



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

H/M
534

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ



Επιβλέπων Καθηγητής:	Δρ. Ψωμόπουλος Κωνσταντίνος	Επικ. καθηγητής
Σπουδαστές: Σταύρου	Βασίλειος	ΑΜ: 24724
Σπουδαστές: Φλώρος	Ευάγγελος	ΑΜ: 27979

Αιγάλεω

Ιανουάριος - 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον εισηγητή καθηγητή μας Δρ. Κωνσταντίνο Ψωμόπουλο για την δυνατότητα που μας έδωσε να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα στην πτυχιακή μας εργασία καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια του στην πραγματοποίηση αυτής. Επίσης, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για την ψυχολογική υποστήριξη καθώς και κάποιους φίλους που μας έδωσαν ιδιαίτερη βοήθεια για να ολοκληρωθεί αυτή η πτυχιακή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	i
Περιεχόμενα.....	ii
Λίστα γραφημάτων.....	iv
Λίστα πινάκων.....	5
Ακρωνύμια.....	6
Περίληψη.....	7
Πρόλογος.....	8
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ΕΙΣΑΓΩΓΗ”	10
1.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ).....	13
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ”	16
2.1 Είδη απορριμμάτων.....	16
2.2 Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων.....	17
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ”	22
3.1 Μεταφόρτωση στερεών αποβλήτων.....	23
3.2 Διαλογή στην πηγή.....	26
3.3 Κέντρα διαλογής υλικών – Κ.Δ.Α.Υ.....	29
3.4 Μηχανική ανακύκλωση.....	29
3.5 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	32
3.5.1 Αποτέφρωση.....	32
3.5.2 Πυρόλυση.....	32
3.5.3 Αεριοποίηση.....	37
3.5.4 Αεριοποίηση/Υαλοποίηση με την τεχνική πλάσματος.....	40
3.6 Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	42
3.6.1 Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση).....	43
3.6.2 Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία-Αναερόβια Ζύμωση.....	44
3.6.3 Βιολογική Ξύρανση.....	45
3.6.4 Μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας.....	45
3.6.5 Υγειονομική Ταφή.....	48
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ”	49
4.1 Αεριοποίηση πλάσματος.....	49
4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας.....	54
4.3 Θερμική επεξεργασία αστικών απορριμμάτων.....	58
4.3.1 Ορισμοί.....	61
4.3.2 Στόχοι θερμικής επεξεργασίας.....	62
4.3.3 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή.....	63
4.3.4 Είδη θερμικής επεξεργασίας.....	65
4.3.5 Αποτέφρωση – Καύση.....	69
4.3.6 Εσχάρεις.....	74
4.3.7 Λέβητες.....	91
4.3.8 Είδη θαλάμων καύσης.....	99
4.3.9 Πυρόλυση.....	110
4.3.12 Αεριοποίηση.....	114
4.3.13 Θερμόλυση.....	118
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΑ ”	120

5.1 Ευαισθησία και Κίνδυνοι κατά την Εφαρμογή των Μεθόδων.....	120
5.1.1. Μονάδες MBE που Παράγουν RDF και Εδαφοβελτιωτικό.....	120
5.1.2. Μονάδες MBE που Παράγουν Βιοαέριο.....	123
5.1.3. Μονάδες MBE που Παράγουν SRF.....	124
5.1.4 Αποτεφρωση.....	125
5.1.5. Πυρόλυση – Αεριοποίηση.....	127
5.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	129
5.3 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας.....	134
5.3.1. Κόστη κατασκευής και λειτουργίας μονάδων MBE.....	134
5.3.2. Κόστη κατασκευής και λειτουργίας μονάδων ΘΕ.....	135
6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ”.....	139
6.1 Ευρωπαϊκή πολιτική.....	139
6.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	142
6.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα.....	148
7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ Η ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (RDF / SRF) ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ”.....	151
7.1 ΑΣΑ Παραγωγή και διαχείριση ΑΣΑ στην Ελλάδα.....	151
7.2 Δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από την ενεργειακή αξιοποίηση αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα.....	152
Συμπεράσματα.....	157
Βιβλιογραφία.....	159

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα.
ΦοΣΔΔ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.
ΡΠΑ	Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων.
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων.
ΕΙΑ	Επικίνδυνα Ιατρικά Απόβλητα.
ΔσΠ	Διαλογή στην Πηγή.
ΜΔ	Μηχανική Διαλογή.
ΒΕ	Βιολογική Επεξεργασία.
ΜΒΕ	Μηχανική & Βιολογική Επεξεργασία.
ΘΕ	Θερμική Επεξεργασία.
ΥΤ	Υγειονομική Ταφή.
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης.
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση.
ΟΣΔΑ	Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Απορριμμάτων.
ΠΔΜ	Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.
ΤΜΔΑ	Τοπική Μονάδα Διαχείρισης Απορριμμάτων.
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων.
ΜΕΑ	Μονάδα Επεξεργασίας & Αξιοποίησης των ΑΣΑ.
ΧΑΔΑ	Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων.
ΔΣΑ	Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων.
RDF	Refused Derived Fuel.
SRF	Solid Recovered Fuel.
cRDF	coarse RDF.
dRDF:	dry RDF.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό την διάδοση της ενεργειακής αξιοποίησης των στερεών αποβλήτων. Σκοπός μας είναι μέσω της ανακύκλωσης να προστατέψουμε το φυσικό μας περιβάλλον να αναπτύξουμε την αειφορία, να εξοικονομήσουμε όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια αλλά και να παράξουμε ενέργεια από τα ίδια τα στερεά απόβλητα.

Αρχικά αναφέρουμε κάποια ιστορικά στοιχεία ως εισαγωγή και έπειτα αναλύουμε στοιχεία αγοράς, ιδιότητες των αποβλήτων, τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των αποβλήτων. Τέλος αναλύουμε την ενεργειακή αξιοποίηση τους, τρόπους που εφαρμόζονται σε κάποιες χώρες, αλλά και τρόπους που μπορεί να πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μέσω της ενεργειακής αξιοποίησης των (ΑΣΑ).

Χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των διαφόρων θεμάτων ως κύρια πηγή το διαδίκτυο και μελέτες από διάφορες βιομηχανίες, ελληνικές και ξένες, που σαν σκοπό έχουν την διάδοση της ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ ως προς όφελος του περιβάλλοντος της εξοικονόμησης ενέργειας του πλανήτη αλλά και την αύξηση των κερδών τους.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η αλλαγή του κλίματος, η μείωση της βιοποικιλότητας, η αποδάσωση, η ενεργειακή κρίση, η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, η μείωση των φυσικών πόρων και η αύξηση των αποβλήτων απειλούν πλέον την οικολογική ισορροπία ολόκληρου του πλανήτη. Τα απόβλητα και συγκεκριμένα, η αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων ή στερεών αποβλήτων αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα. Από την περίοδο που ο άνθρωπος εμφανίστηκε στη γη έχουμε την εμφάνιση των απορριμμάτων, αφού πάντα υπήρχαν υλικά τα οποία θεωρούσε άχρηστα και τα πετούσε. Το φαινόμενο της απόρριψης υλικών άρχισε να διευρύνεται όταν ο άνθρωπος μπόρεσε να δημιουργήσει υλικά που δεν ήταν άμεσα προϊόντα της φύσης αλλά παράγωγα χημικών διεργασιών. Από την άλλη το ζήτημα των απορριμμάτων έγινε εντονότερο λόγω της αλματώδους αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού τους τελευταίους δύο αιώνες (1 δις στις αρχές του 19ου αιώνα, στα 6 δις σήμερα).

Μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων, λοιπόν, κατευθύνονται στην παραγωγή προϊόντων και από εκεί στην κατανάλωση για να απορριφθούν στη συνέχεια με τρόπο που δεν επιτρέπει την επιστροφή τους στο κύκλο παραγωγής επιβαρύνοντας πολλαπλά το φυσικό περιβάλλον. Έτσι, οι φυσικοί πόροι που το απόθεμα δεν είναι ανεξάντλητο αποστερούνται από τις επόμενες γενιές ενώ ταυτόχρονα παραβιάζονται σοβαρά οι αντοχές των φυσικών αποδεκτών με οριστικές συνέπειες στη δημόσια υγεία και στην ισορροπία των οικοσυστημάτων.

Η βέλτιστη λύση στο μείζον αυτό πρόβλημα είναι η μείωση των στερεών αποβλήτων. Καθότι όμως δεν είναι εύκολα εφικτή η μείωση ή εξάλειψη των πηγών των αποβλήτων τότε στρεφόμαστε προς την ορθολογική επεξεργασία συστημάτων διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Όμως η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος των στερεών αποβλήτων προϋποθέτει τη διαχείριση όχι μόνο της ποσοτικής, αλλά και της ποιοτικής τους διάστασης. Η ποσοτική διάσταση αφορά στη μείωση των παραγόμενων απορριμμάτων και στη μεγιστοποίηση της ποσότητας που είναι δυνατό να αξιοποιηθεί εκ νέου στην παραγωγή και κατανάλωση. Η ποιοτική διάσταση συνδέεται με τη σύνθεση των απορριμμάτων ως προς τη μείωση της

τοξικότητας και την εφαρμογή των ασφαλέστερων και αποδοτικότερων μεθόδων όπως η ενεργειακή αξιοποίηση τους την οποία θα αναλύσουμε παρακάτω.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ”

Το περιβάλλον ορίζεται ως «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες». Επιτακτική μοιάζει να είναι η ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας, με τα τόσα περιβαλλοντικά προβλήματα, για διαχείριση του περιβάλλοντος κατά αειφόρο τρόπο. Δηλαδή κατά τρόπο, ο οποίος θα ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Ένας από τους παράγοντες, που αποτελούν σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον, είναι τα απορρίμματα. Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγουμε συνεχώς αυξάνει λόγω της αύξησης του ρυθμού ανάπτυξης αλλά και της αλλαγής στα καταναλωτικά πρότυπα. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και γίνεται ολοένα και πιο έντονη η απαίτηση των πολιτών, για την ορθή διαχείρισή τους.

Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

- Την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, με ενθάρρυνση της μείωσης της παραγωγής,
- Την επαναχρησιμοποίηση των υλικών,
- Την ανακύκλωση των υλικών και
- Την ανάκτηση ενέργειας, σε ειδικές εγκαταστάσεις με παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Παρατηρείται λοιπόν, ότι εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές στη διαχείριση των απορριμμάτων, τα τελευταία, όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον, αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν ως μια πολύ σημαντική πηγή υλικών και ενέργειας και μάλιστα σε μια εποχή όπου οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται. Έτσι, δίνεται λύση στην εύρεση νέων πηγών ενέργειας, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούνται και τα

απορρίμματα, σε συνδυασμό με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (αιολική, ηλιακή), για την παραγωγή ενέργειας.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παραθέσει όλους τους δυνατούς τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των απορριμμάτων με στόχο την ενεργειακή αξιοποίησή τους και τους τρόπους που αυτές μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να έχουν, όσο αυτό είναι εφικτό, λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Και μέσα από την ανάλυση αυτή, να γίνει κατανοητό ότι «τα σκουπίδια δεν είναι για πέταμα, είναι πρώτη ύλη». Συγκεκριμένα, αναλύονται τα συστήματα διαχείρισης των απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας, παρουσιάζεται η σχετική νομοθεσία, Ελληνική αλλά και Ευρωπαϊκή, καθώς επίσης γίνεται αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Γίνεται περιγραφή των μεθόδων, καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, παράθεση στοιχείων σχετικά με την οικονομική τους βιωσιμότητα, σύγκριση μεταξύ τους καθώς και αναφορά ερευνητικών και πειραματικών μελετών, που έχουν κατά καιρούς εκπονηθεί, με σκοπό την πιο ολοκληρωμένη κάλυψη τους.

Σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς νόμους, η Ελλάδα οφείλει να τροποποιήσει σημαντικά το σύστημα διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) τα επόμενα χρόνια. Πρέπει να ελαττώσει την ποσότητα των αποβλήτων που διατίθενται στους Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ) σε ποσοστό μεγαλύτερο από τα δύο τρίτα και να περιορίσει αρκετά την ταφή υλικών σημαντικής θερμογόνου δύναμης. Ακόμη, οφείλει να επιτύχει την ανάκτηση υλικών ή/και ενέργειας από τα ΑΣΑ σε ποσοστό τουλάχιστον 60%.

Δυστυχώς, σήμερα η Ελλάδα θεωρείται από τα τελευταία μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων. Η χείριστη μέθοδος διαχείρισης ΑΣΑ είναι η διάθεσή τους σε ΧΑΔΑ (χωματερές), όπου συχνά τίθεται φωτιά για να αυξηθεί η χωρητικότητά τους. Επίσης, οι ΧΑΔΑ (και μερικές φορές οι ΧΥΤΑ) είναι δυνατό να αυτοαναφλεχθούν, όπως συνέβη στο παρελθόν στην Θεσσαλονίκη και στα Άνω Λιόσια. Αυτά παρατηρούνται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, πράγμα που είναι ιδιαίτερα αισθητό, και βεβαίως δυσάρεστο, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες της τουριστικής περιόδου.

Επειδή υπάρχει έλεγχος υγρών και αέριων εκπομπών στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), η μέθοδος αυτή είναι πολύ καλύτερη από την προαναφερθείσα. Στους ΧΥΤΑ που έχουν σχεδιαστεί ορθά και λειτουργούν ορθά, οι εκπομπές υγρών ελέγχονται όχι μόνο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, αλλά και για τριάντα χρόνια μετά από την παύση λειτουργίας τους. Ακόμη, μετά από την κάλυψη κάθε «κυττάρου» ενός ΧΥΤΑ, το παραγόμενο βιοαέριο, το οποίο αποτελείται κατά 50% από μεθάνιο, μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια πλήρωσης του «κυττάρου» είναι αδύνατη η συλλογή των εκπεμπόμενων αερίων, με αποτέλεσμα να καταλήγουν στην ατμόσφαιρα. Εκτιμάται ότι οι εκπομπές αερίων από ένα ΧΥΤΑ στην ατμόσφαιρα αντιστοιχούν στο 40-50% του συνολικού βιοαερίου που παράγεται εκεί και ισοδυναμεί με περίπου 80-100 κυβικά μέτρα βιοαερίου ανά τόνο ΑΣΑ που ενταφιάζεται. Αυτό το αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, και περιέχει σε μικρότερο ποσοστό αμμωνία, μερκαπτάνες και διάφορες χλωριούχες και θειούχες οργανικές ενώσεις.

Πρέπει να δοθεί έμφαση στο ότι οι εκπομπές αερίων που προκύπτουν από τα αποθεμιμένα σε ένα ΧΥΤΑ ΑΣΑ είναι ποιοτικώς ίδιες με εκείνες που προκύπτουν από ένα ΧΑΔΑ και ποσοτικώς 40-50% των εκπομπών ενός ΧΑΔΑ.

