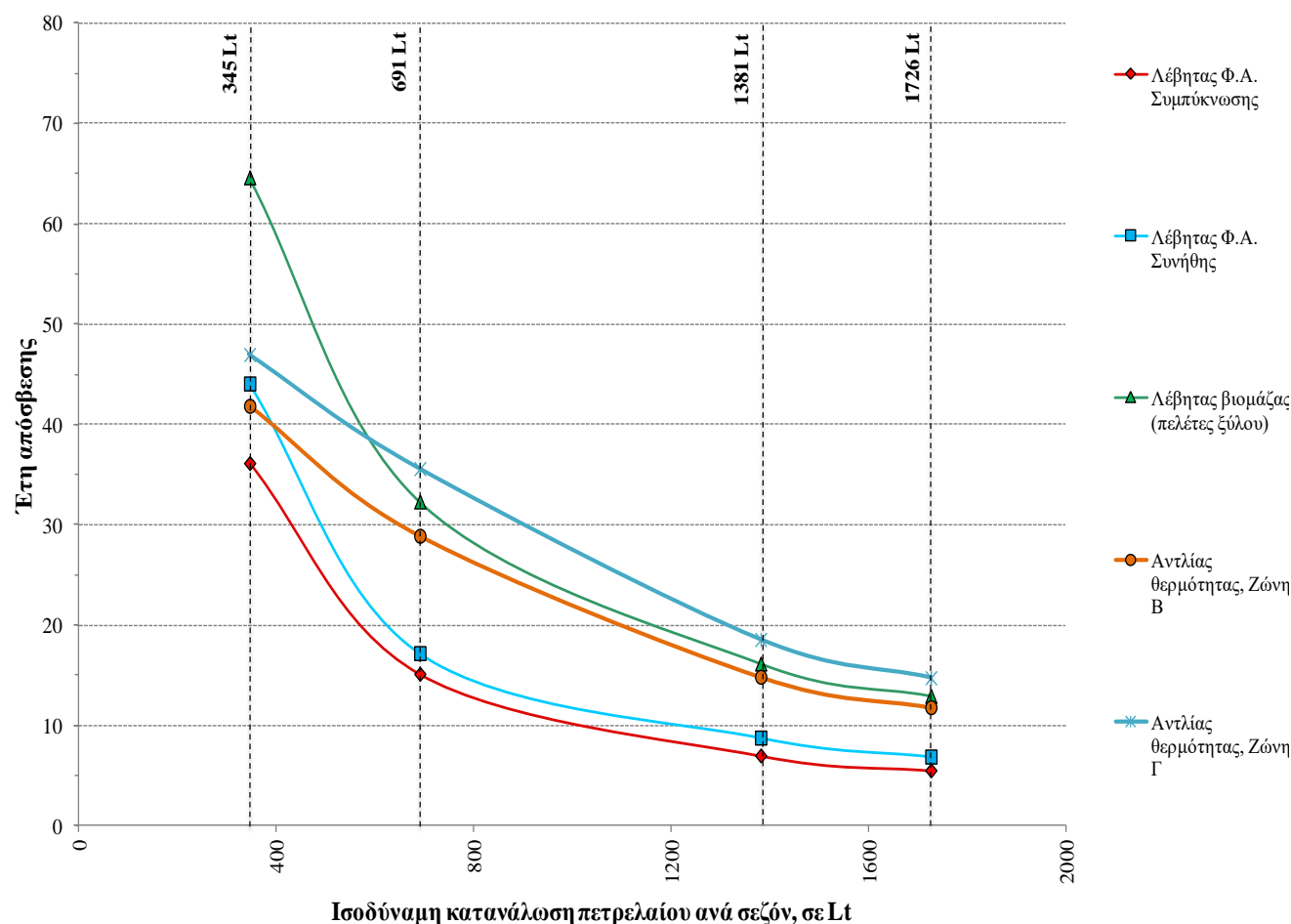
**Πίνακας 3:** Εκτιμώμενο κόστος θέρμανσης ανά σεζόν και έτη απόσβεσης λόγω αντικατάστασης του υφιστάμενου συγκροτήματος λέβητα καυστήρα πετρελαίου, ως συνάρτηση της απαιτούμενης ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για τα εξεταζόμενα θερμικά συγκροτήματα.

