

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ

Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, Καθηγητής ΕΜΠ
Δρ. Σωτήριος Καρέλλας, Επικ. 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
Assist. 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

Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου & τεχνολογία θέρμανσης

*Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς^{1,2}, Δρ. Σωτήριος Καρέλλας¹, Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης¹,
Δρ. Διονύσιος Γιαννακόπουλος², Δρ. Παναγιώτης Γραμμέλης², Πλάτων Πάλλης¹, Εμμανουήλ Καραμπίνης²*

¹Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

²Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης

29 Μαρτίου 2013

Το Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΙΔΕΠ-ΕΚΕΤΑ) εκτίμησε τους δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία καύσης σχετικά με κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στην Ελληνική αγορά.

Ο τομέας των κτηρίων αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας στη χώρα μας μαζί με τον τομέα των μεταφορών. Τα κτήρια στην Ελλάδα ευθύνονται για το 36 % της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ, κατά την περίοδο 2000–2005, αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά 24% φθάνοντας τα 8,54 Mtoe, που αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίων στην Ευρώπη [1].

Ιδιαίτερα στις μέρες μας, η εξοικονόμηση ενέργειας και η ορθολογικότερη χρήση αυτής, μέσα στο πλαίσιο της αύξησης της τιμής των καυσίμων- ειδικά του πετρελαίου θέρμανσης- και της γενικής οικονομικής κρίσης λαμβάνει πλέον πολύ σημαντικές τεχνοοικονομικές αλλά και κοινωνικές διαστάσεις. Μέσα σε αυτές τις οικονομικές συνθήκες παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μια σημαντική αύξηση της χρήσης της βιομάζας αλλά και άλλων εναλλακτικών μορφών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χώρων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ζ.ν.χ.).

Στις περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές χώρες η χρήση βιομάζας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χώρων και παραγωγή ζ.ν.χ. χρονολογείται από τη δεκαετία του 1980. Τις προηγούμενες δεκαετίες η κύρια μορφή βιομάζας που χρησιμοποιούνταν σε κατοικίες για θέρμανση χώρων και παραγωγή ζ.ν.χ. ήταν στη μορφή καυσόξυλων (log wood).

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η χρήση εξευγενισμένων καυσίμων βιομάζας στην Ευρώπη όπως πελέτες (pellets) και μπριγκέτες (briquettes) έχει αυξηθεί σημαντικά. Επίσης, χρησιμοποιούνται σχίζες ξύλου (wood chips) ή πριονίδι (sawdust), παρόλο που αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε γεωργικές κατοικίες ή μεγάλης κλίμακας πολυκατοικίες.

Στον οικιακό τομέα, εγκαθίστανται πλήθος διαφορετικών τεχνολογιών καύσης όπως λέβητες, σόμπες και τζάκια σε μία ποικιλία μοντέλων και αρχών σχεδιασμού.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αύξηση των εγκαταστάσεων στις οποίες τοποθετείται μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας (buffer) σε σειρά με το λέβητα ξύλου ή πελετών ξύλου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, μέσω κατάλληλης διαστασιολόγησης του συστήματος παραγωγής θερμότητας (π.χ. λέβητας ξύλου), να είναι δυνατή η εγκατάσταση μικρότερης ισχύος λέβητα. Σε αυτή την περίπτωση ο λέβητας μπορεί να καλύψει ένα μέρος μόνο του φορτίου αιχμής ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από την αποθηκευμένη ενέργεια στη δεξαμενή. Ο συνδυασμός αυτού του τύπου εγκατάστασης με τελευταίας τεχνολογίας λέβητα ξύλου ή πέλετ (μεταβαλλόμενου φορτίου) μπορεί να εξοικονομήσει από 10% έως και το 30% της ενέργειας για θέρμανση χώρων και παραγωγή ζ.ν.χ..