Παρά το γεγονός ότι οι ΧΥΤΑ είναι προτιμότεροι των ΧΑΔΑ, μετατρέπουν τους χώρους πρασίνου σε χώρους των οποίων η χρησιμότητα είναι σημαντικά περιορισμένη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εάν υποθέσουμε ότι όλα τα ΑΣΑ της Ελλάδας αποτίθονταν σε ΧΥΤΑ, θα χρειαζόταν κάθε χρόνο μία έκταση ταφής τριπλάσια του Εθνικού Κήπου. Όμως η απαιτούμενη έκταση θα ήταν πολύ μεγαλύτερη στην πραγματικότητα, γιατί οι ΧΥΤΑ πρέπει να απέχουν τουλάχιστον ένα χιλιόμετρο από κατοικημένες περιοχές, ώστε να μην μεταφέρονται από τον αέρα οι εκπομπές αερίων και οι δυσάρεστες οσμές.

Δεδομένου ότι οι ΧΑΔΑ είναι η χειρότερη δυνατή επιλογή, η Ελληνική Κυβέρνηση σχεδιάζει την κατασκευή ΧΥΤΑ που θα εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της χώρας καλύτερα. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος ζωής ενός ΧΥΤΑ είναι είκοσι περίπου χρόνια, με αποτέλεσμα να πρέπει να χρειάζονται νέες τοποθεσίες ΧΥΤΑ κάθε είκοσι χρόνια. Παραδείγματος χάριν ένας ΧΥΤΑ σχεδιασμένος να δέχεται 2.000 τόνους ΑΣΑ ημερησίως (δηλαδή, το ένα τρίτο των παραγόμενων ΑΣΑ στην Αττική) για είκοσι

χρόνια θα απαιτεί έκταση 1.400 στρεμμάτων και θα έχει διάμετρο 1,3 χιλιομέτρων. Ωστόσο, η περιβάλλουσα περιοχή που θα επηρεαστεί θα έχει έκταση 8.500 στρεμμάτων και διάμετρο 3,3 χιλιομέτρων. Αντιθέτως, στην περίπτωση κατασκευής ενός εργοστασίου Αποβλήτων-Σε-Ενέργεια (ΑΣΕ, Waste-to-Energy) της ίδιας δυναμικότητας θα απαιτείται έκταση 100 στρεμμάτων μόνο για τριάντα ή και για περισσότερα χρόνια.

1.1. Παραγωγή ηλεκτρισμού από στερεά απόβλητα (ΑΣΕ)

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, έχουν αναπτυχθεί και υλοποιηθεί περισσότερα από 600 εργοστάσια σε περιβαλλοντολογικά ευαίσθητοποιημένες χώρες, όπως η Ιαπωνία, η Δανία, η Ελβετία και η Ολλανδία, μία λύση πολύ καλύτερη από τους ΧΥΤΑ. Πρόκειται για την καύση των ΑΣΑ σε πλήρως ελεγχόμενα εργοστάσια ΑΣΕ (Waste-to-Energy), τα οποία μειώνουν τον όγκο των εισερχόμενων αποβλήτων κατά 90%, ενώ συγχρόνως παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, το μεγαλύτερο τμήμα της τέφρας που προκύπτει από την καύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατασκευαστικά έργα, και το υπόλοιπο να ενταφιαστεί αφού η παραγόμενη τέφρα δεν περιέχει οργανικές ενώσεις, άρα είναι αδρανής. Σήμερα, υπάρχουν περίπου 400 μονάδες ΑΣΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πολλές από τις οποίες κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία.

Η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ σε μονάδες ΑΣΕ είναι προτιμότερη από τη διάθεσή τους σε ΧΥΤΑ, λόγω:

- α) της απουσίας υγρών εκπομπών και παραγωγής πολύ μικρότερης ποσότητας αέριων εκπομπών,
- β) της ικανότητας παραγωγής ηλεκτρισμού (650 kWh ανά τόνο ΑΣΑ), η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της ανάγκης για εξόρυξη λιγνίτη κατά μισό τόνο ανά τόνο καίόμενου ΑΣΑ,
- γ) της μείωσης εκπομπής αέριων θερμοκηπίου, που εκτιμάται ότι είναι ισοδύναμη με 1,3 τόνους διοξειδίου του άνθρακα κα
- δ) της συμβολής στη διάσωση εκτάσεων γης.

Από τη φύση τους, οι ΧΥΤΑ πρέπει να εγκατασταθούν σε χώρους πρασίνου, μακριά από κατοικημένες περιοχές. Φυσικά, καμία περιοχή δεν είναι τελείως ακατοίκητη και όσοι διαμένουν κοντά σε περιοχές προτεινόμενες για την δημιουργία ΧΥΤΑ

αντιδρούν σθεναρά στην κατασκευή τους, όπως συμβαίνει σήμερα στην Αττική. Όσον αφορά την περίπτωση εργοστασίων ΑΣΕ, ολόκληρη η εγκατάσταση, συμπεριλαμβανομένου του χώρου εκφόρτωσης των αποβλήτων από τα απορριμματοφόρα, είναι εντελώς κλειστή και ο αέρας που κυκλοφορεί ανά πάσα στιγμή σε ολόκληρο το κτίριο χρησιμοποιείται για την καύση. Επομένως, δεν υπάρχει δυνατότητα διαφυγής δυσάρεστων οσμών στις γειτονικές περιοχές. Στην πράξη, πολλά από τα μοντέρνα εργοστάσια ΑΣΕ είναι κτισμένα κοντά ή μέσα σε αστικά κέντρα, ούτως ώστε ο παραγόμενος από την στροβιλοφόρο γεννήτρια (turbine generator) ατμός να χρησιμοποιείται για την παροχή θέρμανσης στην κοινότητα, μειώνοντας έτσι την ατμοσφαιρική μόλυνση από τη χρήση πετρελαίου στους οικιστικούς και εμπορικούς λέβητες κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο ίδιος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη το καλοκαίρι.

Τα σύγχρονα εργοστάσια ΑΣΕ τοποθετούνται κατά προτίμηση σε τοποθεσίες, όπου η κατασκευή τους θα αυξήσει την αξία της περιοχής, όπως σε χώρους εγκαταλελειμμένων εργοστασίων ή παλιών ορυχείων. Τέτοιες μονάδες σχεδιάζονται από τους καλύτερους αρχιτέκτονες, όπως στην περίπτωση της νέας εγκατάστασης ΑΣΕ της Χιροσίμα, που έχει σχεδιασθεί από τον Taniguchi, για να είναι ευχάριστες αισθητικά. Έτσι, η «φιλοξενούσα περιοχή» είναι περήφανη γιατί ένα μεγάλο πρόβλημα του παρελθόντος μετατράπηκε σε πλεονέκτημα για το παρόν και το μέλλον. Ακόμη, η φιλοξενούσα περιοχή μπορεί να απολαμβάνει μερικά προνόμια, όπως χαμηλού κόστους θέρμανση το χειμώνα και κολυμβητήρια με θερμαινόμενες πισίνες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Ένα επιχείρημα που χρησιμοποιείται κατά των εργοστασίων ΑΣΕ είναι ότι το συνολικό κόστος ανά τόνο αποβλήτων είναι μεγαλύτερο από εκείνο των ΧΥΤΑ, αντίληψη που είναι λανθασμένη. Μία πρόσφατη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία ΕΠΕΜ, έδειξε ότι το συνολικό κόστος κατασκευής και λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ είναι σχεδόν 35 εκ. ευρώ ανά τόνο. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι το αναμενόμενο στην Ελλάδα κόστος εισόδου σε μία μονάδα ΑΣΕ είναι οικονομικώς καλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός ΧΥΤΑ δεδομένου ότι αφ' ενός μεν ένα μέρος του κόστους κεφαλαίου θα καλυφθεί από χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αφ' ετέρου θα υπάρχουν έσοδα από τη διάθεση του παραγόμενου ηλεκτρισμού. Εκτός από τα

προαναφερθέντα, η μείωση της εκπομπής υγρών και αερίων ρύπων, καθώς και η διάσωση της γης για μελλοντικές γενιές δείχνουν ότι οι μονάδες ΑΣΕ είναι κατά πολύ ανώτερες των ΧΥΤΑ. Αυτά έχουν αναγνωριστεί και από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις οδηγίες περί Χώρων Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ: EC 1999/31) και Απορρίμματα Συσκευασιών: (EC 2004/12), καθώς και στο πρόσφατο υπόμνημα για το ρόλο ΑΣΕ (MEMO/05/496).