Σεζόν 2017-2018	Περίπτωση		Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια = 3000(kWh/Σεζόν)		Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια = 6000(kWh/Σεζόν)		Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια = 12000(kWh/Σεζόν)		Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια = 15000(kWh/Σεζόν)	
			Ισοδύναμη κατανάλωση πετρελαίου ανά σεζόν = 345 Lt		Ισοδύναμη κατανάλωση πετρελαίου ανά σεζόν = 691 Lt		Ισοδύναμη κατανάλωση πετρελαίου ανά σεζόν = 1381 Lt		Ισοδύναμη κατανάλωση πετρελαίου ανά σεζόν = 1726 Lt	
Είδος θερμικού συγκροτήματος	Κόστος επένδυσης	Κόστος συντήρησης	Κόστος κατανάλωσης ανά σεζόν	Έτη απόσβεσης	Κόστος κατανάλωσης ανά σεζόν	Έτη απόσβεσης	Κόστος κατανάλωσης ανά σεζόν	Έτη απόσβεσης	Κόστος κατανάλωσης ανά σεζόν	Έτη απόσβεσης
Θέρμανση με χρήση συμβατικού λέβητα πετρελαίου (υφιστάμενη εγκατάσταση)		90€/έτος	334.54		669.09		1338.17		1672.72	
Θέρμανση με χρήση συμβατικού λέβητα πετρελαίου (υφιστάμενη εγκατάσταση) + επιδότηση 0,25Ευρώ/lit Ζώνη Β		90€/έτος	248.23		496.46		1138.17		1472.72	
Θέρμανση με χρήση συμβατικού λέβητα πετρελαίου (υφιστάμενη εγκατάσταση) + επιδότηση 0,25Ευρώ/lit Ζώνη Γ		90€/έτος	248.23		496.46		992.93		1297.72	
Θέρμανση με χρήση λέβητα Φ.Α. Συμπύκνωσης Β.Α. 0,98	4000.00	60€/έτος	236.30	36.13	434.44	15.13	830.71	7.00	1028.85	5.51
Θέρμανση με χρήση λέβητα Φ.Α. Συνήθης Β.Α. 0,87	3600.00	60€/έτος	263.06	44.07	485.91	17.20	933.66	8.78	1157.54	6.89
Θέρμανση με χρήση λέβητα βιομάζας (πελέτες ξύλου)	4000.00	150€/έτος	258.70	64.61	517.41	32.30	1034.81	16.15	1293.62	12.92
Θέρμανση με χρήση συστήματος με ηλεκτρικές αντιστάσεις (ηλεκτρικός λέβητας)	1500.00	Δεν απαιτείται	678.54	*	1379.67	*	2747.71	*	3431.76	*
Θέρμανση με χρήση αντλίας θερμότητας; Ζώνη Β	7500.00	Δεν απαιτείται	187.56	41.84	456.19	28.89	923.59	14.83	1151.61	11.80
Θέρμανση με χρήση αντλίας θερμότητας; Ζώνη Γ	7500.00	Δεν απαιτείται	203.56	46.95	496.24	35.58	1006.60	18.55	1255.37	14.74
Τζάκι Κλειστού θαλάμου (Ενεργειακό)	3500.00	60€/έτος	287.83	65.29	575.66	32.65	1151.33	16.32	1439.27	13.06

\*Στις περιπτώσεις του εναλλακτικού σεναρίου θέρμανσης με χρήση συστήματος με ηλεκτρικές αντιστάσεις, το μεγαλύτερο κόστος κατανάλωσης ανά σεζόν καθιστά την επένδυση μη αποδοτική, στην περίπτωση κάλυψης όλων των απαιτήσεων θέρμανσης (όλων των θερμικών kWh) που ικανοποιούσε το υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης (λέβητας πετρελαίου). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, το αρχικό κόστος επένδυσης να μην αποσβένεται και επομένως η χρηματοοικονομική έννοια «έτη απόσβεσης» να μην έχει νόημα.