Η απόσβεση όμως μιας τέτοιας επένδυσης δεν εξαρτάται μόνο από την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και από το προφίλ χρήσης. Όπως και να έχει τέτοιες λύσεις μεγιστοποιούν τα περιβαλλοντικά οφέλη τέτοιων σύγχρονων συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ένα από τα κύρια προϊόντα της καύσης. Ωστόσο, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι εκπομπές CO_2 από την καύση βιομάζας θεωρούνται ουδέτερες ως προς το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου καθώς η ποσότητα του CO_2 που σχηματίζεται κατά τη διεργασία της καύσης μπορεί να δεσμευτεί εκ νέου από τα φυτά κατά την ανάπτυξή τους. Απαραίτητη προϋπόθεση για αυτή τη θεώρηση είναι η αειφόρος διαχείριση των πηγών βιομάζας (δάση, γεωργικές εκτάσεις). Οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα δάση και τη γεωργία θεωρείται ότι διασφαλίζουν σε μεγάλο ποσοστό την αειφόρα παραγωγή βιομάζας. Επομένως, για τα συστήματα θέρμανσης από βιομάζα, οι εκπομπές CO_2 μπορούν να θεωρηθούν μηδενικές.

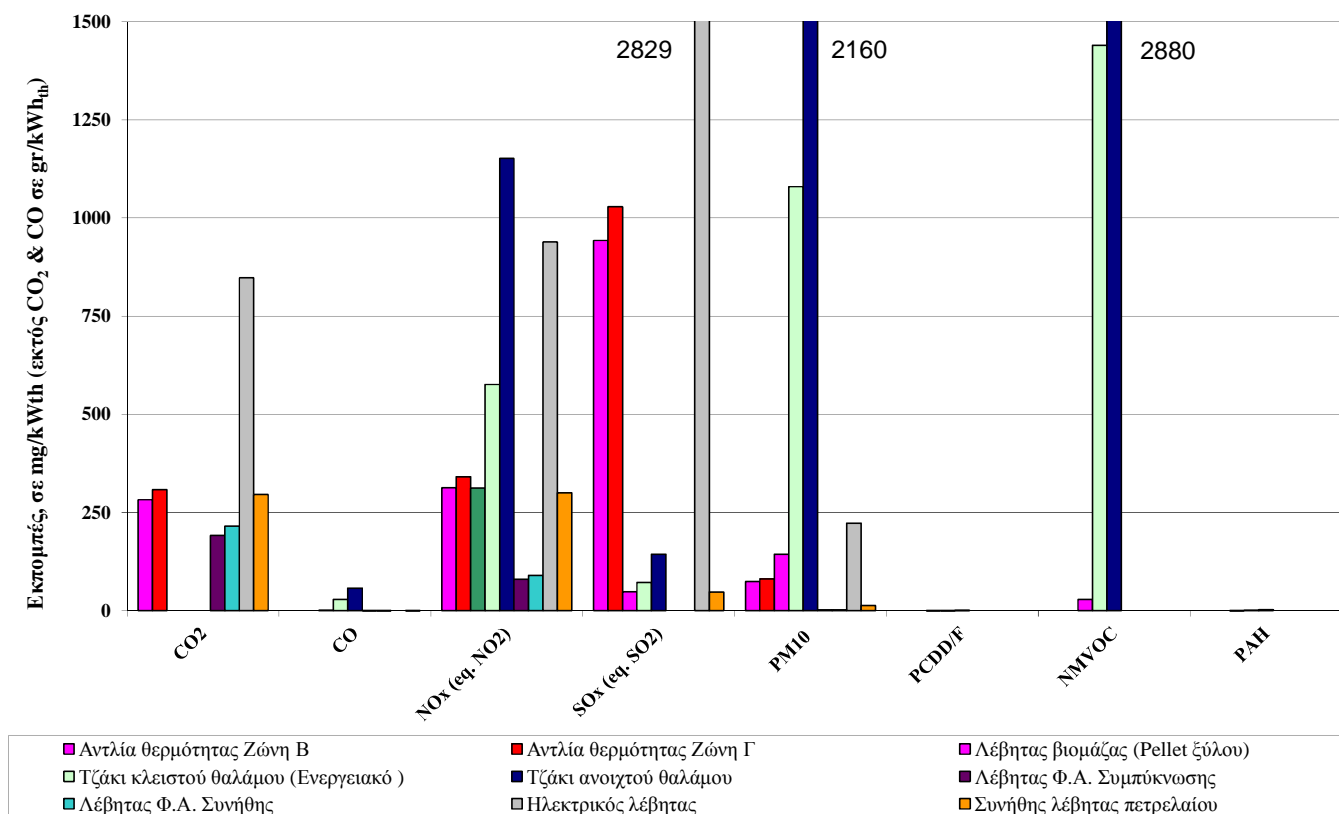
Όμως είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι και οι μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις καύσης βιομάζας μπορεί να αποτελέσουν αθροιστικά μια κύρια πηγή εκπομπών ρύπων σε αστικές και περιφερειακές περιοχές, λόγω συγκέντρωσης ισχύος. Οι συγκεντρώσεις αζώτου (N), θείου (S) και χλωρίου (Cl) σε διάφορα είδη βιομάζας είναι πολύ σημαντικές και μπορεί να προκαλέσουν, κατά την καύση της εν λόγω βιομάζας, εκπομπές αζωτοξειδίων (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO_2) και υδροχλωρίου (HCl) και αυξημένες εκπομπές χλωριωμένων αρωματικών ενώσεων όπως διοξίνες (PCDD) και φουράνες (PCDF).