Ένα άλλο επιχείρημα κατά των εγκαταστάσεων ΑΣΕ είναι ότι αποτρέπουν τους ανθρώπους από την ανακύκλωση, που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα: Η μέθοδος ΑΣΕ δεν αντικαθιστά την ανακύκλωση, αντικαθιστά την ταφή. Η απόδειξη είναι σαφής: Χώρες που εφαρμόζουν ΑΣΕ ηγούνται της ανακύκλωσης.

Για τους ελληνικούς δήμους και κοινότητες, προτείνεται να υπάρξει διαχωρισμός των αποβλήτων σε δύο ρεύματα: εκείνο με τα «στεγνά» ανακυκλώσιμα, για τα οποία υπάρχει ή μπορεί να δημιουργηθεί αγορά, και εκείνο με τα «υγρά» υπόλοιπα (μη ανακυκλώσιμα), τα οποία θα οδηγηθούν σε εργοστάσια ΑΣΕ. Από την εμπειρία του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης στα Άνω Λιόσια έχει αποδειχθεί ότι τα υπολείμματα της ανακύκλωσης θα καταλήξουν σε ΧΥΤΑ εάν δεν υπάρξουν μονάδες ΑΣΕ προς θερμική τους επεξεργασία και ανάκτηση ενέργειας.

Αφού οι μονάδες ΑΣΕ είναι οικονομικούς και περιβαλλοντικούς ανώτερες των ΧΥΤΑ, τι εμποδίζει την υλοποίησή τους στην Ελλάδα; Γιατί να μην αποφύγουμε τη μετατροπή χώρων πρασίνου σε ΧΑΔΑ ή ΧΥΤΑ κάθε είκοσι χρόνια; Πριν από δεκαπέντε χρόνια, οι αποτεφρωτήρες, καθώς και άλλες πρακτικές υψηλών θερμοκρασιών (εργοστάσια καύσης λιγνίτη, τα χυτήρια μετάλλων, κ.α.) ήταν πηγές μεγάλης μόλυνσης της ατμόσφαιρας. Όταν έγινε αντιληπτό αυτό, προηγμένα συστήματα ελέγχου τοποθετήθηκαν, με αποτέλεσμα οι εγκαταστάσεις ΑΣΕ των αναπτυγμένων κρατών να είναι από τις «καθαρότερες» περιβαλλοντικά πηγές ηλεκτρισμού σήμερα, όπως επιβεβαιώνεται από Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ και το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Γερμανίας. Ο καθηγητής κ. Νικόλαος Μουτσιόπουλος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, δήλωσε στον Ελληνικό Τύπο ότι η φωτιά του ΧΥΤΑ «Ταγαράδες» στην Θεσσαλονίκη παρήγε 10 γραμμάρια τοξικών διοξινών κάθε μέρα. Συγκριτικά, 88 εργοστάσια ΑΣΕ της Αμερικής, τα οποία χειρίζονται τριάντα εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ, παράγουν δέκα γραμμάρια διοξινών συνολικά σε 365 ημέρες.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ”

2.1 Είδη απορριμμάτων

Τα απορρίμματα που πρόκειται να συλλεχθούν, να μεταφερθούν και να διατεθούν είναι:

- Τα κατάλοιπα κάθε φύσης που περιλαμβάνουν κυρίως οικιακά απορρίμματα, στάχτες, κατάλοιπα γυαλιών, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά και άλλα που τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές ή χάρτινες σακούλες ή δοχεία.
- Απορρίμματα από βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, γραφεία, κτίρια διοίκησης, αυλές και κήπους, τοποθετημένα σε δοχεία ή σάκους στις ίδιες συνθήκες με τα οικιακά.
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύς, προϊόντα από τους καθαρισμούς των δημοσίων οδών, των δημοσίων πάρκων, των νεκροταφείων και βοηθητικών κτιρίων, συγκεντρωμένων σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Τα προϊόντα καθαρισμού και τα κατάλοιπα, χώρων εκθέσεων, αγορών, χώρων δημοσίων εορτών, χώρων συγκέντρωσης ζώων, συγκεντρωμένα και τοποθετούμενα σε μεγάλα κοντέινερ για την εκκένωσή τους.
- Τα απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, φυλακές και όλα τα δημόσια κτίρια, συγκεντρωμένα σε δοχεία συλλογής σε κατάλληλους χώρους και
- Ογκώδη αντικείμενα εγκαταλελειμμένα σε δημόσιους χώρους ή τοποθετημένα σε καθορισμένες θέσεις, καθώς και τα πτώματα μικρών ζώων.
- Στον ορισμό των οικιακών απορριμμάτων δεν περιλαμβάνονται:
- Τα αδρανή και τα κατάλοιπα των δημοσίων έργων και ιδιαίτερα
- Οι βιομηχανικές στάχτες και σκουριές, τα ανατομικά και μολυσματικά απορρίμματα των νοσοκομείων και κλινικών και τα απορρίμματα σφαγείων και
- Ογκώδη απορρίμματα πολύ μεγάλου βάρους ή διαστάσεων ή τέτοιας φύσης, που δεν μπορούν να φορτωθούν σε συνήθη μεταφορικά μέσα.

2.2 Σύνθεση Οικιακών Απορριμμάτων

Η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί μια από τις πλέον βασικές παραμέτρους για το σχεδιασμό της διάθεσής τους και επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες όπως:

- Ο χαρακτήρας του πολεοδομικού συγκροτήματος: πολεοδομική ζώνη, βιομηχανική κλπ.
- Το κλίμα και η εποχή. Το καλοκαίρι περιέχονται πολλά φρούτα και φρέσκα λαχανικά και το χειμώνα στάχτες.
- Ο τύπος της κατοικίας, η στάθμη ζωής, τα υλικά συσκευασίας.

Οι δειγματοληψίες σχεδιάζονται με στατιστικά παραδεκτές μεθόδους και στηρίζονται σε στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απασχόληση, τη μόρφωση και γενικά το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της περιοχής. Ένα αντιπροσωπευτικό γενικό δείγμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 1% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Οι στατιστικές περιοχές πρέπει να είναι όσο το δυνατό ομοιογενείς.

Οι αναλύσεις των απορριμμάτων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις ομάδες διαλογής των υλικών,
- Στις φυσικές και χημικές παραμέτρους και
- Στο μέγεθός τους.

Σύμφωνα με την πρώτη κατηγορία τα απορρίμματα χωρίζονται σε:

1. Χαρτί – χαρτόνι
2. Μέταλλα
3. Γυαλί
4. Πλαστικά
5. Ύφασμα, ξύλο, δέρμα, λάστιχο.