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζονται τα έτη απόσβεσης για κάθε εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης θεωρώντας σαν σενάριο αναφοράς μια υφιστάμενη εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης σε ιδιοκτησία 120m<sup>2</sup> και στην οποία ένα συγκρότημα λέβητα καυστήρα πετρελαίου (20kW) ικανοποιεί τις απαιτήσεις θέρμανσης με βαθμό απόδοσης 87%. Ως παράμετροι εισόδου έχουν χρησιμοποιηθεί το κόστος αγοράς και εγκατάστασης αλλά και το κόστος συντήρησης για κάθε εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης καθώς επίσης και η διαφορά του κόστους κατανάλωσης ανά σεζόν μεταξύ του υφιστάμενου συστήματος (λέβητας πετρελαίου) και του εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης. Τέλος έχει ληφθεί υπόψη και το κόστος συντήρησης του υφιστάμενου συστήματος και το οποίο αφαιρείται από το αντίστοιχο σύνολο του κόστους αγοράς & συντήρησης του εκάστοτε εναλλακτικού συστήματος θέρμανσης. Ως διάρκεια ζωής του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού έχουν ληφθεί τα 15 έτη. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δεν έχει ληφθεί υπόψη η χρονική αξία του χρήματος.

Επιπλέον, με την εξέταση διαφορετικών καταναλώσεων πετρελαίου θέρμανσης ανά σεζόν δίνεται η δυνατότητα να αξιολογηθεί η επίδραση του προφίλ του χρήστη, της θερμομόνωσης του κτηρίου, της γεωγραφικής ζώνης και άλλων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της εγκατάστασης στα έτη απόσβεσης κάθε σεναρίου αντικατάστασης του υφιστάμενου λέβητα καυστήρα πετρελαίου.



**Διάγραμμα 3:** Έτη απόσβεσης ανά είδος θερμικού συγκροτήματος για εγκατεστημένη ωφέλιμη θερμική ισχύ 20kW, σε υφιστάμενη εγκατάσταση



## ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

**Βαθμοί απόδοσης:** Οι βαθμοί απόδοσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 έχουν ως αναφορά την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα. Επίσης, στη παρούσα μελέτη έχει αξιολογηθεί μόνο η λειτουργία λέβητα Φ.Α. συμπύκνωσης με εποχιακό Β.Α. σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις των Οδηγιών 2009/125/EK (Eco design), 2010/30/EK (Energy Labelling) και των αντίστοιχων εφαρμοστικών κανονισμών 813/2013 & 811/2016. Όσον αφορά το Β.Α. του υφιστάμενου συγκροτήματος λέβητα /καυστήρα πετρελαίου είναι σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Π.Δ.335/93 (ΦΕΚ 143/Α/2-9-93).

Για το λέβητα βιομάζας με πελέτες ξύλου θεωρείται βαθμός απόδοσης 75%, ο οποίος αντιστοιχεί σε λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες<sup>1</sup>, δηλαδή λαμβάνει υπόψη την επίδοση του λέβητα κατά τις φάσεις έναυσης και παύσης λειτουργίας και των τυπικών μεταβολών φορτίου.

**Ετήσιο κόστος συντήρησης:** Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3, στη χρηματοοικονομική αξιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης έχει ληφθεί ένα τυπικό κόστος συντήρησης ανά εναλλακτικό σύστημα θέρμανσης. Εξαιρέση αποτελούν η αντλία θερμότητας και οι συσκευές με ηλεκτρικές αντιστάσεις, οι οποίες παρουσιάζουν μηδενικό κόστος συντήρησης σύμφωνα με τα δηλωθέντα από τους κατασκευαστές τέτοιων συστημάτων θέρμανσης.

