



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

ΚΑΥΣΗ-ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΡΟΥΜΠΑΣ

Επιβλέπων:
Γ. Λυμπεράτος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία έχει ως στόχο τη μελέτη και την ανάλυση της καύσης των αστικών απορριμμάτων ως μεθόδου θερμικής επεξεργασίας και η ανίχνευση της αποτελεσματικότητάς της ως προς τη διαχείριση των αποβλήτων. Εξετάζεται μία ορισμένη σύσταση παραγόμενων οικιακών-αστικών απορριμμάτων σε αναλογία κοντινή με την στατιστικά προσδιορισμένη αναλογία αλλά και ποιοτική σύσταση των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων. Προφανώς και αυτή η σύσταση διαφέρει από τόπο σε τόπο στη χώρα, αλλά και προφανώς από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο, αλλά χρησιμοποιείται μια προσεγγιστική σε ικανοποιητικό βαθμό αναλογία για τα δεδομένα της Αττικής, δηλαδή της πιο μεγάλης περιφέρειας της χώρας.

Για τα συγκεκριμένα λοιπόν δεδομένα, δηλαδή για ορισμένη σύσταση, με ποσοστά επί τοις εκατό του συνόλου των ΑΣΑ (Αστικά Απορρίμματα) υπολογίζεται κάθε φορά η **θερμοκρασία καύσης** αλλά και το **συνολικό ενεργειακό τους περιεχόμενο**, δηλαδή η θερμογόνος δύναμή τους καθώς και άλλες παράμετροι όπως ας πούμε το ποσοστό της συνολικής υγρασίας, η ποσότητα του απαιτούμενου για την καύση αέρα κλπ. Παρόμοιοι υπολογισμοί με βάση τη διαδικασία υπολογισμού των άνω παραγόντων έχουν γίνει-και προφανώς, είναι δυνατό να γίνουν και για άλλες χώρες-και για τα αντίστοιχα δεδομένα σύστασης για τις Η.Π.Α.

Πέραν όμως του πρώτου επιπέδου της διατριβής που αφορά τα προαναφερθέντα στοιχεία, επιχειρείται και μελετάται και η **επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην αποτελεσματικότητα** και τη διαδικασία της **καύσης** ως θερμική επεξεργασία αποβλήτων. Έτσι λοιπόν εξετάζεται και παρουσιάζεται η μεταβολή των προς εξέταση παραγόντων της διαδικασίας (θερμοκρασία καύσης, θερμογόνος δύναμη κλπ) ανάλογα με την επίδραση παραμέτρων όπως

- I. Η ανακύκλωση συσκευασιών (σε διαφορετικές βαθμίδες ανακύκλωσης)*
- II. Η φύση των συσκευασιών (trends)*
- III. Η επίδραση του ποσοστού περίσσειας αέρα στο θάλαμο καύσης (σε διαφορετικές, παρόμοια, βαθμίδες περίσσειας) και*
- IV. Ο βαθμός προσέγγισης της σύστασης και της αναλογίας ΑΣΑ για την Αττική με αυτή των Η.Π.Α.*

Τέλος, αναλύεται ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον τομέα της ενέργειας για τη σύγχρονη εποχή. Αυτός της **ανάκτησης ενέργειας**. Μελετάται και προσδιορίζεται ποσοτικά, για τη δοσμένη σύσταση αναλογίας ΑΣΑ το εκλυόμενο ενεργειακό περιεχόμενο των καπναερίων, δηλαδή των αερίων που παράγονται κατά την καύση των αποβλήτων. Αναλύεται ο σχηματισμός ατμού από τα παραγόμενα καπναέρια σε διάταξη **ενεργειακής αξιοποίησης** και η μετατροπή της **θερμογόνου δύναμης** των ΑΣΑ σε **ηλεκτρική ενέργεια** μέσω τουρμπίνων. Ίσως αυτό το τελευταίο στοιχείο που αφορά την καύση απορριμμάτων ως μεθόδου θερμικής επεξεργασίας να είναι και το σημαντικότερο σε ένα παγκόσμιο γίνεσθαι συνεχούς μείωσης ενεργειακών αποθεμάτων και αναζήτησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	8
2.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	8
2.2 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	12
2.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	12
2.2.1.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	13
2.2.1.2 ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΧΑΡΤΙ	14
2.2.1.3 ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	15
2.2.1.4 ΓΥΑΛΙΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	17
2.2.1.5 ΞΥΛΙΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	18
2.2.1.6 ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ	18
2.2.2 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ	29
4.1 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	29
4.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	31
4.3 ΚΑΥΣΗ-ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	36
4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	36
4.3.2 ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ	37
4.3.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	37
4.3.4 ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΒΑΓΜΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	37
4.3.5 ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΔΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	38
4.3.6 ΤΑΦΡΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	38
4.3.7 ΓΕΡΑΝΟΣ	39
4.3.8 ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΤΑΦΡΟΥ	40
4.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΠΟΥ ΚΑΥΣΗΣ-ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ	40
4.4.1 ΟΛΙΚΗ ΚΑΥΣΗ	41
4.4.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΣΤΙΑ ΤΥΠΟΥ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	47
4.4.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΚΛΙΒΑΝΟ	47

4.4.4 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΥΣΗ	51
4.4.5 ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΠΟ ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ(RDF)	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	61
5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	61
5.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	64
6.1 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ-ΕΞΙΣΩΣΗ DULONG	64
6.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ	65
6.3 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΖΥΜΩΣΙΜΩΝ ΓΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΥΤΟΥ ΚΑΤΑ 100%	67
6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΑ	68
6.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ-TRENDS ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ-ΘΕΡΜΟΓΟΝΟ ΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΑΣΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΓΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΑΕΡΑ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΥΤΟΥ ΚΑΤΑ 100%	70
6.6 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	75
6.6.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ L ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΣΑ	78
6.6.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ L ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΑ	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΥΣΗΣ Α.Σ.Α ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	85
7.1 ΓΕΝΙΚΑ	85
7.2 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ	86
7.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	87
7.4 ΕΙΔΗ ΤΟΥΡΜΠΙΝΩΝ-ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ	90

7.5 ΚΥΚΛΟ BRAYTON Η JOULE ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ-ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΕΡΓΟΥ	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη διατριβή μελετάται και περιγράφεται ένα πλήθος παραγόντων και παραμέτρων σχετικά τόσο με τη διαδικασία της καύσης, όσο και με την επίδραση της ανακύκλωσης των αστικών απορριμμάτων σε αυτή. Στόχος είναι να καταδειχτεί η εξάρτηση αφενός της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ και αφετέρου της θερμοκρασίας θαλάμου στην οποία λαμβάνει χώρα η αποτέφρωση, από το ποσοστό των ΑΣΑ που οδηγείται για ανακύκλωση κατά το στάδιο της διαλογής των απορριμμάτων στην πηγή. Παράγοντες (σς η θερμογόνος και η θερμοκρασία καύσεως) που επηρεάζονται και από άλλες παραμέτρους που επίσης αναλύονται όπως το ποσοστό περισσειας αέρα στον οποίο λαμβάνει χώρα η καύση, ή το είδος των συσκευασιών των απορριμμάτων που οδηγούνται προς αποτέφρωση.

Στο **κεφάλαιο 2** επιχειρείται η περιγραφή της “ελληνικής” πραγματικότητας στο πεδίο των αστικών αποβλήτων. Αναλύονται τόσο η σύσταση τους στη χώρα μας όσο και το είδος των συσκευασιών που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Γίνεται επίσης εκτενής λόγος σχετικά με τις κατηγορίες και των επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται στη χώρα μας και την ΕΕ αλλά και στις ενέργειες που έχουν γίνει ή πραγματοποιούνται με κατεύθυνση τον περιορισμό αλλά και την αποτελεσματικότερη διαχείρισή τους.

Στο **κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο το οποίο κυριαρχεί σήμερα στην ΕΕ όσον αφορά το πεδίο της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων, πλαίσιο στο οποίο καλούνται να συμμορφωθούν τα κράτη-μέλη, τόσο στις βασικές αρχές που το διέπουν, όσο και στις διορθώσεις και στις νέες προτάσεις και προσεγγίσεις που, μεταβαλλόμενων των συνθηκών, προκύπτουν εξετάζονται και καθιερώνονται.

Οι συνηθέστερες και πιο διαδεδομένες μέθοδοι διαχείρισης ΑΣΑ, η κλίμακα χρησιμοποίησής τους σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο αλλά και οι βασικές αρχές και δομές τους αναλύονται περιγραφικά στο **κεφάλαιο 4**. Παρουσιάζεται η βασική μέθοδος επεξεργασίας αστικών αποβλήτων σήμερα στη χώρα μας, η υγειονομική ταφή, αλλά και η βιολογική επεξεργασία ΑΣΑ και περιγράφεται εκτενέστερα και αναλυτικότερα η καύση-αποτέφρωση ΑΣΑ ως μία από τις σημαντικότερες αν όχι η σημαντικότερη θερμική μέθοδος επεξεργασίας. Τα είδη της αλλά και η δομή λειτουργίας του καθενός ξεχωριστά αναλύονται και εξετάζεται τόσο η συμβατότητα της ως μέθοδος επεξεργασίας με τα “ελληνικά” αστικά απόβλητα όσο και η θετική ή η αρνητική της πλευρά για το ρόλο της στην εξυπηρέτηση των αναγκών πόλεων στον τομέα διαχείρισης των απορριμμάτων τους, το ρόλο της στο περιβάλλον ή την υγεία.

Στο **κεφάλαιο 5**, πραγματοποιείται σύγκριση των διαφορετικών τεχνολογιών επεξεργασίας και διαχείρισης αποβλήτων σε επίπεδο αποτελεσματικότητας, κόστους ή τεχνολογικού ρίσκου, κατά την πάροδο των ετών ενώ παρουσιάζεται η ανακύκλωση με τις ιδιότητες και την επίδραση που σημειώνει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων.

Τα αποτελέσματα αλλά και η διερεύνηση της συσχέτισης της ανακύκλωσης με τα βασικά σημεία ανάλυσης της διατριβής, θερμογόνου δύναμης των αποβλήτων και θερμοκρασίας καύσεως, παρουσιάζονται τόσο υπολογιστικά όσο και με γραφήματα με σκοπό να αναδειχθεί ικανοποιητικότερα η επίδραση της στο **κεφάλαιο 6**. Επιπρόσθετα, σημειώνονται συγκεκριμένες παρατηρήσεις ως προς το κάθε πεδίο επίδρασης αλλά και συμπερασματικά εξάγονται κριτήρια συσχέτισης και αποτελεσματικότητας της ανακύκλωσης κατά την επίδραση της στη διαδικασία αποτέφρωσης των αποβλήτων.

Στο **κεφάλαιο 7**, σημειώνεται η ενεργειακή προσέγγιση της μεθόδου. Αναλύεται η ανάκτηση ενέργειας που πραγματοποιείται κατά την καύση ΑΣΑ. Συσχετίζεται με λεπτομερή τρόπο το ενεργειακό περιεχόμενο των αστικών αποβλήτων με τη δύναμη εκλυόμενη ενέργεια και κυρίως τη δομή αξιοποίησής του για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή θερμικής ενέργειας, ενώ περιγράφεται η δομή εγκατάστασης (τουρμπίνες κ.α) που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια αποτεφρώσεως με στόχο την ενεργειακή αξιοποίηση των καιόμενων απορριμμάτων.

Τέλος στο **κεφάλαιο 8**, αναλύονται συμπερασματικά τα κύρια αποτελέσματα της διερεύνησης της διατριβής και προτείνονται νέα πεδία έρευνας και ανάλυσης ως προς τη διαχείριση αστικών απορριμμάτων και τις μεθόδους επεξεργασίας.

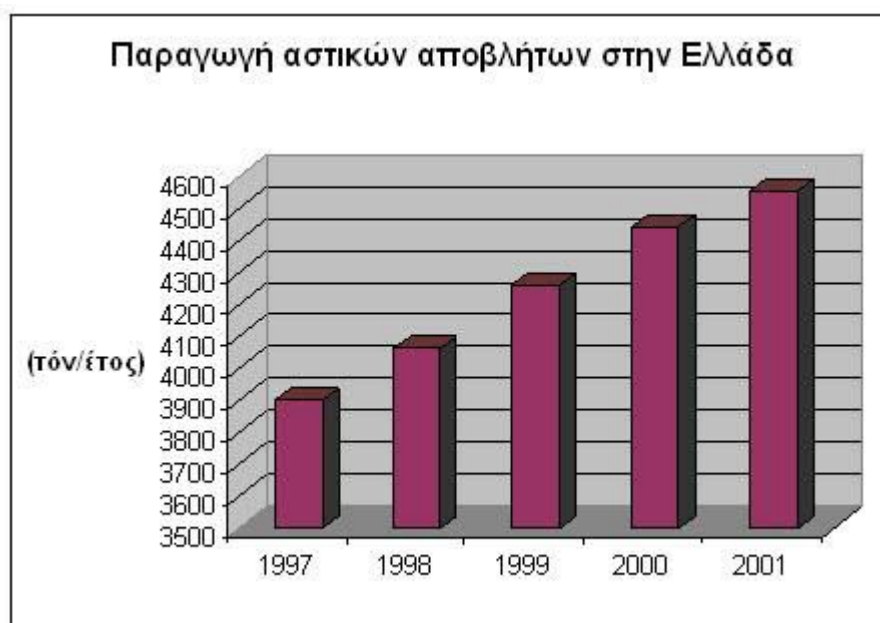
Ο τομέας τόσο της διαχείρισης όσο και της αξιοποίησης απορριμμάτων πόλεων αλλά και η διασφάλιση ολοένα και πιο βιώσιμων σε βάθος χρόνου λύσεων και προσεγγίσεων ως προς τη διάθεση και επεξεργασία του τεράστιου όγκου παραγόμενων αποβλήτων στη σημερινή πραγματικότητα αποτελεί πεδίο καίριας σημασίας σε μια εποχή που η συσσώρευση στα μεγάλα αστικά κέντρα παγκοσμίως έχει λάβει σημαντικές διαστάσεις και η ανάγκη ολοένα και φιλικότερων προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο λύσεων είναι άμεση και επιτακτική.

Τόσο η επιστήμη του Χημικού Μηχανικού, όσο και η ευαισθητοποίηση των πολιτών μπορεί να ανοίξει δρόμους και να επιφέρει εξέλιξη και ποιότητα στη διαδικασία διαχείρισης του τεράστιου όγκου των ΑΣΑ σε παγκόσμιο επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

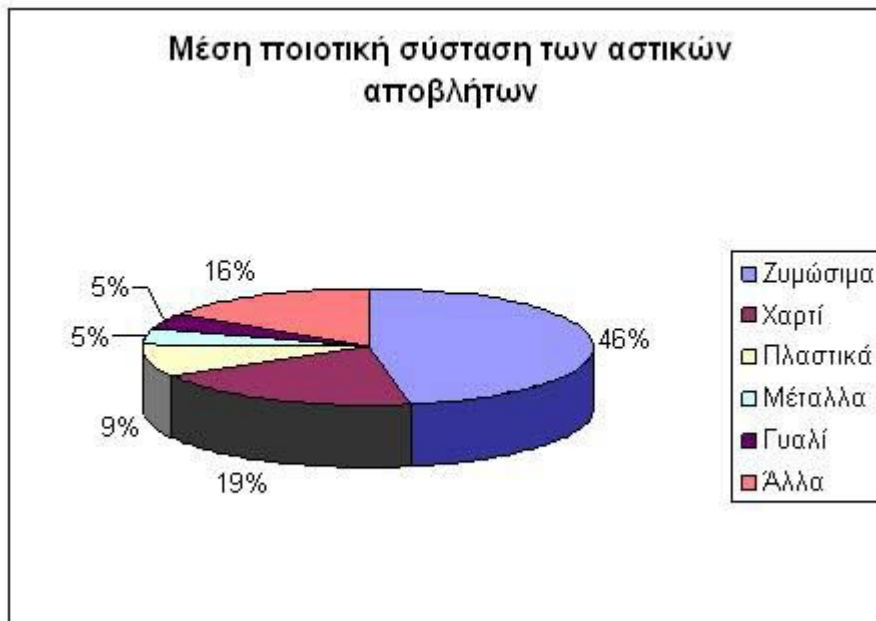
2.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα οικιακά απορρίμματα ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβλητές αυτές, είναι το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, η κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και οι εποχές του έτους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα εμπορικής προέλευσης απορρίμματα είναι κυρίως υλικά συσκευασίας. Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως (Εικόνα 1) . Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 1997, η μέση παραγωγή ανερχόταν σε 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα και το 2001 ανήλθε σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα. Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους ΧΥΤΑ. Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους **6.000 τόνους/ημέρα**.



Εικόνα 1. Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Στην Εικόνα 2 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση **ποιοτική** σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (<http://www.eedsa.gr> 2003).



Εικόνα 2. Μέση ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων στην Ελλάδα (Πηγή <http://www.eedsa.gr/>)

Οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη η δεύτερη έρευνα για τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων της Αθήνας. Πραγματοποιείται από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών (επικεφαλής ο καθηγητής Μιχαήλ Σκούλλος) για λογαριασμό του ΕΣΔΚΝΑ. Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό. Αντίθετα έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (14%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά μας γυαλί (3%), μέταλλα (3%), αδρανή (3%), δέρμα-ξύλο-λάστιχο (2%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά.

Στον **Πίνακα 1** που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στην στη Δυτική Ευρώπη και ΗΠΑ ενώ στον **Πίνακα 2** η αντίστοιχη μέση σύσταση σε διάφορες χώρες του πλανήτη.

Πίνακας 1: Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο.

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

Πηγή: Σύγχρονες τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων, Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση, ΤΕΙ Χαλκίδας, Μάιος 2004

Χώρα	Χαρτί	Οργανικά	Γυαλί	Πλαστικά	Μέταλλα	Ύφασμα	Αδρανή	Άλλα
Αυστρία	22,4	27,8	5,3	10,3	4,2	2,2	4,6	23,2
Καναδάς	38,9	33,9	6,5	4,9	6,2	3,6	1,8	4,4
Δανία	34	30	6	6	8	-	-	16
Φινλανδία	51	29	6	5	2	2	-	5
Γαλλία	30	25	12	6	5	4	-	18
Γερμανία	20,8	28,3	10,4	7,7	3,9	4,2	2,8	26,1
Ιταλία	22,3	42,1	7,1	7,2	3,0	-	-	18,3
Ιαπωνία	31-3 7	10-16	14-1 6	14-16	5,5	6,4	3,8	-
Ολλανδία	24,2	52,4	7,2	7,1	3,2	2,9	-	3,0
Ν. Αφρική	33	31	12	7	7	-	0	9
Σουηδία	35-4 5	25-35	6-8	8-10	2-4	2-4	-	6-9
Ελβετία	20,8	33	8,7	13,4	5,9	-	-	9,6
ΗΒ	33,9	23,4	14,4	4,2	7,1	4,1	-	12,9
ΗΠΑ	35,6	29	8,4	7,3	8,9	2	-	8,7
Ινδία	7	75	0,2	1	0,1	3	-	19
Νιγηρία	6,6	76	0,6	4	2,5	1,4	-	8,9
Αίγυπτος	13	60	2,5	1,5	3	2,5	-	17,5
Υεμένη	15,5	57	2,6	2,9	13,2	6,8	-	2
Παραγουάη	12,2	60,8	4,6	4,4	2,3	2,5	-	13,2
Περσέ	24,3	34,3	1,7	2,9	3,4	1,7	-	31,7
Βραζιλία	31,5	47,7	4,7	3,9	5,9	4,1	-	2,1
Μεξικό	16,7	56,4	3,7	5,8	5,7	6	-	5,7
Βενεζουέλα	34,9	40,4	6,6	7,8	6	2	-	2,3
Φιλιππίνες	12,9	49,8	3,5	1,6	5,8	1,8	-	17,7

Πίνακας 2: Σύσταση Απορριμμάτων σε Διάφορες Χώρες.

Πηγή: Σύγχρονες τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων, Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση, ΤΕΙ Χαλκίδας, Μάιος 2004

2.2 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΑΗΤΑ

2.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με το Νόμο 2939/01 «συσκευασία ορίζεται κάθε προϊόν, κατασκευασμένο από οποιοδήποτε είδος υλικού από πρώτες ύλες μέχρι επεξεργασμένα υλικά και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να περιέχει αγαθά με σκοπό την προστασία, διακίνηση, τη διάθεση και την παρουσίασή τους από τον παραγωγό μέχρι τον χρήστη ή τον καταναλωτή. Ως συσκευασίες θεωρούνται όλα τα είδη μιας πολλαπλής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό». Στους γνωστούς μπλε κάδους της ΕΕΑΑ, μπορούμε να πετάμε τα κατωθεν υλικά συσκευασίας:

- Γυάλινες συσκευασίες (π.χ. μπουκάλια νερού και ποτών, βαζάκια τροφίμων)
- Αλουμινένια κουτάκια από αναψυκτικά μπίρες κ.λπ., τα αλουμινένια σκεύη μιας χρήσεως.
- Μεταλλικά κουτιά από κονσέρβες, τοματοπολτούς, ζωοτροφές, γάλατα κ.λπ.
- Χάρτινες συσκευασίες (π.χ. χαρτοκιβώτια, συσκευασίες τύπου τετραπάκ , χάρτινες συσκευασίες από τρόφιμα, είδη προσωπικής φροντίδας και είδη καθαρισμού σπιτιού)
- Έντυπο χαρτί (π.χ. εφημερίδες, περιοδικά, τετράδια)
- Πλαστικές συσκευασίες (π.χ. μπουκάλια νερού, ποτών, χυμών, πλαστικές συσκευασίες από τρόφιμα, είδη προσωπικής φροντίδας, είδη καθαρισμού σπιτιού και πλαστικές σακούλες)

Ακολουθώς ορίζονται οι τύποι προϊόντων συσκευασίας ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους.

- 1. Μεταλλικά υλικά συσκευασίας**
- 2. Υλικά Συσκευασίας από χαρτί**
- 3. Πλαστικά προϊόντα συσκευασίας**
- 4. Γυάλινα προϊόντα συσκευασίας**
- 5. Ξύλινα προϊόντα συσκευασίας**
- 6. Σύμμεικτα**

2.2.1.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Δοχεία open top

Τα δοχεία open top είναι διαφόρων μεγεθών και παράγονται είτε από λευκοσίδηρο είτε από αλουμίνιο. Κύριο χαρακτηριστικό της χρήσης τους είναι ότι ανοίγεται μια φορά και το περιεχόμενο τους πρέπει να καταναλωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Σωληνάρια

Τα μεταλλικά σωληνάρια χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα για τη συσκευασία ημίρρευστων προϊόντων (χαρακτηριστικό παράδειγμα οι παλαιές συσκευασίες οδοντόκρεμας). Για την παραγωγή μεταλλικών σωληναρίων θεωρητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε ελατό μέταλλο αλλά στην πράξη χρησιμοποιείται μόνο το αλουμίνιο. Τα μεταλλικά σωληνάρια είναι διαφόρων μεγεθών και παράγονται με την ίδια μέθοδο.

Φιάλες

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι φιάλες που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία αέριων προϊόντων υπό πίεση, όπως το βουτάνιο. Επίσης περιλαμβάνονται δοχεία για αεροζόλ όπως τα αποσμητικά χώρου, τα εντομοκτόνα, κ.λπ. Οι φιάλες συσκευασίας αυτές παράγονται είτε από λευκοσίδηρο είτε από αλουμίνιο.

Δοχεία απλής γενικής χρήσης

Τα δοχεία αυτά κατασκευάζονται με μεθόδους ανάλογες με τα open top. Η βασική διαφορά τους είναι ότι τα δοχεία γενικής χρήσης μπορούν να επαναπωματιστούν και το περιεχόμενο να καταναλωθεί σταδιακά (όπως τα δοχεία που περιέχουν χρώματα). Τα δοχεία αυτά διακρίνονται ανάλογα με το πώμα που διαθέτουν. Το σχήμα των δοχείων αυτών μπορεί να είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο ή κυλινδρικό και παράγονται σε διάφορα μεγέθη. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται και τα μεταλλικά βαρέλια που χρησιμοποιούνται για ορυκτέλαια, λάδια μηχανών, καύσιμα και γενικώς προϊόντα πετρελαίου.

Συμπληρωματικά με τους μεταλλικούς περιέκτες πρέπει να αναφερθούν και άλλα μεταλλικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία. Αυτά είναι:

Πώματα

Τα μεταλλικά πώματα που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία παρασκευάζονται κυρίως από αλουμίνιο και προορίζονται για την πωμάτωση οινοπνευματωδών ποτών, αναψυκτικών κ.λπ. Διακρίνονται σε διάφορα είδη ανάλογα με το κύριο προϊόν για το οποίο προορίζονται. Παράγονται επίσης και πώματα (τύπου Crown) από σίδηρο τα οποία χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε ορισμένους τύπους ποτών (π.χ. Μπύρα). Μια ιδιαίτερη κατηγορία πωμάτων είναι αυτά που αποτελούνται από πολύ λεπτά φύλλα αλουμινίου που χρησιμοποιούνται για το άσηπτο κλείσιμο πλαστικών περιεκτών τροφίμων (όπως το γιανούρι). Κατασκευάζονται αποκλειστικά από αλουμίνιο και το πάχος τους και το μέγεθός τους εξαρτάται από την κύρια συσκευασία.

Τσέρκια

Τα μεταλλικά τσέρκια χρησιμοποιούνται κυρίως στην τριτογενή συσκευασία για το δέσιμο χαρτοκιβωτίων ή άλλων μεγάλων φορτίων. Οι διαστάσεις και το υλικό παραγωγής ποικίλλει.

Εύκαμπτη μεταλλική συσκευασία

Στην κατηγορία εύκαμπτη μεταλλική συσκευασία περιλαμβάνονται τα λεπτά φύλλα αλουμινίου που έχουν υποστεί επεξεργασία (επικάλυψη) με πλαστικό ή κερί. Η διαδικασία αυτή συνίσταται στην απόκτηση μηδενικής διαπερατότητας του υλικού από αέρα, υγρασία, ακτινοβολία κ.λπ. Η εύκαμπτη μεταλλική συσκευασία χρησιμοποιείται για τη συσκευασία αρτοποιημάτων και προϊόντων ζαχαροπλαστικής όπως σοκολάτες, κρουασάν, σνακς, κ.λπ.

2.2.1.2 ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΧΑΡΤΙ

Χαρτοκιβώτια

Τα χαρτοκιβώτια, με βάση τα χαρακτηριστικά τους, διακρίνονται στα χαρτοκιβώτια RSC και στα χαρτοκιβώτια DIE. RSC χαρακτηρίζονται όλα τα απλά ορθογώνια χαρτοκιβώτια κλειστού τύπου. Τα RSC χρησιμοποιούνται στη δευτερογενή και τριτογενή συσκευασία τροφίμων, ποτών, χρωμάτων, απορρυπαντικών, φαρμάκων, καλλυντικών κ.α. DIE θεωρούνται όλα τα χαρτοκιβώτια ειδικού τύπου, δηλαδή χαρτοκιβώτια με διάφορα χαρακτηριστικά όπως ανοιχτά, με χειρολαβές, με οπές κ.α. Τα DIE χρησιμοποιούνται στη δευτερογενή συσκευασία μπίρας, αναψυκτικών και τροφίμων, που φυλάσσονται σε ψυγεία ή καταψύκτες (γαλακτομικά, αλλαντικά, κ.α). Επίσης, βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη συσκευασία αγροτικών προϊόντων (χαρτοτελάρια), περιορίζοντας τη ξύλινη και πλαστική συσκευασία στο συγκεκριμένο χώρο. Κατασκευαστικά, τα RSC και τα DIE χαρτοκιβώτια αποτελούνται από κυματοειδές χαρτόνι τριών φύλλων, όπου το εσωτερικό φύλλο είναι ημιχημικό χαρτόνι και τα εξωτερικά φύλλα είναι χαρτόνι κραφτ. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται μεγάλη ανθεκτικότητα, όπως στη συσκευασία αγροτικών προϊόντων, χρησιμοποιείται κυματοειδές χαρτόνι πέντε φύλλων, όπου συνδυάζονται εναλλάξ κραφτ και ημιχημικό. Ως πρώτη ύλη, στην παραγωγή των RSC χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό το ανακυκλωμένο χαρτί, ενώ στην παραγωγή των DIE προτιμάται το χαρτί από χημική χαρτομάζα.

Χαρτοκουτιά

Τα χάρτινα κουτιά χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή και δευτερογενή συσκευασία τροφίμων, ποτών, απορρυπαντικών, καλλυντικών, φαρμάκων, τσιγάρων, ενδυμάτων, χαρτιών υγιεινής κ.ά. Παράγονται σε μία μεγάλη ποικιλία σχημάτων και διαστάσεων, από συμπαγές χαρτόνι κραφτ ή από κυματοειδές microwelle χαρτόνι. Στην κυτιοποιία, ανάλογα με την ποιότητα του προϊόντος χρησιμοποιείται και ανακυκλωμένο χαρτί. Η κυτιοποιία συνδέεται άμεσα με την τέχνη της εκτύπωσης χάρτινων κουτιών, καθώς η ελκυστική εμφάνιση του κουτιού έχει έντονη επίδραση στην εμπορική επιτυχία του συσκευασμένου προϊόντος.

Χάρτινες τσάντες

Οι χάρτινες τσάντες χρησιμοποιούνται κυρίως στα καταστήματα λιανικής πώλησης για την συσκευασία ενδυμάτων, υποδημάτων, καλλυντικών, ειδών δώρων, αλλά και στα καταστήματα έτοιμου φαγητού. Διακρίνονται σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με το εάν είναι πλαστικοποιημένες ή όχι, ανάλογα με το χερούλι που διαθέτουν (κορδόνι ή χάρτινο) και τέλος ανάλογα με το εάν φέρουν τη φίρμα ή όχι του πελάτη. Παράγονται σε διάφορες διαστάσεις και είναι συνήθως από παρθένο χαρτί κραφτ.

Χαρτοσακούλες

Οι χάρτινες σακούλες χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή συσκευασία ειδών αρτοποιίας, ζαχαροπλαστικής, μαναβικής, ξηρών καρπών και έτοιμου φαγητού. Οι διαστάσεις τους ποικίλλουν ανάλογα με τη χρήση από 8,5 X 21 εκ. έως 17 X 40 εκ. και στην παραγωγή τους χρησιμοποιείται χαρτί κραφτ.

Χαρτόσακοι

Οι χαρτόσακοι χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή συσκευασία τσιμέντου, δομικών υλικών, αλευριού, ζάχαρης και ζωοτροφών.

Χαρτί συσκευασίας

Το χαρτί συσκευασίας χρησιμοποιείται για την συσκευασία προϊόντων σε αρτοποιία, ζαχαροπλαστεία, κρεοπωλεία, τυροπωλεία, καταστήματα μαναβικής και καταστήματα με είδη δώρων. Ειδικά στη συσκευασία τροφίμων, εκτός από το απλό χαρτί, χρησιμοποιείται και το πλαστικοποιημένο, όπου η εσωτερική πλευρά του χαρτιού είναι καλυμμένη με φιλμ πλαστικού. Οι διαστάσεις και το βάρος του χαρτιού συσκευασίας που χρησιμοποιείται για την περιτύλιξη τροφίμων καθορίζονται ανάλογα με το βάρος του προϊόντος.

2.2.1.3 ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του πλαστικού υπάρχει σήμερα ένας μεγάλος αριθμός προϊόντων συσκευασίας με συνηθέστερα τα προϊόντα από:

- **Πολυαιθυλένιο**
- **Πολυπροπυλένιο**
- **Χλωριούχο πολυβινύλιο**
- **Πολυστυρένιο**
- **Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο**

Με βάση την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται παράγονται διαφοροποιημένα τελικά προϊόντα.

Τα πολυμερή του αιθυλενίου (PE)

Χωρίζονται σε: Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή σάκων, φιαλών και άλλων περιεκτών διαφόρων προϊόντων και σε πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή φιαλών (π.χ. λαδιού, τυριού, νερού), μεμβρανών (films) για περιτύλιξη παλετών (τριτογενής συσκευασία) και πολλών άλλων προϊόντων.

Πολυμερή του προπυλενίου (PP)

Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία συσκευασίας για την παραγωγή σχετικά

σκληρών (βιδωτών κυρίως) καπακιών στη συσκευασία αναψυκτικών, καφέ κ.α. Επίσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή δοχείων για συσκευασία γαλακτοκομικών προϊόντων, φιαλών και άλλων προϊόντων.

Πολυμερή του χλωριούχου βινυλίου (PVC)

Είναι το δεύτερο πλέον διαδεδομένο υλικό στην παραγωγή πλαστικών συσκευασιών μετά το πολυαιθυλένιο (αν και τα τελευταία χρόνια αντικαθίσταται σταδιακά από το PET). Χρησιμοποιείται για τη συσκευασία φιαλών νερού, βρώσιμων λαδιών, καθώς και υπό μορφή βάζων για την συσκευασία διαφόρων άλλων τροφίμων. Ακόμη χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή film για τη συσκευασία νωπού κρέατος και οπωροκηπευτικών και σε διάφορες άλλες χρήσεις.

Πολυμερή του στυρολίου (PS)

Το πολυστυρόλιο χρησιμοποιείται κυρίως σε περιέκτες γιαουρτιού, μαργαρίνης, παγωτών, μελιού, σιροπιών καθώς και για θήκες τοποθέτησης ποικιλίας καταναλωτικών προϊόντων.

Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)

Το PET χρησιμοποιείται κυρίως στις φιάλες νερού, αναψυκτικών κ.α. Λόγω των βελτιωμένων χαρακτηριστικών του τείνει να αντικαταστήσει τα τελευταία χρόνια το συσκευασίες από PVC.

Τα πλαστικά είδη συσκευασίας αποτελούν τόσο εναλλακτικές λύσεις προς τις λοιπές συσκευασίες, π.χ. πλαστικές φιάλες για υγρά τρόφιμα, έναντι των γυάλινων, όσο και συμπληρωματικές λύσεις π.χ. επίστρωση εσωτερικής επιφάνειας συσκευασίας από άλλα υλικά (σύμμεικτα).

Οι κυριότερες συσκευασίες από πλαστικό μπορούν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες:

Φιάλες

Οι πλαστικές φιάλες κατασκευάζονται, ανάλογα με τη χρήση τους, από πολυαιθυλένιο, πολυβινυλοχλωρίο και τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο. Χρησιμοποιούνται για την εμφιάλωση νερού, αναψυκτικών, χυμών, καθώς και για τη συσκευασία ειδών προσωπικής υγιεινής (σαμπουάν, καλλυντικά, κ.λπ) και χημικών απορρυπαντικών, λιπαντικών και ποικιλίας άλλων προϊόντων.

Σάκοι

Οι πλαστικοί σάκοι είναι συνήθως μεγάλων διαστάσεων και χωρητικότητας (20 – 50 kg) και χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία λιπασμάτων, οικοδομικών υλικών (π.χ. ασβέστη) και άλλων βιομηχανικών προϊόντων.

Σακούλες

Η συνηθέστερη χρήση των σακουλών από πλαστικό είναι για τη συλλογή απορριμμάτων. Είναι διαφόρων τύπων (π.χ. με κορδόνι) και διαστάσεων και παράγονται σε μεγάλο ποσοστό από την ανακύκλωση του scrap διαφόρων πλαστικών προϊόντων.

Τσάντες

Πλαστικές τσάντες χρησιμοποιούνται από τα διάφορα καταστήματα λιανικής πώλησης και τις υπεραγορές.

Μπιτόνια

Τα πλαστικά μπιτόνια χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συσκευασία τροφίμων και

ποτών αλλά και για τη συσκευασία ορυκτελαίων. Για την παραγωγή τους χρησιμοποιείται κυρίως πολυαιθυλένιο ενώ τα τελευταία χρόνια παράγονται και μπιτόνια από PET που η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 1 έως 35 λίτρα.

Κιβώτια

Πλαστικά κιβώτια συνήθως χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ή συσκευασία τροφίμων και κυρίως αγροτικών προϊόντων και γυάλινων φιαλών. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HOPE).

Βαρέλια

Τα πλαστικά βαρέλια χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία και μεταφορά τροφίμων. Η χωρητικότητα των βαρελιών μπορεί να κυμαίνεται από 3 έως 220 λίτρα. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται το πολυαιθυλένιο (PE)

Δοχεία

Συνήθως κατασκευάζονται από πολυπροπυλένιο (PP) και χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία κυρίως γαλακτομικών προϊόντων και άλλων τροφίμων.

Μεμβράνες (Films) συσκευασίας

Η κατηγορία αυτή έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και αποτελεί μια από τις καινοτόμες λύσεις στη συσκευασία. Πρόκειται για λεπτές μεμβράνες από πλαστικές ύλες (PE) με τις οποίες συσκευάζονται τρόφιμα και χρησιμοποιούνται ως συρρικνωμένες συσκευασίες. Στην περίπτωση αυτή το προϊόν τοποθετείται στη σακούλα πολυαιθυλενίου, η οποία με ελαφρά θέρμανση συρρικνώνεται παίρνοντας τη μορφή και το σχήμα του προϊόντος.