Η χρήση καθαρής ξυλείας ή πελετών από καθαρό ξύλο μειώνει στο ελάχιστο τις εκπομπές αυτού του είδους, σε αντίθεση με τη χρήση νοθευμένου ξύλου ή άλλων ειδών βιομάζας στην περίπτωση των οποίων οι εκπομπές μπορεί να αυξηθούν έως και 1000 φορές.

Άλλοι ρύποι οι οποίοι δύνανται να σχηματίζονται κατά τη καύση, είναι αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), πτητικοί υδρογονάνθρακες (VOC) και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH). Αυτοί οι ρύποι επηρεάζονται κυρίως από την τεχνολογία καύσης και τις φυσικές ιδιότητες του καυσίμου (όπως περιεχόμενη υγρασία, ανόργανα κ.α.). Η χρήση παλαιότερης τεχνολογίας κλειστών εστιών καύσης πόσο μάλλον ανοικτών εστιών (τζάκια) έχει σαν αποτέλεσμα τις πολλαπλάσιες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και των υπόλοιπων προϊόντων της ατελούς καύσης με άμεση συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας.

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών (π.χ. mg/kWh_{th}) ανά τύπο καυσίμου και ιδιαίτερα στην περίπτωση της χρήσης βιομάζας και ανά διαθέσιμη τεχνολογία.

Λόγω ελλιπών στοιχείων από μετρήσεις σε εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από βιβλιογραφική επισκόπηση εργαστηριακών και επί τόπου μετρήσεων σε εγκαταστάσεις σε άλλες Ευρωπαϊκές Χώρες. Για την περίπτωση της Ελλάδας θα μπορούσαν να ληφθούν δυσμενέστερες τιμές από αυτές που παρουσιάζονται παρακάτω, εάν ληφθεί υπόψη η διάθεση στην αγορά μη πιστοποιημένων προϊόντων (εστίες καύσης) αλλά και το γεγονός της χρήσης ακατάλληλης καύσιμης ύλης σε πάσης φύσεως εγκαταστάσεις.



Διάγραμμα 1: Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογίας θέρμανσης.