Στην κατηγορία των φυσικών και χημικών παραμέτρων ανήκει ο προσδιορισμός της υγρασίας, του ξηρού στερεού, των πτητικών, της τέφρας, του άνθρακα, οργανικού και ανόργανου, του ολικού αζώτου, του αμμωνιακού αζώτου, του ολικού άνθρακα, του υδρογόνου και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης, προσδιορίζεται η αναλογία

C/N(άνθρακας/ άζωτο), ο φώσφορος, το θείο, το χλώριο, το φθόριο, το κάλιο, το νάτριο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το ολικό υπόλειμμα καύσης και τα ολικά καύσιμα.

Σύμφωνα με το μέγεθος τους, τα απορρίμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

Κατηγορία I: απορρίμματα μεγέθους 0-40mm,

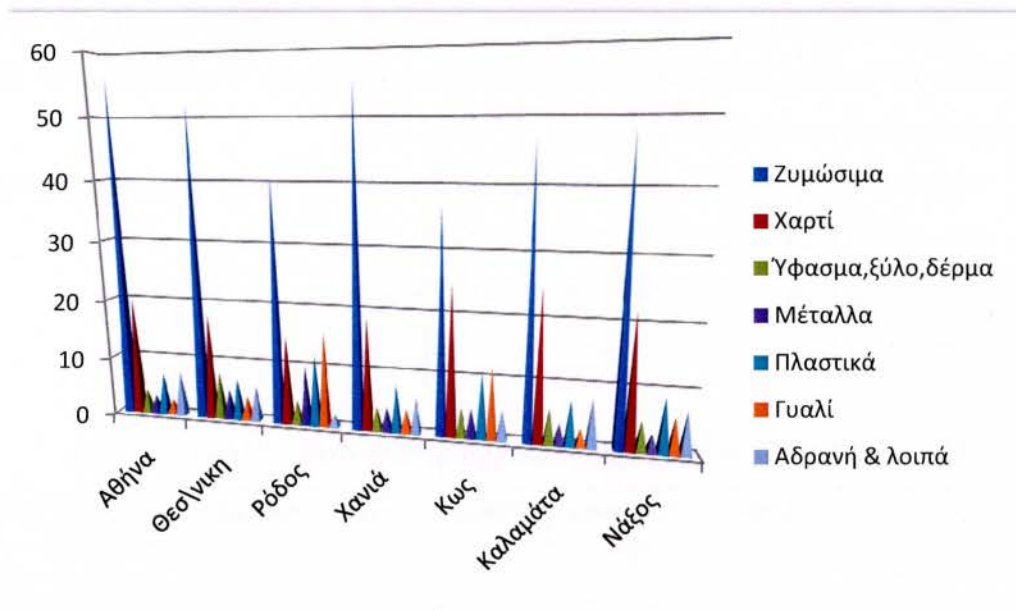
Κατηγορία II: απορρίμματα μεγέθους 40-120mm και

Κατηγορία III: απορρίμματα μεγαλύτερα από 120mm.

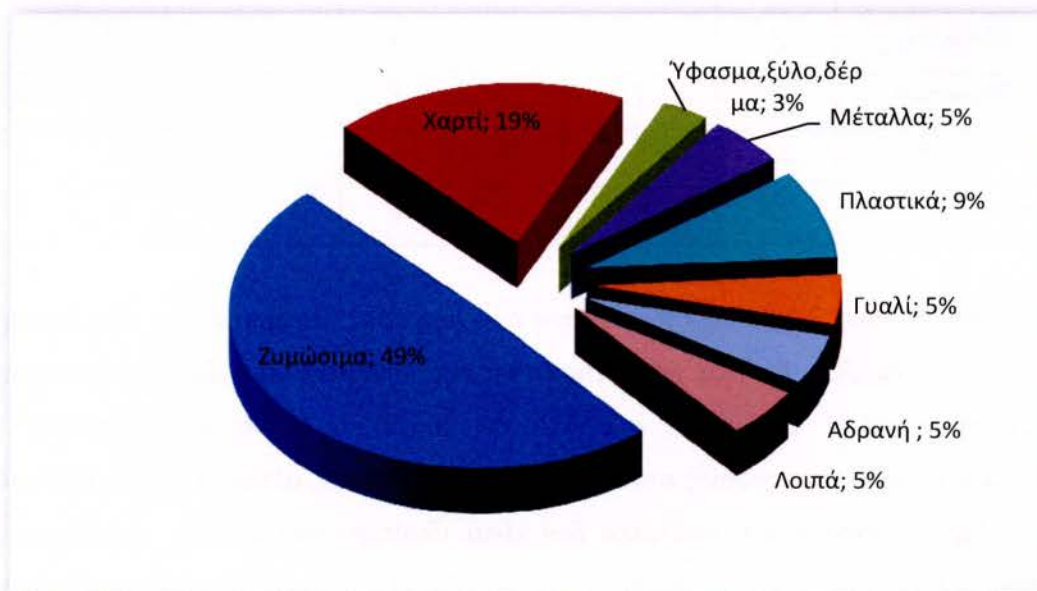
Πίνακας 2.1: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα, (% κ.β.).

	Αθήνα	Θεσ/νίκη	Ρόδος	Χανιά	Καλαμάτα	Κως	Νάξος
Ζυμώσιμα	56	52	41	55	37	47	48
Χαρτί	20	18	15	19	25	25	22
Ύφασμα, Ξύλο, Δέρμα	4	8	4	4	5	6	5
Μέταλλα	3	5	10	4	5	3,5	3
Πλαστικά	7	7	12	8	11	7,5	9
Γυαλί	2,5	4	16	4	12	3	6
Αδρανή +Λοιπά	7,5	6	2	6	5	8	7

Στον Πίνακα 2.1 δίνεται η σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Βασικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων είναι το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά και πλαστικά. Οι διακυμάνσεις για τις κατηγορίες των υλικών χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, ύφασμα – ξύλο – δέρμα, αδρανή και υπόλοιπα δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Αντιθέτως, τα ζυμώσιμα υλικά παρουσιάζουν αυξήσεις κατά τη θερινή περίοδο. Κατά την ταξινόμηση ανά μέγεθος, η κατηγορία II (40-120 mm) δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κατηγορία I (0-40 mm), ενώ η κατηγορία III (>120 mm) έχει το μεγαλύτερο ποσοστό. Η μέση τιμή σύνθεσης των ελληνικών απορριμμάτων φαίνεται στο Γράφημα 2.2.



Γράφημα 2.1: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (% κ.β.)



Γράφημα 2.2 : Μέση τιμή σύνθεσης των Ελληνικών απορριμμάτων.

Η μέση σύνθεση των απορριμμάτων διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, εξαρτώμενη από μεγάλη ποικιλία παραγόντων (βιοτικό επίπεδο, διατροφή, πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών, κλπ). Μερικές τυπικές αναλύσεις για τα οικιακά απορρίμματα και

τα παρεμφερή στη Δυτική Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τη Μέση Ανατολή παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων σε άλλες χώρες (% κ.β.)

	Δυτική Ευρώπη	Η.Π.Α	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

Η σύνθεση των απορριμμάτων ποικίλλει βέβαια, ανάλογα και με την εποχή του έτους. Χαρακτηριστικά στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 2.3, όπου παρουσιάζεται η εποχικότητα της σύνθεσης των απορριμμάτων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 2.3: Σύνθεση των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης ανάλογα με την εποχή.