Διχτυωτή συσκευασία

Η διχτυωτή συσκευασία έχει τη μορφή σάκων διαφόρων διαστάσεων και χρησιμοποιείται για τη συσκευασία αγροτικών προϊόντων.

Τσέρκια

Πλαστικά τσέρκια χρησιμοποιούνται στην τριτογενή συσκευασία, για το δέσιμο χαρτοκιβωτίων ή άλλων μεγάλων φορτίων. Παράγονται κυρίως από PP ή PET.

2.2.1.4 ΓΥΑΛΙΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Το γυαλί είναι από τις παλαιότερες συσκευασίες και παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα συγκριτικά με τα άλλα υλικά συσκευασιών. Παρόλο που η χρήση του έχει σχετικά περιοριστεί ακόμα και σε προϊόντα που παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν, όπως το γάλα, το κρασί, η μπίρα και άλλα οиноπνευματώδη, το γυαλί εξακολουθεί να κατέχει ένα σημαντικό μερίδιο της αγοράς των συσκευασιών. Τα προϊόντα συσκευασίας από γυαλί μπορούν χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τις φιάλες, τα βάζα και τις αμπούλες.

Φιάλες

Τα κυριότερα προϊόντα γυαλιού είναι οι φιάλες που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία τροφίμων και ποτών. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ποιότητας, μορφών, χρωμάτων και χωρητικότητας των γυάλινων φιαλών που χρησιμοποιούνται. Το κυριότερο προϊόντα που συσκευάζονται σε φιάλες είναι κρασί, μπίρα, ποτά, αναψυκτικά, χυμοί, λάδια και τρόφιμα σε ημιστερεά μορφή όπως τοματοχυμοί, σάλτσες, κ.λπ.

Βάζα

Τα βάζα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συσκευασία τροφίμων, όπως για παράδειγμα για τη συσκευασία γλυκών και μαρμελάδας ενώ περιορισμένη εφαρμογή βρίσκουν και στη συσκευασία καλλυντικών και φαρμάκων.

Αμπούλες

Οι αμπούλες είναι συνήθως κυλινδρικού σχήματος και μικρής χωρητικότητας (μέχρι 50ml). Προορίζονται κυρίως για τη συσκευασία ιδιαίτερα ευαίσθητων από μικροβιολογική και χημική άποψη προϊόντων. Σε αμπούλες συσκευάζονται κυρίως φαρμακευτικά προϊόντα και καλλυντικά.

2.2.1.5 ΞΥΛΙΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Το ξύλο είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα για τη συσκευασία αγροτικών προϊόντων κυρίως φρούτων και λαχανικών. Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους της συσκευασίας είναι η μεγάλη ανθεκτικότητα και η σωστή διατήρηση των προϊόντων που περιέχει. Οι ξύλινες συσκευασίες έχουν τη δυνατότητα να αντέχουν κάτω από τις δύσκολες συνθήκες μεταφοράς. Για το λόγο αυτό προτιμάται σε μεγάλο ποσοστό για τη μεταφορά ευαίσθητων και εύθραυστων προϊόντων, ενώ τα τελευταία χρόνια η αισθητική των ξύλινων κιβωτίων έχει βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό. Μεγάλο ρόλο σ' αυτή την αλλαγή έχει παίξει η χρησιμοποίηση ειδικών προϊόντων ξυλείας, όπως το κόντρα πλακέ στην κατασκευή κιβωτίων. Με το υλικό αυτό παρέχεται η δυνατότητα κατασκευής πιο εύχρηστων και πιο καλαίσθητων προϊόντων συσκευασίας. Εκτός από τη χρησιμοποίηση του ξύλου για την κατασκευή τελάρων, χρησιμοποιείται ευρύτατα ως τριτογενές συσκευασία με τη μορφή παλετών. Το είδος αυτής της συσκευασίας χρησιμοποιείται για την ευκολότερη μεταφορά και αποθήκευση διαφόρων προϊόντων. Αυτές οι παλέτες αποτελούν ένα προϊόν συσκευασίας το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλους του τομείς της βιομηχανίας καθώς δεν υπάρχει κάποιο αντίστοιχο προϊόν από άλλο υλικό, που να μπορεί να το αντικαταστήσει. Επιπλέον το ξύλο χρησιμοποιείται ως υλικό για τη συσκευασία (περιτύλιξη) καλωδίων. Η μορφή της συσκευασίας αυτής είναι κυλινδρική διαφόρων διαστάσεων και αποτελείται από την ένωση πολλών παραλληλογράμμων κομματιών ξύλου. Το είδος αυτής της συσκευασίας χρησιμοποιείται κυρίως για την περιτύλιξη καλωδίων μεγάλου πάχους και μήκους και καθιστά ευκολότερη την χρησιμοποίησή τους.

2.2.1.6 ΣΥΜΜΕΙΚΤΑ

Οι βασικές ανάγκες που καλείται να καλύψει η συσκευασία αυτή, είναι η μέγιστη δυνατή προστασία του προϊόντος από τις συνθήκες περιβάλλοντος (οξυγόνο, υγρασία, ακτινοβολία, θερμοκρασιακές μεταβολές, κλπ) και τις μηχανικές καταπονήσεις κατά τη μεταφορά, την αποθήκευση και την έκθεση του προϊόντος, με στόχο την καλύτερη διατήρηση και την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του προϊόντος. Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για συσκευασία που εκτός από τη μέγιστη δυνατή προστασία

προσφέρουν πρόσθετα πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την εμφάνιση και βοηθούν στην καλύτερη προώθηση του προϊόντος, οδήγησαν τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη σύνθετων συσκευασιών. Τα υλικά αυτά είναι συνδυασμοί δύο ή τριών βασικών συσκευασιών, του φύλλου αλουμινίου, του χαρτιού, και του πλαστικού. Η βασική παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται για την παραγωγή σύμμεικτων συσκευασιών είναι η υγρή ή ξηρή συναρμογή φύλλου αλουμινίου με φύλλο πλαστικού ή φύλλου χαρτιού. Τα σύμμεικτα υλικά που παράγονται και χρησιμοποιούνται είναι διαφόρων ειδών και τύπων ανάλογα με το είδος που προορίζονται να συσκευάσουν.

2.2.2 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Με βάση το ισχύον θεσμικό πλαίσιο επικίνδυνα απόβλητα θεωρούνται τα κάτωθεν:

α) Κάθε απόβλητο το οποίο επισημαίνεται με αστερίσκο (εν δυνάμει επικίνδυνο απόβλητο) και το οποίο ταξινομείται ως επικίνδυνο σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην παράγραφο Α (εδ.4) του Παραρτήματος 1 του άρθρου 19 της ΚΥΑ 13588/725/2006

β) Κάθε άλλο απόβλητο το οποίο ταξινομείται ως επικίνδυνο, σύμφωνα με τους όρους και την διαδικασία του άρθρου 6 της ΚΥΑ 13588/725/2006

Όσα απόβλητα από τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων επισημαίνονται με αστερίσκο και έχουν κοκκώδη μορφή χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα όταν :

α) είτε εκδηλώνουν μία ή περισσότερες από τις ιδιότητες του Παραρτήματος II της ΚΥΑ 13588/725/2006

β) είτε υπερβαίνουν τις οριακές τιμές της παραγράφου 2.2.2 της απόφασης 2003/33/ΕΚ όταν υποβάλλονται στις δοκιμές που προβλέπονται στην ίδια απόφαση.

Τα αποτελέσματα των σημαντικότερων προσπαθειών που έχουν γίνει μέχρι σήμερα στο πλαίσιο της Ε.Ε. αλλά και διεθνώς, με στόχο την εναρμόνιση της ορολογίας και τον καθορισμό ενός διεθνώς αποδεκτού συστήματος ταξινόμησης και κωδικοποίησης των επικίνδυνων και τοξικών αποβλήτων, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής :

- Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων: Τα απόβλητα που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο όπως ορίζει η Απόφαση 2000/532/ΕΚ καθώς ο κατάλογος των επικίνδυνων αποβλήτων (hazardous waste list) ενσωματώθηκε στον ΕΚΑ.

- Διεθνής Κωδικός Ταυτοποίησης Αποβλήτων (I.W.I.C.): Το International Waste Identification Code θεσπίστηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) το 1990 με σκοπό να περιγράψει τα θεωρούμενα ως επικίνδυνα απόβλητα. Αποτελεί ένα σχετικά απλό σύστημα αναγνώρισης που περιλαμβάνει έξι πίνακες, τα στοιχεία των οποίων απεικονίζονται με συνδυασμούς αριθμογραμμάτων. Οι πίνακες περιγράφουν: Ο πρώτος (Q) τους λόγους προορισμού των υλικών για διάθεση, ο δεύτερος (D, R) τις εργασίες διάθεσης, ο τρίτος (H) τα επικίνδυνα χαρακτηριστικά, ο τέταρτος (C) τα συστατικά, ο πέμπτος (L, S, P) τους γενικούς τύπους των δυνητικά επικίνδυνων αποβλήτων και ο έκτος (A) τις δραστηριότητες που μπορούν να δημιουργήσουν επικίνδυνα απόβλητα. Στοχεύοντας στην εναρμόνιση με τη σύμβαση της Βασιλείας και στην κοινή ορολογία για τις μεταφορές των αποβλήτων αναθεωρήθηκε τον Ιούνιο του 2001 η Απόφαση C(92)39 με την Απόφαση C(2001)107.

- Η «core list» των επικίνδυνων αποβλήτων: Θεσπίστηκε με τη Σύμβαση της Βασιλείας το 1989. Αποτελείται από 18 κατηγορίες αποβλήτων για έλεγχο (Y1- Y18) και 27 κατηγορίες συστατικών (Y19- Y45), καθώς και 2 κατηγορίες αποβλήτων (Y46 Y47) που απαιτούν ειδική εξέταση. Η Σύμβαση της Βασιλείας, που αφορά τον «Έλεγχο των διασυνοριακών μεταφορών των επικίνδυνων αποβλήτων και τη διάθεσή τους» επικυρώθηκε στην Ελλάδα με το Νόμο 2203/ 94.
- Πράσινο, Πορτοκαλί Κατάλογος: Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1013/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14ης Ιουνίου 2006 για τις μεταφορές αποβλήτων

Τα επικίνδυνα απόβλητα αποτελούν το 1% της συνολικά παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα παράγονται περίπου 290.000 τόνοι στερεών Ε.Α και υγρών, ετησίως. Οι βιομηχανίες μεσαίας και μεγάλης δυναμικότητας, διαθέτουν κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους για την προκαταρκτική αποθήκευση των αποβλήτων αυτών, μετά από τη χορήγηση σχετικής άδειας από την οικεία Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση. Επιπλέον, υφίστανται σχετικά μικρές και εν μέρει διάσπαρτες ποσότητες Ε.Α. που είναι εναποθηκευμένες σε χώρους που δεν πληρούν τους απαιτούμενους όρους και προϋποθέσεις. Με βάση τις επισημάνσεις αυτές και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα Ε.Α. είναι συνδεδεμένα με ενδεχόμενους κινδύνους για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, επιβάλλεται η λήψη άμεσων και αποτελεσματικών μέτρων για την ασφαλή διαχείρισή τους. Τα μέτρα αυτά πρέπει να περιλαμβάνουν την ίδρυση και λειτουργία κεντρικών εγκαταστάσεων, με ανάλογα αριθμό μονάδων συλλογής και μεταφόρτωσης Ε.Α., για να εξασφαλισθεί μία οικονομικά βιώσιμη και περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση τους (επεξεργασία και τελική διάθεση).

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται οι ποσότητες των Ε.Α. που παράχθηκαν από βιομηχανικές δραστηριότητες κατά τα έτη 1998, 1999 και 2000 αντίστοιχα (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, Τμήμα Στερεών Αποβλήτων).

Η συνολική ποσότητα των παραγόμενων Ε.Α ήταν 288.385, 287.682 και 287.039 τόνοι αντίστοιχα. Η παραγόμενη ποσότητα των Ε.Α. προέρχεται από τη λειτουργία 19 βιομηχανικών κλάδων, οι οποίοι είναι οι εξής: Διύλιση πετρελαίου, άντληση πετρελαίου, άλλες δραστηριότητες παραγωγής πετρελαιοειδών καταλοίπων αναγέννηση χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων, παραγωγή λιπασμάτων, χάλυβα σιδηρονικελίου, αλουμινίου, αμιαντοτσιμέντου, υπεροξειδίου του μαγγανίου επιφανειακή κατεργασία μετάλλων, παραγωγή ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών μολύβδου, ανακύκλωση συσσωρευτών μολύβδου, βυρσοδεψεία, βαφεία - φινιριστήρια, παραγωγή χημικών προϊόντων, τεχνητών ινών, τεχνητής ξυλείας - ρητινών - συνθετικών υλών καθώς και παραγωγή και συσκευασία γεωργικών φαρμάκων. Από τους κλάδους αυτούς, υπάρχουν ορισμένοι υψηλής παραγωγικότητας (πρωτογενούς μεταλλουργίας, διύλισης αργού πετρελαίου, άλλες δραστηριότητες παραγωγής πετρελαιοειδών καταλοίπων, παραγωγής λιπασμάτων παραγωγής χημικών προϊόντων) με συνολικό αριθμό μονάδων περίπου 20, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την παραγωγή του 90% κατά βάρος της συνολικής ποσότητας των Ε.Α.

Οι άλλοι βιομηχανικοί κλάδοι παράγουν το υπόλοιπο 10 % κατά βάρος των Ε.Α.

Πρόκειται για κλάδους που χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλο αριθμό βιομηχανικών μονάδων μικρού και μεσαίου μεγέθους, καθώς και βιοτεχνικών και μικρές παραγόμενες ποσότητες ανά μονάδα (βυρσοδεψεία, μονάδες επιφανειακής κατεργασίας μετάλλων, βαφεία - φινιριστήρια, μονάδες παραγωγής - συσκευασίας γεωργικών φαρμάκων κλπ).

Επίσης, Ε.Α. παράγονται και από τα ναυπηγεία από τα οποία κατά το έτος 2000 παρήχθησαν περίπου 8.000 τόνοι αποβλήτων.

Με βάση την παραπάνω περιγραφή φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των Ε.Α. παράγονται από μικρό αριθμό βιομηχανικών μονάδων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένους κλάδους, ενώ πολύ χαμηλό ποσοστό οφείλεται στην παραγωγή μικρών ποσοτήτων από πολλές διαφορετικές βιομηχανικές πηγές.

Με βάση στοιχεία που είναι διαθέσιμα για το 1988 (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, Τμήμα Στερεών Αποβλήτων) η συνολική παραγωγή Ε.Α. για το έτος αυτό ήταν περίπου 340 000 τόνοι. Η μείωση αυτή μέσα στο χρονικό διάστημα της δεκαετίας, οφείλεται στα εξής:

- πολλές μονάδες τόσο μικρού όσο και μεγάλου μεγέθους (παραγωγής χάλυβα ανοξείδωτου χάλυβα, λιπασμάτων, επεξεργασίας μετάλλων, επεξεργασίας δέρματος βαφής και φινιρίσματος υφασμάτων, παραγωγής ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών) έχουν αναστείλει τη λειτουργία τους
- βιομηχανικές μονάδες κυρίως μεγάλης δυναμικότητας που ανήκουν στους βιομηχανικούς κλάδους που είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή του μεγαλύτερου ποσοστού των συνολικά παραγόμενων αποβλήτων έχουν εκσυγχρονίσει την τεχνολογία που χρησιμοποιούν (χρήση καθαρών τεχνολογιών) ενώ άλλες εφαρμόζουν έστω και σε περιορισμένη προς το παρόν κλίμακα, τεχνικές προεπεξεργασίας αξιοποίησης των Ε.Α. που παράγουν.

Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι στην ετήσια παραγόμενη ποσότητα Ε.Α. στην Ελλάδα δεν συμπεριλαμβάνονται οι 65.000 - 70.000 Χ.Ο. καθώς και οι περίπου 18.000 τόνοι παλαιών συσσωρευτών μολύβδου που παράγονται ανά έτος στη χώρα.

Υφίστανται και άλλες κατηγορίες Ε.Α., η εικόνα των οποίων σχετικά με τις παραγόμενες ποσότητες διαφοροποιείται ανά κατηγορία. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι ποσότητες των PCBs παρουσιάζουν μείωση ενώ αντίθετα οι μικρές ποσότητες επικινδύνων αποβλήτων (ΜΠΕΑ) στα αστικά απόβλητα αυξάνονται συνεχώς. Το τελευταίο γεγονός οφείλεται κυρίως στην αύξηση του βιοτικού επιπέδου, την αλλαγή των καταναλωτικών προτύπων και συνηθειών κλπ.

Πίνακας 3: Παραγωγή Ε.Α. στην Ελλάδα για τα έτη 1998, 1999, 2000.

Βιομηχανική Δραστηριότητα	Κατηγορία Ε.Α.	Ποσότητα στερεών αποβλήτων και υγρών (τόνοι)		
		1998	1999	2000
Διύλιση πετρελαίου	Πετρελαιοειδείς υλίες (επεξεργασία υγρών αποβλήτων-ελαιοδιαχωρισμός, κατάλοιπα δεξαμενών)	20.810	24.00 0	23.84 0

	Ιλύες τετρααιθυλιούχου μολύβδου από τις δεξαμενές καυσίμων	37	50	50
	Μολυβδόχες ιλύες	13		
	Πετρελαιοειδείς ιλύες	2.201		
	Πετρελαιοειδείς ιλύες με βαρέα μέταλλα	1.090		
	Διαχωρισμός μίγματος νερού / πετρελαίου		400	
	Ιλύες μονάδας διμερισμού των διυλιστηρίων			160
	Εξαντλημένος καταλύτης μονάδας			865
Αντληση πετρελαίου από κοιτάσματα	Ιλύες από τον ελαιοδιαχωρισμό των υγρών αποβλήτων	500	500	500
Ναυπηγεία	Πετρελαιοειδείς ιλύες από την επεξεργασία ερμάτων και slops	1.000	1.000	2.163
	Ξέσματα από τον καθαρισμό των μεταλλικών επιφανειών των πλοίων και χρησιμοποιημένο υλικό αμμοβολής	16.500	13.781	6.231
Άλλες δραστηριότητες παραγωγής πετρελαιοειδών καταλοίπων	Πετρελαιοειδείς ιλύες	10.000	10.000	10.000
Αναγέννηση χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων	Όξινες ιλύες	4.800	4.800	4.800
Παραγωγή λιπασμάτων	Ιλύες από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	85.000	85.000	85.000
Απόβλητα παραγωγής, διαμόρφωσης, προμήθειας και χρήσης (ΠΔΠΧ) λιπών, λιπαντικών, σαπουνιών, απολυμαντικών και καλλυντικών	Καλλυντικά που η ημερομηνία χρήσης έχει λήξει	87		
Απόβλητα ΠΔΠΧ βασικών οργανικών	Ιλύες από ανάκτηση διαλυτών		141	

ουσιών				
Χαλυβουργία	Ιλύες οξειδίων του σιδήρου Ιλύες από την επεξεργασία αποβλήτων επικασσιτέρωσης/αποξείδωσης κλπ	10.300	10.30 0	10.30 0
	Σκόνη σακκόφιλτρων	13.400	13.40 0	13.40 0
Παραγωγή σιδηρονικελίου	Σκωρία από τον εμπλουτισμό του σιδηρονικελίου	69556	71.41 3	77.48 5
	Σκόνη σακκόφιλτρων	300	300	300
Παραγωγή αλουμινίου	Εξαντλημένες επενδύσεις λεκανών ηλεκτρόλυσης αλουμινίου	10.000	10.00 0	10.00 0
	Ιλύες από επεξεργασία υγρών αποβλήτων	100	100	100
Παραγωγή αμιαντοτσιμέντου	Ιλύες από επεξεργασία υγρών αποβλήτων	900	900	900
Παραγωγή υπεροξειδίου του μαγγανίου	Ιλύες από επεξεργασία υγρών αποβλήτων	15.000	15.00 0	15.00 0
Επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων	Ιλύες από επεξεργασία υγρών αποβλήτων	1.973	1.973	1.973
Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες	Διάφορα οργανικά χημικά και απόβλητα εργαστηρίων	42	30	16
Απόβλητα που περιέχουν βαρέα μέταλλα	Εξαντλημένοι καταλύτες Απόβλητα που περιέχουν άλλα βαρέα μέταλλα		288	202
Παραγωγή συσσωρευτών μολύβδου και ηλεκτρικών στηλών	Στερεά απόβλητα από την παραγωγική διαδικασία Ιλύες από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	500	500	500
Ανακύκλωση συσσωρευτών μολύβδου	Ιλύες από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	400	400	400
Βυρσοδευγία	Ιλύες από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	3.148	3.148	3.148
Βαφεία – φινιριστήρια	Ιλύες από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων	5.185	5.185	5.185

Παραγωγή χημικών προϊόντων (χλώριο/καυστική σόδα, PVC, κλπ)	Ιλύες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	3.000	3.000	3.000
Παραγωγή τεχνητών ινών	Ιλύες	2.000	2.000	2.000
Παραγωγή τεχνητής ξύλειας –ρητινών-συνθετικών υλών	Ιλύες	8.800	8.800	8.800
Βιομηχανίες γεωργικών φαρμάκων (κυρίως συσκευασίας)	Κατεστραμμένες παρτίδες Συσκευασίες γεωργικών φαρμάκων Ληγμένα φυτοφάρμακα και συσκευασίες	500	531	500
PCBs / PCTs	Μετασχηματιστές και πυκνωτές με PCB / PCT	60	62	63
Απόβλητα άλατα και διαλύματα τους	Άλατα και διαλύματα που περιέχουν κυανιούχα		235	21
Απόβλητα όξινα διαλύματα	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως		36	
Υγρά απόβλητα και λάσπες	Αλκάλια μη προδιαγραφόμενα άλλως		27	
Απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία μολύβδου	Τέφρες μολύβδου		260	
Γαλακτώματα	Γαλακτώματα			18
Απόβλητα από χημικές διεργασίες αλογόνων	Απόβλητα που περιέχουν αμίαντο από ηλεκτρόλυση			15
ΣΥΝΟΛΟ		287.202	287.5 60	286.9 35

Πηγή <http://www.eedsa.gr>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ

Η Κοινοτική πολιτική για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε ουσιαστικά με τη Σύνοδο κορυφής των Παρισίων το 1974. Ακολούθησαν τα “προγράμματα δράσης” της Κοινότητας και ήδη από το 1975 προβλέπονται στον κοινοτικό προϋπολογισμό κονδύλια για την προστασία του περιβάλλοντος. Το 1981 οι ως τότε διάσπαρτες περιβαλλοντικές υπηρεσίες συγχωνεύονται στη Γενική Διεύθυνση Χ (περιβάλλον, πυρηνική ασφάλεια προστασία πολιτών) και υπό το πρίσμα των εξελίξεων υιοθετείται η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (1η Ιουλίου 1987) ως ανεξάρτητη πολιτική για το περιβάλλον. Την ίδια χρονιά υιοθετείται το 4ο Πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, με βασικό στόχο την αποτελεσματική εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον από τα κράτη μέλη. Το 1991 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το πρόγραμμα για τη διαχείριση των αποβλήτων προτεραιότητας στα οποία περιλαμβάνονταν:

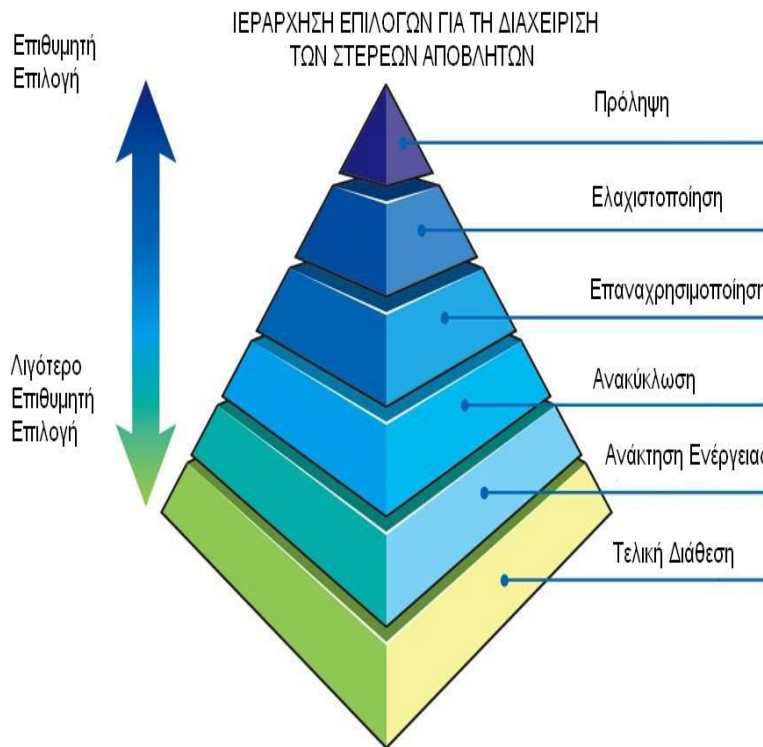
- Απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις
- Οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους
- Συσσωρευτές
- Ελαστικά
- Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασιών
- Χρησιμοποιημένα Ορυκτέλαια
- Νοσοκομειακά απόβλητα
- PCB's

Ακολούθησε το 5ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον “προς μια αειφόρο ανάπτυξη” το οποίο θέσπισε τις αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγική για την περίοδο 1992-2000 και σηματοδότησε την αρχή μίας οριζόντιας κοινοτικής δράσεως, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία). Πλέον τρέχει το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και καθορίζει κατάλογους περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το έτος 2010.

Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωση είναι τα εξής:

- Η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων
- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους
- Ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για τη προστασία του περιβάλλοντος
- Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή **"ο ρυπαίνω πληρώνει"**. Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).



Εικόνα 3. Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.
Πηγή <http://www.ecofokida.gr>

Όταν οι κίνδυνοι που απειλούν το περιβάλλον είναι περισσότερο δυνητικοί παρά αποδεδειγμένα υπαρκτοί, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εφαρμόζει αυτό που είναι γνωστό ως "αρχή της προφύλαξης", δηλαδή προτείνει μέτρα προστασίας, αν ο κίνδυνος φαίνεται πραγματικός, ακόμα και αν δεν υπάρχει απόλυτη επιστημονική βεβαιότητα. Ειδικότερα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, αυτή με βάση τις κοινοτικές Οδηγίες θα πρέπει να βασίζεται στις εξής αρχές:

1) Αρχή της πρόληψης ή και μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων

Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, τη επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν σε αρκετά παγιωμένη μορφή – μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κ.λπ. Ήδη όμως έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται

είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτηση τεχνικών προτύπων, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN). Σ ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σ μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων, μ παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς το Δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

2) Αρχή επαναχρησιμοποίησης των υλικών

Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται επαναχρησιμοποίησή κο ανάκτησή τους.

3) Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών

Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτική διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δε μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σ διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερ ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντικ επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

4) Αρχή ανάκτησης ενέργειας

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών λόγω τεχνικών περιορισμών, θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμεν σε μονάδες καύσης με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

5) Αρχή της ασφαλούς διάθεσης

Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτατες επιπτώσει στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείτο εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικέ διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τ μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.

Το Δεκέμβριο του 2005 ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέ

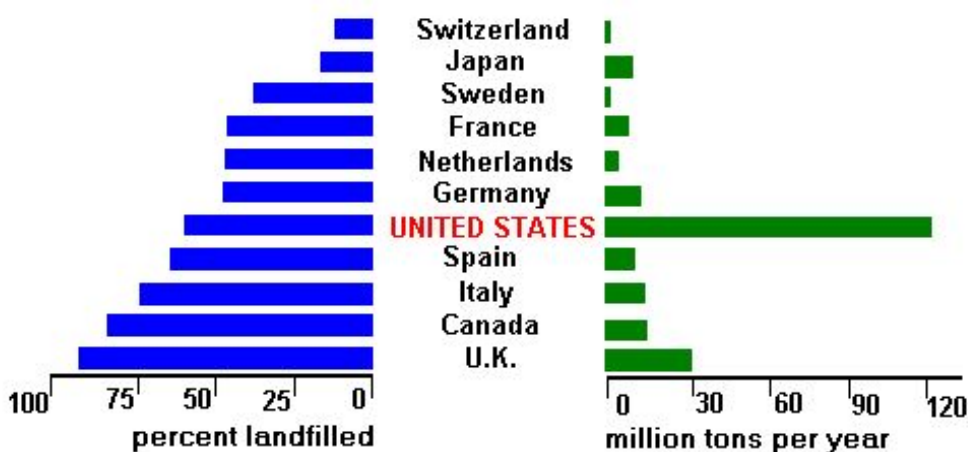
θεματική στρατηγική για τη πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και τη ανακύκλωση. Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από τη παραγωγή μέχρι την τελική διάθεση τους, μέσω της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανση που επιβάλλεται να μειωθεί, αλλά και ως ενδεχόμενος πόρος που προσφέρεται για εκμετάλλευση. Η νέα στρατηγική προβλέπει την απλοποίηση της κείμενης νομοθεσίας αποσκοπώντας στην συγχώνευση της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα και της οδηγία για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια αλλά και στην εξάλειψη των αλληλεπικαλύψεων μεταξύ της οδηγίας πλαισίου για τα απόβλητα και της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης. Επιπροσθέτως προβλέπει την ενθάρρυνση του τομέα της ανακύκλωσης με στόχο την επανένταξη, με ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, των αποβλήτων στον οικονομικό κύκλο με τη μορφή προϊόντων ποιότητας. Η νέα στρατηγική προβλέπει και άλλα μέτρα, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη φορολογία της οριστικής εναπόθεσης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο καθώς και, μακροπρόθεσμα, τη λήψη μέτρων βάσει τη φύσης των υλικών και ενδεχομένως μέτρων συμπλήρωσης των μηχανισμών της αγοράς, σε περίπτωση που δεν επαρκέσουν για την εξασφάλιση της ανάπτυξης τη ανακύκλωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

4.1 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η βασική μέθοδος σύγχρονης διάθεσης των στερεών απορριμμάτων, ή των υπολειμμάτων κάποιων διεργασιών επεξεργασίας. Ο διαχωρισμός και η ανακύκλωση κάποιων υλικών, η καύση και άλλες διεργασίες μειώνουν φυσικά την ποσότητα των στερεών απορριμμάτων, ωστόσο δεν τα εξαφανίζουν. Έτσι κάθε μέθοδος επεξεργασίας αφήνει στερεά υπολείμματα, τα οποία οδηγούνται στο χώρο ταφής. Το ποσοστό των απορριμμάτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ (χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) για διάφορες χώρες δίνεται στην **Εικόνα 4**.

Εικόνα 4: Ποσοστό απορριμμάτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ σε διάφορες χώρες



Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Χωματερές ονομάζονται οι εγκαταστάσεις για την διάθεση των υπολειμμάτων των στερεών απορριμμάτων σε εδάφη. **Υγειονομική ταφή** ονομάζεται η διαδικασία ταφής των απορριμμάτων με την οποία ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία. **Ασφαλής ταφή** ονομάζεται η ταφή επικίνδυνων αποβλήτων. Στο παρελθόν η διάθεση των ΑΣΑ λάμβανε χώρα σε μη στεγανοποιημένους χώρους (σκουπιδότοπους) ή απλά σε χώρους με απλό φυσικό στρώμα αργίλου με περιοδική επικάλυψη και τέλος τοποθέτηση τελικής επικάλυψης. Για μικρούς χώρους διάθεσης, η ποσότητα των διηθημάτων είναι μικρή και συνήθως δεν δημιουργεί σοβαρό πρόβλημα. Με την αύξηση του μεγέθους των ΧΥΤΑ (χώρων υγειονομικής ταφής) αλλά και του φάσματος των υλικών προς ταφή το ρυπαντικό δυναμικό των διηθημάτων αυξήθηκε και έγινε αναγκαία η εισαγωγή διατάξεων περιβαλλοντικής προστασίας από τα διηθήματα. Οι διατάξεις αυτές εκφράζονται ως προδιαγραφές εγκλεισμού των διηθημάτων σε μορφή μέγιστης επιτρεπτής υδραυλικής διαπερατότητας του μανδύα στεγανοποίησης. Από τη δεκαετία του 1980 ο

τεχνολογικές εξελίξεις έκαναν δυνατή τη χρήση κατάλληλων υλικών που επιτρέπουν την τήρηση αυτών των προδιαγραφών.

Όμως περίπου την ίδια εποχή το αυξανόμενο κόστος λόγω των απαραίτητων έργων υποδομής άρχισε να οδηγεί σε δραματική αύξηση μεγέθους των νέων ΧΥΤΑ. Οι σπουδαιότεροι λόγοι για αυτό είναι:

- **Η αυξανόμενη αστικοποίηση περιοχών κοντά σε αστικά κέντρα με μεγάλη παραγωγή ΑΣΑ**
- **Λόγοι οικονομικών κλίμακας**

Τα κύρια επακόλουθα του φαινομένου αυτού είναι τα εξής:

- 1. Ευκολότερος έλεγχος της πληρότητας των συστημάτων προστασίας του περιβάλλοντος.**
- 2. Μεγαλύτερος κίνδυνος (μεγαλύτερη έκταση συνεπάγεται ότι είναι δυσκολότερο και ακριβότερο να διορθωθεί η βλάβη στο περιβάλλον) ρύπανσης μιας συγκεκριμένης περιοχής από τις εκλύσεις.**

Εκτός από τους μεγάλο μεγέθους ΧΥΤΑ, υπάρχει επίσης το ενδεχόμενο του υπερβολικά μεγάλου μεγέθους. Η επιλογή του μεγέθους πρέπει να γίνεται αφού έχει γίνει μακροπρόθεσμος προγραμματισμός διαχείρισης των ΑΣΑ και έχουν ληφθεί υπόψη προγράμματα διαλογής στη πηγή και ανακύκλωσης των ΑΣΑ για την εκτίμηση των μελλοντικών αναγκών σε χώρους ταφής. Εν γένει το μέγεθος ενός ΧΥΤΑ δεν πρέπει να προβλέπεται για διάστημα μεγαλύτερο της 25ετίας. Για μεγαλύτερα διαστήματα, ο βαθμός αβεβαιότητας και επομένως και διαχειριστικής επικινδυνότητας που εισάγεται αυξάνει υπερβολικά κυρίως λόγω της άγνοιας των τεχνολογικών δεδομένων που θα έχουν διαμορφωθεί μέχρι το χρονικό αυτό ορίζοντα αλλά και των αναγκών σε χώρους διάθεσης.

Η επένδυση σε μεγάλο μεγέθους εγκατάσταση είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε συμβόλαια που απαιτούν πληρωμή των τελών απόρριψης ακόμη και σε περίπτωση που δεν προσκομίζονται ΑΣΑ προς ταφή. Αυτό με τη σειρά του θα αφαιρέσει πολύτιμους πόρους για την ενίσχυση ή δημιουργία προγραμμάτων ανακύκλωσης και νέων πλέον εξελιγμένων σχημάτων διαχείρισης. Τέλος, η προοπτική της εξεύρεσης χώρων μακριά από το κέντρο παραγωγής των ΑΣΑ συχνά αντιμετωπίζει ισχυρές κοινωνικές αντιδράσεις μια και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις απομακρύνονται από τους δημιουργούς του προβλήματος.