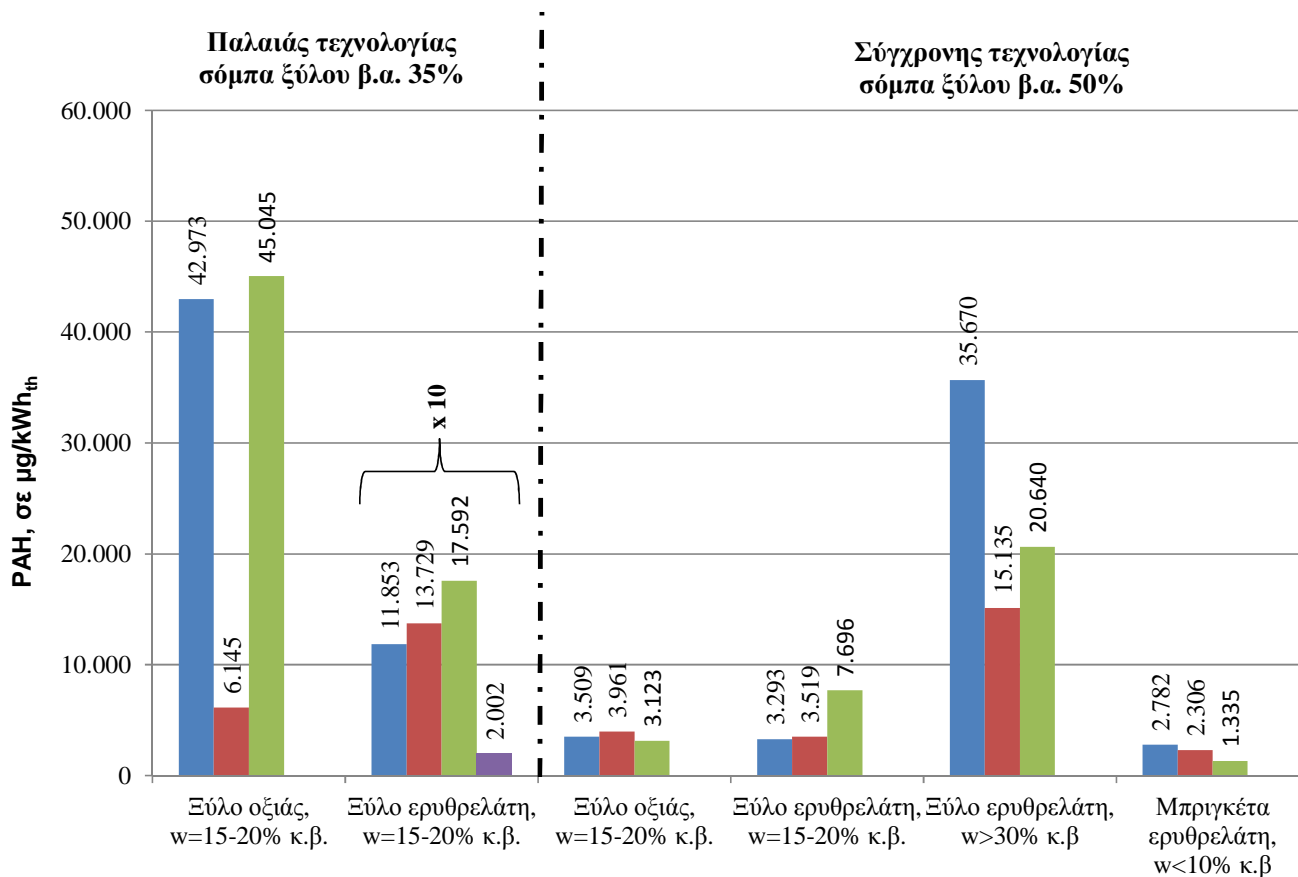
Οι τιμές του διαγράμματος δίδονται στον Πίνακα 1 καθώς και ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ή ο βαθμός απόδοσης της κάθε τεχνολογίας (ως προς την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα). Τα πρωτογενή στοιχεία για τους υπολογισμούς του Διαγράμματος 1 καθώς και του Πίνακα 1 που αφορούν τα συστήματα θέρμανσης με ορυκτά ή ανανεώσιμα καύσιμα, ελήφθησαν από τη πηγή [2], ενώ τα πρωτογενή στοιχεία που αφορούν στα συστήματα θέρμανσης με ηλεκτρική ενέργεια ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία, όπως περιγράφεται στις παραδοχές των υπολογισμών στο τέλος της μελέτης.