Στις περιπτώσεις του τζακιού κλειστού θαλάμου ως κόστος συντήρησης έχει ληφθεί ο απαραίτητος ετήσιος καθαρισμός της καπνοδόχου, ενώ στη περίπτωση του λέβητα βιομάζας έχει ληφθεί ο συνδυασμός της συντήρησης και καθαρισμού του λέβητα αλλά και πιθανός καθαρισμός της καπνοδόχου λόγω σύστασης των παραγόμενων αέριων ρύπων.

Σε όλες τις περιπτώσεις δεν έχουν ληφθεί υπόψη τυχόν έκτακτα κόστη που οφείλονται σε αστοχία υλικών των συστημάτων θέρμανσης.

**Πετρέλαιο:** Για το καύσιμο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη Γενική Γραμματεία Εμπορίου (<http://oil.gge.gov.gr/?m=20171201>), τη Γενική Γραμματεία Καταναλωτή ([http://www.fuelprices.gr/files/deltia/EBDOM\\_DELTIO\\_01\\_12\\_2017.pdf](http://www.fuelprices.gr/files/deltia/EBDOM_DELTIO_01_12_2017.pdf)) και του Συνδέσμου Εταιριών Πετρελαιοειδών Ελλάδας (ΣΕΕΠΕ, [www.seepe.gr](http://www.seepe.gr)). Θεωρήθηκε πετρέλαιο θέρμανσης, το οποίο, σύμφωνα με τις προαναφερθείσες πηγές, στις 01/12/2017 είχε μέση τιμή αντλίας – λιανική τιμή 0,969 €/lt, ή 0,0966 €/kWh (Θερμογόνο ικανότητα πετρελαίου 10150 kcal/kg και πυκνότητα 0,85kg/lt). Η τιμή αυτή προκύπτει από την τιμή διυλιστηρίου που είναι 0,428 €/lt, το περιθώριο κέρδους της εταιρίας-πρατηριούχου είναι 0,065 €/lt, ενώ οι φόροι και δασμοί ανέρχονται στα 0,476 €/lt. Η ανάλυση του κόστους του πετρελαίου καθώς επίσης και των φόρων και δασμών για 1000 λίτρα πετρελαίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4:

**Πίνακας 4:** Κοστολόγηση για 1000 lt πετρέλαιο θέρμανσης με μέση τιμή αντλίας στις 01/12/2017 (Πηγή ΣΕΕΠΕ).

<b>Τιμή διυλιστηρίου</b>	<b>€ 427,72</b>
<b>Ειδική εισφορά 1,2%</b>	<b>€ 5,13</b>
<b>ΡΑΕ</b>	<b>€ 0,20</b>
<b>ΔΕΤΕ 0,5%</b>	<b>€ 3,54</b>
<b>ΕΦΚ</b>	<b>€ 280,00</b>
<b>Περιθώριο Πρατηριούχου/εταιρείας</b>	<b>€ 64,86</b>
<b>Λιανική Τιμή προ ΦΠΑ</b>	<b>€ 781,45</b>
<b>ΦΠΑ 24%</b>	<b>€ 187,55</b>
<b>Τιμή Αντλίας - Λιανική Τιμή</b>	<b>€ 969,00</b>

<sup>1</sup> Πηγή: European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling, Strategic Research and Innovation Agenda for Renewable Heating & Cooling, March 2013, σελ.22 ([http://www.rhc-platform.org/fileadmin/user\\_upload/members/Downloads/RHC\\_SRA\\_epo\\_final\\_lowres.pdf](http://www.rhc-platform.org/fileadmin/user_upload/members/Downloads/RHC_SRA_epo_final_lowres.pdf))

**Φυσικό Αέριο:** Για την κοστολόγηση του φυσικού αερίου λήφθηκαν στοιχεία από την Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής ΑΕ( [www.aerioattikis.gr](http://www.aerioattikis.gr)).