Με τα ανωτέρω δεδομένα τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν είναι τα εξής:

1. Χωροθέτηση

2. Σχεδιασμός και λειτουργία

3. Μακροπρόθεσμες εγγυήσεις και νομικές ευθύνες

Χωροθέτηση ΧΥΤΑ

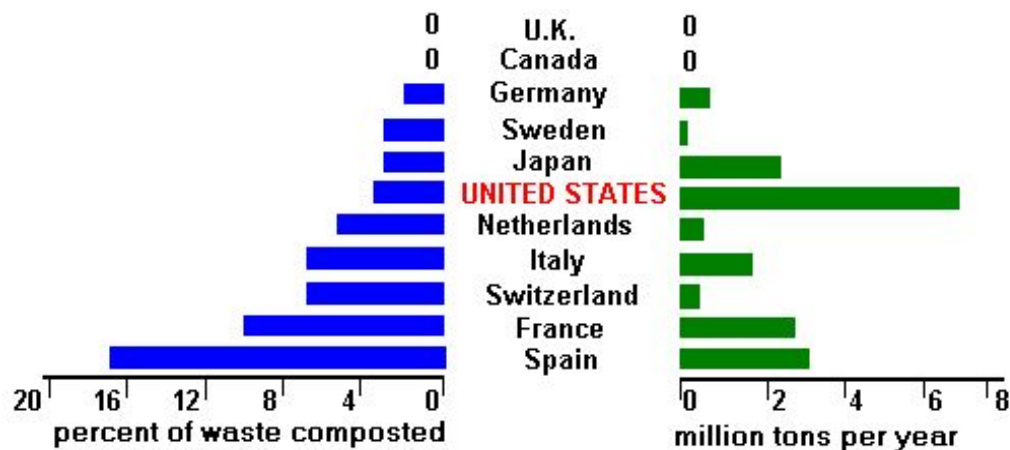
Η επιλογή κατάλληλου χώρου (χωροθέτηση) αποτελεί ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση είναι οι εξής:

- (1) Απόσταση μεταφοράς
- (2) Περιορισμοί χωροθέτησης όπως κοντά σε αεροδρόμια, βιότοποι, σεισμικές περιοχές και ασταθείς περιοχές (καθιζήσεις κλπ.)
- (3) Διαθέσιμη γη
- (4) Προσβασιμότητα θέσεως
- (5) Κατάσταση εδάφους και τοπογραφία
- (6) Κλιματολογικές συνθήκες (βροχές, άνεμοι κλπ)
- (7) Υδρολογία επιφανειακού νερού
- (8) Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες (το πιο σημαντικό)
- (9) Τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες
- (10) Τελική χρήση περατωμένων ΧΥΤΑ

4.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Βιοσταθεροποίηση Οργανικού Κλάσματος Απορριμμάτων

Η βιοσταθεροποίηση (ή λιπασματοποίηση, ή χουμοποίηση ή **composting**) είναι εξ' ορισμού η βιολογική αποδόμηση και σταθεροποίηση οργανικών και μικροβίων κάτω από συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη θερμοκρασιών στην θερμοφιλική περιοχή (50-60 °C), η οποία διασφαλίζεται από βιολογικά παραγόμενη θερμότητα, με τελικό προϊόν αρκούντως σταθεροποιημένο για αποθήκευση και χρήση ως εδαφοβελτιωτικό χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αποτελεί έτσι μορφή σταθεροποίησεως αποβλήτων, η οποία όμως απαιτεί ειδικές συνθήκες υγρασίας και αερισμού ούτως ώστε να εξασφαλιστούν θερμοφιλικές θερμοκρασίες. Η βιοσταθεροποίηση του διαχωρισμένου οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων κερδίζει σταθερά έδαφος από το 1970. Έτσι στις ΗΠΑ κατά την πενταετία 1983-1988 σχεδόν διπλασιάστηκε ο αριθμός των μονάδων (115 από 61). Η **Εικόνα 5** δείχνει τις ποσότητες των απορριμμάτων που τυγχάνουν τέτοιου τύπου επεξεργασία κατά χώρα (στοιχεία 1991).



Εικόνα 5: Ποσότητες ΑΣΑ που βιοσταθεροποιούνται ανά χώρα (ΕΡΑ).
 Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Διακρίνονται δύο τύποι βιοσταθεροποίησης, η **αερόβια** και η **αναερόβια**. Κατά την αερόβια παράγονται διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα. Κατά την αναερόβια παράγεται λιγότερη θερμότητα και σημαντικές ποσότητες μεθανίου (ημιτελής οξείδωση).

Η δημιουργία οσμών κατά την αναερόβια βιοσταθεροποίηση και οι αργότεροι ρυθμοί που την διέπουν καθιστά την αερόβια σαφώς την μέθοδο επιλογής.

Κατά την βιοσταθεροποίηση τυπικά 20-30% των πτητικών αιωρούμενων στερεών μετατρέπονται σε compost, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και χουμικό οξύ. Υπεύθυνοι για την διάσπαση των οργανικών είναι δύο τύποι μικροβίων, βακτήρια και μύκητες. Τα βακτήρια ευθύνονται για την διάσπαση των λιπιδίων και των πρωτεϊνών σε θερμοφιλικές συνθήκες, ενώ οι μύκητες ευθύνονται για την αποσύνθεση των πολύπλοκων οργανικών και της κυτταρίνης. Η καταλληλότητα ενός υποστρώματος για βιοσταθεροποίηση εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τρεις παραμέτρους: (α) την υγρασία (δεν πρέπει να υπερβαίνει το 60%), (β) το οργανικό κλάσμα (πρέπει να υπερβαίνει το 50% του στερεού μέρους) και (γ) τον λόγο C/N (δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50/1). Η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί για την σταθεροποίηση διαφόρων υποστρωμάτων όπως αστικά στερεά απορρίμματα, λάσπη από βιολογικούς καθαρισμούς, βιομηχανικά και αγροτικά απόβλητα και κοπριά. Η έμφαση εδώ είναι στα αστικά στερεά απορρίμματα τα οποία έχουν τύχει πρότερης διαλογής στην πηγή.

Διακρίνουμε τρεις βασικούς τύπους αερόβιας βιοσταθεροποίησης:

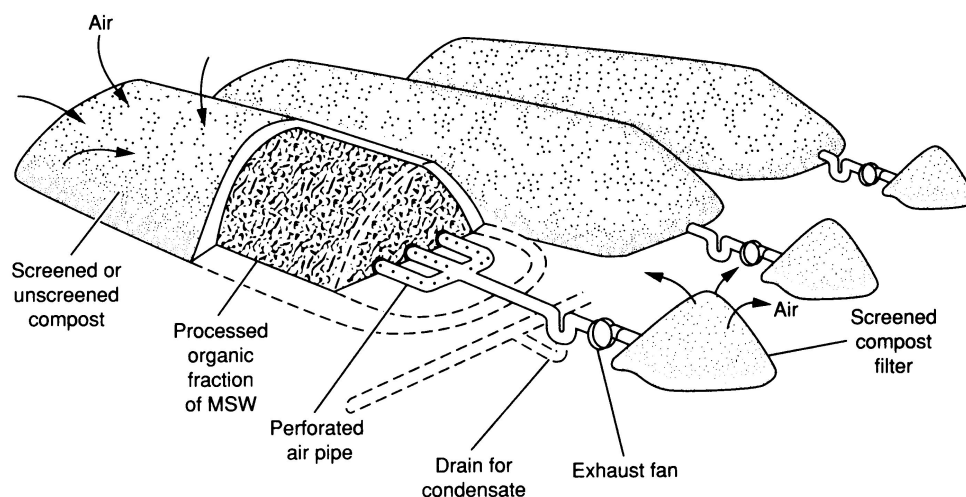
- (α) το **σύστημα σειραδίων** (windrows),
- (β) το **σύστημα του αεριζόμενου στατικού σωρού** (static aeration piles) και
- (γ) τους κλειστούς **βιοαντιδραστήρες**.

Το σύστημα σειραδίων συνίσταται στην τοποθέτηση των (τεμαχισμένων σε μεγέθη 25-75 mm) απορριμμάτων σε παράλληλους σωρούς τριγωνικής, τραπεζοειδούς ή ορθογώνιας διατομής, οι οποίοι αναδεύονται σε τακτά διαστήματα με μηχανικό τρόπο για επίτευξη επαρκούς αερισμού και ομοιογένειας στον σωρό.

Συχνά προστίθεται **ανακυκλοφορούμενο προϊόν** της λιπασματοποίησης ή/ και κάποιοι προσθετικοί παράγοντες για αύξηση των αερόκενων και βελτίωση της σύστασης του υποστρώματος όσον αφορά την υγρασία, τα οργανικά και τα άλλα θρεπτικά καθώς και τους μικροοργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για τη λιπασματοποίηση.

Επίσης μπορεί να προστεθεί και οργανικό ή ανόργανο **διογκωτικό υλικό** (όπως μικρά τεμάχια ξύλου) με σκοπό την παροχή δομικής στήριξης και την αύξηση της πορώδους του προς λιπασματοποίηση μείγματος. Οι σωροί μπορεί να αερίζονται πρόσθετα από φυσητήρες, προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής παροχή οξυγόνου, ρύθμιση της θερμοκρασίας και να απομακρυνθεί η πρόσθετη υγρασία. Τα παραγόμενα υγρά παροχετεύονται με κατάλληλες σωληνώσεις. Η λιπασματοποίηση (μεσοφιλικό, θερμοφιλικό στάδιο και στάδιο ψύξης) διαρκεί περί τις 20 μέρες και ακολουθεί στάδιο ωρίμανσης (όπου οξειδώνονται τα διάφορα οργανικά οξέα που παρήχθησαν στο πρώτο στάδιο και βελτιώνεται η τελική σύσταση) 30 περίπου ημερών.

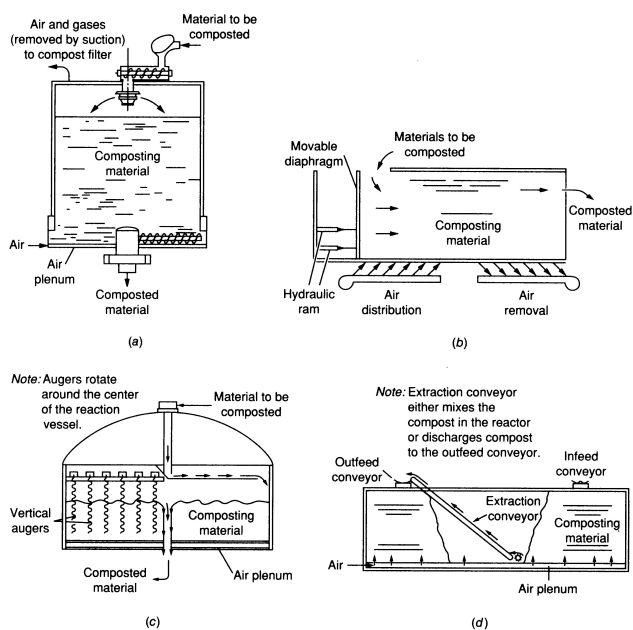
Το σύστημα του αεριζόμενου στατικού σωρού (**Εικόνα 6**) διαφέρει από το σύστημα σειραδίων στο ότι δεν υπάρχει ανάδευση, ενώ ο αερισμός επιτυγχάνεται με συνεχή παροχή αέρα δια μέσου του σωρού. Επίσης δεν χρησιμοποιείται ανακυκλοφορία προϊόντος (κομπόστας).



Εικόνα 6: Σύστημα στατικού αεριζόμενου σωρού.

Πηγή aix.meng.auth.gr

Τέλος συχνά χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι κλειστών "βιοαντιδραστήρων" (βλ. **Εικόνα 7**), με ή χωρίς ανάδευση, όπως των τύπων κινούμενης αναδευόμενης κλίνης, κινούμενης στερεάς κλίνης, περιστρεφόμενου τυμπάνου και αναδευόμενης στερεάς κλίνης.



Εικόνα 7: Κλειστοί βιοαντιδραστήρες βιοσταθεροποίησης.

Πηγή aix.meng.auth.gr

Τα βασικά κριτήρια επιλογής του πλέον κατάλληλου συστήματος βιοσταθεροποίησης συνοψίζονται στον **πίνακα 4**.

Πίνακας 4: Κριτήρια επιλογής συστήματος λιπασματοποίησης.

	Σειράδια	Αεριζόμενος Σωρός	Αντιδραστήρας
Κεφάλαιο Εγκατάστασης	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Λειτουργικό Κόστος	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό
Απαιτήσεις γης	Υψηλές	Υψηλές	Χαμηλές
Ρύθμιση Αερισμού	Περιορισμένη	Πλήρης	Πλήρης
Ελεγχόμενες Παράμετροι	Συχνότητα ανάδευσης, Πρόσθετα ή προϊόν, αερισμός	Παροχή αέρα, παράγων δομής	Παροχή αέρα, ανάδευση, πρόσθετα ή προϊόν
Ευαισθησία στον καιρό	ευαίσθητο εκτός εάν στεγάζεται σε υπόστεγο	μη ευαίσθητο	μη ευαίσθητο
Έλεγχος οσμών	εξαρτάται από την τροφοδοσία	εξαρτάται από την τροφοδοσία	καλός

Πηγή aix.meng.auth.gr

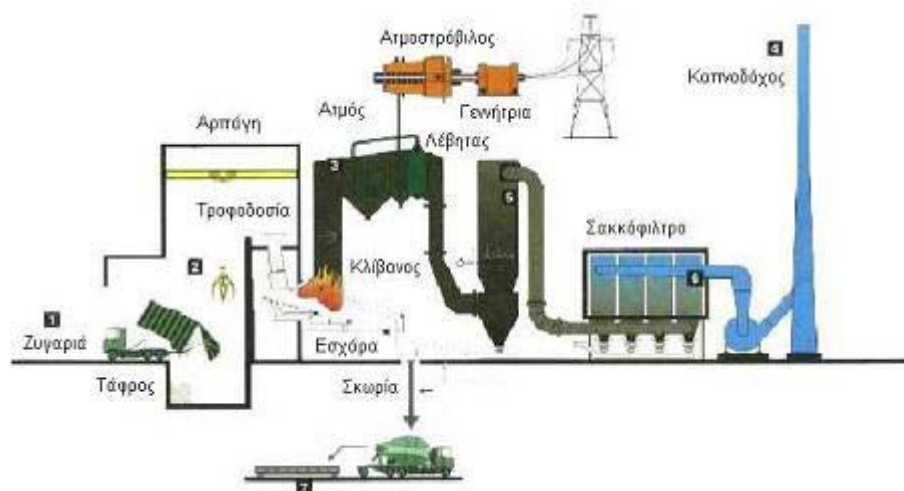
Από την ανωτέρω ανάλυση προκύπτει ότι η οικονομικότερη λύση είναι κατά κανόνα το σύστημα σειραδίων, στεγασμένο σε υπόστεγο (για να αποφευχθεί η ευαισθησία σε καιρικές συνθήκες) και με δυνατότητα πρόσθετου αερισμού με φυσητήρες (για να διασφαλίζεται επαρκής ρύθμιση του αερισμού).

Οι βασικές λειτουργικές παράμετροι που μπορούν να ρυθμιστούν είναι η σχετική πρόσμιξη πρόσθετων ή προϊόντος ή διογκωτικού υλικού δομής (π.χ. πριονίδι), η παροχή αέρα (εφόσον παρέχεται πρόσθετος αερισμός), οι χρόνοι παραμονής σε κάθε στάδιο και η συχνότητα ανάδευσης. Το πτητικό κλάσμα (αφαιρουμένου του γυαλιού του χαρτιού και των μετάλλων) στην Αττική είναι αρκετά υψηλό. Η επάρκεια υγρασίας στο προς βιοσταθεροποίηση μείγμα είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί επαρκής ρυθμός βιολογικής οξείδωσης. Η υγρασία στα στερεά απορρίμματα της Αττικής (40%) μπορεί να αυξηθεί με προσθήκη λάσπης από βιολογικό καθαρισμό (υγρασία 70-75%). Στο διαχωριζόμενο οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων της Αττικής η υγρασία αντίθετα είναι αρκετά υψηλή (της τάξης του 70%) και απαιτείται προς τούτο ελάττωσή της στο μείγμα τροφοδοσίας με προσθήκη χαρτιού ή ανακυκλοφορία του προϊόντος.

Ο **αερισμός** κατά την βιοσταθεροποίηση εξυπηρετεί δύο κυρίως σκοπούς: την παροχή επαρκούς οξυγόνου για την βιολογική οξείδωση, και την ξήρανση του προϊόντος λιπασματοποίησης. Η **ενέργεια** η οποία απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας κατά την βιοσταθεροποίηση και για την εξάτμιση της υγρασίας

παράγεται από την απελευθερούμενη ενέργεια κατά την βιοαποδόμηση.

4.3 ΚΑΥΣΗ-ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ



Εικόνα 8. Τυπική εγκατάσταση καύσης.

Πηγή aix.meng.auth.gr

4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μάζα των αποβλήτων διακρίνεται από μεγάλη ανομοιογένεια και διακύμανση της αναλογίας σε οργανικά και ανόργανα συστατικά. Το γεγονός αυτό αποτελεί παράγοντα δυσκολίας για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας εγκατάστασης ΘΕ, για τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας-ενέργειας και των εκπομπών της μονάδας. Οι βασικότερες ιδιότητες των αποβλήτων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους στην καύση είναι:

Η ανώτερη και η κατώτερη θερμογόνο δύναμη

Η περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.).

Η περιεκτικότητα σε στάχτη (% κ.β.).

Οι πτητικές ύλες (% κ.β.).

Γενικά τα υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα καύσιμα και τα αδρανή (μη καύσιμα). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα ζυμώσιμα υλικά, πλαστικό, χαρτί, ξύλο, ελαστικά υλικά, δέρμα, υφάσματα, κ.λπ., ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα μέταλλα, γυαλιά, κ.ά. Συγκεκριμένα, στα οικιακά απορρίμματα τα αδρανή υλικά μπορεί να καταλαμβάνουν το 25-60% του βάρους, ενώ η περιεχόμενη υγρασία να αντιστοιχεί στο 20-60% του βάρους των απορριμμάτων. Η ποσοστιαία σύνθεση των αποβλήτων μεταβάλλεται χωροταξικά και εποχιακά. Στην Ελλάδα παρατηρείται αυξημένο ποσοστό πλαστικών και ζυμώσιμων με εποχιακή έξαρση τους θερινούς μήνες.

Από όλα τα είδη των απορριμμάτων το **πλαστικό** έχει τη **μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη**. Η καύση των πλαστικών παράγει μικρότερο ποσό οξειδίων του θείου και του αζώτου από ό,τι των συμβατικών καυσίμων. Το βασικό μειονέκτημα που παρουσιάζει η καύση των πλαστικών είναι οι εκπομπές ενώσεων χλωρίου και τα στερεά υπολείμματα που είναι πλούσια σε βαρέα μέταλλα.

4.3.2 ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ

Τα απορρίμματα είναι ένα εξαιρετικά ανομοιογενές υλικό και προσάγονται στην εγκατάσταση αποτέφρωσης σε μη συνεχή βάση, αλλά η καύση τους πρέπει να είναι συνεχής και το καιγόμενο υλικό κατά το δυνατόν ομοιογενές. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητος ένας χώρος ενδιάμεσης αποθήκευσης και ομογενοποίησης μεταξύ της ασυνεχούς προσαγωγής και της συνεχούς καύσης.

Τα απορρίμματα προσάγονται στην εγκατάσταση αποτέφρωσης (μονάδα καύσης) είτε με απορριμματοφόρα (ΟΤΑ ή ιδιωτικών φορέων αποκομιδής), είτε μέσα σε κοντέινερς (οδικώς ή σιδηροδρομικώς) προερχόμενα από σταθμούς μεταφόρτωσης, όπως επίσης και οδικώς από 136 μεμονωμένους μικροπαραγωγούς (βιοτεχνίες, πολίτες) και κατά κανόνα υπόκεινται σε δειγματοληψία για προσδιορισμό της σύστασής τους.

4.3.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Πριν από την καύση είναι απαραίτητος ένας έλεγχος των απορριμμάτων για τους ακόλουθους λόγους :

- Δεν επιτρέπεται να εισέρχονται στην τάφρο υλικά επικίνδυνα για τη λειτουργία της εγκατάστασης (π.χ. εκρηκτικά).
- Πρέπει να αποκλείονται συγκεκριμένα υλικά που επιβαρύνουν τα συστήματα κατακράτησης ρύπων και να τυγχάνουν ειδικής επεξεργασίας ως ειδικά απορρίμματα.

Ένας καθολικός έλεγχος συνεπάγεται βέβαια υψηλό κόστος και στην πράξη υποκαθίσταται από δειγματοληπτικό έλεγχο, ο οποίος γίνεται ύστερα από ξεφόρτωμα είτε στο δάπεδο της αίθουσας είτε σε ειδική κυλιόμενη ταινία ελέγχου.

4.3.4 ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΟΙΒΑΓΜΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Τα απορρίμματα που προορίζονται για καύση καλύπτουν ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος υλικών και συστατικών, κάτι που δημιουργεί σοβαρές περιπλοκές στις φάσεις της καύσης και του καθαρισμού καυσαερίων. Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση του απαιτούμενου εξοπλισμού δε μπορεί να γίνει για μέγιστα αλλά για μέσες τιμές και, ως εκ τούτου πρέπει να αποφευχθούν αιχμές και απότομες διακυμάνσεις των περιεκτικοτήτων σε επικίνδυνες ουσίες και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης πρέπει να περιορισθεί το μέγεθος των καιγόμενων απορριμμάτων με γνώμονα το χρόνο παραμονής τους στην εσχάρα καύσης (χρόνος αποτέφρωσης). Οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με **θρυμματισμό και καλή ανάμιξη**.

4.3.5 ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΓΚΩΔΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Τα ογκώδη απορρίμματα ανέκαθεν θρυμματίζονταν πριν καούν. Οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για την ποιότητα της καύσης και τον καθαρισμό των καυσαερίων έχουν τελευταία επιβάλλει και το θρυμματισμό και άλλων απορριμμάτων που ανήκουν στις κατηγορίες οικιακά και εμπορικά. Για το θρυμματισμό των απορριμμάτων στις μονάδες καύσης χρησιμοποιούνται κυρίως περιστροφικοί κοπτήρες και κοπτήρες τύπου γκιλοτίνας. Οι κοπτήρες τύπου γκιλοτίνας χρησιμοποιούνται για ιδιαίτερα βαριά και ανθεκτικά απορρίμματα. Οι περιστροφικοί κοπτήρες ανήκουν στην κατηγορία των μύλων-κοπτήρων, εμφανίζονται σε μοντέλα με 1 ή 2 κοπτήρες, δουλεύουν σε 20-60 στροφές/min και έχουν μηχανισμό αυτόματου φρεναρίσματος και μερικής αναστροφής σε περίπτωση υπερφόρτισης.

4.3.6 ΤΑΦΡΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Οι τάφροι απορριμμάτων διαστασιολογούνται για ενδιάμεση αποθήκευση ποσότητας 3-5 ημερών. Παράδειγμα: Ετήσια παραγωγή 200.000 τόνοι (τα μισά απορρίμματα της Θεσσαλονίκης) συνεπάγεται 3.850 τόνοι/εβδομάδα ή 770 τόνοι/ημέρα (μέση τιμή πενθημέρου). Για χωρητικότητα τάφρου ικανή για αποθήκευση ποσότητας 4 ημερών, για μία πυκνότητα απορριμμάτων μετά την εκφόρτωσή τους στην τάφρο 300 kg/m³ και με μία διακύμανση +/- 10% στην προσαγόμενη ποσότητα απορριμμάτων προκύπτει αναγκαίος όγκος τάφρου: 770.000*1,1*4/300=11.300 m³ (όγκος κύβου ακμής 22,4 m³). Η τάφρος χωρίζεται στις ακόλουθες επιμέρους ζώνες:

- Ζώνη ξεφορτώματος.
- Ζώνη ανάμιξης.
- Ζώνη στοιβάγματος (κλίση του σωρού: 80-85°).

Υπάρχουν 2 κύριες κατασκευαστικές παραλλαγές της τάφρου, η τάφρος βάθους και η επιφανειακή, με τις σημερινές υψηλές απαιτήσεις σε μία μονάδα καύσης απορριμμάτων να μπορούν να εκπληρωθούν καλύτερα με την επιφανειακή, αλλά στην πράξη να προτιμάται κάποια μέση λύση μεταξύ των δύο.

Η τάφρος βάθους είναι στενή και ψηλή. Η διαφορά ύψους μεταξύ του επιπέδου εκφόρτωσης και του δαπέδου της τάφρου είναι περίπου 10 m. Πλεονεκτήματά της είναι οι μικρές διαδρομές του γερανού και οι μικρές απαιτήσεις σε επιφάνεια. Μειονεκτήματα αποτελούν η δαπανηρή θεμελίωση (ασφάλιση έναντι ανώσεως στην περίπτωση που η κατασκευή φθάσει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα), ο κίνδυνος αυτανάφλεξης (σε περιπτώσεις μεγάλου στοιβάγματος) και ο περιορισμένος διατιθέμενος χώρος (πλάτος τάφρου) για την ανάμιξη των απορριμμάτων.

Στην επιφανειακή τάφρο, η υψομετρική διαφορά μεταξύ επιπέδου εκφόρτωσης και δαπέδου τάφρου είναι 4-5 m. Το πλάτος της τίθεται κοντά στη μέγιστη διαδρομή του γερανού (30 m μείον το πλάτος της χοάνης τροφοδοσίας). Πλεονεκτήματα της παραλλαγής αυτής αποτελούν η φθηνή θεμελίωση και ο επαρκής διαθέσιμος χώρος για ανάμιξη των απορριμμάτων. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται η μεγάλη

διαδρομή του γερανού και οι υψηλές απαιτήσεις σε επιφάνεια.

Η ζώνη εκφόρτωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί εν μέρει και ως ζώνη στοιβάγματος (με κλειστές τις θύρες των θέσεων εκφόρτωσης), αλλά πρέπει πάντοτε να υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις εκφόρτωσης (τουλάχιστον 4). Για την ανάμιξη των απορριμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τμήματα των ζωνών εκφόρτωσης και στοιβάγματος. Από τη ζώνη ανάμιξης τα απορρίμματα μεταφέρονται με το γεράνο είτε στη ζώνη στοιβάγματος είτε απευθείας στην εστία καύσης.

4.3.7 ΓΕΡΑΝΟΣ

Λειτουργίες που επιτελεί ο γερανός είναι :

- Η διαρκής κένωση των θέσεων εκφόρτωσης.
- Η ανάμιξη των απορριμμάτων.
- Το στοιβάγμα των απορριμμάτων.
- Η τροφοδοσία της εστίας καύσης.
- Η καταπολέμηση περιπτώσεων πυρκαγιάς.

Κατά κανόνα υπάρχουν 2 γερανογέφυρες, με την 1 ως εφεδρική. Μία γερανογέφυρα θα πρέπει να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Η ισχύς προδιαγράφεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στο διπλάσιο της τροφοδοσίας της εσχάρας. Παράδειγμα: 200.000 τόνοι/έτος και 330 ημέρες λειτουργίας/α προϋποθέτουν μία ικανότητα καύσης περίπου 25 τόνους/h. Στην περίπτωση αυτή η γερανογέφυρα προδιαγράφεται για 50 τόνους/h. Με ένα σύνηθες περιεχόμενο μίας λήψης (αρπάγης) της τάξης των 6 m³ (ή 2 τόνους), η τελευταία προδιαγραφή αντιστοιχεί σε 25 κύκλους (διαδρομές) λειτουργίας την ώρα, οι οποίες θα διεξάγονται σε πλάτος τάφρου μέχρι και 60 m. Προβλεπόμενος βοηθητικός εξοπλισμός του γερανού περιλαμβάνει αυτοματισμούς οδήγησης και λήψης όπως και πρόβλεψη για ζύγισμα.

Η λειτουργία των γερανών επιβλέπεται από τον οδηγό σε μία εξωτερική καμπίνα, η οποία μπορεί να εγκατασταθεί σε διάφορα σημεία όπως στον τοίχο κατά μήκος της τάφρου (είτε απέναντι στις θέσεις εκφόρτωσης είτε απέναντι στις χοάνες τροφοδοσίας), σε πλευρικό τοίχο (συχνά μαζί με τη βάρδια) ή και στους 2 πλευρικούς τοίχους (1 για κάθε γερανογέφυρα). Για καμία από τις παραπάνω θέσεις δεν είναι εύκολα προσπελάσιμες ταυτοχρόνως όλες οι ζώνες (χοάνη, θέσεις εκφόρτωσης, ζώνη στοιβάγματος, ζώνη ανάμιξης) και για το σκοπό αυτό εγκαθίστανται κατά περίπτωση κάμερες επίβλεψης. Στο σχεδιασμό της καμπίνας του οδηγού του γερανού πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα ακόλουθα στοιχεία :

- Κλιματισμός.
- Εγκατάσταση πλυσίματος (ή φουσίματος) για καθαρισμό των τζαμιών.
- Εξασφαλισμένη οδός διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Τουαλέτα.

4.3.8 ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΤΑΦΡΟΥ

Η τάφρος έχει αποδειχθεί το τμήμα εκείνο της εγκατάστασης καύσης με την υψηλότερη επικινδυνότητα έναντι πυρκαγιών. Ιδιαίτερα προβληματικός έχει αποδειχθεί ο έγκαιρος εντοπισμός πυρκαγιών, καθώς συνήθη φαινόμενα κατά τη λειτουργία αποτελούν τα σύννεφα σκόνης, τα οποία καθιστούν δύσκολο τον άμεσο εντοπισμό καπνού. Μέχρι στιγμής όλα τα αυτόματα συστήματα πυροπροστασίας έχουν αποδειχθεί αναξιόπιστα. Ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πυρόσβεσης αποτελεί η ανύψωση του καιγόμενου πυρήνα με το γερανό, ο οποίος μπορεί κατόπιν να οδηγηθεί απευθείας στην εστία καύσης (αφού ενδεχομένως εκκενωθεί προηγουμένως το φρεάτιο τροφοδοσίας). Λόγω των παραπάνω είναι επιβεβλημένη η ιδιαίτερη προστασία του γερανού και της καμπίνας οδήγησης από τις επιπτώσεις μίας πυρκαγιάς. Δόκιμα μέτρα για το σκοπό αυτό είναι:

- Προσαγωγή στην καμπίνα αέρα αναρροφούμενου από μία περιοχή ασφαλή από καπνό μέσω αγωγού προστατευμένου από φωτιά.
- Προστασία των παραθύρων της καμπίνας από την ακτινοβολούμενη θερμότητα.
- Τηλεχειρισμός του γερανού.
- Εγκατάσταση του εξοπλισμού λειτουργίας και ρύθμισης του γερανού σε δωμάτιο ασφαλές από φωτιά.
- Εγκατάσταση ψεκασμού για τα καλώδια επί της γερανογέφυρας.

Κατά το σχεδιασμό του καλύμματος της αίθουσας της τάφρου πρέπει να προβλεφθεί ένα άνοιγμα επιφάνειας γύρω στο 15% της συνολικής επιφάνειας του καλύμματος για την απαγωγή του καπνού και της θερμότητας σε περίπτωση πυρκαγιάς. Γενικός κανόνας είναι ότι η εστία καύσης πρέπει να διατηρηθεί σε λειτουργία όσο το δυνατόν περισσότερο, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό του καπνού αναρροφάται από την αίθουσα της τάφρου ως πρωτεύων αέρας καύσης.

4.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΠΟΥ ΚΑΥΣΗΣ-ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ

Ανάλογα τον **τύπο της εστίας καύσης**, διακρίνονται οι παρακάτω τεχνολογίες:

- α) Εστίας τύπου εσχάρας. 140
- β) Εστίας τύπου ρευστοποιημένης κλίνης.
- γ) Περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Ανάλογα τον τύπο του θαλάμου καύσης, η τεχνολογία καύσης διακρίνεται σε:

- α) Μαζικής καύσης.
- β) Τμηματικής καύσης.
- γ) Καύσιμου από Σκουπίδια [ΚαΣ, (RDF, Refuse Derived Fuel)].

Οι μονάδες μαζικής καύσης, τμηματικής καύσης και RDF, χαρακτηρίζονται ως συμβατικές λόγω της μακρόχρονης εφαρμογής τους σε οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες με πλούσια βιομηχανική παράδοση (π.χ. Ιαπωνία, ΗΠΑ, Γερμανία, Αγγλία, Γαλλία, Ισπανία, Δανία, Σουηδία κ.λπ.). Η λειτουργία τους είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων προς

διάθεση, την αποφυγή της μόλυνσης υπόγειων και επιφανειακών υδροφόρων οριζόντων και το συνεπαγόμενο οικονομικό όφελος από την πώληση της ανακτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάσταση καύσης των απορριμμάτων μπορεί – για μεγάλες μονάδες – να διαθέτει και **τμήμα ανάκτησης της εκλυόμενης ενέργειας**. Στην περίπτωση αυτή, τα καπναέρια μετά τον καθαρισμό τους οδηγούνται σε ειδικό **εναλλάκτη θερμότητας για παραγωγή ατμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας**. Στη συνέχεια τα καπναέρια ψύχονται και εκλύονται στην ατμόσφαιρα.

Όταν η εγκατάσταση δε διαθέτει τμήμα ανάκτησης ενέργειας, τα καπναέρια απλώς ψύχονται, διέρχονται από το σύστημα καθαρισμού και οδηγούνται στην ατμόσφαιρα. Για το σχεδιασμό και τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων καύσης, τα στοιχεία που κυρίως λαμβάνονται υπόψη είναι η ποσότητα, η θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, η σύστασή τους, η περιεχόμενη σε αυτά υγρασία και η εποχιακή διακύμανση όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών.

Κατά την καύση των απορριμμάτων παράγεται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και υδρατμοί ενώ εκλύεται και θερμότητα. Στην περίπτωση ατελούς καύσης (συνθήκες έλλειψης οξυγόνου) παράγεται και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Οι διαδοχικές φάσεις της ΘΕ των απορριμμάτων μέχρι την πλήρη καύση τους είναι:

(α) Ξήρανση του υλικού σε θερμοκρασίες λίγο επάνω από 100°C .

(β) Εξαερίωση κατά την οποία απομακρύνεται το πτητικό κλάσμα σε θερμοκρασία αερίου 250°C .

(γ) Έναυση όπου ο άνθρακας μετατρέπεται σε αέρια προϊόντα σε θερμοκρασία $500-600^\circ\text{C}$.

(δ) Αποτέφρωση όπου σε θερμοκρασία $800-1100^\circ\text{C}$ τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις οξειδώνονται πλήρως.

4.4.1 ΟΛΙΚΗ ΚΑΥΣΗ

Είναι μια διαδικασία καύσης σε πολύ υψηλή θερμοκρασία που μετατρέπει τη στάχτη σε ένα υγρό κατάλοιπο. Στην εγκατάσταση αυτή τα θρυμματισμένα απορρίμματα κατέρχονται βραδέως στο φούρνο και συναντούν τα αέρια που ανέρχονται συνεχώς όλο και πιο θερμά. Γίνεται ξήρανση και προοδευτική άνοδος της θερμοκρασίας. Τα παραγόμενα θερμά αέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού και για την τροφοδότηση του φούρνου για τις ανάγκες της καύσης των απορριμμάτων.

Είδη εστίας καύσης

Εστία εσχαρών

Οι εστίες καύσης εσχάρας αποτελούνται από τα εξής μέρη:

- Διάταξη-φρεάτιο τροφοδότησης.

- Μηχανική εσχάρα (με ηλεκτρική ή υδραυλική κίνηση) και χοάνη υποδοχής των διαρροών

από την εσχάρα.

- Φλογοθάλαμος.

- Δοχείο σκωρίας.
- Σύστημα προσαγωγής αέρα καύσης.
- Σύστημα ελέγχου και ρύθμισης.
- Βοηθητικοί καυστήρες για την εκκίνηση και διακοπή, όπως επίσης και για την εξασφάλιση μίας ελάχιστης θερμοκρασίας καύσης.

Τροφοδότηση της εσχάρας

Τα απορρίμματα οδηγούνται στην εσχάρα μέσω ενός φρεατίου πτώσης και μίας δοσομετρικής διάταξης.

Φρεάτιο τροφοδοσίας

Το φρεάτιο τροφοδοσίας είναι κωνικά διαμορφωμένο σαν χοάνη στο επάνω μέρος για την τροφοδοσία από το γερανό. Η κωνική διαμόρφωση σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει το περιεχόμενο μίας λήψης του γερανού. Το φρεάτιο έχει πλάτος ίσο με το πλάτος της εσχάρας και ύψος πάνω από 1 m, ενώ ψύχεται εξωτερικά με αέρα ή νερό και προβλέπεται η δυνατότητα φραγής του κατά την εκκίνηση/διακοπή μέσω απλών ή διπλών υδραυλικών διαφραγμάτων (λιγότερο κατάλληλα είναι συστήματα τύπου σύρτη).

Δοσομετρική διάταξη

Οι συνηθέστερες δοσομετρικές διατάξεις (διανομείς) σε μονάδες καύσης απορριμμάτων είναι τα υδραυλικά ωστήρια, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται και ατέρμονες εσχάρες (κυλιόμενες ταινίες). Στην περίπτωση των υδραυλικών ωστηρίων χρησιμοποιούνται συνήθως 2, το ένα δίπλα στο άλλο. Βασικό πλεονέκτημα στην περίπτωση των ωστηρίων είναι ο επιτυγχανόμενος παράλληλος τεμαχισμός (ακόμη και συμπιεσμένων) στοιβαγμένων απορριμμάτων. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται η ασυνεχής πρόωση του υλικού και η συμπίεσή του από τα ωστήρια, γιατί τα απορρίμματα εκτονώνονται απότομα μετά την είσοδό τους στο φλογοθάλαμο. Κατά τη χρήση ατέρμονης εσχάρας ως δοσομετρική διάταξη, μπορεί να εμφανισθεί «φρακάρισμα» στο χώρο μεταξύ φρεατίου τροφοδοσίας και κυλιόμενης ταινίας. Πλεονεκτήματα της παραλλαγής αυτής είναι η συνεχής και εύκολη στη ρύθμιση τροφοδότηση.

Εστία καύσης και φλογοθάλαμος

Στην εσχάρα και στο χώρο επάνω από αυτήν λαμβάνουν χώρα οι χημικές αντιδράσεις, οι οποίες οξειδώνουν, εξυγιαίνουν και αδρανοποιούν το ανομοιογενές μίγμα των απορριμμάτων.

Για το σκοπό αυτό προσάγεται στις περιοχές αυτές το οξειδωτικό μέσο, δηλ. ο αέρας καύσης.