Πίνακας 1: Δείκτες εκπομπών ανά τύπο καυσίμου και τεχνολογία θέρμανσης / Βαθμός απόδοσης & συντελεστής συμπεριφοράς ανά τεχνολογία θέρμανσης.

	Βαθμός απόδοσης/ συντελεστής συμπεριφοράς	CO ₂ (gr/kWh _{th})	CO (gr/kWh _{th})	NO _x ως ισοδύναμο NO ₂ (mg/kWh _{th})	SO _x ως ισοδύναμο SO ₂ (mg/kWh _{th})	PM10 (mg/kWh _{th})	PCDD/F (ng/kWh _{th})	NMVOC (mg/kWh _{th})	PAH (mg/kWh _{th})
Συνήθης λέβητας πετρελαίου	0,87	296	0,17	300	48	13,1	n/a	n/a	n/a
Λέβητας Φ.Α. Συνήθης	0,87	216	0,13	90	n/a	2,1	n/a	n/a	n/a
Λέβητας Φ.Α. Συμπύκνωσης	0,98	191	0,11	80	n/a	1,8	n/a	n/a	n/a
Αντλία θερμότητας Ζώνη Β	3,00	283	n/a	313	943	74,3	n/a	n/a	n/a
Αντλία θερμότητας Ζώνη Γ	2,75	308	n/a	341	1029	81,1	n/a	n/a	n/a
Ηλεκτρικός λέβητας	1,00	848	n/a	939	2829	223,0	n/a	n/a	n/a
Τζάκι ανοιχτού θαλάμου	0,25		58	1152	144	2160,0	1,0	2880,0	2,9
Τζάκι κλειστού θαλάμου (Ενεργειακό)	0,5		29	576	72	1080,0	0,5	1440,0	1,4
Λέβητας βιομάζας (Pellet ξύλου)	0,75		1,4	312,0	48,0	144,0	0,3	28,8	0,0

Σημείωση: n/a: μη διαθέσιμο.