Λήφθηκε υπόψη το οικιακό τιμολόγιο- τιμολογήσεις 2017, με μέση τιμή χρέωσης ισχύος 6,36 €/60μέρες και χρέωση ενέργειας 0,05849 €/kWh<sub>HHV</sub>. Η χρέωση ενέργειας είναι η μέση τιμή των μηνών Ιανουάριος 2017 - Νοέμβριος 2017. Στις τιμές αυτές λαμβάνονται υπόψη οι φόροι ΦΠΑ (13%) και το ΔΕΤΕ (0,5%) για τη χρέωση ισχύος, ενώ στη χρέωση ενέργειας λαμβάνονται υπόψη οι φόροι: ΦΠΑ (13%), ΕΦΚ και ΔΕΤΕ (0,5%).

Η ανώτερη θερμογόνο ικανότητα του φυσικού αερίου θεωρήθηκε σύμφωνα με την ΕΠΑ Αττικής ΑΕ ίση με HHV=11,63kWh/Nm<sup>3</sup>(Μέση Τιμή μηνών Ιανουάριος 2017 - Νοέμβριος 2017).

#### **Συστήματα με ηλεκτρικές αντιστάσεις:**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλες οι τεχνολογίες οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα με μέγιστο συντελεστή μετατροπής 100%. Τέτοιες τεχνολογίες είναι οι ηλεκτρικοί λέβητες, θερμοπομποί, αερόθερμα, πάνελ θερμότητας, πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας, καλοριφέρ λαδιού, ηλεκτρικές σόμπες, σόμπες αλογόνου κ.α..

**Ηλεκτρική ενέργεια:** Θεωρείται οικιακό τιμολόγιο χωρίς χρονοχρέωση (Τιμολόγιο Γ1, πηγή ΔΕΗ ΑΕ [www.dei.gr](http://www.dei.gr), (ημερομηνία πρόσβασης 04/12/2017)) 3φασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Επίσης, θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεξάρτητης κατοικίας είναι περί τις 800kWh<sub>el</sub> ανά τετράμηνο. Επομένως, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών αυτής θα τιμολογείται με κόστος που αντιστοιχεί σε κλίμακα μεγαλύτερη από τις 800 kWh<sub>el</sub> ανά τετράμηνο.

Θεωρήθηκε συνολική παραγόμενη θερμική ισχύς ίση με 2000 kWh<sub>th</sub> το τετράμηνο. Έτσι στην περίπτωση π.χ. της αντλίας θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3, θα καταναλωθεί ηλεκτρική ενέργεια ίση με 2000/3=666,67kWh<sub>el</sub>. Συνεπώς, η κατανάλωση ρεύματος για θέρμανση σε αυτή την περίπτωση εμπίπτει στην κατηγορία συνολικής τετραμηνιαίας κατανάλωσης 0-1600 kWh<sub>el</sub>, αφού θεωρείται ότι οι πρώτες 800 kWh<sub>el</sub> είναι για τις υπόλοιπες ανάγκες της κατοικίας. Στον ηλεκτρικό λέβητα, όπου θεωρήθηκε βαθμός απόδοσης ίσος με 1, για την αντίστοιχη παραγωγή ωφέλιμης θερμότητας, χρειάζονται 2000 kWh<sub>el</sub>. Έτσι η κατανάλωση ρεύματος για θέρμανση σε αυτή την περίπτωση εμπίπτει στην κατηγορία συνολικής τετραμηνιαίας κατανάλωσης από 2000-3000 kWh<sub>el</sub>.

Οι χρεώσεις της ΔΕΗ σύμφωνα με το τιμολόγιο Γ1 για τις τρεις τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια φαίνονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5:** Χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας (Πηγή ΔΕΗ).