Επάνω στην εσχάρα λαμβάνουν χώρα ετερογενείς αντιδράσεις (δηλ. σε στερεά, υγρή και αέρια φάση) μέσα στα καιγόμενα απορρίμματα, ενώ κατά τη μετάκαυση στο φλογοθάλαμο και στην πρώτη διαδρομή των καυσαερίων στο λέβητα λαμβάνουν χώρα κατά κανόνα ομογενείς αντιδράσεις σε αέρια φάση. Η καύση στην εσχάρα

επηρεάζεται σημαντικά από την οδήγηση των καυσαερίων επάνω από αυτήν, κάτι που καθορίζεται από την κατασκευαστική διαμόρφωση της εστίας.

Σύστημα αέρα καύσης

Ο αέρας καύσης αναρροφάται από 2 θέσεις:

- Από την τάφρο απορριμμάτων.
- Κάτω από το περίβλημα του λεβητοστασίου.

Ο αέρας καύσης διαχωρίζεται στον πρωτογενή (που προσάγεται στο κάτω μέρος της εσχάρας και τη διαρρέει) και στον δευτερογενή (ο οποίος προσάγεται επάνω από την εσχάρα και μέσα στο φλογοθάλαμο με προορισμό την παραγωγή τύρβης και την ολοκλήρωση της καύσης).

Πρωτογενής αέρας καύσης:

- Η αναρρόφηση γίνεται από το χώρο της τάφρου απορριμμάτων της μονάδας (ή εναλλακτικά κάτω από το περίβλημα του λέβητα).

- Αποτελεί περίπου το 75% του συνολικά προσαγόμενου αέρα καύσης.

- Υφίσταται κατά κανόνα διβάθμια προθέρμανση (1η

βαθμίδα: μέχρι 120°C, 2η

βαθμίδα:

μέχρι 200°C).

- Χρησιμοποιείται φυγοκεντρικός ανεμιστήρας (τυπική περίπτωση: 1500 στροφές/λεπτό, στατική πίεση: 50 mbar (5000 Pa)), ο οποίος εγκαθίσταται μέσα στο λεβητοστάσιο.

- Υπάρχει δυνατότητα ρυθμιζόμενης κατανομής στις επιμέρους ζώνες της εσχάρας.

Δευτερογενής αέρας καύσης:

- Η αναρρόφηση γίνεται κάτω από το περίβλημα του λέβητα.

- Αποτελεί περίπου το 25% του συνολικά προσαγόμενου αέρα καύσης.

- Ο ανεμιστήρας τοποθετείται κυρίως κάτω από τη χοάνη απορριμμάτων και είναι στατικής

πίεσης μέχρι 80 mbar.

- Η προθέρμανση είναι δόκιμη μέχρι τους 100°C (βελτιώνεται η κινητική των χημικών αντιδράσεων του CO και του CH₄).

- Η προσαγωγή γίνεται στη στένωση, στην περιοχή της πρώτης διαδρομής των καυσαερίων στο φλογοθάλαμο (παραγωγή τύρβης για καλή ανάμιξη) και εναλλακτικό στο επάνω μέρος του φλογοθαλάμου.

Ανακυκλοφορία καυσαερίων:

Για την επίτευξη όσο το δυνατόν πληρέστερης καύσης των αερίων συστατικών, ένα μέρος του ρεύματος καυσαερίων (σε θερμοκρασία 220°C μετά την αποκονίωση) επανοδηγείται στην εστία καύσης. Η γεωμετρία της εστίας καύσης εξαρτάται από τα εξής:

Το μέγεθος, το σχήμα και την αρχή λειτουργίας των εσχαρών.

Το στροβιλισμό, την ομογενοποίηση, το χρόνο παραμονής και τον τρόπο ψύξης των αερίων. Για την εξασφάλιση της σωστής καύσης απαιτούνται:

- α) Καλή κατασκευή των εσχάρων.
- β) Βέλτιστη γεωμετρία του φλογοθαλάμου.
- γ) Παρεμβάσεις κατά τη λειτουργία ώστε να επιτευχθεί μείωση της τιμής O₂ σε 8% κ.ό. επί των ξηρών καυσαερίων.

Κατηγορίες εσχάρων βάσει του τρόπου τροφοδοσίας

Κύριος προορισμός της εσχάρας είναι η μεταφορά του καυσίμου (απορριμμάτων) μέσα στον αντιδραστήρα σε περίπου 1 ώρα. Για το σκοπό αυτό η εσχάρα πρέπει να σχεδιασθεί έναντι των ακόλουθων φορτίσεων:

- Μηχανική φόρτιση από το βάρος των απορριμμάτων.
- Θερμική φόρτιση από την εκλυόμενη θερμότητα κατά την καύση.
- Χημική φθορά (διάβρωση).
- Μηχανική φόρτιση εξαιτίας της κίνησης.

Οι προδιαγραφές που πρέπει να τηρούν οι εσχάρες των μονάδων καύσης απορριμμάτων είναι:

- Ακριβής ρύθμιση του πρωτογενούς αέρα.
- Καμία μεταβολή στις διαστάσεις των διαθεσίμων ανοιγμάτων ροής για τον πρωτογενή αέρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Αποφυγή ανομοιογενειών στον πρωτογενή αέρα.
- Μεταβλητότητα της ταχύτητας πρόωσης στις επιμέρους ζώνες.
- Καλή ανάμιξη.
- Μικρή στροβίλωση σωματιδίων σκόνης.
- Μικρές διαρροές υλικού από την εσχάρα (διαμέσου των ανοιγμάτων ροής αέρα).
- Αποφυγή της επικόλλησης τηγμένων υλικών στην εσχάρα, όπως και της οξείδωσης των εσχάρων.
- Εύκολη αντικατάσταση των εσχάρων.
- Μακροί χρόνοι ακινησίας (διαστήματα συντήρησης).

α. Εσχάρες συνεχούς τροφοδοσίας

- Ατέρμονη - κυλιόμενη εσχάρα: Τα απορρίμματα δεν αναδύονται αλλά καίγονται στο ίδιο

πάντα εσχάριο. Στην αρχή της εσχάρας πραγματοποιείται ξήρανση του φορτίου και στη συνέχεια καίγονται τα πτητικά.

- Κυλινδρική εσχάρα: Αποτελείται από κυλινδρικά εσχάρια, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα και έχει κλίση 20-30°.

β. Εσχάρες ασυνεχούς τροφοδοσίας

- Εσχάρα Πρόωσης: Αποτελούνται από τα εσχάρια τα οποία είναι το ένα τοποθετημένο πάνω στο άλλο σε σχηματισμό σκάλας και οι πρώτες σειρές προωθούν τα απορρίμματα στις επόμενες όπως το έμβολο. Η επιφάνεια της εσχάρας χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες. Στην πρώτη γίνεται ξήρανση των απορριμμάτων, στη δεύτερη καίγονται τα πτητικά, στην τρίτη γίνεται η καύση του εξανθρακώματος και στην τελευταία η καύση των υπολοίπων. Η εσχάρα πρόωσης διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

(α) εσχάρα εμπρόσθιας πρόωσης και

(β) εσχάρα οπισθοδρόμησης (τύπου Martin).

- Εσχάρα Αντώσεως: Έχει μεγάλη κλίση και η κίνηση των εσχάρων επιτυγχάνεται με

ωστήριους ράβδους και με έμβολα λαδιού.

Εκκίνηση καύσης

Κατά την εκκίνηση μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων από την κρύα κατάσταση, ο φλογοθάλαμος πρέπει να θερμανθεί περίπου στους 850°C πριν αρχίσουν να εισέρχονται σε αυτόν απορρίμματα προς καύση. Επίσης πρέπει να εξασφαλισθεί ότι η ελάχιστη θερμοκρασία του φλογοθαλάμου κατά τη λειτουργία δε θα κατέβει κάτω από αυτό το όριο. Για τους παραπάνω λόγους εγκαθίστανται στο φλογοθάλαμο καυστήρες έναυσης και καυστήρες υποστήριξης, οι οποίοι λειτουργούν με πετρέλαιο θέρμανσης ή με φυσικό αέριο (συχνά καυστήρες εναλλασσόμενου καυσίμου). Οι καυστήρες έναυσης (συνήθως 2) πρέπει να μπορούν να καθαρίζονται δονητικά από επικαθίσεις.

Εάν οι καυστήρες έναυσης και υποστήριξης προδιαγραφούν για το 50% της ονομαστικής ισχύος της εσχάρας, η εκκίνηση μίας κρύας εστίας μπορεί να ολοκληρωθεί σε 6-8 ώρες. Ο παραπάνω χρόνος μπορεί να μειωθεί στο μισό, εάν οι θερμαντικές επιφάνειες του λέβητα προθερμανθούν με βοηθητικό ατμό.

Διαρροές εσχάρας

Το ποσοστό συμμετοχής των διαρροών υλικού από την εσχάρα στη συνολική ροή μάζας της σκωρίας ανέρχεται στο 1%. Έτσι, η περιεκτικότητα της σκωρίας σε άκαυστα επηρεάζεται ελάχιστα από τις διαρροές εσχάρας που είναι πλούσιες σε αυτά και αναμιγνύονται με αυτήν. Ακόμη δεν έχει δοκιμασθεί πειραματικά η επανοδήγηση των διαρροών εσχάρας στην εστία.

Αποσκωριωτής

Η θερμή σκωρία σβήνεται σε λουτρό νερού μέσα στο δοχείο σκωρίας του αποσκωριωτή, αφού προηγουμένως πέσει από την άκρη της εσχάρας, ενδεχομένως και με τη βοήθεια κυλίνδρου ανακοπής. Υπάρχουν 2 γενικές κατηγορίες αποσκωριωτών:

Αποσκωριωτές ωστηρίου, ασυνεχούς λειτουργίας:

Πλεονεκτήματα:

- Μικρό περιεχόμενο σε νερό.
- Μικρή μηχανική φθορά λόγω τριβής.

Μειονεκτήματα:

- Κάποιος κίνδυνος στόμωσης («φρακαρίσματος»).
- Δυσκολίες κατά την εκκένωση.
- Ανάγκη για πρόσθετη διάταξη οδήγησης στην αποθήκη σκωρίας.

Αποσκωριωτές κυλιόμενης ταινίας, συνεχούς λειτουργίας:

Πλεονεκτήματα:

- Μικρός κίνδυνος στουμπώματος.
- Άμεση οδήγηση στην αποθήκη σκωρίας.

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλη μηχανική φθορά λόγω τριβής.
- Μεγάλο περιεχόμενο σε νερό.

Ρύθμιση της εστίας

Καθοριστικά μεγέθη για τη ρύθμιση μίας εστίας καύσης με εσχάρα είναι:

- Ροή μάζας στην εσχάρα.
- Ποσότητα αέρα καύσης. 145
- Κατανομή του αέρα καύσης σε πρωτογενή και δευτερογενή.
- Κατανομή του πρωτογενούς αέρα στις επιμέρους ζώνες της εσχάρας.
- Κατανομή του δευτερογενούς αέρα σε διαφορετικά ακροφύσια.
- Χρόνος παραμονής των απορριμμάτων στην εστία.
- Ανάδευση των απορριμμάτων στην εσχάρα.
- Μήκος και μορφή της φλόγας στην εσχάρα και στο φλογοθάλαμο.

Ως κριτήριο καλής καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Χρονική διακύμανση της παραγωγής ατμού.
- Περιεκτικότητα O_2 στα καυσαέρια.
- Περιεκτικότητα CO στα καυσαέρια.
- Μορφή της φλόγας στο φλογοθάλαμο.

Η ρύθμιση της εστίας δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και εξαρτάται από την πείρα και την τέχνη του προσωπικού.

Διαδικασία καύσης

Τα απορρίμματα οδηγούνται στην εσχάρα μέσω ενός φρεατίου πτώσης και μίας δοσομετρικής διάταξης (2 υδραυλικά ωστήρια, ατέρμονες εσχάρες). Το φρεάτιο, στο επάνω τμήμα του, είναι κωνικά διαμορφωμένο σαν χοάνη για τη διευκόλυνση της τροφοδοσίας από το γερανό. Η κωνική διαμόρφωση σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει το περιεχόμενο μιας λήψης του γερανού. Το φρεάτιο ψύχεται εξωτερικά με αέρα ή νερό και προβλέπεται η δυνατότητα φραγής του κατά την εκκίνηση/διακοπή μέσω απλών ή διπλών υδραυλικών διαφραγμάτων. Τα φαινόμενα που συμβαίνουν επάνω στην εσχάρα διακρίνονται σε έξι επιμέρους ζώνες:

1. Ζώνη ξήρανσης (εκτείνεται στο αρχικό 20% του μήκους της εσχάρας): Τα εισερχόμενα

απορρίμματα παραλαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα (ακτινοβολία αερίων και σωματιδίων) και με συναγωγή από τον προθερμασμένο πρωτεύοντα αέρα καύσης, με αποτέλεσμα να εξατμίζεται η περιεχόμενη σε αυτά υγρασία και τα πτητικά συστατικά.

2. Ζώνη πυρόλυσης: Αυξάνοντας τη θερμοκρασία εξατμίζονται διαρκώς περισσότερα πτητικά συστατικά.

3. Ζώνη έναυσης: Η απαραίτητη θερμότητα για την έναυση του στερεού υλικού προσδίδεται σε αυτό από επάνω με ακτινοβολία (από τη φλόγα και τα εσωτερικά τοιχώματα του φλογοθαλάμου).

4. Ζώνη εξαερίωσης: Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους έναυσης των απορριμμάτων προκαλεί εξαερίωση μιας ποικιλίας υλικών που περιέχονται σε αυτά.

5. Ζώνη καύσης: Ο εναπομένον άνθρακας οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα αέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της

εξαερίωσης.

Μεγάλη σημασία έχει η επαρκής ψύξη της εσχάρας από το πρωτεύοντα αέρα που τη διαρρέει.

6. Ζώνη ολοκλήρωσης της καύσης: Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει αρκετά αδρανοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.

4.4.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΣΤΙΑ ΤΥΠΟΥ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Η ρευστοποιημένη κλίνη (Εικόνα 9) χαρακτηρίζεται από μια γρήγορη, συνεχή και εναλλασσόμενη κίνηση των σωματιδίων στο χώρο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τα τελευταία 25 χρόνια και ένας από τους σπουδαιότερους λόγους προτίμησής της είναι ο έλεγχος του αποτεφρωτήρα και συγκεκριμένα ο έλεγχος της αντίδρασης καύσης, της ρύπανσης και της λειτουργίας.

Στην καύση με εστία ρευστοποιημένης κλίνης, η καύσιμη ύλη καίγεται σε μια κλίνη από αδρανές υλικό. Η θερμότητα που ελευθερώνεται δεσμεύεται στο μεγαλύτερο μέρος της από τις θερμαντικές επιφάνειες. Πριν τροφοδοτηθούν τα απορρίμματα προς καύση, γίνεται εκκίνηση του λέβητα με τη βοήθεια ενός καυστήρα πετρελαίου ή αερίου, ώστε να επιτευχθεί η θερμοκρασία ανάφλεξης. Οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης διακρίνονται σε τρία είδη:

(α) Σταθερή.

(β) Περιστροφική.

(γ) Ταχεία.

4.4.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΚΛΙΒΑΝΟ

Το σύστημα περιστρεφόμενου κλιβάνου αποτελείται από:

- Το σύστημα υποδοχής.
- Το δοσομετρικό σύστημα.
- Τον περιστρεφόμενο κύλινδρο.
- Το σύστημα παροχής αέρα.
- Τον επιπλέον καυστήρα.
- Το θάλαμο μετάκαυσης (τοποθετείται ώστε να διευκολυνθεί η πλήρης καύση των απορριμμάτων, λόγω του ότι ο χρόνος παραμονής τους είναι μικρός).
- Το σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης και της σκωρίας.

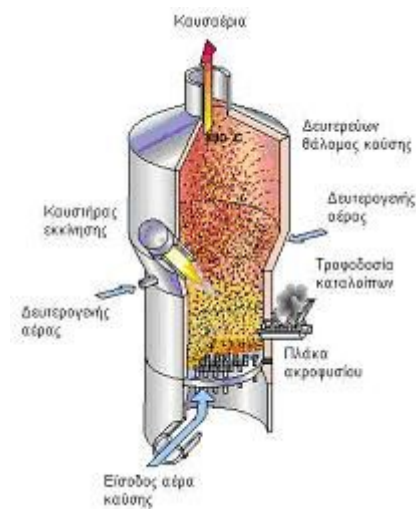
Στους συμβατικούς περιστρεφόμενους κλιβάνους, ο κύλινδρος είναι οριζόντιος και περιστρέφεται περί του άξονα του. Το υλικό (πρέπει να υπάρχει σταθερή και συνεχής παροχή) αναδεύεται, καίγεται και οδηγείται στο άλλο άκρο με την κατάλληλη κλίση (2-4%). Η καταστροφή των οργανικών επιτυγχάνεται με συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και κατάλληλου χρόνου παραμονής. Γενικά, όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία, τόσο μικρότερος ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για την καύση.

Τα **πλεονεκτήματα** της μεθόδου είναι τα εξής:

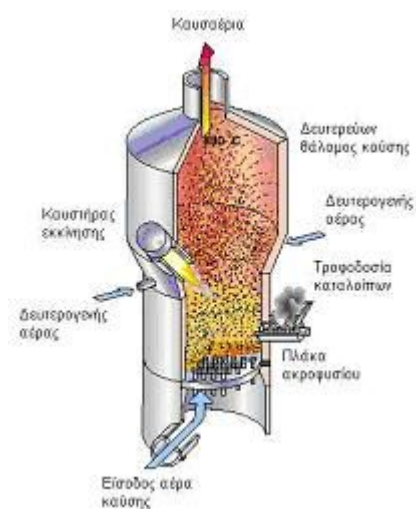
1. Έχει τη δυνατότητα να κάψει μεγάλη ποικιλία αποβλήτων.
2. Τα απορρίμματα δε χρειάζονται προεπεξεργασία.
3. Ελέγχεται εύκολα ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων στον κλίβανο.
4. Επιτυγχάνεται αποτελεσματική επαφή με τον αέρα.

ενώ στα **μειονεκτήματα** συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

1. Παραγωγή μεγάλης ποσότητας σωματιδίων λόγω υψηλής στροβιλότητας και τριβής που δημιουργείται στον κλίβανο.
2. Απαιτείται μεγάλη ποσότητα περίσσειας αέρα (100-150%).
3. Ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας χάνεται με τη στάχτη.
4. Είναι αναγκαίος συχνά ένας θάλαμος μετάκαυσης.



(α) Ρευστοποιημένη κλίνη ανακυκλοφορίας.



(β) Σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη.

Εικόνα 9. Εστίες ρευστοποιημένης κλίνης.

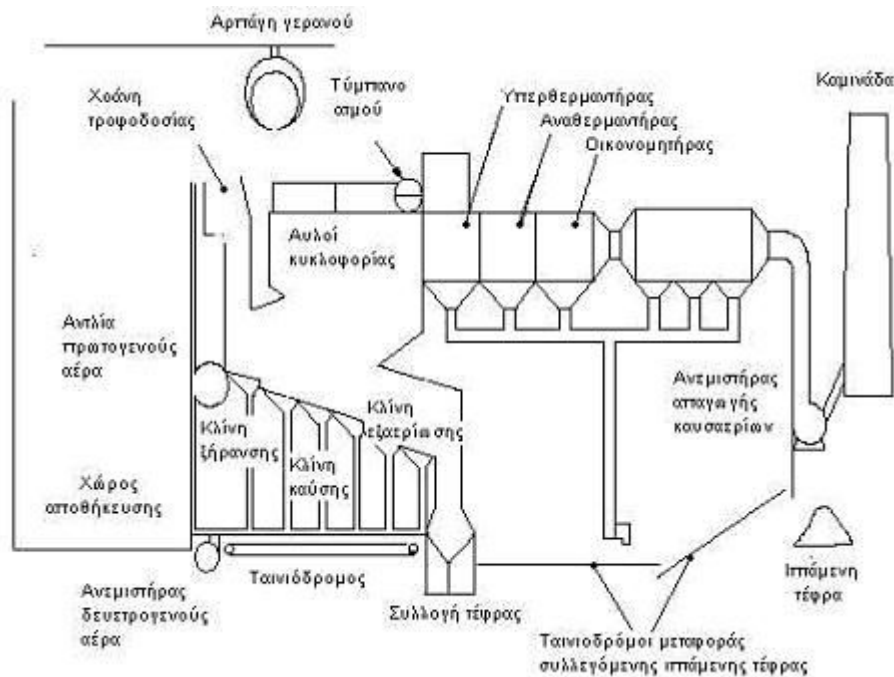
Πηγή aix.meng.auth.gr

Είδη θαλάμου καύσης

Μαζική καύση

Τα σύμμεκτα απορρίμματα αποτεφρώνονται στις μονάδες μαζικής καύσης, χωρίς να είναι απαραίτητος κάποιος προηγούμενος διαχωρισμός. Χαρακτηριστικό των μονάδων αυτών είναι ότι διαθέτουν μόνο έναν θάλαμο καύσης. Κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- (1) *Εσχαρών (πρόωσης θαλάμων με πυρίμαχα τοιχώματα).*
- (2) *Λεβήτων με υδραυλούς (Εικόνα 10).*
- (3) *Περιστρεφόμενοι, κεκλιμένοι, υδρόψυκτου κλιβάνου.*



Εικόνα 10. Διάταξη μονάδας μαζικής καύσης απορριμμάτων με υδραυλωτό λέβητα.

Πηγή aix.meng.auth.gr

Προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποτροπή εισόδου προβληματικών υλικών στη μονάδα, όπως ογκώδη, παλαιά ελαστικά αυτοκινήτων, πλαίσια και υλικά περίφραξης. Στην περίπτωση μη ύπαρξης διαχωριστών στο σύστημα, είναι δύσκολη η εκτροπή από τη συνολική ροή των απορριμμάτων υλικών όπως γυαλί, μεταλλικά κουτιά και μπαταρίες. Υπάρχουν διάφορες κατασκευαστικές παραλλαγές της τυπολογίας που αφορούν κυρίως στοιχεία τροφοδότησης, ανάμιξης και περιστροφής.

i. Μαζική καύση εσχαρών

Σε ένα σύστημα μαζικής καύσης η προεπεξεργασία των στερεών απορριμμάτων γίνεται πριν αυτά τοποθετηθούν στη χοάνη του συστήματος. Η μεταφορά των απορριμμάτων από το χώρο αποθήκευσής τους στη χοάνη τροφοδοσίας εσχάρας, πραγματοποιείται με τη βοήθεια γερανού, ο οποίος χρησιμοποιείται και για την εκτροπή των ογκωδών, αδρανών και επικινδύνων απορριμμάτων. Η μηχανική εσχάρα είναι το σημαντικότερο τμήμα της εστίας και με αυτή εξασφαλίζεται η

τροφοδοσία και ανάμιξη των απορριμμάτων. Από το κάτω μέρος της εσχάρας προσάγεται ο πρωτεύων αέρας καύσης με τη βοήθεια καταλλήλων διατάξεων.

Αρκετές παραλλαγές αυτού του συστήματος είναι βασισμένες σε περιστροφικά και παλινδρομικά στοιχεία.

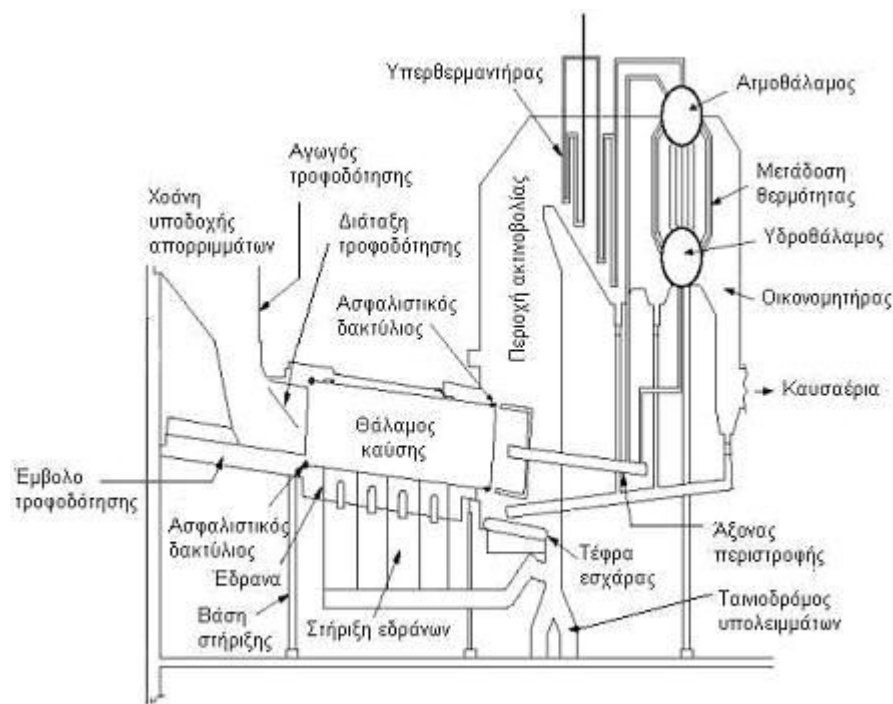
Οι εσχάρες είναι στερεωμένες στα τοιχώματα της εστίας καύσης πάνω σε ένα φέροντα μηχανισμό. Οι κύριες λειτουργίες των εσχάρων είναι η μεταφορά των αποβλήτων από το δοσομετρικό σύστημα, η ομοιογενής παροχή του πρωτεύοντος αέρα, η αναμόχλευση της φωτιάς στη ζώνη καύσιμης ύλης και η μεταφορά της στάχτης. Ο χώρος κάτω από τις εσχάρες αποτελείται από διαχωρισμένες μεταξύ τους ζώνες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της παροχής του αέρα που απαιτείται για την καύση ανάλογα με τις ανάγκες. Η ταχύτητα προώθησης των απορριμμάτων στις εσχάρες και η παροχή του αέρα μπορούν να ρυθμίζονται με ακρίβεια. Κάτω από τη ζώνη βρίσκονται τοποθετημένες χοάνες για την τέφρα που φθάνει στον υποδοχέα τέφρας.

Το βάρος της τέφρας φθάνει το 10-20% του βάρους των απορριμμάτων. Συνεπώς, με την καύση επιτυγχάνεται μείωση του όγκου των οικιακών απορριμμάτων κατά 80-90%. Από τον υποδοχέα η τέφρα μεταφέρεται στο χώρο εναπόθεσής της, ενώ τα καπναέρια, μετά τον καθαρισμό και την πιθανή επαναχρησιμοποίησή τους για ανάκτηση ενέργειας, διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Τα καπναέρια περιέχουν θειούχες ενώσεις, υδροχλώριο, αιωρούμενα σωματίδια και διάφορους οργανικούς ρύπους. Εάν διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα χωρίς επεξεργασία και σε μεγάλες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν σημαντική ρύπανση.

Για το σχεδιασμό των αποτεφρωτήρων λαμβάνονται υπόψη η ποσότητα, η σύσταση και η θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση τους. Για την προθέρμανση της κύριας εστίας του αποτεφρωτήρα είναι απαραίτητη η προσθήκη καυσίμου υποστήριξης (π.χ. πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Η χρήση καυσίμου υποστήριξης όμως μπορεί να απαιτηθεί ακόμη και όταν η θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων είναι χαμηλή και δε μπορεί να διατηρήσει την καύση. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της καύσης, που περιορίζει τις δυνατότητες εφαρμογής αλλά και την οικονομική της αποδοτικότητα, εντοπίζεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση που μπορεί να προκληθεί από τις εκπομπές των καπναερίων, π.χ. HCl, σκόνη, NOx και SOx. Τα υπολείμματα της καύσης και η συγκρατούμενη ιπτάμενη τέφρα μεταφέρονται συνήθως για ταφή, ενώ τελευταία αξιοποιούνται ως αδρανές υλικό στην οδοποιία ή στην τσιμεντοβιομηχανία. Οι μονάδες μαζικής καύσης πυρίμαχων τοιχωμάτων με εσχάρες πρόωσης χρησιμοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία του '70 και στις αρχές του '80. Στόχος τους αποτέλεσε η μείωση του όγκου των απορριμμάτων κατά 70-90% χωρίς να πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας. Στις εγκαταστάσεις μαζικής καύσης με υδραυλούς πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας από τον παραγόμενο ατμό του λέβητα. Οι μονάδες αυτές παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης καύσης από ό,τι οι εγκαταστάσεις πυρίμαχων τοιχωμάτων, αν και η μείωση του όγκου των απορριμμάτων παραμένει περίπου η ίδια.

ii. Μαζική καύση περιστρεφόμενου κλιβάνου

Στις μονάδες μαζικής καύσης περιστρεφόμενου υδρόψυκτου κλιβάνου κλίσης 15-20° η είσοδος των απορριμμάτων πραγματοποιείται στο υψηλότερο σημείο με υδραυλικό έμβολο (Εικόνα 11). Ο προθερμασμένος αέρας καύσης αποστέλλεται προς τον κλίβανο από διάφορες εισόδους. Η αργή περιστροφή του κλιβάνου (10-20 περιστροφές/ώρα) έχει ως αποτέλεσμα την ανάδευση των δημοτικών ΣΑ και ως εκ τούτου την πλήρη καύση τους.



Εικόνα 11. Διάταξη μαζικής καύσης με περιστρεφόμενο κλίβανο.

Πηγή aix.meng.auth.gr

Ο περιστρεφόμενος κλίβανος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για την καύση των βιομηχανικών αποβλήτων και των ρυπασμένων εδαφών, επειδή έχει τη δυνατότητα να κάψει εκτός από τα ΣΑ και τα υγρά σε σημαντικές περιεκτικότητες (κάτι που δεν μπορεί να κάνει π.χ. η εσχάρα).

4.4.4 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΥΣΗ

Οι μονάδες τμηματικής καύσης μεταφέρονται προκατασκευασμένες και δέχονται μη επεξεργασμένα απορρίμματα. Χαρακτηρίζονται από μικρές δυναμικότητες (18 έως 270 τόνους ανά ημέρα) και διακρίνονται σε μονάδες:

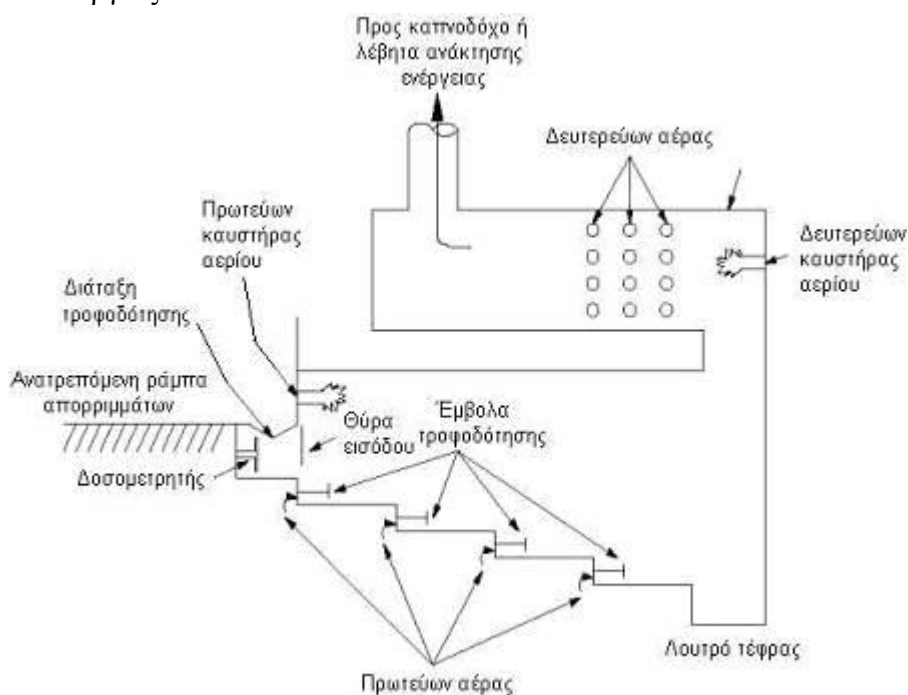
(α) Έλλειψης ή ελεγχόμενου αέρα.

(β) Περίσσειας αέρα.

i. Τμηματική καύση με σύστημα ελεγχόμενου αέρα.

Η μέθοδος ελεγχόμενου αέρα είναι γνωστή και ως καύση σε συνθήκες έλλειψης αέρα. Στην Εικόνα 12 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα μονάδας τμηματικής καύσης

Αρχικά, τα απόβλητα προς καύση εισάγονται στο βασικό (ή πρωτεύοντα) θάλαμο καύσης, μαζί με ποσότητα αέρα ή οξυγόνου μικρότερη της απαιτούμενης στοιχειομετρικής για την καύση των αποβλήτων (δεν ξεπερνά το 60-70% της στοιχειομετρικής). Ο αέρας καύσης (πρωτεύων αέρας) εισέρχεται κάτω από την κλίνη με τη βοήθεια ενός μηχανισμού. Στο βασικό θάλαμο είναι απαραίτητη η παρουσία τουλάχιστον ενός καυστήρα, ώστε να επιτευχθεί η απαραίτητη θερμοκρασία λειτουργίας.

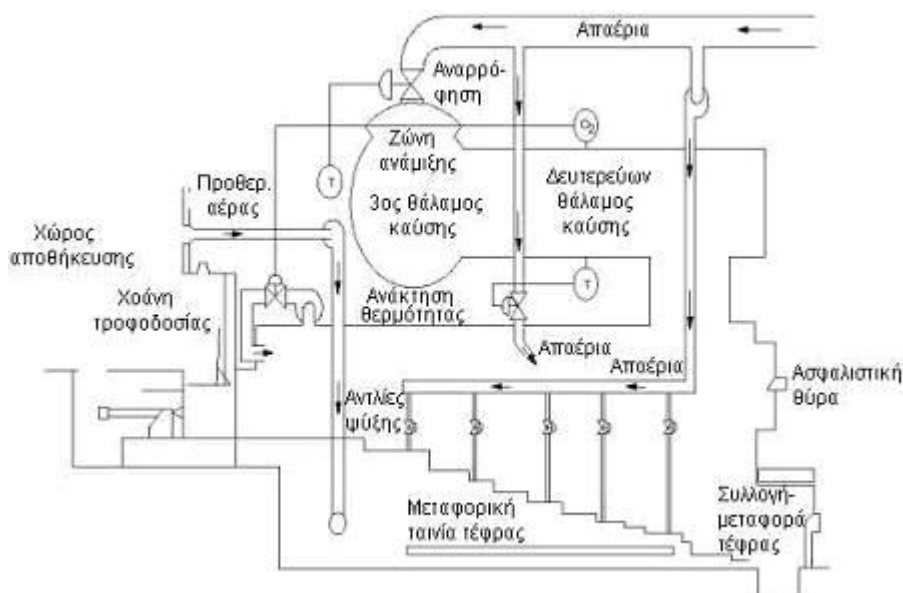


Πηγή aix.meng.auth.gr

5 2

ii. Καύση σε συνθήκες περίσσειας αέρα.

Η μονάδα που λειτουργεί με συνθήκες περίσσειας αέρα είναι μία μικρή πολυβάθμια μονάδα επεξεργασίας (Εικόνα 13). Τυπικά, η πολυβάθμια μονάδα καύσης είναι μία συμπαγής εγκατάσταση που περιλαμβάνει εσωτερικά μία σειρά από θαλάμους και διαχωριστικά, τα οποία μπορούν να λειτουργούν διαδοχικά ή ομαδικά.



Εικόνα 13. Μονάδα τμηματικής καύσης περίσσειας αέρα.

Πηγή aix.meng.auth.gr

Η απαίτηση σε αέρα και στους δύο θαλάμους είναι υψηλότερη της στοιχειομετρικής (100-150% περίσσεια αέρα). Τα απόβλητα εισέρχονται στον πρώτο θάλαμο καύσης και στη συνέχεια, αφού κλείσει η πόρτα τροφοδοσίας αποβλήτων, αναφλέγονται ένας ή δύο καυστήρες, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο δεύτερο θάλαμο. Όταν η θερμοκρασία φθάσει στο στόχο της, τότε αναφλέγεται και ο καυστήρας του πρώτου θαλάμου καύσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, τα απόβλητα αποξηραίνονται, αναφλέγονται και καίγονται από τη θερμότητα που συντηρείται από τον καυστήρα του πρώτου θαλάμου διαμέσου των τοιχωμάτων του. Η υγρασία και τα πτητικά συστατικά των αποβλήτων αεριοποιούνται και διαφεύγουν μαζί με τα παραγόμενα αέρια της καύσης από τον πρώτο στο δεύτερο θάλαμο διαμέσου μιας φλεγόμενης θύρας. Στη συνέχεια εισάγεται περίσσεια αέρα από τη φλεγόμενη θύρα, ο οποίος αναμιγνύεται με τα πτητικά συστατικά στο χώρο του δευτέρου θαλάμου καύσης, όπου είναι τοποθετημένοι ένας ή δύο καυστήρες ώστε να συντηρήσουν επαρκώς τη θερμοκρασία για την καύση των πτητικών ουσιών. Ο ρόλος του δευτέρου θαλάμου καύσης είναι να εξασφαλίσει τον απαραίτητο χρόνο, την απαραίτητη θερμοκρασία και τη συμπληρωματική ποσότητα καυσίμου για την καύση των οργανικών συστατικών που δεν πρόλαβαν να καούν στον πρωτεύοντα θάλαμο. Τα καυσαέρια εξέρχονται από το δεύτερο θάλαμο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την καπνοδόχο είτε απ'ευθείας είτε μέσω συσκευής ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τα **πλεονεκτήματα** των μονάδων αυτών είναι:

- Δέχονται ποικιλία αποβλήτων.
- Εύκολος έλεγχος του χρόνου παραμονής των απορριμμάτων στον κλίβανο.