	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54,7	57,3	49,2	45,9
Χαρτί	17,2	15,0	20,4	18,1
Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα	7,7	7,3	10,2	12,5
Πλαστικά	6,9	6,5	6,4	9,5
Αδρανή	3,5	4,3	3,1	4,2
Μέταλλα	6,2	5,7	6,0	5,0
Γυαλί	3,8	3,7	4,7	4,8

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ”

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων, περιλαμβάνει την εφαρμογή προγραμμάτων για τη βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής, τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων, τη διαλογή στην πηγή, την ανακύκλωση των διαχωρισθέντων υλικών, την εφαρμογή συστημάτων μεταφόρτωσης για την αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας του συστήματος, τη χρήση μεθόδων επεξεργασίας με στόχο την ενεργειακή αξιοποίηση ή την επαναχρησιμοποίηση των υλικών και τη διάθεση του τελικού υπολείμματος σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ). Σύμφωνα και με όσα ορίζει η ΚΥΑ 29407/3508 για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, δεν επιτρέπεται η διάθεση σε ΧΥΤΑ αποβλήτων που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία. Σύμφωνα με την ίδια ΚΥΑ, ως επεξεργασία ορίζονται οι φυσικές, θερμικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, προκειμένου να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να διευκολυνθεί η διακίνησή τους ή να βελτιωθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλών. Κατά συνέπεια, ως επεξεργασία εννοείται η διαλογή στην πηγή (συσκευασιών, οργανικών, πράσινων, επικίνδυνων οικιακών κ.α.), η μηχανική διαλογή, η μεταφόρτωση και η δεματοποίηση, καθώς και όλες οι τεχνολογίες θερμικής, φυσικής, χημικής και βιολογικής, επεξεργασίας.

Θα πρέπει να επισημάνουμε, πως δεν υπάρχει βέλτιστη τεχνολογία για το σύνολο των περιπτώσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων, καθώς κάθε μία από αυτές παρουσιάζει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τους αρμόδιους φορείς (ΦοΔΣΑ) που θα κληθούν να κατασκευάσουν και να λειτουργήσουν τα έργα. Κρίσιμη παράμετρος σχεδιασμού είναι η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αλλά και ο βαθμός ανάπτυξης της αγοράς για την αξιοποίηση των προϊόντων (RDF, Compost, ανακυκλώσιμα). Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν

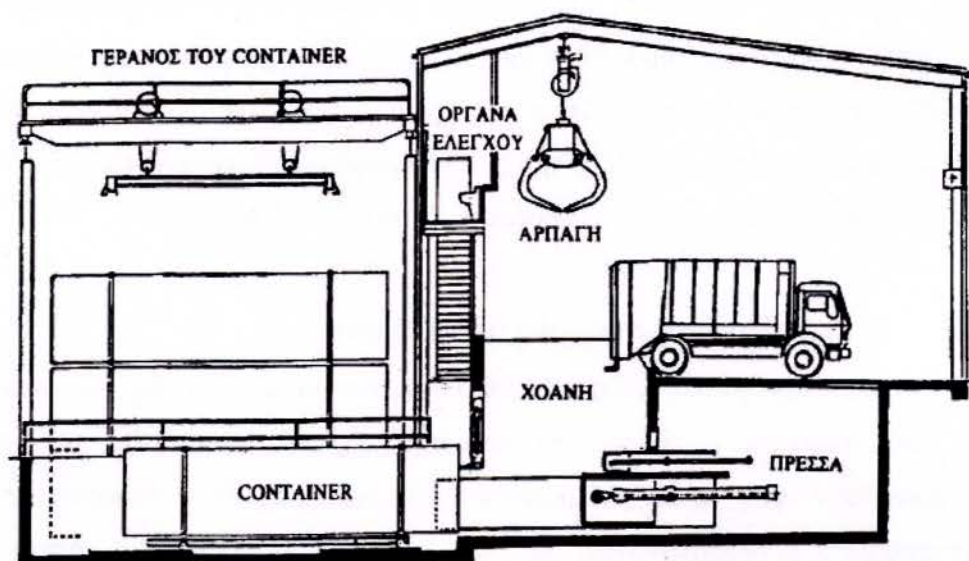
σημαντικά την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας που θα επιλεγθεί, τόσο από οικονομική (βιωσιμότητα της μονάδας, απαιτούμενο gate fee) όσο και από τεχνική και περιβαλλοντική άποψη (βαθμός αξιοποίησης δευτερογενών προϊόντων, τελική εκτροπή από ΧΥΤΥ κ.α.). Στην περίπτωση που για παράδειγμα δεν είναι δυνατή η απορρόφηση των παραγόμενων RDF/SRF, compost στην αγορά, τότε αυτά θα καταλήξουν σε χώρους διάθεσης μειώνοντας σημαντικά την εκτροπή σε σχέση με τον αρχικό όγκο των αποβλήτων. Είναι προφανές ότι η επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας, θα πρέπει να τεκμηριώνεται μέσω της εκπόνησης εξειδικευμένων τεχνικών μελετών. Ακολουθώντας αναλύονται οι σημαντικότερες μέθοδοι επεξεργασίας ΑΣΑ.

3.1 Μεταφόρτωση στερεών αποβλήτων

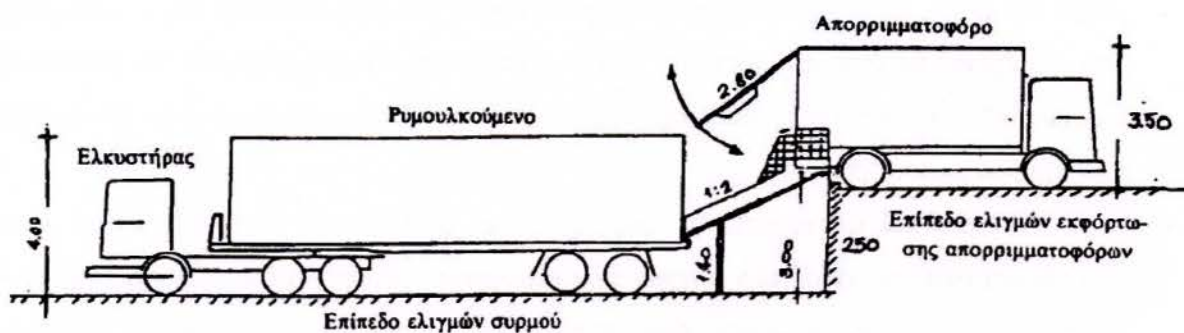
Ως μεταφόρτωση καλείται ο κύκλος εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσής τους, προκειμένου στη συνέχεια να μεταφερθούν προς περαιτέρω διαχείριση. Στους σταθμούς μεταφόρτωσης (ΣΜΑ) τα απορρίμματα μεταφορτώνονται σε ειδικά οχήματα κατάλληλα για κίνηση σε μεγάλες αποστάσεις. Οι σταθμοί αυτοί πρέπει να χωροθετούνται σε κεντροβαρικά σημεία ως προς τις πηγές δημιουργίας των απορριμμάτων, ώστε τα απορριμματοφόρα οχήματα μετά την συμπλήρωση του φορτίου τους να διανύουν την ελάχιστη δυνατή απόσταση μέχρι τον ΣΜΑ, όπου ξεφορτώνουν και επιστρέφουν και πάλι στο έργο της αποκομιδής. Στη συνέχεια, τα οχήματα από τον ΣΜΑ μεταφέρουν τα απορρίμματα σε μονάδα/ες επεξεργασίας ή/και τελικής διάθεσης, έχοντας πολλαπλάσιο ωφέλιμο φορτίο από εκείνο των απορριμματοφόρων.