	Αντλία θερμότητας		Ηλεκτρικός λέβητας
Βαθμός απόδοσης / Συντελεστής Συμπεριφοράς (-)	3	2,75	1
Τετραμηνιαία κατανάλωση χωρίς θέρμανση (kWh <sub>el</sub> )	800	800	800
Τετραμηνιαία κατανάλωση λόγω θέρμανσης (kWh <sub>el</sub> )	666,67	727,27	2000
<b>Συνολική Τετραμηνιαία κατανάλωση κατοικίας (kWh<sub>el</sub>)</b>	<b>1466,67</b>	<b>1527,27</b>	<b>2800</b>
Χρέωση Ενέργειας (Ανταγωνιστικές Χρεώσεις) (€/kWh <sub>el</sub> )	0,09460	0,09460	0,10252
Χρέωση Ενέργειας (Δίκτυο Μεταφοράς) (€/kWh <sub>el</sub> )	0,00527	0,00527	0,00527
Λοιπές Επιβαρύνσεις (Δίκτυο Μεταφοράς) (€/kWh <sub>el</sub> )	0,00007	0,00007	0,00007
Χρέωση Ενέργειας (Δίκτυο Διανομής) (€/kWh <sub>el</sub> )	0,0213	0,0213	0,0213
Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (€/kWh <sub>el</sub> )	0,00699	0,00699	0,03987
ETMEAP (€/kWh <sub>el</sub> )	0,02477	0,02477	0,02477
<b>Σύνολο (€/kWh<sub>el</sub>)</b>	<b>0,1530</b>	<b>0,1530</b>	<b>0,1938</b>

Σε αυτές τις χρεώσεις, προστέθηκε η χρέωση ισχύος για το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο διανομής, για 40 kW<sub>e</sub> ισχύ, ενώ το πάγιο λόγω τριφασικού ρεύματος χρεώθηκε στο ήμισυ στις καταναλώσεις λόγω θερμότητας.

Στις παραπάνω χρεώσεις προστέθηκαν οι εξής φόροι: ΕΦΚ Ν.3336/05= 0,0022 €/kWh<sub>el</sub>, 5% ΕΙΔ. ΤΕΛ. Ν. 2093/92 και 13%ΦΠΑ.

Τέλος για τις αντλίες θερμότητας θεωρήθηκαν ότι είναι αντλίες 16kW με Max LW 75°C EW 65°C Min LW 65°C EW 55°C, ενώ για τη ζώνη Β θεωρήθηκε το κλίμα της Αθήνας, ενώ για τη ζώνη Γ της Αλεξανδρούπολης.

**Πελέτες ξύλου:** Θεωρήθηκαν πελέτες ξύλου που έχουν πιστοποιηθεί με το σύστημα ENplus στην ανώτερη ποιοτική κατηγορία A1 με τα εξής βασικά χαρακτηριστικά<sup>2</sup>:

- πρώτη ύλη: ξυλεία κορμού ή μη χημικά επεξεργασμένα υπολείμματα βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου.
- υγρασία μικρότερη του 10% κ.β.
- περιεκτικότητα σε τέφρα μικρότερη του 0,7 % κ.β. επί ξηρού.

Τιμή αγοράς καυσίμου (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ 24%): 0,323 €/Kg ή 0,0645 €/kWh<sub>th</sub>, θεωρώντας κατώτερη θερμογόνος ικανότητα 18 MJ/kg.

**Καυσόξυλα:** Θεωρήθηκαν καυσόξυλα οξιάς, με τα εξής χαρακτηριστικά<sup>3</sup>:

- υγρασία 20% κ.β.
- μήκος ~ 33 cm
- τυπική τιμή φαινόμενης πυκνότητας για στοιβαγμένα καυσόξυλα: 453 kg/m<sup>3</sup>.

Τιμή αγοράς καυσίμου (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ 24%): 84,5 €/m<sup>3</sup> ή 0,187 €/Kg ή 0,0480 €/kWh<sub>th</sub>, θεωρώντας κατώτερη θερμογόνος ικανότητα 14 MJ/kg.

<sup>2</sup> Πηγή: <http://www.enplus-pellets.eu/consumer/qa/>

<sup>3</sup> Πηγή: ΚΑΠΕ, Οδηγός για τη διακίνηση καυσόξυλων, 2012 ([http://www.cres.gr/kape/Firewood\\_handbook.pdf](http://www.cres.gr/kape/Firewood_handbook.pdf))