Αποτελεσματική επαφή των απορριμμάτων με τον αέρα.

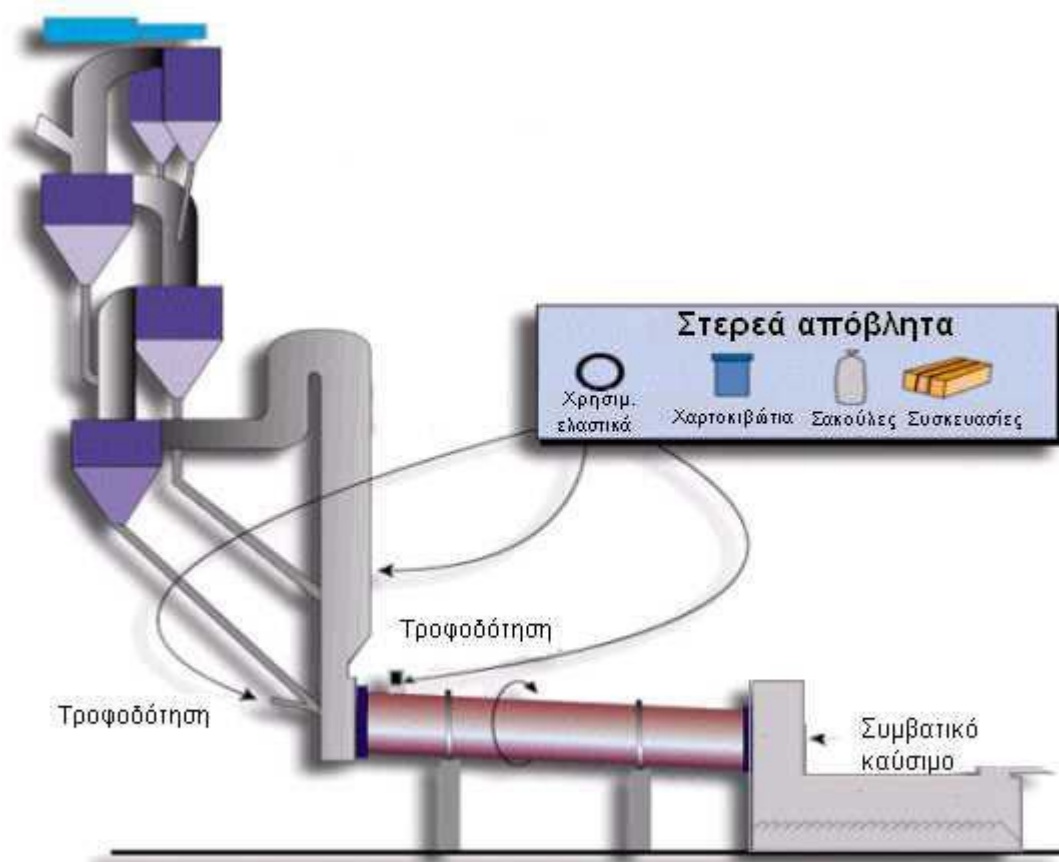
Στα **μειονεκτήματά** τους συγκαταλέγονται:

- Η παραγωγή μεγάλης ποσότητας σωματιδίων στα απαέρια.
- Η απαίτηση ύπαρξης του δευτερεύοντα θαλάμου καύσης.
- Η υψηλή απαιτούμενη περίσσεια αέρα.
- Οι υψηλές απώλειες θερμότητας της τέφρας.

Η θύρα εξόδου των αποβλήτων ελέγχεται από τη ρύθμιση της περιστροφικής κίνησης του κλιβάνου και της γωνίας κλίσης του. Στο τέλος της καύσης έχει απομείνει προς το τέλος του κλιβάνου τέφρα, η οποία απορρίπτεται σε ξηρή μορφή ή σβήνεται σε λουτρό νερού. Οι εγκαταστάσεις έλλειψης (ή ελεγχόμενου) αέρα είναι οικονομικότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες της περίσσειας. Η προσαγόμενη ποσότητα αέρα στον πρωτεύοντα θάλαμο καύσης είναι μικρότερη της στοιχειομετρικής. Τα απαέρια οδηγούνται στο δευτερεύοντα θάλαμο καύσης, όπου πραγματοποιείται καύση περίσσειας αέρα με τη βοήθεια συμβατικού καυσίμου (π.χ. φυσικό αέριο). Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται ομοιόμορφα στο δευτερεύοντα θάλαμο καύσης, σε συνδυασμό με την καλή ανάμιξη που επιτυγχάνεται από την τύρβη των απαερίων, συνεισφέρουν στη μείωση του σχηματισμού και των εκπομπών σωματιδίων και οργανικών ρύπων. Με τον τρόπο αυτό δεν απαιτούνται εκτενή συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης.

4.4.5 ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΠΟ ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ (RDF)

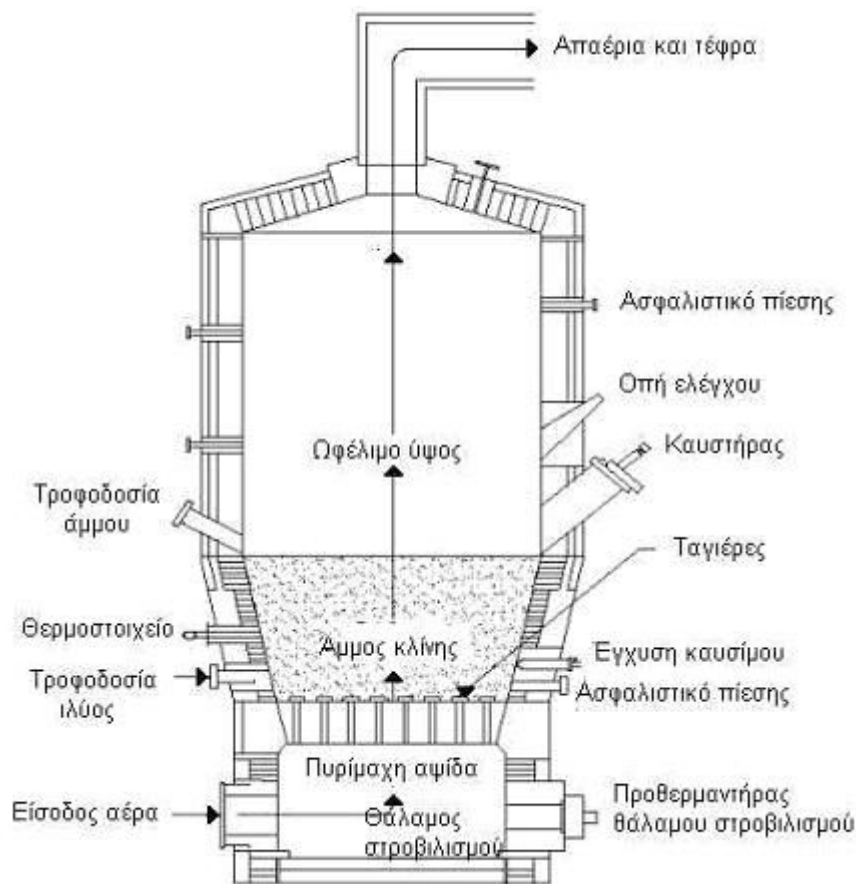
Τα ανακτώμενα υλικά (γυαλί, σιδηρούχα μέταλλα και αλουμίνιο) διαχωρίζονται από τη μάζα των απορριμμάτων μηχανικά και συλλέγονται για επεξεργασία και μελλοντική πώληση ή διάθεση. Το κλάσμα των υπόλοιπων υλικών (χαρτί, πλαστικό, Δ-Ξ-Λ-Υ, λοιπά καύσιμα) ονομάζεται Καύσιμο από Σκουπίδια [ΚαΣ (RDF)]. Η χρήση του ΚαΣ πραγματοποιείται, τόσο στην ίδια τη μονάδα παραγωγής του όσο και σε κλιβάνους της τσιμεντοβιομηχανίας αυτούσιο ή με τη μορφή πελετών (πλεονέκτημα εύκολης μεταφοράς και αποθήκευσης (**Εικόνα 14**)).



Εικόνα 14. Χρήση αποβλήτων υψηλής θερμογόνου δύναμης στην τσιμεντοβιομηχανία. (Πηγή aix.meng.auth.gr)

Το ΚαΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εστία καύσης μετά από επεξεργασία με την οποία επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση και μείωση του όγκου του. Στους θαλάμους ΚαΣ η εστία είναι συνήθως ρευστοποιημένης κλίνης (**Εικόνα 15**), κάτω από την οποία διοχετεύεται ο πρωτογενής αέρας καύσης. Οι εγκαταστάσεις καύσης ΚαΣ λειτουργούν με περίσσεια αέρα 80-100%.

Η καύση του ΚαΣ πραγματοποιείται στο φλογοθάλαμο, μεταξύ του οποίου και του συστήματος καθαρισμού καυσαερίων παρεμβάλλεται διάταξη λέβητα.

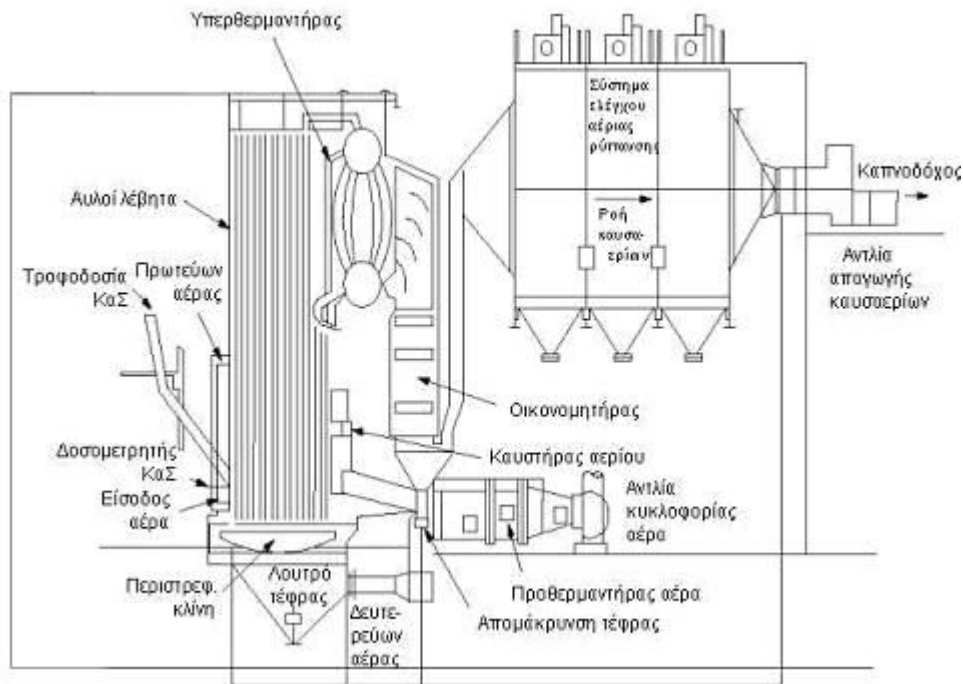


Εικόνα 15. Εστία ρευστοποιημένης κλίνης ΚαΣ. (Πηγή aix.meng.auth.gr)

Ο διερχόμενος από τα ακροφύσια αέρας υπό πίεση (30-100% περίσσεια) «ρευστοποιεί» το υπόστρωμα της κλίνης (CaCO_3), το οποίο διαστελλόμενο καταλαμβάνει διπλάσιο όγκο. Το ΚαΣ εισάγεται στην επιφάνεια του αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης. Η πραγματοποιούμενη ανάδευση ευνοεί τη δημιουργία τύρβης και την ανάμιξη με ευεργετικά αποτελέσματα στη μετάδοση θερμότητας (θερμοκρασία κλίνης 815°C). Το βοηθητικό καύσιμο δεν είναι απαραίτητο μετά την εκκίνηση και η κλίνη παραμένει σε υψηλή θερμοκρασία για περίπου 24 ώρες καθιστώντας αυτοδύναμη την επανεκκίνηση της μονάδας. Οι μονάδες καύσης ΚαΣ (**Εικόνα 16**) διαθέτουν κατεργαστές και επεξεργαστές για τη μείωση του όγκου των σωματιδίων. Λόγω του ότι στα απορρίμματα ενδεχομένως να υπάρχουν εκρηκτικά ή εύφλεκτα υλικά, οι κατεργαστές είναι εξοπλισμένοι με κατάλληλες ασφαλιστικές διατάξεις. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται η απαραίτητη τύρβη για τη βελτιστοποίηση της καύσης.

Λόγω των γνωστών χαρακτηριστικών της εισερχόμενης μάζας απορριμμάτων, οι μονάδες αυτού του τύπου ανταποκρίνονται εύκολα στις απαιτήσεις προστασίας του

περιβάλλοντος με τη χρήση κατάλληλων συστημάτων παρακράτησης ρύπων και επεξεργασίας υπολειμμάτων. Τα συστήματα ΘΕ με ΚαΣ θεωρούνται αποδοτικότερα αυτών της μαζικής καύσης λόγω της ομογενοποιημένης φύσης του ΚαΣ, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο της καύσης και μεγαλύτερη απόδοση των συστημάτων κατακράτησης ρύπων. Επιπρόσθετα, μια προσεκτική σχεδίαση.



Εικόνα 16. Μονάδα ΚαΣ με λέβητα. (Πηγή aix.meng.auth.gr)

του συστήματος μπορεί να απομακρύνει σημαντικό μέρος των μετάλλων, πλαστικών και άλλων υλικών που μπορεί να συμβάλλουν στην εκπομπή επικίνδυνων αερίων. Στην περίπτωση ανυπαρξίας αγοράς ανακυκλώσιμων, η συνολική ποσότητα προς ΤΔ στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι μεγαλύτερη αυτής των μονάδων μαζικής καύσης. Ο διαχωρισμός των μονάδων αυτής της τυπολογίας προκύπτει από τη ροή αποβλήτων που δέχονται (μόνο ΚαΣ ή ΚαΣ-δημοτικά στερεά) και από τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά (εσχάρες καύσης ή ρευστοποιημένης κλίνης). Οι μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης ΚαΣ διακρίνονται σε:

- (1) Κλίνης φουσαλίδων (*bubbling-bed*).
- (2) Ανακυκλοφορούσας κλίνης (*circulating-bed*).

Το σύστημα καύσης αποτελείται από κατακόρυφο χαλύβδινο κύλινδρο με αμμώδη ή ασβεστολιθική κλίνη, βοηθητική εσχάρα υποστήριξης, και ακροφύσια (γνωστά ως «ταγιέρες») για την έγχυση του αέρα. Η χρήση ασβεστόλιθου ως υλικού κατασκευής της κλίνης, επιτρέπει την καύση ανθρακούχων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο με ελάχιστες εκπομπές διοξειδίου θείου.

Εκμετάλλευση ενέργειας

Στόχος του ΚαΣ είναι η αδρανοποίηση και καταστροφή των επικινδύνων ουσιών των απορριμμάτων που δεν είναι υλικά αξιοποιήσιμα. Η εκμετάλλευση της εκλυόμενης ενέργειας (ενέργειας που εμπεριέχεται στα απορρίμματα) βελτιώνει την οικονομικότητα της μεθόδου. Ο παραγόμενος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία, για παραγωγή ηλεκτρισμού και για (τηλε-)θέρμανση/ψύξη. Η βιομηχανική χρήση εξασφαλίζει μία σταθερή κατανάλωση όλο το χρόνο αλλά και μία εξάρτηση από μία ή περισσότερες παραγωγικές διαδικασίες, κάτι που μακροπρόθεσμα μπορεί να αποδειχθεί παρακινδυνευμένο. Η ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί επίσης έναν αξιόπιστο μακροχρόνιο καταναλωτή, με σημαντικό όμως μειονέκτημα τις μεγάλες απώλειες μετατροπής και απόβλητης θερμότητας (80%). Η τροφοδότηση δικτύων θέρμανσης εμφανίζει έντονη εποχιακή εξάρτηση και διακύμανση. Δυνατός (και τις περισσότερες φορές ενδεικνυόμενος) είναι συνδυασμός 2 ή και των 3 λύσεων (συμπαραγωγή- πολυπαραγωγή), κάτι το οποίο προωθείται ισχυρά και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο γενικότερα.

Απομάκρυνση της τέφρας

Η τέφρα από τις διαδρομές των καυσαερίων σε μονάδες καύσης απορριμμάτων συλλέγεται συνήθως σε ξηρή μορφή. Υγρά συστήματα απαγωγής της τέφρας απαντώνται μόνο σε κλιβάνους περιστρεφόμενου κυλίνδρου σε μονάδες καύσης ειδικών απορριμμάτων.

Κύκλωμα νερού-ατμού

Το κύκλωμα νερού-ατμού είναι εν γένει όμοιο με αυτό των θερμικών, ηλεκτρικών και θερμοηλεκτρικών σταθμών. Στην περίπτωση αποκλειστικής παραγωγής ηλεκτρισμού, εκλείπει πάντως η ενεργειακή βελτιστοποίηση μέσω της αναθέρμανσης του ατμού. Άλλα γνωρίσματα είναι οι σχετικά χαμηλές παράμετροι ατμού και η ύπαρξη εγκατάστασης συμπυκνωτήρα αέρα και μειωτήρα κυκλώματος υψηλής πίεσης για φάσεις λειτουργίας χωρίς παραγωγή ηλεκτρισμού.

Παράμετροι ατμού σε μονάδες καύσης

Τα απαέρια των μονάδων καύσης απορριμμάτων χαρακτηρίζονται από μία έντονη διαβρωτικότητα, η οποία αυξάνει με αύξηση της θερμοκρασίας των σωλήνων (αυλών). Εξαιτίας αυτού επιδιώκονται χαμηλές θερμοκρασίες στους σωλήνες και ως εκ τούτου χαμηλές παράμετροι ατμού (πίεση, θερμοκρασία), ώστε να περιορισθούν αστοχίες της εγκατάστασης εξαιτίας τρυπήματος των αυλών λόγω διάβρωσης. Η ηλεκτροπαραγωγή απαιτεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις ατμού (500°C -αύξηση του χαμηλού βαθμού απόδοσης), και επιβάλλει συντήρηση κάθε 4.000-5.000 ώρες. Σε περίπτωση που τροφοδοτείται μόνον δίκτυο (τηλε-)θέρμανσης/ψύξης, είναι ενδεικνυόμενος ο σχεδιασμός λέβητα κορεσμένου ατμού θερμοκρασίας ως 350°C και η συντήρηση μπορεί να γίνεται κάθε 7.000-8.000 ώρες.

Συμπυκνωτήρες αέρα

Στα σημεία που κατασκευάζονται οι μονάδες καύσης απορριμμάτων δεν υπάρχει συνήθως η δυνατότητα χρησιμοποίησης π.χ. κάποιου ποταμού για απαγωγή της θερμότητας από το συμπυκνωτήρα. Για το λόγο αυτό έχει καθιερωθεί η χρήση ξηρών συμπυκνωτήρων αέρα, η οποία μάλιστα οδηγεί και σε αποφυγή των σύννεφων ατμού που συνοδεύουν πάντοτε τη λειτουργία υγρών πύργων ψύξης. Στα μειονεκτήματα των συμπυκνωτήρων αέρα κατατάσσονται:

- Η ηχορύπανση από τους ανεμιστήρες.
- Η σχετικά υψηλή κατανάλωση ρεύματος των ανεμιστήρων (η απορροφούμενη ισχύς ανέρχεται στο 1,5-2% της ψυκτικής ισχύος).

Μειωτήρας κυκλώματος υψηλής πίεσης

Μία μονάδα καύσης απορριμμάτων πρέπει να μπορεί να διατηρείται σε λειτουργία ακόμη και σε περιπτώσεις ακινησίας του στροβίλου. Στην περίπτωση αυτή ο ατμός οδηγείται, αφού στραγγαλιστεί και ψυχθεί με πρόσδοση νερού, στο δοχείο συλλογής κορεσμένου ατμού και από εκεί στο συμπυκνωτήρα.

Προβλήματα διάβρωσης

Οι λέβητες των μονάδων καύσης απορριμμάτων απειλούνται κυρίως από χημική και κατά δεύτερο λόγο από μηχανική διάβρωση, κάτι που έχει οδηγήσει σε συχνές απογραμματίστες διακοπές λειτουργίας, ιδίως σε παλαιότερες μονάδες. 159

Εκπομπές ρύπων και καθαρισμός απαερίων

Η εγκατάσταση καθαρισμού καυσαερίων σε μία μονάδα καύσης απορριμμάτων δεν αποτελεί απλή βοηθητική εγκατάσταση, αλλά εξυπηρετεί άμεσα τον προορισμό της ίδιας της μονάδας. Ο καθαρισμός των καυσαερίων αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της ΘΕ των απορριμμάτων, η οποία πρέπει να αντιμετωπίζεται σφαιρικά ως μία φυσικοχημική επεξεργασία, καθώς φυσικές και χημικές διεργασίες εξελίσσονται τόσο κατά την καύση όσο και κατά τα επιμέρους στάδια του καθαρισμού καυσαερίων. Ο βασικός προορισμός του καθαρισμού των καυσαερίων σε μονάδες καύσης απορριμμάτων είναι ο διαχωρισμός των αερίων και των (στο καυσαέριο υγροποιημένων) στερεών προϊόντων της καύσης, με περαιτέρω στόχο είτε μία περαιτέρω υλική τους αξιοποίηση είτε την ασφαλή ΤΔ (απόθεση). Το δυναμικό των υλικώς αξιοποιήσιμων συστατικών στα απαέρια μονάδων καύσης απορριμμάτων είναι πάντως χαμηλό (π.χ. επανάκτηση Hg, χρήση του Cl για παραγωγή HCl, χρήση των οξειδίων του θείου για παραγωγή γύψου). Κατά την απόθεση των υλικώς μη αξιοποιήσιμων συστατικών πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ:

- Απόρριψης φυσικών συστατικών του αέρα στην ατμόσφαιρα (κυρίως CO₂ αλλά και ιχνοστοιχεία όπως οξείδια του αζώτου χωρίς πάντως την πρόκληση ουσιαστικών βλαβών στο περιβάλλον).
- Υγειονομικής ταφής αδρανών στερεών σε χωματερές (κυρίως αδρανοποιημένη ιπτάμενη τέφρα).
- Υγειονομικής ταφής σε ειδικούς χώρους (μίγματα βαρέων μετάλλων, μίγματα αλάτων).

Το είδος και η ποσότητα των περιεχομένων των καυσαερίων από μονάδες καύσης απορριμμάτων (ΜΚΑ) εξαρτώνται από τη σύσταση του καυσίμου-απορρίμματος, το σύστημα καύσης, την οδήγηση των καυσαερίων και τις συνθήκες καύσης. Μία τυπική σύσταση ακάθαρτων καυσαερίων φαίνεται στον **Πίνακα 5**:

Πίνακας 5. Συστατικά ακάθαρτων καυσαερίων από ΜΚΑ.

Συστατικό	Τιμή	Μονάδες
H ₂ O	10-18	%, κατ'όγκον
CO ₂	6-12	%, κατ'όγκον
O ₂	7-14	%, κατ'όγκον
CO	20-600	mg/m ³
HCl	400-1500	mg/m ³
HF	2-20	mg/m ³
SO ₂	200-800	mg/m ³
NO _x	250-400	mg/m ³
Διοξίνες/Φουράνια	300-500	ng/m ³
Τέφρα	800-15000	ng/m ³

Πηγή aix.meng.auth.gr

Οι πρώτες ερευνητικές δραστηριότητες γύρω από την καύση απορριμμάτων αφορούσαν κυρίως στη λειτουργία του ηλεκτρικού σταθμού. Η ΜΚΑ ήταν κι αυτή ένας θερμοηλεκτρικός σταθμός, ο οποίος καλούνταν να παράγει μεγάλες και σταθερές ποσότητες ατμού, κατά το δυνατόν συνεχώς τηρώντας παράλληλα όλες τις σχετικές διατάξεις προστασίας του περιβάλλοντος. Παράλληλα, θέματα ασφαλείας λειτουργίας, διάβρωσης και δημιουργίας επικαθήσεων αποτελούσαν αντικείμενο ενδιαφέροντος. Τα τελευταία χρόνια, η παραπάνω εικόνα έχει αλλάξει: Η ΜΚΑ θεωρείται πλέον ως καταβόθρα ρύπων, ως συσκευή καταστροφής οργανικών ρύπων και εξυγίανσης του στερεού αποβλήτου και ως μονάδα μείωσης του όγκου του στερεού αποβλήτου.

Ορισμένα νέα μέτρα και προσανατολισμοί, όπως η αποφυγή και η ελαχιστοποίηση της ΠΑ και η ξεχωριστή συλλογή υλικών, έχουν ήδη αρχίσει να δίνουν στην καύση απορριμμάτων έναν νέο ρόλο, αυτόν της καύσης των υπολειμμάτων των απορριμμάτων. Σημαντικότατο σημείο αποτελεί η μείωση των εκπομπών, η οποία αναφέρεται τόσο στα καυσαέρια όσο και στα στερεά κατάλοιπα. Η ανάκτηση ενέργειας αποτελεί θετικό παράλληλο φαινόμενο αλλά όχι πρωτεύοντα στόχο. Πάντως, σε πολλές περιπτώσεις, μείωση εκπομπών συνεπάγεται καλύτερη ενεργειακή εκμετάλλευση (π.χ. χαμηλές τιμές CO υπονοούν πλήρη καύση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

Στον **πίνακα 6** δίνεται **τεχνικοοικονομική αξιολόγηση** με βάση τα οικονομικά δεδομένα του **Πίνακα 5** και λαμβάνοντας επίσης υπ' όψη την συσσωρευμένη εμπειρία της κάθε τεχνολογίας (τεχνολογικό ρίσκο) σε τιμές 1992.

Πίνακας 6: Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση διαφόρων τεχνολογιών

Τεχνολογία	Συνολικό Ετήσιο Κόστος (25 έτη, 5%) x 1000	Συνολικό Ετήσιο Κόστος (20 έτη, 10%) x 1000	Τεχνολογικό Ρίσκο
ΧΥΤΑ	1.887.000	2.447.000	Ανύπαρκτο
ΚΑΑΕ	2.918.000	4.505.000	Πολύ Χαμηλό
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ)	3.337.000^ 2.206.000 *	3.750.000^ 2.870.000*	Πολύ Χαμηλό
ΒΙΟΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ (420 T/H)	#	#	Ανύπαρκτο
ΚΑΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ RDF (200 T/H)	@	@	Πολύ Χαμηλό
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	3.700.000	4.820.000	Υψηλό
ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗ ΠΗΓΗ + MRFs (100 T/H)	-365.000 (έσοδα)	- 341.000	Πολύ Χαμηλό
ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	1.880.000	3.513.000	Πολύ Υψηλό

* Αφορά καύση του RDF σε υπάρχουσες τσιμεντοβιομηχανίες.

Έχει περιληφθεί στο Μηχανικό Διαχωρισμό

@ Έχει περιληφθεί στο Μηχανικό Διαχωρισμό ^

Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Στον **πίνακα 7**, δίνονται στοιχεία κόστους για τις διάφορες τεχνολογίες σε τιμές 1994.

Τεχνολογία	Κόστος* Εγκατάστασης δρχ x 1000	Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος δρχ x 1000	Ετήσια Έσοδα δρχ x1000
ΧΥΤΑ	12.000.000	1.300.000	263.000
ΚΑΑΕ	34.000.000	2.000.000	1.490.000
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ (ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ)	10.200.000	1.400.000	700.000
ΒΙΟΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ Η (ΔΙΑΧΩΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ) (420 T/H)	4.000.000	500.000	(100,000)
ΚΑΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ RDF (200 T/H)	7.500.000	600.000	(600.000)
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	24.000.000	2.500.000	500.000
ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗ ΠΗΓΗ + ΜΑΥ (100 T/H)	500.000	900.000	1.300.000
ΠΥΡΟΛΥΣΗ/ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	35.000.000	1.600.000	2.200.000

Πίνακας 7: Υπολογιζόμενο κόστος κάθε τεχνολογίας.

Πηγή <http://www.eedsa.gr>

*Περιλαμβάνεται και το κόστος ΧΥΤΑ υπολειμμάτων. Θεωρείται ότι οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν τη βέλτιστη υπάρχουσα τεχνολογία αντιρρύπανσης και πληρούν τις πρόσφατες διατάξεις ΕΕ για περιβαλλοντική προστασία.

Τα έσοδα έχουν ήδη ληφθεί υπ' όψη στις πωλήσεις των υλικών του μηχανικού διαχωρισμού.

5.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η στρατηγική προβλέπει πολλές επιπλέον δράσεις κατά τα επόμενα έτη. Μερικές από τις δράσεις αυτές πρέπει να υλοποιηθούν αμέσως, ενώ άλλες θα είναι καλύτερα να δρομολογηθούν αφού θα γίνουν εμφανείς οι επιπτώσεις από τα πρώτα μέτρα και από την υφιστάμενη νομοθεσία η οποία ακόμη δεν έχει τεθεί σε ισχύ. Η Επιτροπή πρόκειται να χρησιμοποιήσει και άλλους τρόπους για να πετύχει τους στόχους της νέας στρατηγικής.

Για παράδειγμα:

1) Προτρέπει τα κράτη μέλη να βελτιώσουν τις συνθήκες της αγοράς για τις δραστηριότητες ανακύκλωσης και την εμπορική ζήτηση για ανακυκλωμένα υλικά, εντάσσοντας τα ζητήματα αυτά στους εθνικούς χάρτες πορείας της εφαρμογής του σχεδίου δράσης της ΕΕ για τις περιβαλλοντικές τεχνολογίες, οι οποίοι έπρεπε να έχουν υποβληθεί μέχρι το τέλος του 2005.

2) Θα εξασφαλίσει ότι τα ευρωπαϊκά κονδύλια που διατίθενται για έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της τεχνολογίας των αποβλήτων αντιμετωπίζουν τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων. Στο πλαίσιο της αναθεώρησης των κατευθυντηρίων γραμμών σχετικά με τις κρατικές ενισχύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, η Επιτροπή θα αποσαφηνίσει τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι δυνατή η χορήγηση κρατικών ενισχύσεων για τη στήριξη δραστηριοτήτων ανακύκλωσης αποβλήτων. Θα υποστηρίξει επίσης τη διανομή και τη μεταφορά των βέλτιστων πρακτικών όσον αφορά την ευαισθητοποίηση, την εκπαίδευση και τα κίνητρα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και για την ανακύκλωση τους σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

Η θεματική στρατηγική για τα απόβλητα έχει αναθεωρηθεί από το 2010. Αν στο μέλλον κριθεί αναγκαία η προώθηση της ανακύκλωσης συγκεκριμένων κατηγοριών αποβλήτων, αυτό είναι πιθανόν να επιτευχθεί ανά υλικό μάλλον παρά ανά προϊόν όπως έχει συμβεί μέχρι σήμερα. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο ενός στόχου για την ανακύκλωση πλαστικών μπορεί να προωθείται η ανακύκλωση σωλήνων από απόβλητα κατεδαφίσεων καθώς και από πλαστικές φιάλες, από γεωργικές μεμβράνες καθώς και από προφυλακτήρες αυτοκινήτων. Με τέτοιου είδους στόχους είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν τα κλάσματα των αποβλήτων που παρουσιάζουν την υψηλότερη δυνατότητα ανακύκλωσης με το χαμηλότερο κόστος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη διατριβή μελετήθηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν δύο σημαντικούς παράγοντες στις διεργασίες καύσεως αποβλήτων. Οι δύο αυτοί παράγοντες είναι η **θερμογόνος δύναμη** των ΑΣΑ που οδηγούνται σε μονάδα καύσης και η **θερμοκρασία** στην οποία λαμβάνει χώρα η διαδικασία της αποτεφρώσεως των αποβλήτων.

6.1 ΕΞΙΣΩΣΗ DULONG, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΑΣΑ.

Η εξίσωση **Dulong** είναι θεμελιώδης και χαρακτηριστική για την εξαγωγή του ενεργειακού περιεχομένου των αστικών αποβλήτων. Μέσω της γνώσης του *εμπειρικού* χημικού τύπου του κάθε συντελεστή ΑΣΑ, του *ατομικού βάρους* κάθε στοιχείου που την αποτελεί, κυρίως -όταν πρόκειται για ΑΣΑ- άνθρακα C, υδρογόνου H, οξυγόνου O, αζώτου N και θείου S, υπολογίζεται η μάζα κάθε στοιχείου για ένα mol της συγκεκριμένης κατηγορίας ΑΣΑ αλλά κυρίως η % w/w κατά βάρος περιεκτικότητά του στη συγκεκριμένη κατηγορία ΑΣΑ. Με γνωστές λοιπόν αυτές τις περιεκτικότητες ο τύπος της εξίσωσης

$$\text{Btu/lb} = 145C + 610(H - O/8) + 40S + 10N$$

όπου C, H, O, N, S είναι οι περί ου ο λόγος υπολογισθείσες κατά βάρος (% w/w) περιεκτικότητες, υπολογίζει εν τέλει το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε συντελεστή και έτσι συνολικά των παραγόμενων ΑΣΑ. Η μετατροπή $\text{Kj/kg} = 2.326 \text{ Btu/Lb}$ δίνει το ενεργειακό περιεχόμενο σε Kj/kg .

Η **θερμογόνος δύναμη** μετρά την ικανότητα παραγωγής θερμικής ενέργειας ενός υλικού, το οποίο μπορεί να καεί, κατά την καύση του. Είναι η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση ενός κιλού στερεού ή υγρού καυσίμου ή ενός κυβικού μέτρου αερίου καυσίμου που βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες. Διακρίνεται σε κατώτερη LHV και ανώτερη θερμογόνο δύναμη HHV. **Όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση, δεν έχει απορροφήσει δηλαδή ενέργεια, η θερμογόνος δύναμη ονομάζεται ανώτερη. Όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση (υδρατμοί), το νερό έχει απορροφήσει ενέργεια και η θερμογόνος δύναμη, έχει κατά συνέπεια μικρότερη τιμή από της ανώτερης, και ονομάζεται κατώτερη θερμογόνος δύναμη.**

Η διαφορά μεταξύ ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης είναι η **λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των ατμών νερού**. Ως εκ τούτου, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη των καυσίμων υπολογίζεται από την ανώτερη θερμογόνο δύναμη με αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας των ατμών. Στην περίπτωση της διατριβής το ενεργειακό περιεχόμενο των ΑΣΑ έχει υπολογιστεί με βάση την ποιοτική και χημική σύσταση. Η Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη

υπολογίστηκε από την εξίσωση του Dulong επί ξηράς βάσης.

Αυτή είναι:

$$\text{❖ HHV}=(1-\%H_2O/100)*[0,3373(\%C)+1,4423(\%H-\%O/8)-0,09304(\%N)]+0.02326(\%S)$$

σε (Mj/Kg).

Η Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη υπολογίζεται από την Ανώτερη αφαιρώντας την υγρασία και την περιεκτικότητα του υδρογόνου και συνεπώς είναι

$$\text{❖ LHV}=\text{HHV}-0,206(\%H)-0.023[(\%W)+0,1(\%ash)] \quad \text{σε (Mj/Kg)}$$

Σε όλες τις πρακτικές εφαρμογές η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι υψηλότερη από 100°C. Επομένως, η **κατώτερη** θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου είναι αυτή που θα δώσει το θερμικό περιεχόμενο που εκλύεται κατά την καύση ενός καυσίμου.

6.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ

Η θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται η διεργασία της καύσης, εντός του θαλάμου αποτέφρωσης των ΑΣΑ, διακρίνεται σε δύο ειδών θερμοκρασίες. Η πρώτη είναι η ονομαζόμενη στοιχειομετρική. Είναι η θερμοκρασία που υπολογίζεται από τις αντιδράσεις καύσης που πραγματοποιούνται εντός του θαλάμου όταν ο αέρας που παρέχεται είναι ο στοιχειομετρικά απαιτούμενος για καύση..

Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

- $C+O_2=CO_2$
- $H+0,25O_2=0,25H_2O$
- $S+O_2=SO_2$

Στην πραγματικότητα είναι αδύνατο να επιτευχθεί στοιχειομετρική καύση, δηλαδή να επιτευχθεί ακριβώς εκείνη, ούτε περισσότερη, ούτε λιγότερη ποσότητα-μάζα οξυγόνου συνεπώς και αέρα ώστε να καεί πλήρως το σύνολο της ποσότητας των καυσίμων, εν προκειμένω των αποβλήτων και να μη παραχθούν προϊόντα ημιτελούς καύσης, όπως μονοξείδιο του άνθρακα. Αν λοιπόν η ποσότητα αέρα που παρέχεται, ώστε να λάβει χώρα η καύση, είναι μεγαλύτερη από τη στοιχειομετρική και πραγματοποιείται καύση με περίσσεια αέρα, τότε η θερμοκρασία της είναι μικρότερη, λόγω της αυξημένης συνολικά θερμοχωρητικότητας του παρεχόμενου αέρα.