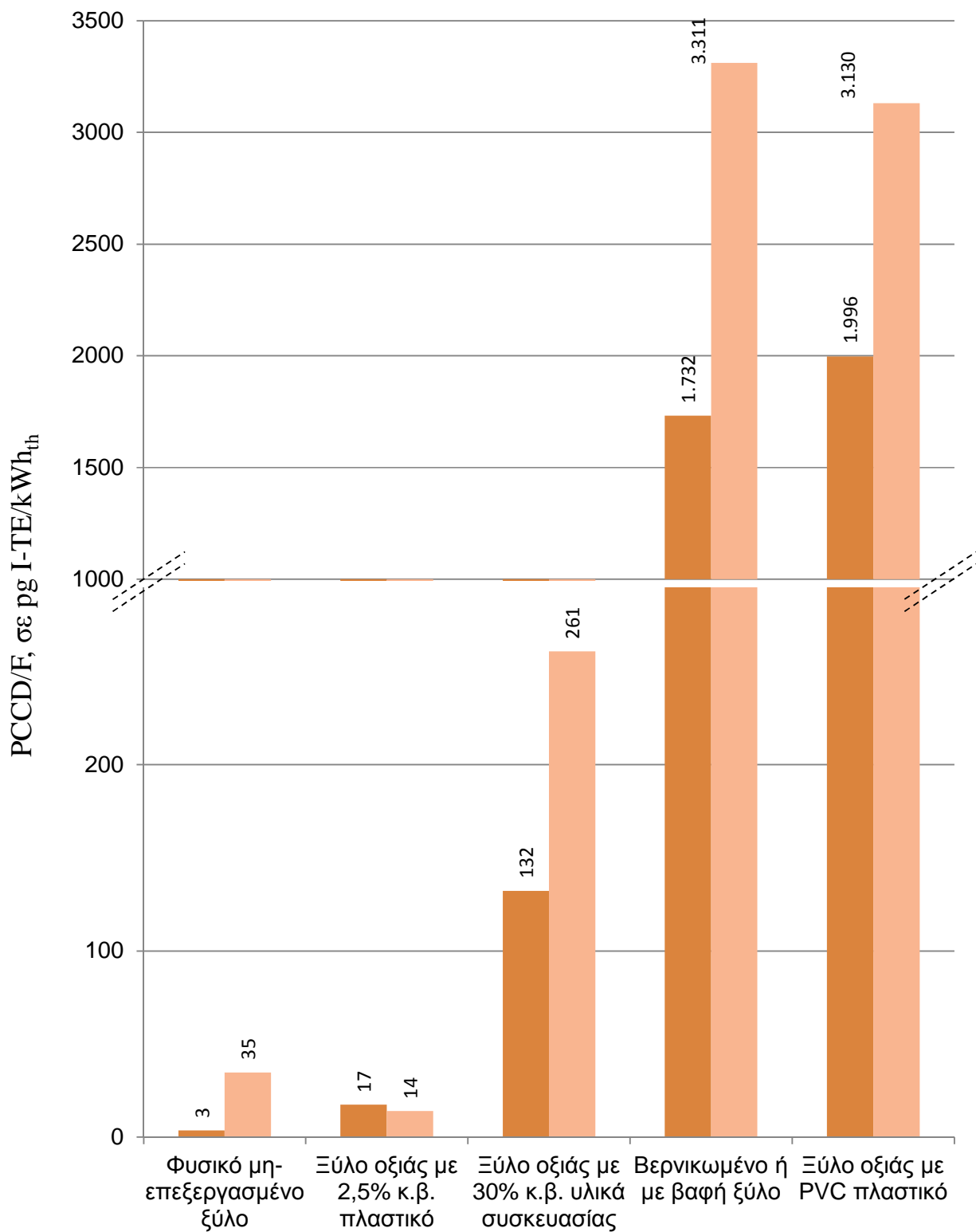
Στο Διάγραμμα 2, παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) για διαφορετικής τεχνολογίας σόμπα ξύλου και διαφορετικών χαρακτηριστικών ξύλου. Τα πρωτογενή στοιχεία ελήφθησαν από την βιβλιογραφία [3].



Διάγραμμα 2: Δείκτες εκπομπών πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) για διαφορετικής τεχνολογίας σόμπα ξύλου και διαφορετικών χαρακτηριστικών ξύλου. [3]

Τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται σε αυτή τη μελέτη ισχύουν για τις παραδοχές που παρατίθενται στο τέλος του κειμένου.

Στο Διάγραμμα 3, παρουσιάζονται οι δείκτες εκπομπών διοξεινίων και φουρανίων (PCCD/Fs) για διαφορετικής ποιότητας ξύλου σε ίδιας τεχνολογίας σόμπας ξύλου. Τα πρωτογενή στοιχεία για τους υπολογισμούς του εν λόγω διαγράμματος ελήφθησαν από την βιβλιογραφία [3].



Διάγραμμα 3: Δείκτες εκπομπών διοξεινίων και φουρανίων (PCCD/Fs) για διαφορετικής ποιότητας ξύλου σε ίδιας τεχνολογίας σόμπας ξύλου.

Συμπεράσματα:

- Η εκτεταμένη χρήση βιομάζας εντός αστικών περιοχών σε υποκατάσταση υφιστάμενων τεχνολογιών θέρμανσης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η ένταση του φαινομένου αναμένεται να είναι πολλαπλάσια όταν γίνεται εκτεταμένη χρήση τζακιών ανοιχτού τύπου.
- Η καύση ακατάλληλης ξυλείας, απορριμμάτων και άλλων ακατάλληλων καυσίμων θα πρέπει να αποφεύγεται σε οικιακές εστίες διότι ενδέχεται να οδηγήσει σε αύξηση των εκπεμπόμενων συγκεντρώσεων ρυπαντών όπως PAH, PCDD/Fs [4], [5], [6], [7].
- Με βάση τα παραπάνω, η επιλογή ενός περιβαλλοντικά φιλικού συστήματος θέρμανσης πρέπει να είναι βασική προτεραιότητα του καταναλωτή. Η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων μπορεί να επιτευχθεί εν μέρει με την υποχρεωτική πιστοποίηση τόσο των συστημάτων καύσης όσο και των στερεών καυσίμων.
- Στη παρούσα μελέτη, για την εκτίμηση των εκπομπών από συστήματα θέρμανσης με εστία καύσης (λέβητες πετρελαίου, Φ.Α., βιομάζας καθώς και σόμπες, τζάκια) χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά στοιχεία. Ιδιαίτερος στη περίπτωση της χρήσης βιομάζας, για την αποτύπωση των συγκεντρώσεων των εκπεμπόμενων ρύπων στην ελληνική επικράτεια, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για μεγάλο δείγμα συνδυασμών συστήματος καύσης και καυσίμου σε εργαστηριακές συνθήκες αλλά κυρίως σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις.

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Βαθμοί απόδοσης: Όλοι οι βαθμοί απόδοσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 είναι ως προς την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου.

Κλιματικές ζώνες:

Οι κλιματικές ζώνες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Κλιματικές ζώνες

ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ε. 20701-3

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

Αντλίες θερμότητας:

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.

Εκπομπές ηλεκτροπαραγωγής:

Κατά τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂, NO_x, SO_x και σωματιδίων PM10 σε ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, θεωρήθηκε ότι κάθε kWh_{el} παράγεται στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας από το συνδυασμό διαφορετικής τεχνολογίας σταθμών παραγωγής όπως διαμορφώνεται στο διασυνδεδεμένο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Σαν αναφορά για τις εκπομπές θεωρήθηκε το ενεργειακό μείγμα του 2010 [8].

Πίνακας 3: Ενεργειακό μείγμα διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής το 2010 [4].

Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φ.Α.	Υδροηλεκτρικά	ΑΠΕ	Διασυνδέσεις
52,4%	0,2%	19,8%	12,8%	3,9%	10,9%

Για το έτος αυτό, τα στοιχεία αέριων εκπομπών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ελήφθησαν από βάσεις δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης ([9],[10]). Λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές αυτές, καθώς επίσης και το σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής για την κάλυψη του συνολικού φορτίου ζήτησης της χώρας (πηγή [8] ΑΔΜΗΕ / Στοιχεία φόρτισης μονάδων), προέκυψαν οι συντελεστές εκπομπών οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Σχετικά με τις μονάδες φυσικού αερίου, θεωρήθηκε ότι οι εκπομπές σωματιδίων και SO_x είναι αμελητέες, ενώ δεν ελήφθησαν υπόψη εκπομπές σωματιδίων πετρελαϊκών σταθμών και του ΑΗΣ Φλώρινας. Επίσης ως προς τις εκπομπές NO_x των μονάδων φυσικού αερίου των ανεξάρτητων ηλεκτροπαραγωγών για τις οποίες δεν υπήρχαν στοιχεία στη βάση δεδομένων της Ε.Ε. ελήφθησαν για τις μεν μονάδες ανοιχτού κύκλου 0,05 g/kWh_{el} και για τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου 0,03 g/kWh_{el}, σύμφωνα με την πηγή [11], ενώ για τις εκπομπές CO₂ σε περιπτώσεις νέων μονάδων

φυσικού αερίου ελήφθησαν εκτιμήσεις ειδικών συντελεστών εκπομπής. Δεν ελήφθησαν εκπομπές για την εισαγόμενη ηλεκτροπαραγωγή.