Και στις δύο περιπτώσεις, η θερμοκρασία προκύπτει από την εξίσωση:

$$\text{Θερμοκρασία καύσης}=\frac{\text{Κατώτερη θερμογόνος δύναμη καυσίμου(αποβλήτων)(Kj)}}{\Sigma[\text{μάζα καυσαερίου(Kg)}*\text{θερμοχωρητικότητα καυσαερίου(Kj/Kg/}^\circ\text{K)}]}$$

Η Κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται αφαιρώντας από την Ανώτερη Θερμογόνο τη *λανθάνουσα νερού*, που ουσιαστικά είναι η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των ατμών νερού. Η διορθωμένη ανώτερη θερμογόνος είναι η θερμογόνος που αφορά,όχι τη μάζα των αποβλήτων που παράγονται, αλλά αυτή των αποβλήτων που οδηγούνται στο θάλαμο αποτέφρωσης (και προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την HHV με το ποσοστό των αποβλήτων που πρόκειται να καούν επί του συνόλου των παραγόμενων ΑΣΑ), **περιορισμένη κατά 15%**, εξαιτίας των απωλειών θερμότητας κατά την αποτέφρωση.

Καυσαέρια όπως προκύπτει και από τις χημικές αντιδράσεις(σ.σ αντιδράσεις καύσης) που πραγματοποιούνται δεν είναι άλλα από διοξείδιο του άνθρακα CO_2 -από την καύση του άνθρακα που περιέχεται εντός των αποβλήτων,υδρατμούς λόγω της καύσης του υδρογόνου που περιέχουν τα ΑΣΑ και σε μικρότερο βαθμό διοξείδιο του θείου SO_2 από την καύση του θείου. Η θερμοχωρητικότητα τους, όπως άλλωστε για όλες τις ενώσεις είναι γνωστή και σταθερή. Η μάζα των καυσαερίων είναι το άθροισμα της μάζας τους που παράγεται λόγω της **καύσης** και του **στοιχειομετρικά απαιτούμενου αέρα σε kg** για το καθένα, που δεν είναι άλλη από το λόγο της μοριακής στοιχειομετρικής απαίτησης σε οξυγόνο προς το κλάσμα οξυγόνου στον αέρα πολλαπλασιασμένου με το υπολογιζόμενο μοριακό βάρος αέρα (κλάσμα καυσαερίου στον αέρα επί μοριακό βάρος καυσαερίου). **Η μάζα αυτή είναι μεγαλύτερη** αν η καύση γίνεται με **περίσσεια αέρα** γιατί τότε αυξάνεται-ανάλογα με το ποσοστό της περισσειας-η στοιχειομετρική απαίτηση αέρα σε kg για το κάθε καυσαέριο. Η μείωση περιορίζεται με τον περιορισμό της ποσότητας του αέρα καύσης στο ελάχιστο, δηλαδή στον απαιτούμενο στοιχειομετρικά.

Να σημειωθεί επίσης στο σημείο αυτό ότι το **άζωτο** επηρεάζει αρνητικά την απόδοση της καύσης, καθώς ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας διατίθεται για την αύξηση της θερμοκρασίας του και χάνεται κατά την έξοδο των καυσαερίων προς το περιβάλλον. Το άζωτο **μειώνει** έτσι σημαντικά τη **θερμοκρασία καύσης**.

Τέλος η **λανθάνουσα θερμότητα του νερού**, προκύπτει από τη μάζα των παραγόμενων υδρατμών.

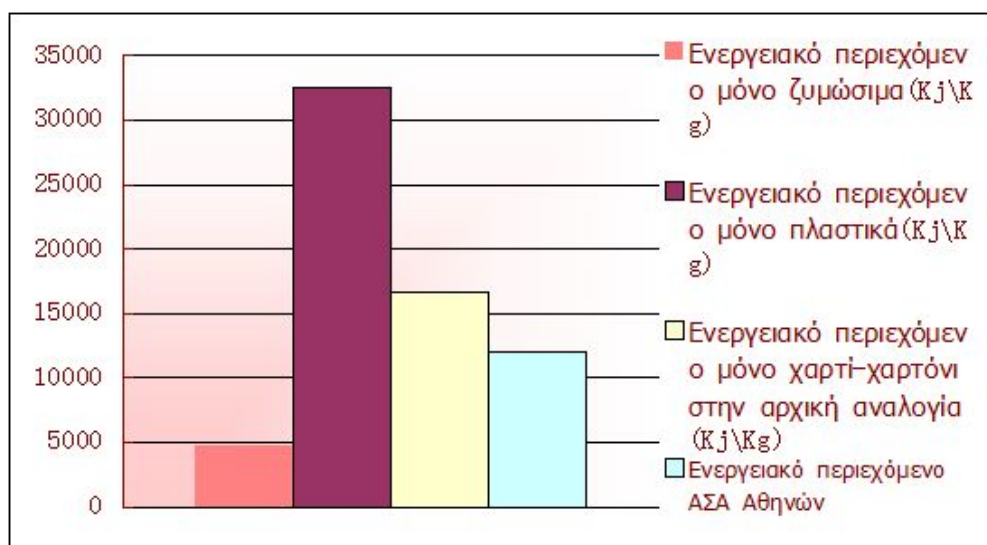
Παρακάτω, παρουσιάζεται εκτενέστερα η εξάρτηση και η διαμόρφωση, τόσο της θερμογόνου δύναμης των αποβλήτων-του ενεργειακού περιεχομένου που είναι δυνητικά πιθανό να απελευθερωθεί κατά την διαδικασία καύσεως-όσο και της θερμοκρασίας καύσης (στοιχειομετρικής και μη, από ένα αριθμό παραγόντων,όπως η περίσσεια αέρα στο θάλαμο αποτέφρωσης, ή ο τύπος συσκευασίας των απορριμμάτων και άλλα από την ανακύκλωση.

6.3 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΘΑΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΖΥΜΩΣΙΜΩΝ ΓΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΥΤΟΥ ΚΑΤΑ 100%

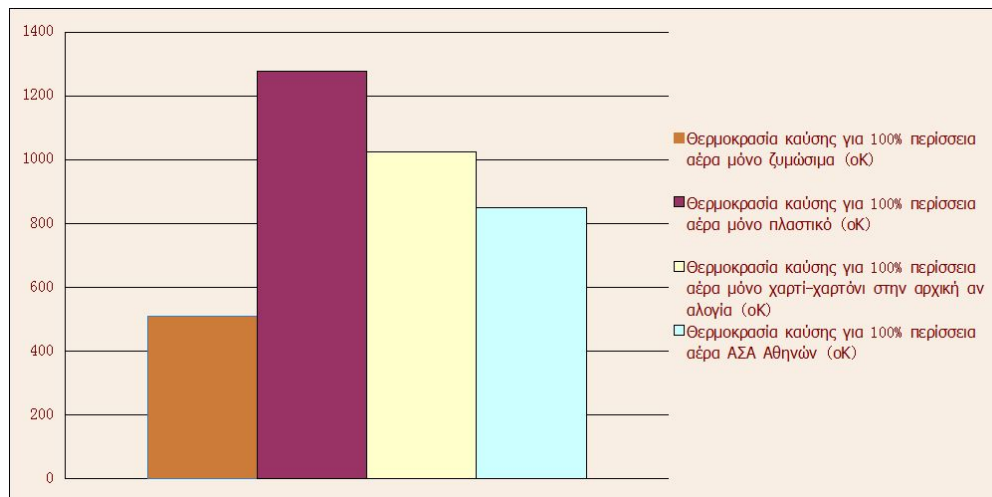
Οι συσκευασίες στις οποίες εμπεριέχονται, συσκευάζονται τα διάφορα προϊόντα και οι οποίες μετά τη χρήση καταλήγουν στους κάδους και αν δεν ανακυκλώνονται οδηγούνται εν συνεχεία στις μονάδες καύσης επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τους υπό εξέταση παράγοντες (θερμογόνο και θερμοκρασία καύσεως). Επιχειρήθηκε η σύγκριση των τιμών ενεργειακού περιεχομένου και θερμοκρασίας μεταξύ των περιπτώσεων

- I. Καύσης μόνο συσκευασιών από χαρτί ή χαρτόνι (χαρτόσακοι, χαρτοκυτία, χαρτοκιβώτια)
- II. Καύσης μόνο συσκευασιών κατασκευασμένων από πλαστικό (φιάλες, τσάντες, μπιτόνια κ.α.)
- III. Καύσης μόνο ζυμώσιμων υλικών

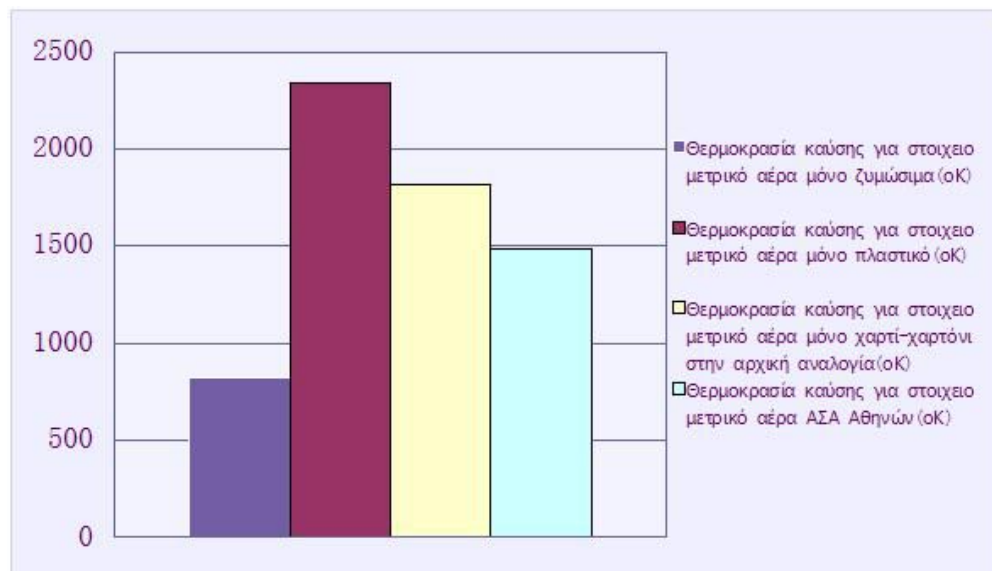
Στο πεδίο τόσο του ενεργειακού περιεχομένου και ουσιαστικά της θεωρητικά δυνητικά παραγόμενης ενέργειας (θερμογόνου δύναμης) όσο και στο πεδίο της θερμοκρασίας επεξεργασίας στο θάλαμο είτε στοιχειομετρικής, είτε υπό συνθήκες περίσσειας 100%(στο διάγραμμα έχει χρησιμοποιηθεί ενδεικτικά η περίπτωση περίσσειας), όπως φαίνεται στα διαγράμματα η “μάχη” κερδίζεται από το **πλαστικό**.



Εικόνα 17. Συσκευασίες και ενεργειακό περιεχόμενο



Εικόνα 18. Συσκευασίες και θερμοκρασία καύσης για 100% περίσσεια αέρα.



Εικόνα 19. Συσκευασίες και θερμοκρασία καύσης για στοιχειομετρικό αέρα.

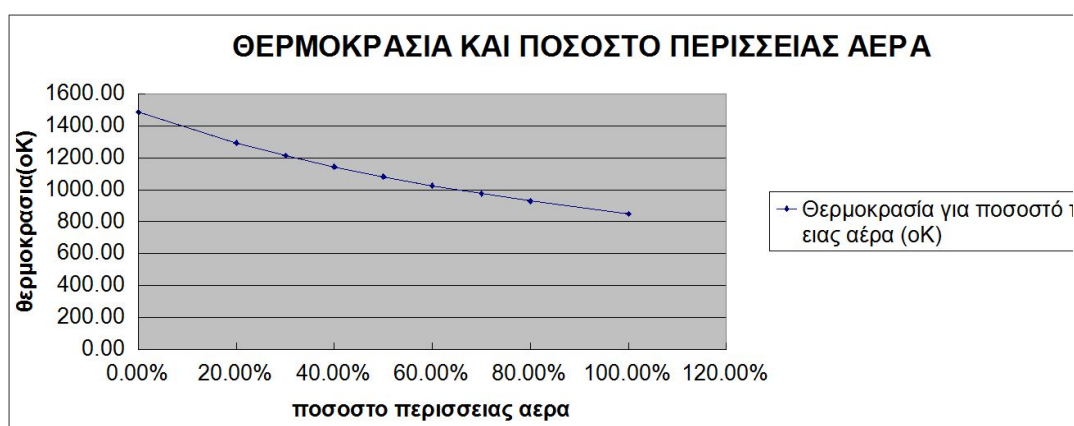
Στην περίπτωση της θερμοκρασίας, λόγω του υψηλότερου ενεργειακού περιεχομένου για το πλαστικό σε σχέση με το χαρτί ή τα ζυμώσιμα, και εξαιτίας της εξάρτησής από τον τύπο Dulong εξηγείται ο λόγος για τον οποίο στην περίπτωση πλαστικών η καύση γίνεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία (και απελευθερώνει και περισσότερη ενέργεια).

6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΑ

Η διαδικασία καύσης πραγματοποιείται στο θάλαμο καύσης της μονάδας και απαιτεί προφανώς όπως κάθε γνωστή διεργασία καύσης παρουσία αέρα. Η μάζα του οξυγόνου και κατ'επέκταση και του αέρα που απαιτείται για δεδομένη σύσταση

απορριμμάτων-δηλαδή συγκεκριμένη μάζα άνθρακα C,υδρογόνου H και θείου S(των στοιχείων δηλαδή που αντιδρούν με το οξυγόνο)-μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τη στοιχειομετρία των αντιστοίχων χημικών δράσεων,αλλά προτιμάται γενικά να υπάρχει **περίσσεια αέρα** κατά την καύση και όχι η στοιχειομετρική ποσότητα για να διασφαλιστεί πλήρης οξείδωση και να αποφευχθεί η εκπομπή CO.

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 20) διακρίνεται η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας καύσης για διάφορες τιμές της περίσσειας του αέρα. Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια τόσο πιο μικρή είναι η θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται η διεργασία καύσης στη μονάδα.



Εικόνα 20. **Συσχέτιση περίσσειας αέρα και θερμοκρασίας καύσης**

Πρέπει στο σημείο αυτό να τονιστούν δύο σημεία. **Πρώτον, δεν επηρεάζει η αλλαγή στο ποσοστό περίσσειας αέρα στο θάλαμο καύσεως σε καμία περίπτωση τη θερμογόνο δύναμη** των αποβλήτων και αυτό διότι η θερμογόνος εξαρτάται κατ'αποκλειστικότητα από τη μάζα τους και τη σύστασή τους. **Δεύτερον, όσο αυξάνεται η περίσσεια αέρα επειδή αυξάνεται με τον τρόπο αυτό η συνολική μάζα των παραγόμενων κατά τη διεργασία καυσαερίων η θερμοκρασία καύσης μειώνεται.**

Όπως αναφέρεται και στην ανάλυση της θερμοκρασίας καύσης, με αύξηση του ποσοστού περίσσειας αέρα, για καθένα εκ των παραγόμενων από τη διεργασία καυσαερίων(CO_2 , $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, SO_2), αυξάνεται όχι η μάζα παραγωγής αυτού, (μάζα που παράγεται κατά την αντίδραση της καύσης), αλλά η χρήση αέρα σε kg για το καυσαέριο,μάζα η οποία προστίθεται στη συνολική μάζα παραγόμενου καυσαερίου. *Μεγαλύτερη λοιπόν περίσσεια σημαίνει μεγαλύτερη τελική μάζα παραγόμενου καπναερίου-καυσαερίου.*

Έτσι, **η αύξηση μάζας για το τελικό καπναέριο (είτε είναι CO_2 , είτε H_2O είτε SO_2), άρα και για το μίγμα αυτών, οδηγεί τόσο σε μεγαλύτερο παρονομαστή στη σχέση θερμοκρασίας καύσης όσο και σε μικρότερο αριθμητή, εξαιτίας της αύξησης της ολικής θερμοχωρητικότητας των αερίων-αύξησης που από θεωρητικής σκοπιάς σχετίζεται πρωτογενώς και άμεσα με την αύξηση της μάζας των υδρατμών ως παραγόμενο από την καύση αέριο.** Οδηγεί λοιπόν κατ'επέκταση εν τέλει **σε μικρότερη θερμοκρασία καύσης**, όπως αποτυπώνεται και στο διάγραμμα.

Στην περίπτωση μη περίσσειας δηλαδή στοιχειομετρικότητας, η μάζα παραγωγής κατά την καύση είναι ίδια με αυτή της περίπτωσης περίσσειας η στοιχειομετρική απαίτηση αέρα για τα καυσαέρια επίσης, αλλά μικρότερη σε σύγκριση με συνθήκες περίσσειας η απαίτηση αέρα για τα καυσαέρια και έτσι μικρότερη και σταθερή για ορισμένη σύσταση καύσιμων αποβλήτων, η **συνολική μάζα παραγόμενων καπναερίων** και άρα τελικώς η **στοιχειομετρική θερμοκρασία καύσεως** είναι **μεγαλύτερη**.

6.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ - ΘΕΡΜΟΓΟΝΟ ΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΑΣΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ ΓΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΑΕΡΑ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΥΤΟΥ ΚΑΤΑ 100%

Τα απορρίμματα πόλεων που παράγονται από τους πολίτες και τα νοικοκυριά στις γειτονιές είναι αυτά που οδηγούνται σε μονάδες αποτέφρωσης με σκοπό να καούν. Όχι όμως όλα. Λόγω των συγκεκριμένων βλαβερών συνεπειών της καύσης, κυρίως στα πεδία υγειονομικών και περιβαλλοντικών συνεπειών, επιχειρείται σταδιακά και ανοδικά περιορισμός στον όγκο των ΑΣΑ που οδηγούνται σε μονάδες αποτέφρωσης κυρίως μέσω της απομάκρυνσης ορισμένων από τη διαδικασία καύσης και της κατεύθυνσής τους προς μονάδες **ανακύκλωσης**. Έτσι λοιπόν, ακολουθείται συνοπτικά-καθώς προηγούμενα είχε αναλυθεί εκτενώς η πορεία διαχείρισης των αποβλήτων αμέσως μετά την παραγωγή τους-το τρίπτυχο

- ◆ Παραγωγή απορριμμάτων(οικιακών και άλλων).
- ◆ Κατόπιν, διαλογή στην πηγή, σημείο στο οποίο αυτά που είναι να ανακυκλωθούν απομακρύνονται. Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι όταν γίνεται λόγος για ποσοστό ανακύκλωσης εννοείται το ποσοστό των παραγόμενων ΑΣΑ που πράγματι ανακυκλώνεται και το οποίο φυσικά εξαρτάται καθοριστικά από την συμμετοχή του κοινού.
- ◆ Μεταφορά των εναπομείναντων απορριμμάτων στη μονάδα για επεξεργασία αποτέφρωσης.

Για τις ανάγκες της διατριβής υποθέτουμε ως base case μάζα ενός τόνου (1 ton) παραγόμενων απορριμμάτων με σύσταση που παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.

Συντελεστής	Ποσοστό %
υπολείμματα τροφών	40.6
χαρτί	18.7
χαρτόνι	9.4
πλαστικά	13.0
υφάσματα	1.0
λάστιχο	1.0
δέρμα	0.5
υπολείμματα αυλών	3.0
ξύλο	2.0
γυαλί	3.0
λευκοσίδηρος	1.7
αλουμίνιο	1.8
άλλα μέταλλα	2.8
Λοιπά ανόργανα	1,5
Σύνολο	100

Πίνακας 8. Σύσταση παραγόμενων ΑΣΑ.

Παρακάτω παρουσιάζεται η επίδραση της ανακύκλωσης στα απόβλητα στη συνολική θερμογόνο δύναμη τους και στην απαιτούμενη θερμοκρασία καύσης στοιχειομετρικής και όχι. Ανακύκλωση που αφορά απορρίμματα και συσκευασίες από

- i. Χαρτί-χαρτόνι
- ii. Πλαστικό
- iii. Γυαλί
- iv. Αλουμίνιο

και έχει γίνει για ποσοστά {10,20,30,40,50,60,70} (%) επί των παραγόμενων ΑΣΑ.

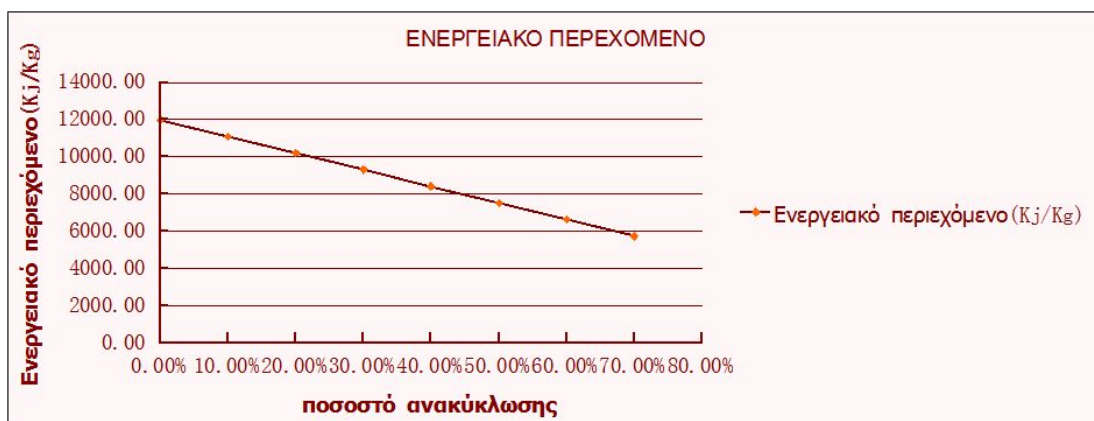
Ενεργειακό περιεχόμενο ανά Kg απορριμμάτων που παράγονται σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται η θερμογόνο δύναμη κάθε συντελεστή-παράγοντα, που οδηγείται προς καύση τόσο σε Btu/lb όσο και σε KJ/kg.

Συντελεστής	Ενεργειακό περοεχόμενο Btu/lb	Ενεργειακό περιεχόμε KJ/kg
υπολείμματα τροφών	2000.0	4652.0
χαρτί	7200.0	16747.2
χαρτόνι	7000.0	16282.0
πλαστικά	14000.0	32564.0
υφάσματα	7500.0	17445.0
λάστιχο	10000.0	23260.0
δέρμα	7500.0	17445.0
υπολείμματα αυλών	2800.0	6512.8
ξύλο	8000.0	18608.0
γυαλί	60.0	139.6
λευκοσίδηρος	300.0	697.8
αλουμίνιο		
άλλα μέταλλα	300.0	697.8
λοιπά ανόργανα	3000.0	6978.0

Πίνακας 9. Θερμογόνος δύναμη ΑΣΑ.

Όπως φαίνεται ξεκάθαρα στην Εικόνα 21, όσο το ποσοστό της ανακύκλωσης αυξάνεται το ενεργειακό περιεχόμενο των ΑΣΑ, που πρόκειται να οδηγηθούν σε μονάδα καύσης μειώνεται και μάλιστα η κλίση της ευθείας πτώσης είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό είναι λογικό, καθώς η ανακύκλωση αφαιρεί το χαρτί και το πλαστικό που έχουν την κύρια θερμογόνο δύναμη με αποτέλεσμα να είναι μικρότερο το ποσό ενέργειας που είναι δυνατόν να απελευθερωθεί κατά την καύση.

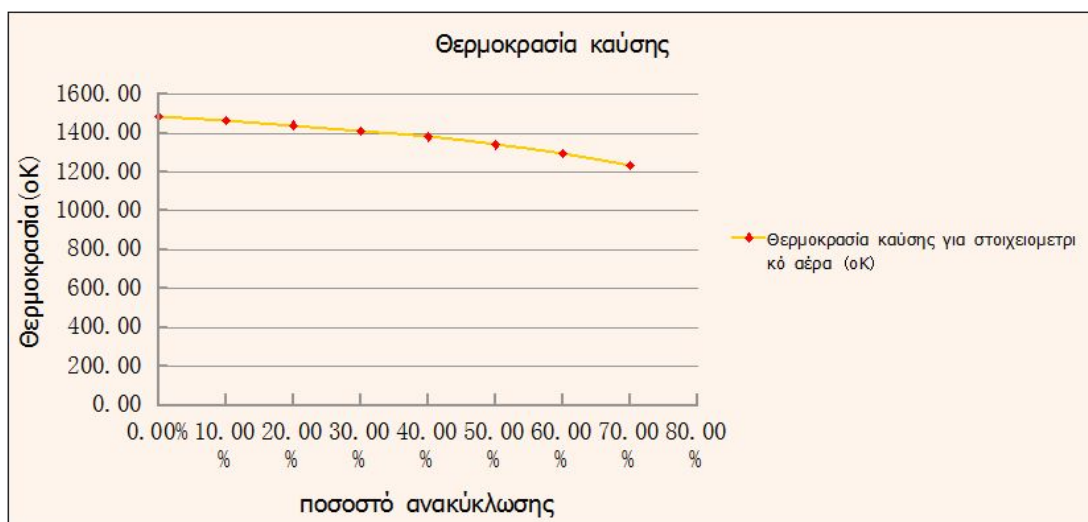


Εικόνα 21. Ενεργειακό περιεχόμενο ανά Kg απορριμμάτων που παράγονται σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών.

Θερμοκρασία καύσης των υπό επεξεργασία αποβλήτων σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών.

Η θερμοκρασία της καύσης προκύπτει από ενεργειακό ισοζύγιο. Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση χρησιμοποιείται για να αυξήσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Η τελική τιμή εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα του καυσαερίου (που εξαρτάται από τη σύσταση του) και από την παρουσία αδρανών υλικών (όπως το γυαλί) και της στάχτης (στερεών προϊόντων της καύσης).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται γραφικά η εξάρτηση του ποσοστού ανακύκλωσης (των ανακυκλωσίμων) με τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η αποτέφρωση-καύση των ΑΣΑ. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η θερμοκρασία καύσης εξαρτάται από παράγοντες που επηρεάζονται άμεσα και εξαρτώνται πλήρως και αποκλειστικά από τη σύσταση, αλλά και το ενεργειακό περιεχόμενο των προς καύση κατευθυνόμενων αποβλήτων. Τα αποτελέσματα δίνονται στα δύο διαγράμματα, στο πρώτο της συσχέτισης ποσοστού ανακύκλωσης και θερμοκρασίας καύσης για τη στοιχειομετρική ποσότητα αέρα και στο δεύτερο της αντίστοιχης συσχέτισης για την κατά περίσσεια της τάξης του 100% ποσότητα(μάζα) αέρα.



Εικόνα 22. “Στοιχειομετρική” θερμοκρασία καύσης των υπό επεξεργασία αποβλήτων σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών.

Με τον όρο “στοιχειομετρική” θερμοκρασία καύσης περιγράφεται η θερμοκρασία της καύσης στην οποία συμμετέχει μάζα αέρα ίση με αυτή που προβλέπεται από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης καύσεως.



Εικόνα 23. Θερμοκρασία καύσης για 100% περίσσεια αέρα των υπό επεξεργασία αποβλήτων σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών.

Όπως παρατηρούμε, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης συνοδεύεται από αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας καύσης, είτε στοιχειομετρικής, είτε για περίσσεια αέρα 100%. Είναι λογικό να συμβαίνει κάτι τέτοιο από τη στιγμή που η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η αποτέφρωση-καύση των ΑΣΑ, εξαρτάται άμεσα τόσο εξ'ορισμού δηλαδή θεωρητικά όσο και υπολογιστικά από τη μάζα των υπό επεξεργασία αποβλήτων, όσο και από το ενεργειακό περιεχόμενο τους που δίνεται από τη σχέση Dulong. **Αυξάνοντας** συνεπώς **το ποσοστό ανακύκλωσης** μειώνεται ουσιαστικά η μάζα των αποβλήτων που οδηγούνται για επεξεργασία στο θάλαμο καύσεως όσο και το ενεργειακό τους περιεχόμενο, με αποτέλεσμα τη φυσιολογική

πτώση και της τιμής της θερμοκρασίας της διαδικασίας. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η καύση σε χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνει την επικινδυνότητα της μια και συνοδεύεται από αυξημένα επίπεδα διοξινών κ.α. επικίνδυνων ουσιών.

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης, τόσο μειώνονται και τα τρία μελετούμενα μεγέθη. Το ενεργειακό περιεχόμενο ολοένα μειώνεται διότι αυξανόμενου του ποσοστού ανακύκλωσης, απομακρύνεται και δεν οδηγείται προς καύση όλο και μεγαλύτερη ποσότητα χαρτιού και πλαστικού, συντελεστών δηλαδή που φέρουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ενεργειακού περιεχομένου. Η θερμοκρασία καύσης, είτε η στοιχειομετρική, είτε αυτή που αφορά περίσσεια αέρα κατά 100%, επίσης αυξανόμενου του ποσοστού ανακύκλωσης ΑΣΑ ελαττώνεται αναλόγως. Με την αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης των ΑΣΑ ελαττώνεται, όπως σημειώθηκε το δυνητικά εκλυόμενο ποσό ενέργειας λόγω της καύσης τους. Ελαττώνεται λοιπόν κατά συνέπεια η ποσότητα ενέργειας που απελευθερώνεται και αυξάνει τη θερμοκρασία των καυσαερίων. Καυσαέρια συγκεκριμένης σύστασης και άρα συγκεκριμένης θερμοχωρητικότητας αυξάνουν λιγότερο τη θερμοκρασία τους όταν απορροφούν μικρότερο ποσό ενέργειας. Πέραν τούτου όμως, (αύξηση ποσοστού ανακύκλωσης, απελευθέρωση μικρότερου ποσού ενέργειας κατά την καύση και συνεπώς μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων) όταν υπάρχει και περίσσεια αέρα σε οποιοδήποτε ποσοστό, η θερμοχωρητικότητα των καυσαερίων αυξάνεται με αποτέλεσμα να απαιτείται για την ίδια θερμοκρασιακή μεταβολή μεγαλύτερο ποσό ενέργειας και αφού εν τέλει το ποσό ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την καύση είναι το ίδιο επέρχεται μικρότερη θερμοκρασιακή αύξηση άρα ουσιαστικά μικρότερη θερμοκρασία καύσης. Συνεπώς αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης συνεπάγεται ελάττωση της εκλυόμενης κατά την καύση ενέργειας και μικρότερη θερμοκρασία καύσης η οποία αυξάνει την επικινδυνότητα της μια και συνοδεύεται από αυξημένα επίπεδα διοξινών κ.α. επικίνδυνων ουσιών. η θερμοχωρητικότητα των καιόμενων αποβλήτων καθώς απομακρύνονται συντελεστές ΑΣΑ υψηλής θερμ. στοιχείο που υποδηλώνει ότι η καύση αντίκειται στην ανακύκλωση και είναι λειτουργίες **“ασύμβατες”**.

6.6 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Τα ποσοστά απορριμάτων (ζυμώσιμα, γυαλί, υφάσματα κ.ο.κ.) διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή (αλλά και από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο) σε παγκόσμια κλίμακα, εξαιτίας ενός πλήθους λόγων (οι ποσότητες κάθε κατηγορίας αποβλήτων στην Αττική και λόγω χάρη στις ΗΠΑ διαφέρουν).

Στην εργασία αυτή πέραν της επίδρασης ορισμένων παραμέτρων στη θερμογόνο αλλά και τη θερμοκρασία καύσης των ΑΣΑ, επιχειρήθηκε για την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων και η συσχέτιση της ελληνικής πραγματικότητας ως προς τη θερμική διαχείριση μέσω καύσης-η οποία βρίσκεται σε θεωρητικό ακόμη επίπεδο-με τα δεδομένα των ΗΠΑ. Ουσιαστικά μελετήθηκε η μεταβολή της σύστασης αναφορικά με την καύση που πραγματοποιείται όταν προσαρμοστικά τα ελληνικά δεδομένα, τα σχετικά με τη σύσταση και αναλογία των απορριμμάτων που παράγονται σε αστικές

περιοχές, κατευθύνονται προς τις “αμερικανικές” τιμές. Με δεδομένη λοιπόν τη σύσταση των ΑΣΑ για την Αττική αλλά και αυτή που αφορά τις Ηνωμένες Πολιτείες, μελετήθηκαν *ενδιάμεσα στάδια τιμών αναλογίας και σύστασης αποβλήτων* ως προς τις δύο καταστάσεις (Αττικής και ΗΠΑ).

Για τη διαμόρφωση αυτών των σταδίων χρησιμοποιήθηκε ο **παράγοντας L**. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα συντελεστή που λαμβάνει τιμές από το 0 έως και το 1, η τιμή του οποίου *μεταβάλλει την τιμή ποσοστού για μία κατηγορία παραγόμενων αποβλήτων επί του συνόλου των παραγόμενων αστικών αποβλήτων*. Η βασική σχέση διαμόρφωσης τιμών σύστασης διαφορετικών από τις υπάρχουσες (δεδομένα Αττικής εν προκειμένω) και σταδιακής μετατόπισης προς άλλα (σύσταση ΑΣΑ για ΗΠΑ) είναι η

$$\eta(I) = a + I \cdot (b - a) \quad , \quad 0 < I < 1 \quad \text{Σχέση 1} \quad \text{όπου}$$

I, η τιμή κάθε φορά του παράγοντα διαμόρφωσης υπακούουσα στον άνωθεν περιορισμό,

a, η τιμή **ποσοστού** επί τοις %, κατηγορίας αποβλήτου για τη σύσταση ΑΣΑ **Αττικής**.

b, η τιμή **ποσοστού** επί τοις %, κατηγορίας αποβλήτου για τη σύσταση ΑΣΑ των **ΗΠΑ**

$\eta(I)$, η **προκύπτουσα τιμή ποσοστού** επί τοις εκατό για την εκάστοτε μελετώμενη κατηγορία αποβλήτου μετατοπισμένη αριθμητικά από την τιμή που έχει στην Αττική προς την αντίστοιχη στις ΗΠΑ.

Με αντικατάσταση στον τύπο για $I=0$, προκύπτει η τιμή ποσοστού αποβλήτου για την Αττική, ενώ για $I=1$, η αντίστοιχη τιμή για τις ΗΠΑ. Με τον τρόπο αυτό οι τιμές ποσοστών για τα διάφορα είδη αποβλήτων διαμορφώνονται και σταδιακά απομακρύνονται από τα “ελληνικά” δεδομένα μεταβαίνοντας προς τα “αμερικάνικα”. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 10 με το είδος και το αντίστοιχο ποσοστό επί του συνόλου των παραγόμενων ΑΣΑ στην Αττική και στις ΗΠΑ.

Συντελεστής	Ποσοστό Αττικής %	Ποσοστό ΗΠΑ %
υπολείμματα τροφών	40.6	9
χαρτί	18.7	34
χαρτόνι	9.4	6
πλαστικά	13.0	7
υφάσματα	1.0	2
λάστιχο	1.0	0.5
δέρμα	0.5	0.5
υπολείμματα αυλών	3.0	18.5
ξύλο	2.0	2
λοιπά οργανικά		
γυαλί	3.0	8
λευκοσίδηρος	1.7	6
αλουμίνιο	1.8	0.5
άλλα μέταλλα	2.8	3
λοιπά ανόργανα	1.5	3
ΣΥΝΟΛΟ	100	100

Πίνακας 10. Ποσοστά (%) παραγόμενων ΑΣΑ στην Αττική και στις ΗΠΑ.

Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Αν επί παραδείγματι δώσουμε την τιμή $l=0,2$, στη Σχέση 1, σε κάθε κατηγορία απορρίμματος (γυαλί, χαρτί, πλαστικό κοκ) και θέσουμε στην τιμή του a την τιμή ποσοστού “Αττικής” και του b την τιμή ποσοστού “ΗΠΑ”, θα προκύψουν νέα διαφοροποιημένα ποσοστά ελαφρώς απομακρυσμένα από τα ελληνικά δεδομένα, μετατοπισμένα συνάμα προς τα αμερικανικά. Διαμορφώνεται λοιπόν μία μη υπάρχουσα ποσοστιαία σύσταση με τιμές ποσοστών για κάθε κατηγορία παραγόμενων αποβλήτων ανάμεσα στις τιμές Αττικής και ΗΠΑ που απεικονίζεται στον **Πίνακα 11**.

Συντελεστής	Ποσοστό
υπολείμματα τροφών	34.3
χαρτί	21.8
χαρτόνι	8.7
πλαστικά	11.8
υφάσματα	1.2
λάστιχο	0.9
δέρμα	0.5
υπολείμματα αυλών	6.1
ξύλο	2.0
γυαλί	4.0
λευκοσίδηρος	2.6
αλουμίνιο	1.5
άλλα μέταλλα	2.8
λοιπά ανόργανα	1.8
ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 11. Σύσταση ΑΣΑ για τιμή παράγοντα διαμόρφωσης $L=0,2$.

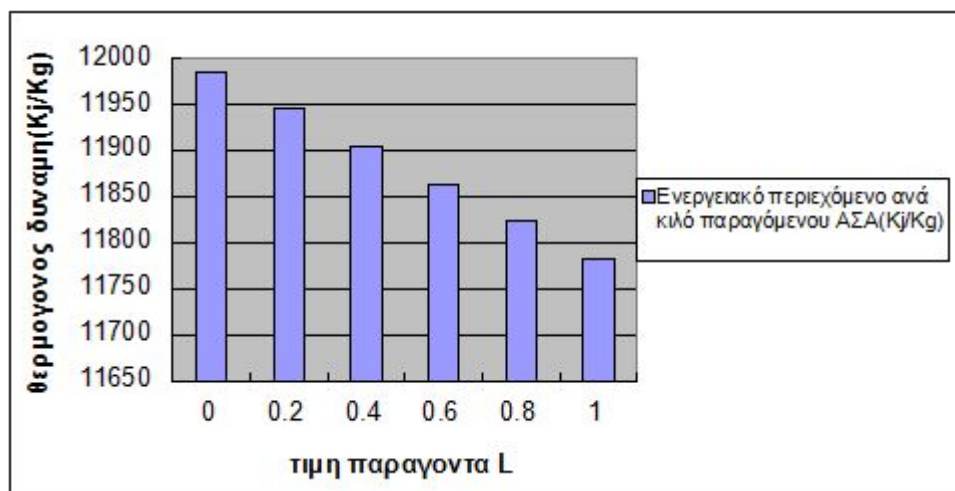
Έγινε διερεύνηση παραμέτρων σε διαφοροποιημένες συστάσεις ΑΣΑ, συστάσεις που προέκυψαν από τιμές στον παράγοντα διαμόρφωσης L , της τάξης πέραν του **0,2** , για **0,4** , **0,6** , και **0,8**.

6.6.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ L ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΣΑ

Όπως αναφέρθηκε λοιπόν, μέσω του παράγοντα L είναι δυνατό να μελετηθεί η μεταβολή των ποσοστών σύστασης για τις διάφορες κατηγορίες αστικών αποβλήτων. Για ορισμένη λοιπόν μάζα ΑΣΑ, που παράγεται, ουσιαστικά μέσω του L αλλάζει το ποσοστό κάθε είδους απορρίμματος (ζυμώσιμα, πλαστικό κλπ) επί του συνόλου άρα και η συνολική σύσταση. *Αλλάζει λοιπόν έτσι το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο των ΑΣΑ.*

Στην εικόνα 24, δίνεται η τιμή της θερμογόνου δύναμης των παραγόμενων ΑΣΑ, του ποσού δηλαδή της ενέργειας που είναι δυνατόν να απελευθερώσουν κατά τη διαδικασία καύσης τους, για κάθε τιμή του παράγοντα διαμόρφωσης L .

Παρατηρούμε ότι για ταυτόσημες κατηγορίες αποβλήτων μεταξύ Αττικής και ΗΠΑ, αλλά με διαφοροποιημένα τα ποσοστά της κάθε μίας, μεταξύ αυτών η θερμογόνος δύναμη μειώνεται καθώς μεταβαίνουμε σταδιακά από την “ελληνική” προς την “αμερικανική” ποσοστιαία σύσταση αστικών αποβλήτων. Αυτό συμπερασματικά και πρακτικά σημαίνει ότι **τα ΑΣΑ Αττικής είναι ποιοτικά ανώτερα από άποψη δυνητικής ενεργειακής αξιοποίησης.**



Εικόνα 24. Παράγοντας L και ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ

6.6.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ L ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΑ

Πέραν της συσχέτισης του διαμορφωτικού παράγοντα L με την εσωτερική ενεργειακή αξία των αποβλήτων που παράγονται, στη διατριβή επιχειρήθηκε η συσχέτισή του και με την παράμετρο της ανακύκλωσης.

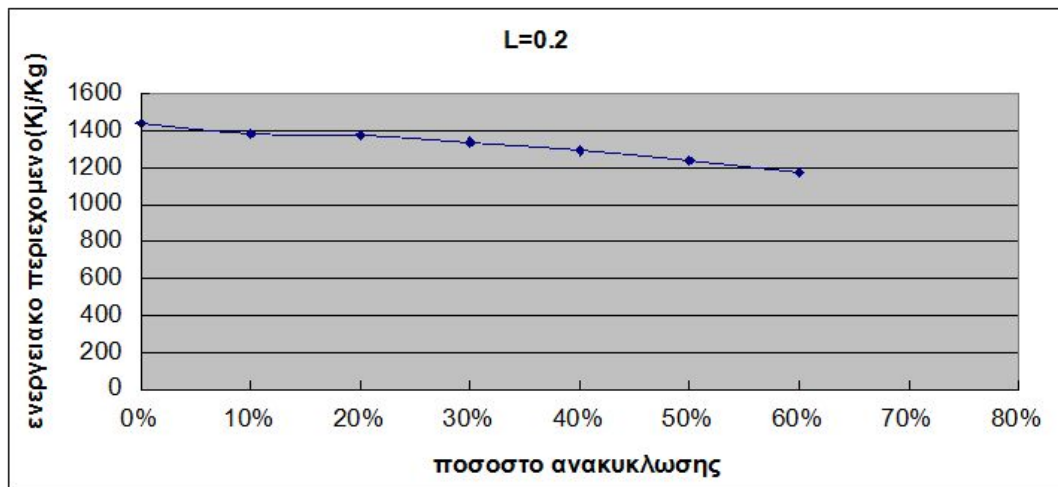
Μελετήθηκε λοιπόν και παρουσιάζεται η ανακύκλωση σε βαθμίδες, όπως και προηγούμενα της τάξης του 10,20,30,40,50,60 και 70 τοις εκατό, αλλά αυτή τη φορά για τη σύσταση και την ποσοστιαία αναλογία των διαμορφωμένων από τον παράγοντα L, ΑΣΑ. Εξάγονται εκ νέου χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη διαδικασία της καύσης (θερμοκρασία, μάζα καπναερίων) αλλά και για το πεδίο της ανάκτησης ενέργειας.

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται

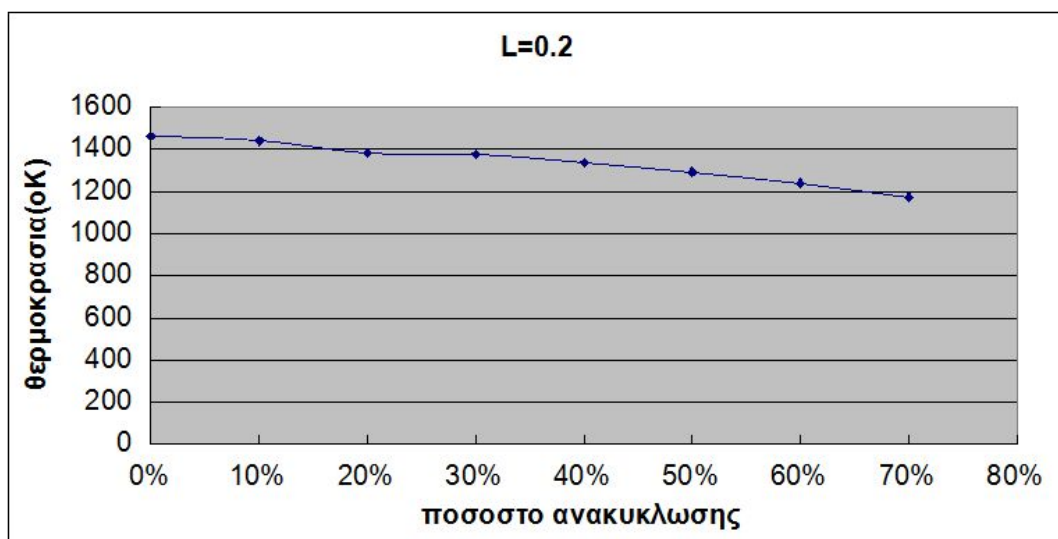
Η διακύμανση της τιμής της **θερμογόνου δύναμης**.

Η διακύμανση της **θερμοκρασίας καύσης** των αποβλήτων είτε **στοιχειομετρική**, είτε η αφορούσα την κατάσταση **περίσσειας αέρα** για τη καύση σε ποσοστό 100% για δεδομένα διαμορφωμένα από τιμές του συντελεστή διαμόρφωσης **L=0,2 , 0,4 , 0,6 , 0,8** και για ποσοστά **ανακύκλωσης**-στην κάθε μία απ' αυτές τις τιμές του L διαμορφωμένη ποσοστιαία σύσταση ΑΣΑ-της τάξης του **10,20,30,40,50,60 και 70** τοις εκατό.

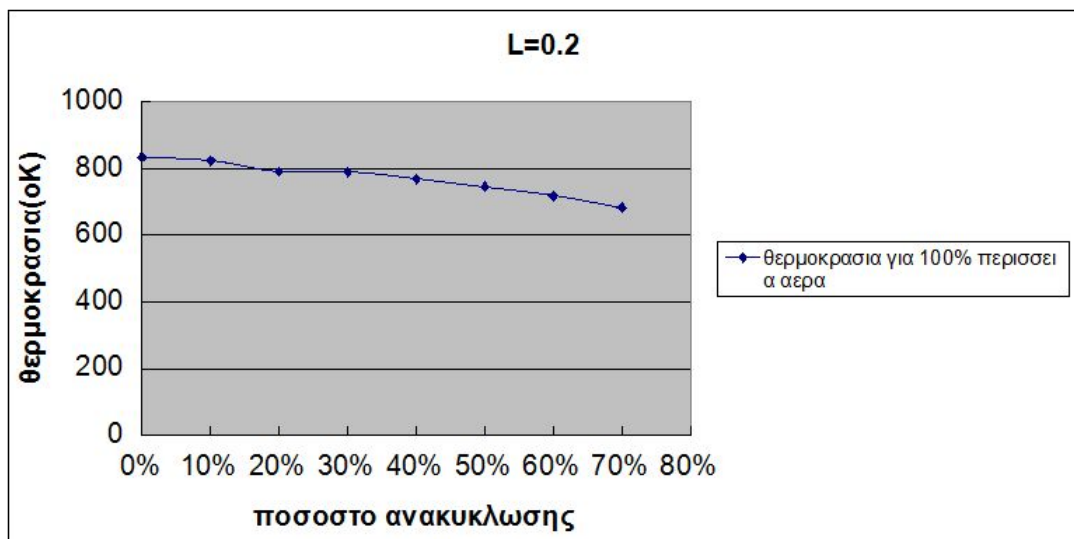
Παράγοντας $L=0,2$.



Εικόνα 25. Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ και ανακύκλωση.

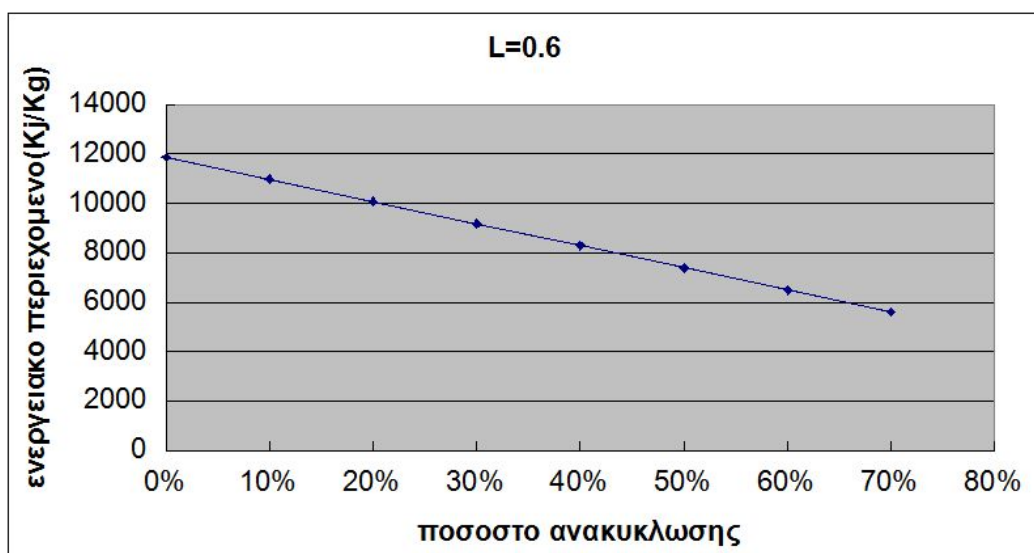


Εικόνα 26. “Στοιχειομετρική” θερμοκρασία καύσης και ανακύκλωση.

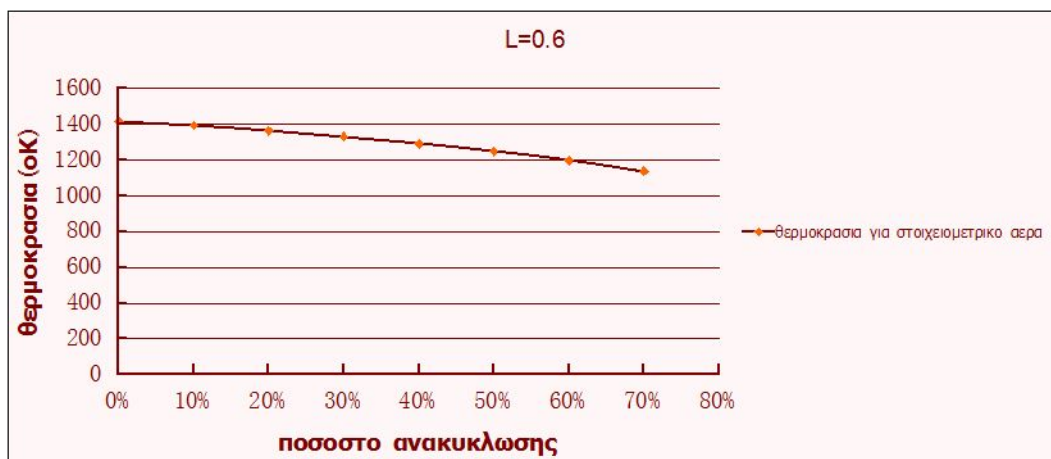


Εικόνα 27. Θερμοκρασία καύσης για περίσσεια αέρα 100% και ανακύκλωση.

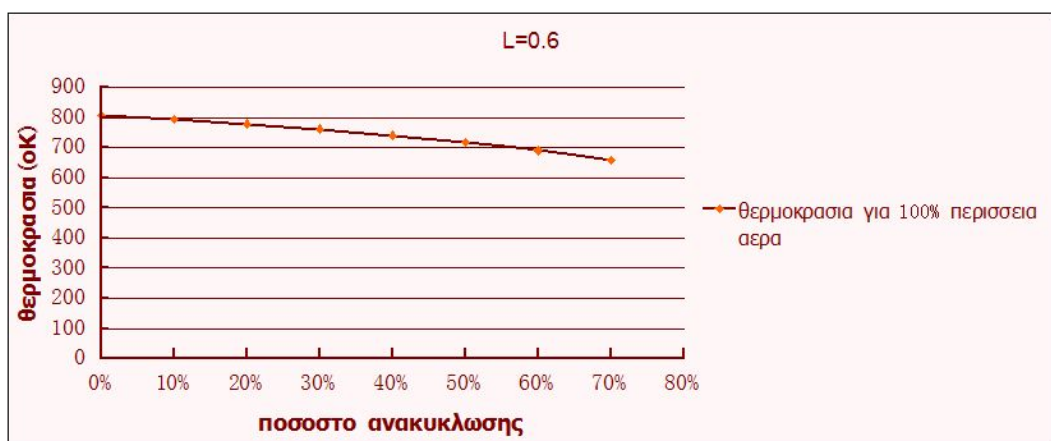
Παράγοντας $L=0,6$.



Εικόνα 28. Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ και ανακύκλωση.

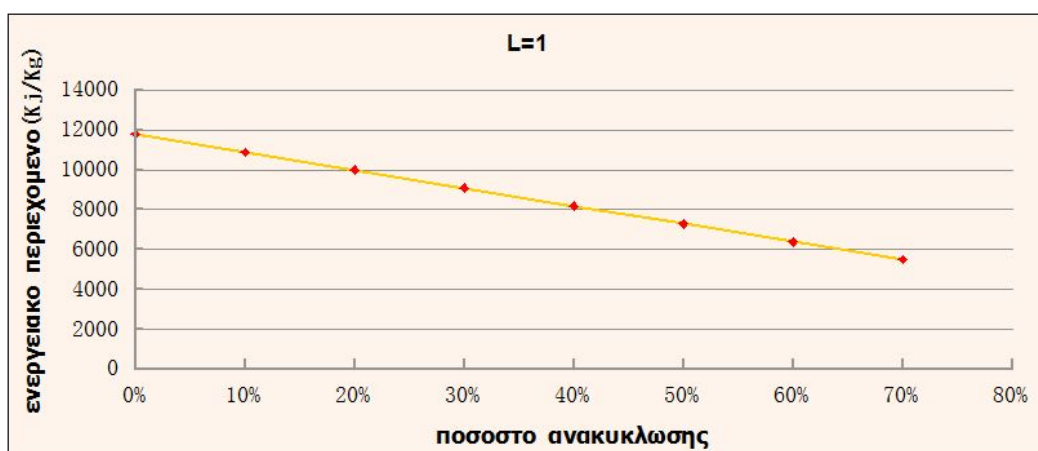


Εικόνα 29. “Στοιχειομετρική” θερμοκρασία καύσης και ανακύκλωση.

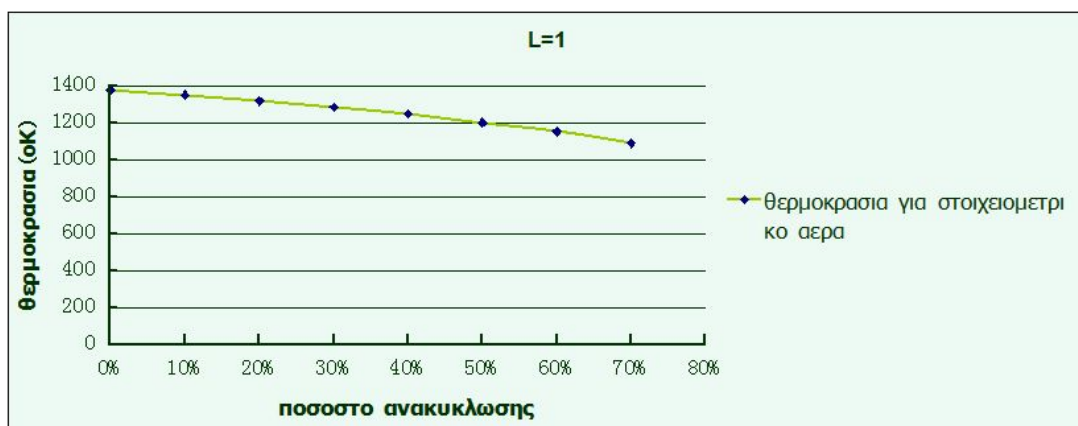


Εικόνα 30. Θερμοκρασία καύσης για περίσσεια αέρα 100% και ανακύκλωση.

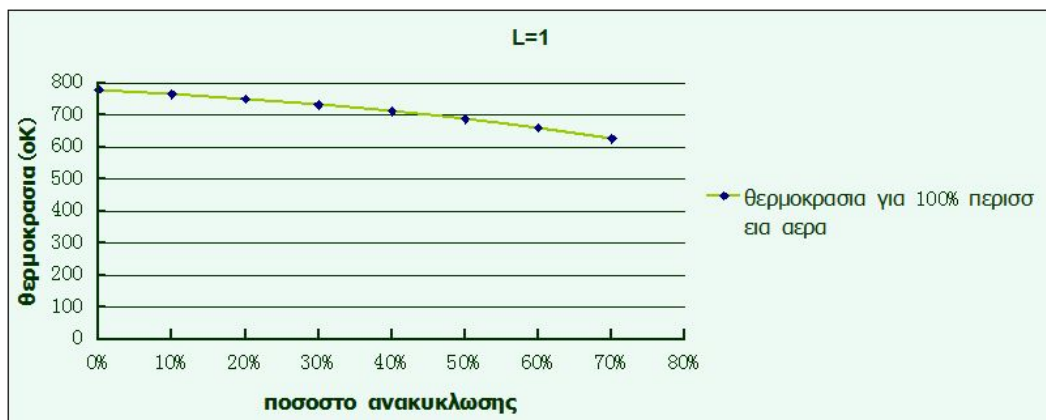
Παράγοντας $L=1$. Σύσταση ΑΣΑ για τις ΗΠΑ.



Εικόνα 31. Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ και ανακύκλωση.



Εικόνα 32. “Στοιχειομετρική” θερμοκρασία καύσης και ανακύκλωση.



Εικόνα 33. Θερμοκρασία καύσης για περίσσεια αέρα 100% και ανακύκλωση.

Να σημειωθεί ότι για οικονομία χώρου δεν παρατέθησαν τα δεδομένα για την ανακύκλωση και τη συσχέτισή της με τη θερμογόνο και τη θερμοκρασία καύσεως καθώς ανταποκρίνονται στην ίδια λογική με τα παρουσιαζόμενα (για $L=0,2$, $0,6$ και 1), ενώ επίσης στην άνωθεν επεξεργασία θεωρήθηκε ανακύκλωση, στα γνωστά ποσοστά, για χαρτί-χαρτόνι και πλαστικό (όχι γυαλί σε αυτό το πεδίο διερεύνησης).

Μπορούμε να εξάγουμε αρκετά συμπεράσματα. Όπως ας πούμε ότι σταθερά όπως είδαμε και παραπάνω όσο αυξάνεται το ποσοστό ανακύκλωσης τόσο μειώνονται το ενεργειακό περιεχόμενο και η θερμοκρασία καύσης, στοιχειομετρική και μη. Επίσης, για ίδιο ποσοστό ανακύκλωσης, όσο μεταφερόμαστε πιο κοντά στα αμερικανικά δεδομένα, τόσο πιο μικρή είναι η τιμή της θερμοκρασίας καύσης, στοιχειομετρικής και μη, αλλά και η μάζα των παραγόμενων καπναερίων.

Για παράδειγμα αν θεωρήσουμε ποσοστό ανακύκλωσης, των προς ανακύκλωση κλασμάτων ΑΣΑ, της τάξης του 50% οι θερμοκρασίες καύσης, στοιχειομετρική και περίσσειας παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Τιμή παράγοντα L	Μάζα ΑΣΑ(Kg)	Θερμοκρασία καύσης για στοιχειομετρικό αέρα(οK)	Θερμοκρασία καύσης για περίσσεια αέρα 100%(οK)
L=0,2	681	1293	746
L=0,4	675	1272	732
L=0,6	673	1249	717
L=0,8	666	1226	703
L=1 (Δεδομένα ΗΠΑ)	664	1200	686

Πίνακας 12.

Τιμή παράγοντα L	Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ για ποσοστό ανακύκλωσης 20% σε KJ/Kg	Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ για ποσοστό ανακύκλωσης 50% σε KJ/Kg	Ενεργειακό περιεχόμενο ΑΣΑ για ποσοστό ανακύκλωσης 70% σε KJ/Kg
L=0,2	11173	9665	8329
L=0,4	11146	9674	8357
L=0,6	11138	9698	8397
L=0,8	11110	9708	8427
L=1 (Δεδομένα ΗΠΑ)	11097	9728	8464

Πίνακας 13.

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 13 δείχνουν έπι παραδείγματι ότι το ενεργειακό περιεχόμενο των ΑΣΑ για ανακύκλωση της τάξης του 50% ή του 70% αυξάνεται όσο η σύσταση προσεγγίζει τις τιμές των ΗΠΑ ενώ αντίθετα μειώνεται, όσο προσεγγίζουμε τα "αμερικανικά" δεδομένα για ανακύκλωση της τάξης του 20%.

Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι όσο η σύσταση των παραγόμενων ΑΣΑ πλησιάζει τις τιμές των ΗΠΑ η εκτεταμένη ανακύκλωση είναι ενεργειακά αποδοτική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΥΣΗΣ Α.Σ.Α ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κατά τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον σχετικά με την ανάπτυξη νέων δυνατοτήτων όσον αφορά τη μεγιστοποίηση της μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια (ο αμερικάνικος όρος είναι Waste to Energy-WTE). Οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την αποτελεσματική WTE μετατροπή υποστηρίζονται στην ΕΕ, με την κοινοτική οδηγία-πλαίσιο για τα απόβλητα της Ευρώπης, γεγονός που υποδηλώνει την παρουσία κριτηρίων απόδοσης με στόχο την εισαγωγή σε ένα ποιοτικό πρότυπο αναφοράς. Παρ' όλα αυτά, οι υπαρκτές εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων (Ε.Α.Α.) χαρακτηρίζονται συνήθως από χαμηλές τιμές απόδοσης, σε σύγκριση με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ατμού που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Αυτό οφείλεται κυρίως στις περιορισμένων δυνατοτήτων παραμέτρους σχεδιασμού του κύκλου ατμού WTE, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες για τα μεγάλα ορυκτά που τροφοδοτούν τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στόχος λοιπόν γίνεται η βελτίωση της αξιοποίησης των αποβλήτων με στόχο την παραγωγή ενέργειας μέσω της χρησιμοποίησης τουρμπίνας στη διάταξη διαχείρισης των ΑΣΑ. Διερευνάται λοιπόν η δυνατότητα αξιοποίησης των *θερμών αερίων* που εξέρχονται από την τουρμπίνα για την **υπερθέρμανση** α) του ατμού που εξέρχεται από τη γεννήτρια παραγωγής ατμού και β) τη θέρμανση του νερού τροφοδοσίας που επιστρέφει στη γεννήτρια ατμού από το συμπυκνωτήρα.

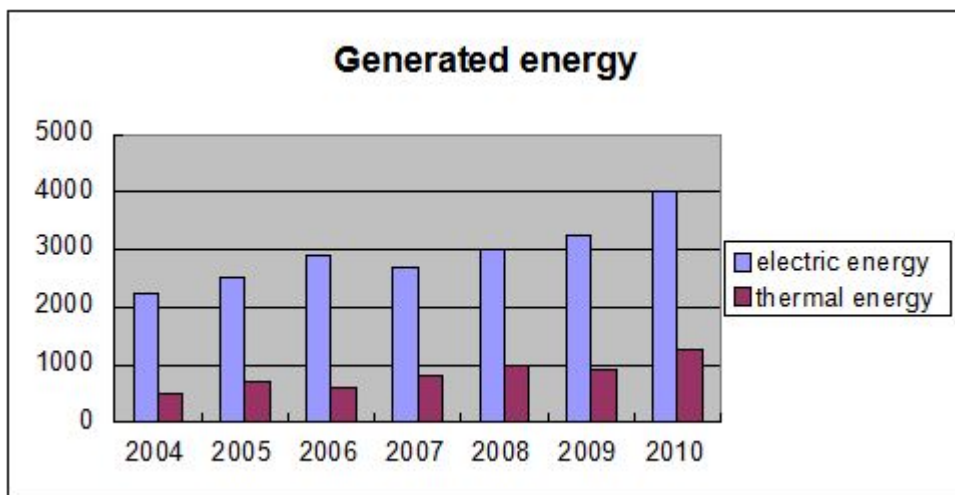
Η απόδοση είναι το βασικό κριτήριο για τη μελέτη ισχύος της διεργασίας ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ. Αυτή επηρεάζεται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από το μοντέλο τουρμπίνας που χρησιμοποιείται. Έχει παρατηρηθεί από τη μέχρι τώρα εμπειρία ότι με μια αύξηση 50% της ροής μάζας στη γεννήτρια ατμού προκαλείται συνολική αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης της τάξης του 80%. Τέτοιου τύπου διαπιστώσεις είναι σημαντικότερες προφανέστατα για το πεδίο της ενεργειακής οικονομίας και πρέπει συνεχώς να μελετώνται και να βελτιώνονται.

Σε ορισμένες χώρες, όπως η Γερμανία, η Αυστρία, οι Κάτω Χώρες, η Δανία, το Βέλγιο και η Σουηδία, η ανακύκλωση ΑΣΑ και η **ανάκτηση ενέργειας** επικρατούν. Συνολικά, σε 30 χώρες, υπάρχουν 446 μονάδες αποτέφρωσης-καύσης ΑΣΑ (398 στην ΕΕ των 27), που συνολικά διαχειρίζονται 69700000 τόνους (65,1 εκατομμύρια τόνους στην ΕΕ των 27) στοιχείο που φανερώνει τις τεράστιες δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων με την κατάλληλη φυσικά τεχνογνωσία, το σχεδιασμό και επένδυση οικονομικών πόρων.

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τα απορρίμματα με συμβατικές μονάδες καύσης.

7.2 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ

Μία χώρα που αποτελεί σε ικανοποιητικό βαθμό αντιπροσωπευτική περίπτωση ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ είναι η Ιταλία. Εκεί, τα πρόσφατα καταγεγραμμένα δεδομένα δείχνουν ότι 50 μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ διαχειρίζονται το χρόνο 7,12Mtons ενεργειακού περιεχομένου ή συνολικής θερμογόνου δύναμης προσεγγιστικά της τάξης των 2925MWt που προκαλεί κατόπιν αξιοποίησης **ηλεκτρική απόδοση 782MWe**. Σε όλες τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης συντελείται ανάκτηση ενέργειας. Στο συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό 49/50, η θερμογόνος των αποβλήτων μετατρέπεται αποκλειστικά σε ηλεκτρική ενέργεια με απώλεια (μη αξιοποίηση) της παραγόμενης θερμικής, ενώ σε 11 μονάδες μετατρέπεται και σε ηλεκτρική ενέργεια και σε θερμική, με την αναλογία όπως μπορεί να διακρίνει κανείς σαφώς μετατοπισμένη προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Εικόνα 34).



Εικόνα 34. Ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε GWh που παράγεται από ΑΣΑ, ανά έτος, στην Ιταλία.

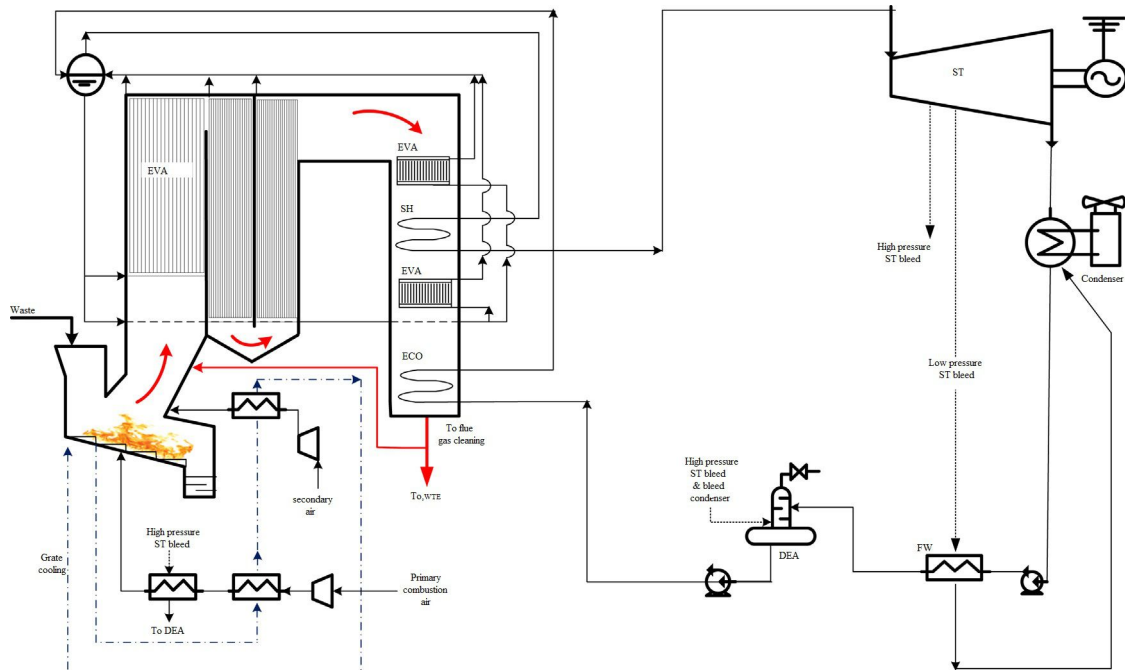
Πηγή www.elsevier.com

Στις 34 από τις 50 μονάδες καύσης, η χωρητικότητα κυμαίνεται γύρω στους 50MWt καθ'ότι είναι παλιές γενιάς ενώ σε λίγες μόνο νέες γενιάς υπερβαίνει τους 100 MWt.

Η ενεργειακή απόδοση που σημειώνεται, είτε συντελείται παραγωγή ηλεκτρικής, είτε θερμικής, είτε και των δύο, εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, όπως η ηλικία της μονάδας, το μέγεθός της ή η διαθέσιμη τεχνολογία και στις περισσότερες των περιπτώσεων τοποθετείται από **18-25%**, ενώ σε λιγότερες περιπτώσεις κυμαίνεται κοντά στο **30%**. Να σημειωθεί τέλος ότι μια αυξανόμενη τάση της παραγόμενης ενέργειας είναι εμφανής, με την αύξηση να εκτιμάται περισσότερο από 1450 GW_h στο πεδίο παραγωγής ηλεκτρικής ο και 650 GW_h ht, αντίστοιχα, για την παραγωγή θερμικής. Μια περαιτέρω σημαντική αύξηση της παραγωγικής ικανότητας αναμένεται, έως το τέλος του 2014.

7.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΥΣΗΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην εικόνα 35 φαίνεται μία τυπική μονάδα αποτέφρωσης, διαχείρισης απορριμμάτων στην οποία δεν πραγματοποιείται ενεργειακή αξιοποίηση της θερμότητας των ΑΣΑ.

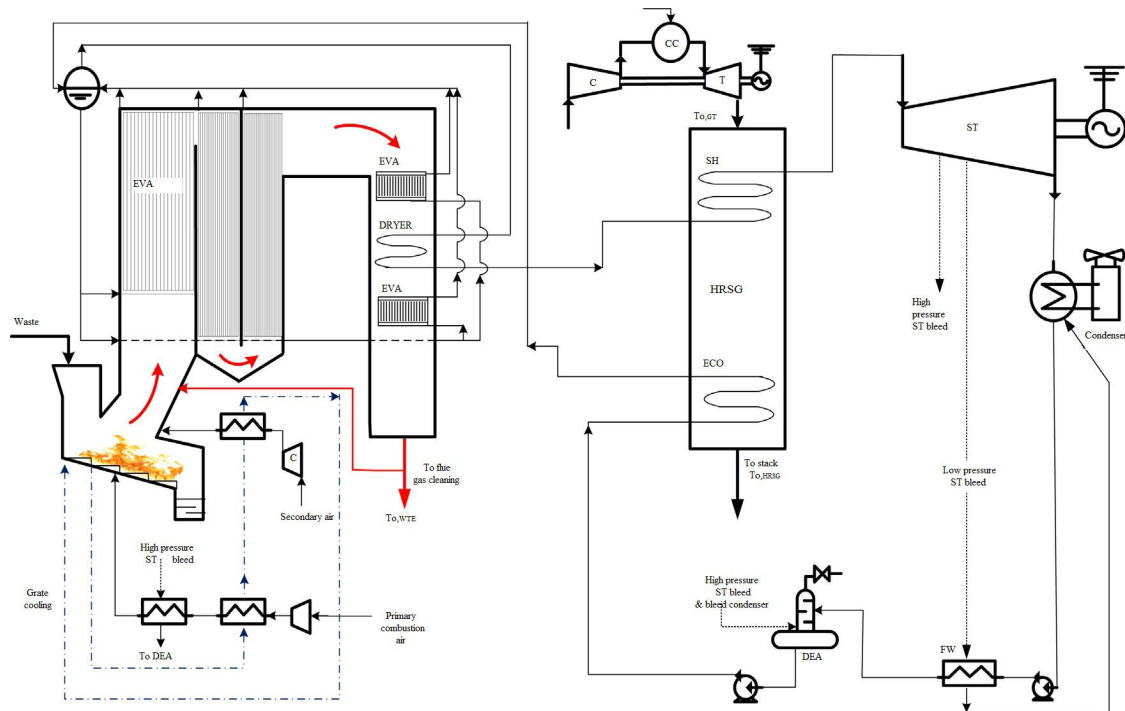


Εικόνα 35. Σχηματική διάταξη τυπικής μονάδας καύσης.

Πηγή www.elsevier.com

Στην περίπτωση όμως στην οποία επιχειρείται ανάκτηση ενέργειας (σε ηλεκτρικής) υπάρχουν δύο ειδών διατάξεις. Η πρώτη διάταξη φαίνεται στην εικόνα 36. Σε αυτή τη διάταξη (που ονομάζεται **τύπου Α**) ο θερμαντήρας έχει ως αποστολή την παραγωγή κορεσμένου ατμού, ενώ η προθέρμανση του νερού (που φυλάσσεται σε εξοικονομητήρα ECO) και η υπερθέρμανση του ατμού (σε υπερθερμαντήρα SH) ενσωματώνονται στη γεννήτρια ατμού (HRSG). Πράγματι, στη συγκεκριμένη διάταξη, προκειμένου να εξαλειφθούν τα προβλήματα διάβρωσης στον υπερθερμαντήρα SH της μονάδας, η διαδικασία υπερθέρμανσης ατμού μετακινείται εντός του HRSG. Μέσα στο τμήμα συναγωγής της μονάδας, ένας ξηραντήρας DRYER αντικαθιστά το αρχικό SH του ΣΧ. 5. Ο ξηραντήρας χρησιμοποιείται μόνο για να αυξήσει ελαφρώς τη θερμοκρασία κορεσμένου ατμού (περίπου κατά 5° C) για την αποφυγή συμπύκνωσης ατμού στους σωλήνες διανομής προς τον υπερθερμαντήρα SH.