Πίνακας 4: Δείκτες εκπομπών διασυνδεδεμένου συστήματος (έτος 2010)

CO₂ (g/kWh _{el})	NO_x (g/kWh _{el})	SO_x (g/kWh _{el})	Σωματίδια PM10 (g/kWh _{el})
848	0,939	2,829	0,223

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω αλλαγής του ενεργειακού μείγματος της χώρας, αναμένεται ελαφρά μεταβολή των ειδικών εκπομπών που παρουσιάστηκαν. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση των μονάδων φυσικού αερίου, την αύξηση του ποσοστού των ΑΠΕ αλλά και τη μείωση της συνεισφοράς των υδροηλεκτρικών στην ηλεκτροπαραγωγή κατά το 2012, σε σχέση με το 2010. Ενδεικτικά, στον πίνακα 5 παρουσιάζεται το ενεργειακό μείγμα του διασυνδεδεμένου συστήματος για το 2012 [11].

Πίνακας 5: Ενεργειακό μείγμα διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής το 2012 [4].

Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φ.Α.	Υδροηλεκτρικά	ΑΠΕ	Διασυνδέσεις
54,5%	0,2%	28,0%	7,7%	6,2%	3,5%

Ηλεκτρικοί Λέβητες:

Πρέπει να αναφερθεί ότι στην κατηγορία αυτή, πέρα από τους ηλεκτρικούς λέβητες, ανήκουν όλες οι τεχνολογίες οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα με μέγιστο συντελεστή μετατροπής 100%. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν, πέραν των ηλεκτρικών λεβήτων και οι θερμοπομποί, αερόθερμα, πάνελ θερμότητας, καλοριφέρ λαδιού, ηλεκτρικές σόμπες, σόμπες αλογόνου κ.α.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- [1] Μελέτη Πανεπιστημίου Αθηνών Τμήμα Φυσικής για το τ. Υπ. Ανάπτυξης. Σχέδιο Δράσης σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα., Δεκέμβριος 2008.
- [2] DEFRA publication 2010& Swedish Environmental Emissions Data (SMED) "Emission factors and emissions from residential biomass combustion in Sweden", on behalf of the Swedish Environmental Protection Agency, May 2006.
- [3] T. Launhardt, A. Strehler, R. Dumler - Gradl, H. Thoma, O. Vierle. "PCDD/F- and PAH- Emission from House Heating Systems" *Chemosphere*, Vol.37, Nos 9-12, pp. 2013-2020, 1998.
- [4] Ε. Κακάρας, Π. Βουρλιώτης, Π. Γραμμέλης. "Ενεργειακή αξιοποίηση παλαιάς και απορριπτόμενης ξυλείας", ΠΥΡΦΟΡΟΣ-ΕΜΠ, «ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», Τεύχος 5-6/2002, Σ. 26-31
- [5] E. Kakaras, P. Vourliotis, P. Grammelis, G. Skodras, P. Samaras, G.P. Sakellaropoulos. "Emissions During Co-combustion of Lignite and Waste Wood in a Fluidised Bed Reactor", in "New and Renewable Technologies for Sustainable Development", ed. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-7341-0, December 2002, pp.556-568
- [6] P. Grammelis, P. Vourliotis, E. Kakaras. "Co-combustion of different waste wood species with lignite in an industrial steam boiler with a moving stoker firing system", in "Progress in Thermochemical Biomass Conversion (2-Volume Set): IEA Bioenergy", ed. Bridgwater by A. V. 2001/09 Blackwell Science Inc, ISBN:0632055332.
- [7] P. Grammelis, G. Skodras and E. Kakaras. "Thermal Exploitation of Waste Woods with Lignite for Energy Production", *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 53, November 2003, pp. 1301-1311.
- [8] Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. www.admie.gr
- [9] <http://prtr.ec.europa.eu/> *European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) (5/2/2013)*
- [10] <http://ec.europa.eu/environment/ets/> **European Union, Climate Action, European Union Transaction Log (5/2/2013)**
- [11] IEA ETSAP Energy Technology Systems Analysis Programme Technology Brief E02 – April 2010 www.etsap.org