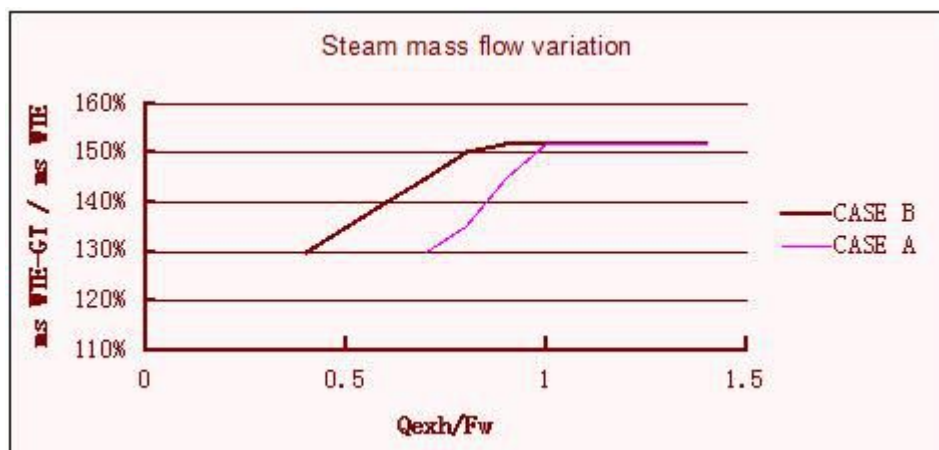
Η πρόσθετη ροή μάζας ατμού που παράγεται στον λέβητα ΑΣΑ τονίστηκε. Αυτή η προηγούμενη έρευνα έδειξε μια σχέση μεταξύ της ροής της μάζας του ατμού (ms) που παράγεται στο θερμαντήρα και το μέγεθος της τουρμπίνας GT.



Εικόνα 36. Ολοκληρωμένη διάταξη **τύπου Α**.
Πηγή www.elsevier.com

Οι δύο βασικοί παράγοντες για το βέλτιστο σχεδιασμό του υβριδικά συνδυασμένου κύκλου (HCC) είναι: Η **θερμική ισχύς (QEXH)** της τουρμπίνας-στροβίλου και η **ισχύς εισόδου (FW) των ΑΣΑ**, που δεν είναι άλλη από το ενεργειακό τους περιεχόμενο. Μία βέλτιστη κατάσταση από την άποψη της αναλογίας μεταξύ QEXH και FW είναι ικανή να μεγιστοποιήσει την παραγωγή ατμού και τη θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού και να ελαχιστοποιήσει τη θερμοκρασία των αποβαλλόμενων αερίων. Αυτό το βέλτιστο εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού.

Η εικόνα 37, δείχνει την παραγωγή ατμού σε σχέση με το λόγο QEXH / FW για τη μονάδα αποτέφρωσης-παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (WTE-GT), με βάση την ανωτέρω περιγραφή υπόθεση.

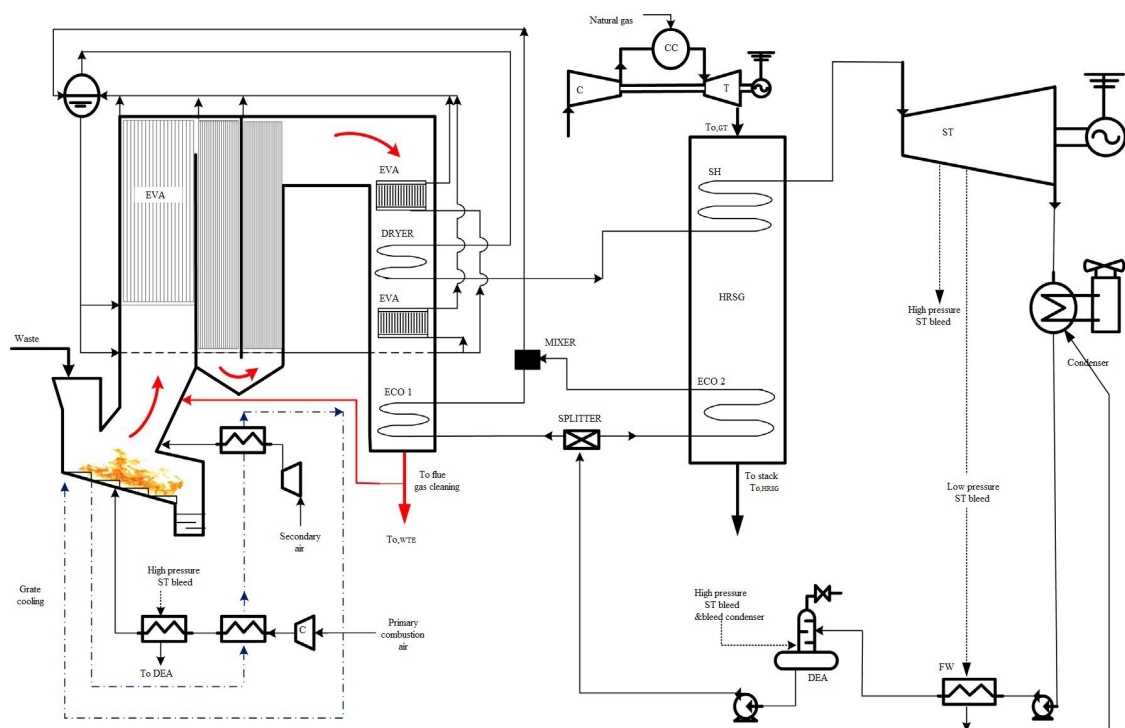


Εικόνα 37. Παραγωγή ατμού σε σχέση με το λόγο QEXH / FW.

Πηγή www.elsevier.com

Προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω η WTE-GT θερμοδυναμική απόδοση, μια προηγμένη διαμόρφωση (**τύπος B**), καταστρώθηκε και φαίνεται στην εικόνα 38.. Προτείνεται να μοιράζεται ο εξοικονομητής μεταξύ του θαλάμου καύσης της μονάδας αποτέφρωσης και της γεννήτριας ατμού ανάκτησης θερμότητας (HRSG) και για το λόγο αυτό κατασκευάζεται μια παράλληλη διάταξη. Η ροή του νερού που εξέρχεται από τον απαερωτήρα DEA χωρίζεται μέσω splitter σε δύο ρεύματα: ένα κλάσμα (f) πηγαίνει στο ECO2, στο τμήμα εξοικονομητή στο εσωτερικό της HRSG, ενώ το υπόλοιπο τμήμα (1-f) αποστέλλεται στην ECO1, στο εσωτερικό του boiler του θαλάμου καύσης. Ένα Mixer εισάγεται πριν από τον εξατμιστήρα (EVA), για να αναμειχθούν τα δύο ρεύματα εξόδου της συστοιχίας των ECOs. Ο παράγοντας διαχωρισμού f έχει οριστεί για να ισορροπήσει τις θερμοκρασίες εισόδου στο mixer.

Η μείωση της ποσότητας της θερμότητας-που είναι απαραίτητη για εξοικονόμηση νερού- στο εσωτερικό της HRSG, λόγω της παράλληλης διαμόρφωσης των ECO στον τύπο B, οδηγεί σε μείωση της βέλτιστης τιμής QEXH / FW, όπως φαίνεται στην εικόνα 37 (κόκκινη γραμμή). Αντ' αυτού, το μέγιστο που παράγεται για το ρυθμό μάζας του ατμού (ms) είναι το ίδιο και για τις δύο διατάξεις, για δεδομένα p-T. Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι ο τύπος εγκατάστασης μονάδας καύσης-παραγωγής ενέργειας, **B μπορεί να είναι πιο ωφέλιμος**, καθώς επιτρέπει την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ατμού της περίπτωσης A, με μικρότερο λόγο QEXH / FW, το οποίο, σύμφωνα με συγκεκριμένους υπολογιστικούς αλγορίθμους προσέγγισης, μεταφράζεται και σε **μικρότερου μεγέθους τουρμπίνα (GT)**.



Εικόνα 38. Ολοκληρωμένη διάταξη με παράλληλα economizers - **τύπου B**.
Πηγή www.elsevier.com

7.4 ΕΙΔΗ ΤΟΥΡΜΠΙΝΩΝ-ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ

Υπάρχουν όσον αφορά τις τουρμπίνες (αεριοστρόβιλους) πολλές και διαφορετικές διαφορετικές εμπορικές μονάδες με πιο διαδεδομένους τύπους τα μοντέλα:

- GE 5251M (GT0)
- RollsRoyce RB211 (GT1)
- GE LM2500
- PJ (GT2)
- GE LM2500 PH (GT3)

Τα δεδομένα σχεδιασμού GTs @ ISO συνθηκών πλήρους φόρτωσης αναφέρονται στον **Πίνακα 14**, ενώ το αντίστοιχα σημεία απεικονίζονται στο . Η απορριπτόμενη θερμική ισχύς της τουρμπίνας επίσης δίνεται στον Πίνακα 14. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στον καθορισμό του χαρακτηρισμού συνθηκών ως συνθήκες ISO, οι τρεις τυπικές προϋποθέσεις που ορίζονται στις αξιολογήσεις είναι θερμοκρασία περιβάλλοντος **15 βαθμούς C**, σχετική **υγρασία 60%** και **πίεση περιβάλλοντος στο επίπεδο της θάλασσας**. Οι συνθήκες αυτές επηρεάζουν την πυκνότητα του αέρα. Πώς η πυκνότητα του αέρα επηρεάζει την έξοδο

αεριοστροβίλου και την απόδοση; Η μάζα του αέρα σε συγκεκριμένο όγκο, στο τμήμα του συμπιεστήρα για κάθε περιστροφή των πτερυγίων, εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα. Έτσι, στο επίπεδο της θάλασσας μια περιστροφή ουσιαστικά μεταφράζεται σε μεγαλύτερη μάζα άρα σε περισσότερα κιλά αέρα από ό,τι σε τόπο με μεγάλο υψόμετρο.

Το έργο του αεριοστροβίλου (η μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε μηχανική) εξαρτάται από τη μάζα των θερμών αερίων, την ειδική θερμότητα και τη διαφορά θερμοκρασίας. Η μάζα των θερμών αερίων εξαρτάται από τη μάζα του εισερχόμενου αέρα. Αυτό σημαίνει ότι στο επίπεδο της θάλασσας η τουρμπίνα αερίου δίνει περισσότερη παραγωγή απ' ό,τι σε μεγάλα υψόμετρα.

	GT0 5251M	GT1 RB211	GT2 LM2500 PJ	GT3 LM2 PH
P _{GT} (MWe)	17.8	27,1	22,6	20,8
T _{O,GT} (°C)	510	506	544	533
Air flow (kg/s)	96.0	90,6	64,7	63,6
Exh. flow (kg/s)	97.5	92,3	68,3	64,2
η _{GT} (%)	24.9	35,2	35,7	35,7
F _{NG} (MWt)	71.3	77,3	63,4	58,4
QEXH (MWt)	57.5	54,1	43,2	39,8
QEXH/FW (–)	1.04	0,98	0,79	0,72

Πίνακας 14.

Στοιχεία για επιλεγμένες τουρμπίνες σε συνθήκες ISO

Πηγή www.elsevier.com

Επίσης, όσον αφορά τις απώλειες εισόδου και εξόδου για τις συνθήκες ISO, οι τυποποιημένοι όροι διευκρινίζουν ότι οι **απώλειες εισόδου και εξόδου** είναι **μηδενικές**. Το σύστημα εισαγωγής και το σύστημα εξόδου προσφέρουν αντίσταση στη ροή του αέρα και των καυσαερίων. Η ενέργεια για να ξεπεραστούν αυτές οι αντιστάσεις προέρχεται από τον αεριοστροβίλο. Αυτό μειώνει την καθαρή έξοδο του αεριοστροβίλου. Η διαμόρφωση και η διάταξη των συστημάτων εισαγωγής και εξαγωγής διαφέρει από μονάδα σε μονάδα και κατά συνέπεια και οι απώλειες. Αυτές οι απώλειες μειώνουν την πραγματική έξοδο του στροβίλου αερίου από την θεωρητική της αξία.

Το **πρότυπο ISO** θεωρεί ότι ο αεριοστροβίλος **λειτουργεί** στο 100% του **ονομαστικού-θεωρητικού φορτίου**. Η απόδοση που αναφέρεται στο πρότυπο αφορά αυτό το 100%. Η αποδοτικότητα του αεριοστροβίλου σε μη ονομαστικό φορτίο είναι διαφορετική από αυτή στο 100% του φορτίου. Αυτό οφείλεται και στις συχνές εκκινήσεις και στάσεις που οδηγούν σε μείωση των επιδόσεων.

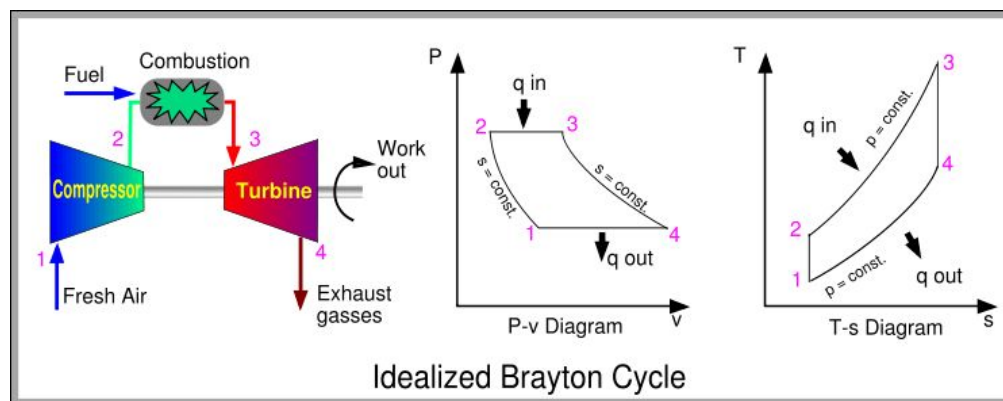
Τέλος, όλοι οι κατασκευαστές παρέχουν **παράγοντες διόρθωσης** για τις αποκλίσεις από τις διάφορες τυποποιημένες αξιολογήσεις που συζητήθηκαν παραπάνω. Εάν είναι γνωστές η έξοδος και η αποτελεσματικότητα-απόδοση στις τυποποιημένες αξιολογήσεις διορθώνονται έτσι για τις επικρατούσες συνθήκες. Σε βιομηχανική και μάλιστα τέτοιου τύπου -θερμικής διαχείρισης και παραγωγής ενέργειας βιομηχανία- είναι ανάγκη να εξετάζονται ικανοποιητικά αυτές οι διορθώσεις κατά τον προσδιορισμό, την αγορά και τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση τουρμπίνας.

Η τουρμπίνα GT1 επιλέγεται για τη συγκεκριμένη μονάδα διαχείρισης ΑΣΑ και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στο βέλτιστη τιμή για το QEXH (δηλαδή min QEXH και max ms-ροή μάζας) για μονάδες τύπου A ενώ, με παρόμοιο τρόπο, για μονάδες τύπου B, επιλέγεται η τουρμπίνα GT2 κοντά στο βέλτιστο σημείο.

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 13**, η ηλεκτρική απόδοση των GTs η_{GT} (%), που κυμαίνεται μεταξύ 25% και 36%, είναι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την τιμή της QEXH. Πράγματι, μπορεί η GT0 να είναι η μικρότερη μονάδα από άποψη ηλεκτρικού μεγέθους, αλλά αυτό οδηγεί σε υψηλότερες τιμές QEXH εξ' αιτίας της κατώτατης τιμής απόδοσης η .

7.5 ΚΥΚΛΟ BRAYTON Η JOULE ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ-ΤΟΥΡΜΠΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η λειτουργία των τουρμπινών περιγράφεται από το κύκλο Brayton. Όπως φαίνεται στην εικόνα 39.



Εικόνα 39. Ιδανικό κύκλο BRAYTON.

Πηγή www.braytonenergy.net

Στο κύκλο λειτουργίας αεριοστροβίλων Brayton, λαμβάνουν χώρα οι κάτωθι διεργασίες.

1. **Ισεντροπική συμπίεση (διεργασία 1 \Rightarrow 2).** Ο αέρας (λειτουργούν μέσο) εισέρχεται στο συμπιεστήρα (σημείο 1), όπου και συμπιέζεται ισεντροπικά ($ds=0$), μέχρι την κατάσταση 2, στην οποία έχει και τη μεγαλύτερη πίεση. Το έργο που χρειάζεται για τη συμπίεση καταναλίσκεται δηλαδή για τη λειτουργία του

συμπιεστήρα-ανά μονάδα μάζας λειτουργούντος μέσου-είναι η διαφορά ενθαλπίας δηλαδή $W_{κατ}=h_2-h_1$.

2. **Ισοβαρής θέρμανση (διεργασία 2 => 3).** Ο αέρας, φέρεται σε επαφή (σημείο 2) με θερμοδοχείο, από το οποίο αντλεί θερμότητα κατά αντιστρεπτό τρόπο και υπό σταθερή πίεση. Η θερμότητα που εισέρχεται στο σύστημα, ανά μονάδα μάζας, είναι $q_{εισ}=h_3-h_2$.
3. **Ισεντροπική εκτόνωση (διεργασία 3 => 4).** Το θερμοδοχείο απομακρύνεται από το σύστημα και ο αέρας εισέρχεται στο στρόβιλο (σημείο 3), όπου **εκτονώνεται ισεντροπικά** μέχρι την κατάσταση 4. Κατά τη διεργασία αυτή που συνοδεύεται από ελάττωση της θερμοκρασίας και της πίεσης, το σύστημα εκτελεί έργο, που μεταδίδεται στο στρόβιλο-τουρμπίνα. Το έργο αυτό που αποδίδει το σύστημα, ανά μονάδα μάζας, είναι $W_{απ}=h_3-h_4$.
4. **Ισοβαρής ψύξη (διεργασία 4 => 1).** Ο αέρας επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση (σημείο 1) με τη βοήθεια ψυχοδοχείου, με το οποίο έρχεται σε επαφή αμέσως μετά την έξοδό του από την τουρμπίνα (σημείο 4). Κατά τη διάρκεια της διεργασίας αυτής το σύστημα απορρίπτει στο ψυχοδοχείο θερμότητα, υπό σταθερή πίεση, το ποσό της οποίας ανά μονάδα μάζας είναι $q_{απ}=h_4-h_1$.

Στις διεργασίες διαχείρισης ΑΣΑ μέσω καύσης-αποτέφρωσης, το λειτουργούν μέσο δεν είναι τίποτε άλλο από το μίγμα καπναερίων που παράγονται κατά την καύση των αποβλήτων και το οποίο αποτελείται από CO_2, H_2O, O_2 και N_2 , οι ποσότητες των οποίων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες με σημαντικότερους την ποσότητα και τη σύσταση των ΑΣΑ που οδηγούνται για καύση, ή το ποσοστό περισσειας αέρα που συμμετέχει σ' αυτή κλπ. Το θερμοδοχείο του ιδανικού κύκλου Brayton, δεν είναι άλλο από το θάλαμο καύσης των αποβλήτων.

Ο βαθμός απόδοσης της τουρμπίνας ως γνωστόν και όπως εν γένει ισχύει για τους βαθμούς αποδόσεως, είναι ο λόγος του ωφέλιμου-παραγόμενου έργου της προς το ποσό θερμότητας που εισέρχεται στο σύστημα $\eta=W/q_{εισ}$. Θερμότητα εισέρχεται κατά την καύση στο θάλαμο, η οποία είναι αριθμητικά ίση όπως σημειώθηκε πριν με $q_{εισ}=h_3-h_2$. Με γνωστό το βαθμό απόδοσης λοιπόν και την εισερχόμενη θερμότητα υπολογίζεται το ωφέλιμο έργο της τουρμπίνας.

Έτσι για τον υπολογισμό του παραγόμενου-ωφέλιμου έργου που παράγεται στην τουρμπίνα, απαραίτητη καθίσταται η γνώση της διαφοράς ενθαλπίας για το λειτουργούν μέσο (μίγμα καπναερίων) κατά την καύση των ΑΣΑ $\Delta H = h_3-h_2$, η οποία είναι αριθμητικά ίση με:

$$\Delta H = h_3 - h_2 = \sum [X_i \cdot a_i \cdot (T_3 - T_2)] + \sum [X_i \cdot (b_i/2) \cdot (T_3^2 - T_2^2)] + \sum [X_i \cdot (c_i/3) \cdot (T_3^3 - T_2^3)] + \sum [X_i \cdot (d_i/4) \cdot (T_3^4 - T_2^4)]$$

όπου

- X είναι το **ποσοστό** του καθενός από τα καυσαέρια δηλαδή ο λόγος της μάζας του προς τη συνολική μάζα των καυσαερίων.
- a, b, c, d , είναι οι σταθερές καθενός από τα καυσαέρια για την ειδική θερμότητα $C_p [Kj/(Kmol \cdot K)] = a + bT + cT^2 + dT^4$, όταν αυτή εξαρτάται από τη θερμοκρασία.
- T_2 είναι η θερμοκρασία εισόδου των αποβλήτων στο θάλαμο καύσης η οποία ενδεικτικά θεωρήθηκε $40^\circ C$.

➤ T_3 είναι η θερμοκρασία καύσης των ΑΣΑ.

Με τον τρόπο αυτό προσεγγίστηκε η διαφορά ενθαλπίας στη διεργασία ισεντροπικής εκτόνωσης στην τουρμπίνα και στη συνέχεια από το βαθμό απόδοσης του στροβίλου η , υπολογίστηκε το ωφέλιμο έργο που παράγεται στην τουρμπίνα και θεωρείται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η σχέση που δίνει το βαθμό απόδοσης της τουρμπίνας είναι $\eta = 1 - T_p^{(1-\gamma)/\gamma}$. Ο λόγος πιέσεων P_2/P_1 θεωρήθηκε από διαγράμματα εμπειρικά και πειραματικά ίσος με 20, ενώ με το λόγο ειδικών θερμοτήτων γ να είναι ίσος με 1,4 υπολογίζεται βαθμός απόδοσης στροβίλου στο $\eta = 0,575$.

Έτσι το ωφέλιμο έργο είναι $W = \eta \cdot q_{\text{εισ}}$ και προφανώς μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία της καύσης καθώς τότε μεταβάλλεται και η εισερχόμενη στο σύστημα θερμότητα $q_{\text{εισ}}$.

Συντελεστής	Ποσοστό
υπολείμματα τροφών	40.6
χαρτί	18.7
χαρτόνι	9.4
πλαστικά	13.0
υφάσματα	1.0
λάστιχο	1.0
δέρμα	0.5
υπολείμματα αυλών	3.0
ξύλο	2.0
λοιπά οργανικά	
γυαλί	3.0
λευκοσίδηρος	1.7
αλουμίνιο	1.8
άλλα μέταλλα	2.8
λοιπά ανόργανα	1.5
ΣΥΝΟΛΟ	100

Πίνακας 15. Ποσοστιαία σύσταση ΑΣΑ Αττικής.

Πηγή <http://www.eedsa.gr>

Για τη σύσταση και αναλογία των ΑΣΑ στην Αττική, σύμφωνα με τα δεδομένα της εργασίας που παρουσιάζονται στον πίνακα 15, η θερμοκρασία καύσης υπολογίζεται **849°K**, η εισερχόμενη θερμότητα λόγω καύσης (που ισούται με την άνωθεν μεταβολή ενθαλπίας με $T_2 = 40^\circ\text{C}$) υπολογίζεται **$q_{\text{εισ}} = 17248,836 \text{ KJ/Kg}$** , ενώ τέλος το παραγόμενο ωφέλιμο έργο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με **$W = 9918,081 \text{ KJ/Kg}$** .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στη διατριβή επιχειρήθηκε η συσχέτιση και η μελέτη της επίδρασης της ανακύκλωσης καθώς και άλλων παραγόντων στην καύση των αστικών αποβλήτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν και αναλύθηκαν εκτενώς από τα δεδομένα που εισήχθησαν προς επεξεργασία προέκυψε ένα βασικό συμπέρασμα. Όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό ανακύκλωσης ΑΣΑ τόσο πιο περιορισμένες είναι οι τιμές ανάκτησης ενέργειας που επιτυγχάνονται κατά την καύση τους. Επίσης ουσιαστικά σοβαρές τιμές ενεργειακής παραγωγής και ανάκτησης παρουσιάζονται όταν τα ποσοστά ανακύκλωσης των αστικών αποβλήτων και ιδιαίτερα συγκεκριμένων κατηγοριών, όπως το πλαστικό, είναι αρκετά περιορισμένες. Η πραγματικότητα αυτή καταμαρτυρά ότι καύση και ανακύκλωση αποτελούν δύο αντικρουόμενες δραστηριότητες αν όχι σε πλήρη, σίγουρα πάντως σε ευρεία αντίφαση και αλληλοαναιρέση.

Η καύση πέραν του ότι επιτυγχάνει τη μείωση τόσο της μάζας, σε ποσοστό 75-80%, όσο κυριότερα τη μείωση του όγκου κατά 90% των ΑΣΑ, χρησιμοποιεί δοκιμασμένη τεχνολογία και παράγει σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας εκ της οποίας το ήμισυ είναι ανανεώσιμη συγκεντρώνει αρκετές επικρίσεις σχετικά με την **ακρίβεια**, την **αναποτελεσματικότητα** και την **επικινδυνότητα** για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία κατ'επέκταση. Όπως αποκαλύπτει έκθεση της Greenpeace, έρευνες που έγιναν σε εργαζόμενους μονάδων καύσης και σε κατοίκους γειτονικών περιοχών δείχνουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία τους(αύξηση καρκινογενέσεων, αυξημένες συγκεντρώσεις διοξινών,αυξημένα αναπνευστικό προβλήματα κ.α). **Εκεί που η καύση είναι ιδιαίτερα αποτρεπτική είναι στο κόστος.** Πέρα από το αποτρεπτικό πάγιο κόστος εγκατάστασης, όπως προκύπτει από πρόσφατη ευρωπαϊκή έρευνα, το λειτουργικό κόστος των μονάδων καύσης μπορεί να ξεπεράσει κατά 30 φορές αυτό της ταφής, ενώ παραμένει υψηλότερο από το κόστος κομποστοποίησης. Δεδομένου ότι η καύση απορροφά τεράστια κονδύλια, η όποια επένδυση σε αυτή την κατεύθυνση μειώνει τις πιθανότητες για επενδύσεις σε φιλοπεριβαλλοντικές μεθόδους διαχείρισης, αφού τα κονδύλια είναι εκ των πραγμάτων περιορισμένα. Η εφαρμογή της καύσης **αντιστρατεύεται** επίσης πολλούς από τους στόχους που έχει θέσει η εθνική και κοινοτική νομοθεσία, σύμφωνα με τις οποίες προβλέπεται:

- Υποχρέωση ανάκτησης του 60% και ανακύκλωσης του 55-80% των συσκευασιών μέχρι το 2011.
- Υποχρέωση μείωσης των βιοαποδομήσιμων αστικών απορριμμάτων που προορίζονται για ταφή (και ει δυνατόν κομποστοποίησής τους στην πηγή, σε επίπεδο κατοικίας δηλαδή) κατά 25% ως το 2010, 50% ως το 2013 και 65% ως το 2020 (σε σχέση με τα επίπεδα του 1995 ή του τελευταίου προ του 1995 έτους για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat).

- Υποχρέωση ανακύκλωσης και εναλλακτικής διαχείρισης ειδικών απορριμμάτων και αποβλήτων, όπως λάστιχα, παλιά οχήματα, καταλύτες, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, μπάζα, ογκώδη αντικείμενα, έπιπλα, ορυκτέλαια, κ.α.

Η **ανακύκλωση** από την άλλη μεριά **εξασφαλίζει οικονομικούς πόρους**. Το συνολικό κόστος επεξεργασίας των ΑΣΑ με αυτήν τη μέθοδο ανέρχεται περίπου στα 35 ευρώ ανά τόνο ΑΣΑ. (Διαχείριση των απορριμμάτων και επιπτώσεις Κώστας Νικολάου Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος, Καθηγητής-Σύμβουλος Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Πόλεων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, <http://www.filoitisgis.gr>), αν η μονάδα ιδρυθεί και λειτουργήσει από δημόσιο ή αυτοδιοικητικό φορέα, μη λαμβάνοντας υπόψη τα έσοδα από την πώληση και επιδότηση των ανακτώμενων υλικών και του παραγόμενου κομποστ. Το κόστος ανεβαίνει στα 55 ευρώ ανά τόνο, αν η μονάδα ιδρυθεί και λειτουργήσει από ιδιωτική επιχείρηση.

Αντίθετα ο κάτωθι πίνακας (Πίνακας 16) δείχνει το **αυξημένο κόστος της καύσης**.

Πίνακας 16.

Συγκριτικά κόστη για καύση απορριμμάτων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.	
ΧΩΡΑ	Κόστος καύσης προ φόρων σε ευρώ/τόνο ΑΣΑ
Αυστρία	97-332
Βέλγιο	62-83
Βρετανία	65-86
Γαλλία	67-129
Γερμανία	65-250
Δανία	43
Ελβετία	21-53
Ιρλανδία	46

Πηγή: Hogg et al(2002). Costs for Municipal Waste Management in the EU. Final Report to DG Environment, European Commission . Eunomia Research & Consulting

Επίσης, η **ενεργειακή εξοικονόμηση** που επιτυγχάνει η ανακύκλωση και η οποία προκύπτει από την υποκατάσταση παρθένων υλικών με ανακυκλωμένα (MJ/τόνο) εν τέλει είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που ανακτάται μέσω της αξιοποίησης της θερμότητας των ΑΣΑ όπως φαίνεται στον πίνακα 17.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ-ΚΑΥΣΗΣ			
Υλικό	Εξοικονομούμενη ενέργεια από υποκατάσταση παρθένων από ανακυκλωμένα υλικά(MJ/τόνο)	Ενέργεια που παράγεται από την καύση απορριμμάτων(MJ/τόνο)	Ενεργειακά οφέλη ανακύκλωσης σε σύγκριση με την καύση)
Χαρτί εφημερίδας	22.398	8.444	2,7 προς 1
Χαρτόνι	22.887	7.388	3,1 προς 1
Χαρτί γραφής	35.242	8.233	4,3 προς 1
Πολυαιθυλένιο (HDPE)	74.316	21.004	3,5 προς 1
Γυάλινη συσκευασία	3.212	106	30,3 προς 1
Κουτιά αλουμινίου	256.830	739	347,5 προς 1
Λάστιχα	32.531	14.777	2,2 προς 1

Πίνακας 17.

Πηγή: Morris, Jeffrey, and Canzoneri, Diana, (2000) Recycling Versus Incineration: An Energy Conservation Analysis. Sound Resource Management Group (SRMG) Seattle, Washington, September, 1992. (This report has been summarized in the Sound Resource Management's publication, The Monthly UnEconomist, vol. 2, no. 2-4, February, March and April 2000.)

Τέλος είναι **περιβαλλοντικά φιλική**. Στον πίνακα 18 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι εκπομπές CO₂ που αποφεύγονται μέσω της ανακύκλωσης.

Είδος υλικού	Εκπομπή CO ₂ από την παρασκευή παρθένου υλικού(τόνοι CO ₂ /τόνοι παρασκευασμένου υλικού)	Εκπομπές CO ₂ που αποφεύγονται μέσω της ανακύκλωσης σε σύγκριση με την παραγωγή παρθένου υλικού(τόνοι CO ₂ /τόνοι ανακυκλωμένου υλικού)
Χαλκός	20	13-19,7
Αλουμίνιο	13	4,6-12,4
Ατσάλι	1,5	0,9-1,3
Πλαστικό	2,1-4,7	1,7-4,5
Χαρτί-Χαρτόνι	1,1-3,4	0,6-3,1
Γυαλί	0,9	0,3-0,6

Πίνακας 18.

Πηγή: Morris, Jeffrey, and Canzoneri, Diana, (2000) Recycling Versus Incineration: An Energy Conservation Analysis. Sound Resource Management Group (SRMG) Seattle, Washington, September, 1992. (This report has been summarized in the Sound Resource Management's publication, The Monthly UnEconomist, vol. 2, no. 2-4, February, March and April 2000.)

Για το λόγο αυτό προωθείται συνεχώς από το θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης αποβλήτων της ΕΕ η οποία θέτει ως στόχο επιτακτικά η ανακύκλωση να φτάσει μέχρι το 2020 στη χώρα μας το 50%. Σήμερα, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ βρίσκεται στο **6%**!

Αυτό που βέβαια αξίζει να σημειωθεί τέλος και το οποίο θα ήταν ένα σοβαρό αντικείμενο για μελλοντική έρευνα και εργασία είναι το πως θα ήταν δυνατό να “συνεργαστούν” οι δύο μέθοδοι ώστε να επιτευχθεί ένα αποτελεσματικό, βιώσιμο και ανταποδοτικό τόσο οικονομικά όσο και ενεργειακά αποτέλεσμα.

Ούτε η ανακύκλωση είναι δυνατόν να επιτύχει το καλύτερο αποτέλεσμα και στους τρεις τομείς(σσ οικονομική ανταποδοτικότητα,ανάκτηση ενέργειας, αποτελεσματικότητα μεθόδου), ούτε βεβαίως και η καύση. Η καύση επιβάλλεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Για το λόγο αυτό, η διαχείριση ΑΣΑ επιβάλλεται να ξεκινάει από την ανακύκλωση και κατά περιπτώσεις να συμπληρώνεται όχι μόνο από την καύση εκ μέρους των θερμικών μεθόδων επεξεργασίας, αλλά και από την βιολογική επεξεργασία όπως η κομποστοποίηση κοκ. Επί παραδείγματι, προκειμένου να ενισχυθεί το επιχείρημα αναφέρεται το ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για τον καθαρισμό μικτού κλάσματος πλαστικών είναι μεγάλες και δε συμφέρει να ανακυκλωθεί. Με άλλα λόγια στο μικτό κλάσμα πλαστικών συμφέρει να έχουμε καύση (άρα συμβαδίζει άμεσα με την ανακύκλωση) παρά επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση. Επίσης, κατά τη διαλογή ανακυκλώσιμων υλικών παραμένει υπόλειμμα, που μπορεί να φτάνει μέχρι και 25-30%. Αυτό ως επί το πλείστον αποτελείται από μικρά κομμάτια χαρτιού και πλαστικού και επομένως είναι καλό για καύση. Τέλος, η καύση είναι απαραίτητη για την αποφυγή συσσώρευσης τοξικών ουσιών από επικίνδυνα απόβλητα, όπως νοσοκομειακά (B. Bilitewski, 2ο Φόρουμ ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ, 10 Ιουνίου 2010, www.wtert.gr).

Μελλοντικά, και αυτό είναι που αξίζει να μελετηθεί, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μια πραγματικά δυναμική και πλήρως ανεπτυγμένη, καινοτόμα, βιώσιμη και φιλική τόσο για την οικονομία και την κοινωνία, όσο και για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία πολιτική διαχείρισης αστικών απορριμμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. <http://www.eedsa.gr>
2. <http://www.econews.gr>
3. <http://www.wtert.gr>
4. <http://www.wtert.gr>
5. <http://www.waste-treatment.gr>
6. <http://www.sciencedirect.com>
7. <http://www.sciencenews.gr>
8. <http://wasteenergy.gr>
9. <http://www.kafsis.com>
10. <http://www.minenv.gr>
11. <http://www.oset.gr>
12. www.environ-develop.ntua.gr
13. <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/index.html>
14. <http://dspace.lib.ntua.gr>
15. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221036/pb13889-incineration-municipal-waste.pdf
16. <http://esdak.gr/wp-content/uploads/2013/12/9068SW-TREATMENT-METHODS.pdf>
17. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221039/pb13890-treatment-solid-waste.pdf
18. <http://www.unep.org/ietc/informationresources/solidwastemanagementpublication/tabid/79356/default.aspx>
19. <http://solid-waste.org>
20. <http://www.epa.gov>
21. <http://www.alternative-energy-news.info/waste-heat-to-electricity>
22. <http://powerscorecard.org>
23. <http://www.seas.columbia.edu>
24. <http://www.eia.gov>
25. <http://www.energyrecoverycouncil.org>
26. <http://chemistrytoenergy.com>
27. <http://www.energy.ca.gov>
28. <http://energy.gov>
29. <http://www.wrfound.org.uk>
30. http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf
31. https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/2059/Incineration_and_Human_Health.pdf
32. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=5803
33. <http://www.wasteincineration.net>
34. http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/llewellyn_thesis.pdf
35. <http://www.oikologos.gr>

36. <http://e360.yale.edu>
37. <http://www.auth.gr>
38. aix.meng.auth.gr
39. <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=10108>
40. http://filiatranews.blogspot.gr/2009/04/blog-post_2006.html
41. <http://www.kastoria.gr/georgia/DIAFORA/KOMPOST.pdf>
42. http://library.tee.gr/digital/m2520/m2520_dermatas.pdf
43. Διαχείριση στερεών αποβλήτων Γ. Λυμπεράτος και Χ. Τσιλιγιάννης Εκδόσεις πανεπιστημίου Πατρών