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης ταξινομούνται ανάλογα με τη δυναμικότητά τους (μικροί/μεγάλοι), το είδος των πάγιων εγκαταστάσεων (σταθεροί/κινητοί) και το βαθμό συμπίεσης των απορριμμάτων που επιτυγχάνουν. Σταθερός θεωρείται ο σταθμός μεταφόρτωσης όπου όλες οι απαραίτητες διαδικασίες εκτελούνται σε συγκεκριμένο χώρο με την κατάλληλη πάγια εγκατάσταση και τεχνική υποδομή ενώ κινητός σταθμός μεταφόρτωσης θεωρείται οποιοσδήποτε τύπος οχήματος ή συνδυασμός οχημάτων, που φέρει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την υποδοχή των αποβλήτων χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων. Τα απόβλητα, κατά τη διαδικασία αυτή υφίστανται συμπίεση, η οποία στοχεύει στην επίτευξη του μέγιστου επιτρεπόμενου, κατά περίπτωση, ωφέλιμου

φορτίου για την περαιτέρω μεταφορά τους. Η συμπίεση αυτή γίνεται συνήθως σε containers ενώ εναλλακτικά, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ενδέχεται να πραγματοποιηθεί δεματοποίηση των αποβλήτων, με χρήση εγκαταστάσεων υψηλού βαθμού συμπίεσης.



Σχήμα 3.1: Σταθερός ΣΜΑ



Σχήμα 3.2: Κινητός ΣΜΑ

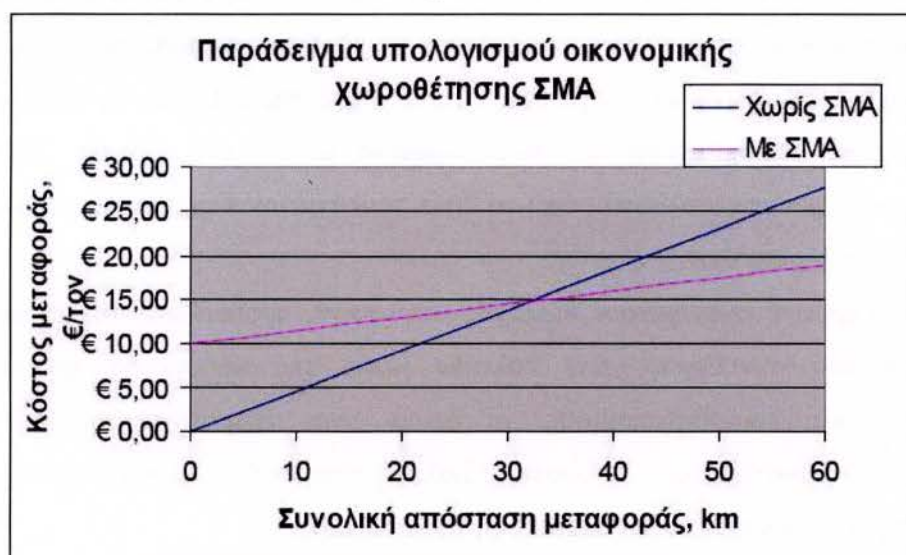
Η εγκατάσταση σταθμού μεταφόρτωσης είναι αποδοτική όταν η απόσταση του χώρου διάθεσης είναι μεγαλύτερη των 30km και η ημερήσια ποσότητα των απορριμμάτων ξεπερνά τους 20 τόνους. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό παράδειγμα

υπολογισμού χρήσης ή μη σταθμού μεταφόρτωσης, ώστε να γίνει πιο κατανοητός ο στόχος που εξυπηρετεί.

Πινάκας 3.1 Λειτουργικά στοιχεία ενός ΣΜΑ

Κόστος κατασκευής και λειτουργίας ΣΜΑ	10 €/τόνο
Κόστος μεταφοράς απορριμματοφόρου ή ΣΜΑ	3 €/Km
Δυναμικότητα απορριμματοφόρου	6,5 τόνοι
Δυναμικότητα Container ΣΜΑ	20 τόνοι

Σημ: Το κόστος μεταφοράς ανά τόνο υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε το κόστος ανά Km επί τα διανυόμενα Km και διαιρέσουμε δια του μεταφερόμενου φορτίου σε τόνους.



Γράφημα 3.1 Παράδειγμα υπολογισμού οικονομικής χωροθέτησης ΣΜΑ

3.2 Διαλογή στην πηγή

Με τη διαλογή υλικών στην πηγή παραγωγής των στερεών αποβλήτων – απορριμμάτων επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση, με παράλληλη αξιοποίηση υλικών. Η διαλογή στην πηγή αποτελεί εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η λειτουργικότητα ενός προγράμματος διαλογής στην πηγή είναι: - το είδος και η ποσότητα των προς διαλογή – ανακύκλωση υλικών - η

ποιότητα των ανακτώμενων υλικών - η ύπαρξη αγορών για την απρόσκοπτη απορρόφησή τους - η ευκολία υλοποίησης και το κόστος άλλων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των στερεών αποβλήτων που εφαρμόζονται στην υπό εξέταση περιοχή.

Στην Ελλάδα συλλέγονται χωριστά και εκτρέπονται από το ρεύμα των σύμμεικτων αποβλήτων, τα απόβλητα που εμπίπτουν στο Ν.2939/01, δηλαδή τα υλικά συσκευασίας, ΑΗΗΕ κ.α. Αν και προβλέπεται στο σύνολο των περιφερειακών σχεδιασμών, ακόμα η διαλογή στη πηγή του οργανικού κλάσματος δεν έχει εφαρμοστεί σε κάποια διαχειριστική ενότητα. Ορισμένοι ΟΤΑ έχουν αναλάβει πρωτοβουλίες (π.χ. Δήμος Ελευσίνας) ώστε να εφαρμοστεί η διαλογή του οργανικού κλάσματος, μέσω της χρήσης οικιακών κάδων κομποστοποίησης, ενώ ορισμένοι ΦοΔΣΑ (π.χ. ΕΣΔΚΝΑ) εφαρμόζουν προγράμματα για την ξεχωριστή συλλογή του έντυπου χαρτιού. Σε κάθε περίπτωση, η διαλογή στην πηγή θα πρέπει να επεκταθεί στη χώρα μας, καθώς αφενός μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση του βαθμού ανακύκλωσης των υλικών, αφετέρου είναι σύμφωνη με τις γενικές κατευθύνσεις της Ε.Ε. για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Επισημαίνεται δε, πως σύμφωνα με τη νέα Οδηγία 2008/98/ΕΚ, προβλέπεται η χωριστή συλλογή μέχρι το 2015 τουλάχιστον 4 ρευμάτων υλικών (χαρτί, πλαστικό, γυαλί, μέταλλο).

Η εφαρμογή συστημάτων διαλογής στην πηγή, προϋποθέτει την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών μέσω της εφαρμογής προγραμμάτων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, τα οποία είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη λειτουργία των συστημάτων. Άλλωστε η διαλογή στη πηγή είναι η μοναδική μέθοδος διαχείρισης που προϋποθέτει τη συμμετοχή των πολιτών.



Εικόνα 3.1: Τυπικός μπλε κάδος



Εικόνα 3.2: Κάδος 3 ρευμάτων



Εικόνα 3.3: Ανταποδοτικό κέντρο ανακύκλωσης

3.3 Κέντρα Διαλογής Υλικών- Κ.Δ.Α.Υ.

Τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ.) είναι εγκαταστάσεις όπου με συνδυασμό μεθόδων μηχανικής - χειρωνακτικής διαλογής, διαχωρίζονται ομάδες υλικών τα οποία προέρχονται από διαλογή στην πηγή (ανακυκλώσιμα). Στη συνέχεια, τα υλικά υφίστανται ποιοτική αναβάθμιση και δεματοποίηση ανά υλικό. Έτσι, μπορούν να επιτευχθούν οι απαιτήσεις ποιότητας για την απορρόφησή τους από την αγορά και εξασφαλίζονται υψηλότερες τιμές πώλησης. Ο σχεδιασμός ενός Κ.Δ.Α.Υ. και η επιλογή του αντίστοιχου εξοπλισμού εξαρτάται από τις ποσότητες και το είδος των εισερχόμενων υλικών καθώς και από τις απαιτήσεις της αγοράς ως προς τα ανακτώμενα προϊόντα.



Εικόνα 3.6: Διεργασίες επεξεργασίας και μεταφοράς ανακυκλώσιμων υλικών

3.4 Μηχανική Ανακύκλωση

Στις εγκαταστάσεις μηχανικής ανακύκλωσης πραγματοποιείται διαχείριση κυρίως των μικτών οικιακών στερεών αποβλήτων και επιτυγχάνεται μηχανικός διαχωρισμός, ανάκτηση καθώς και περαιτέρω επεξεργασία υλικών που περιέχονται σε αυτά. Τα υλικά που ανακτώνται είναι κυρίως:

- Βιοαποδομήσιμα οργανικά
- Χαρτί
- Πλαστικό
- Μίγμα χαρτιού και πλαστικού
- Σιδηρούχα μέταλλα
- Αλουμίνιο

Τα παραπάνω υλικά εφόσον υποστούν περαιτέρω επεξεργασία ανακυκλώνονται, με εξαίρεση το μίγμα χαρτιού και πλαστικού το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο υλικό.

Οι μέθοδοι μηχανικής επεξεργασίας οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν με όλες τις μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας, ταξινομούνται στις εξής βασικές κατηγορίες:

- Τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων
- Τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων

Οι τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων αφορούν στη διάνοιξη των σάκων, την ελάττωση του μεγέθους και την αποκατάσταση της ομοιομορφίας των αποβλήτων.

Στις τεχνολογίες διαχωρισμού περιλαμβάνονται τεχνολογίες που επιτυγχάνουν το διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων σε δύο ρεύματα, από τα οποία το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό σε υψηλή συγκέντρωση ενώ το άλλο είναι σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένο από την παρουσία του.

Στους παρακάτω πίνακες βλέπουμε τις τεχνολογίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων.

Πίνακας 3.1: Τεχνολογίες προετοιμασίας αποβλήτων

Τεχνολογία	Αρχή λειτουργίας	Προβλήματα-Περιορισμοί
Σφυρόμυλοι (Hammer mill)	Τα απόβλητα υφίστανται σημαντική μείωση του μεγέθους τους με τη βοήθεια σφυριών που ταλαντώνονται	Καταπόνηση - φθορά των σφυρών, κονιορτοποίηση γυαλιού / αδρανών, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
Περιστροφικοί κόπτες (shredder)	Περιστρεφόμενα μαχαίρια ή δίσκοι περιστρέφονται με χαμηλή ταχύτητα και υψηλή ροπή. Η διατμητική τους δράση σχίζει ή τέμνει τα περισσότερα υλικά	Τα μεγάλα σκληρά αντικείμενα μπορούν να καταστρέψουν τους κόπτες, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
Περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (Rotating Drum)	Το υλικό ανυψώνεται καθώς προσκολλάται στα τοιχώματα του τύμπανου και κατόπιν πέφτει στο κέντρο, λόγω της βαρύτητας, επιτυγχάνοντας ανάδευση και ομογενοποίηση των αποβλήτων. Τα κοφτερά αντικείμενα που ενυπάρχουν στα απόβλητα (γυαλί, μέταλλα) συνεισφέρουν στη μείωση του μεγέθους των πιο μαλακών υλικών, όπως το χαρτί και τα βιοαποδομήσιμα, χωρίς να κονιορτοποιούνται τα ίδια.	Ήπια δράση - τεμαχισμός. Μπορεί να υπάρξει πρόβλημα για απόβλητα υψηλής υγρασίας.
Σφαιρόμυλο (Ball mill)	Περιστρεφόμενα τύμπανα φέρουν βαριές σφαίρες για να τεμαχίσουν ή να κονιορτοποιήσουν τα απόβλητα.	Καταπόνηση - φθορά των σφαιρών, κονιορτοποίηση γυαλιού / αδρανών.
Περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (Wet rotating drums with knives)	Μετά από την προσθήκη νερού, τα απόβλητα δημιουργούν μεγάλα συσσωματώματα που θρύβονται από τους κόπτες κατά την περιστροφή του τύμπανου.	Σχετικά μικρή μείωση μεγέθους. Πιθανότητα καταστροφής του κόπτη από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.
Θραυστήρες πλαστικών σάκων (Bag splitter)	Μπορεί να είναι τύπου περιστροφικού κόπτη (με αυξημένες ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων μαχαριών κοπής, ώστε να σχίζεται μόνο ο σάκος και να μην τεμαχίζεται το περιεχόμενο), παλινδρομικής χτένας ή οδοντοφόρων αλυσίδων.	Δεν μειώνει το μέγεθος των αποβλήτων. Πιθανότητα καταστροφής από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.

Πίνακας 3.2: Τεχνολογίες διαχωρισμού αποβλήτων

Τεχνολογία	Ιδιότητα διαχωρισμού	Στοχευόμενα υλικά	Προβλήματα-Περιορισμοί
Κόσκινα (Trommels and screens)	Μέγεθος και πυκνότητα	Υπερμεγέθη: χαρτί, πλαστικό Μικρά: οργανικά, γυαλί, λεπτόκοκκα υλικά (fines)	Καθαρισμός
Χειρωνακτικός διαχωρισμός	Οπτική εξέταση	Πλαστικά, προσμίξεις, υπερμεγέθη, ξένα σώματα	Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας, ηθικά θέματα
Μαγνητικοί διαχωριστές	Μαγνητικές ιδιότητες	Σιδηρούχα μέταλλα	
Διαχωριστές με επαγωγικά ρεύματα	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Μη σιδηρούχα μέταλλα	
Διαχωριστές επίπλευσης αφρού	Διαφορές πυκνότητας	Επιπλέοντα: πλαστικά, Οργανικά Βυθιζόμενα: πέτρες, γυαλί	Δημιουργεί υγρά ρεύματα αποβλήτων
Αεροδιαχωριστές	Βάρος	Ελαφρά: πλαστικά, χαρτί Βαρέα: πέτρες, γυαλί	Απαιτείται καθαρισμός του αέρα
Βαλλιστικοί διαχωριστές	Πυκνότητα και ελαστικότητα	Ελαφρά: πλαστικά, χαρτί Βαρέα: πέτρες, γυαλί	
Οπτικοί διαχωριστές	Οπτικές ιδιότητες	Καθορισμένα πλαστικά πολυμερή	Απόδοση

3.5 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής του περιεχομένου τους σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας. Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

3.5.1 Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση ή πιο κοινά η καύση των στερεών απορριμμάτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θεοκρασιών, με παρουσία φλόγας, για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωσή τους με το οξυγόνο. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και/ή η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία, είτε σε

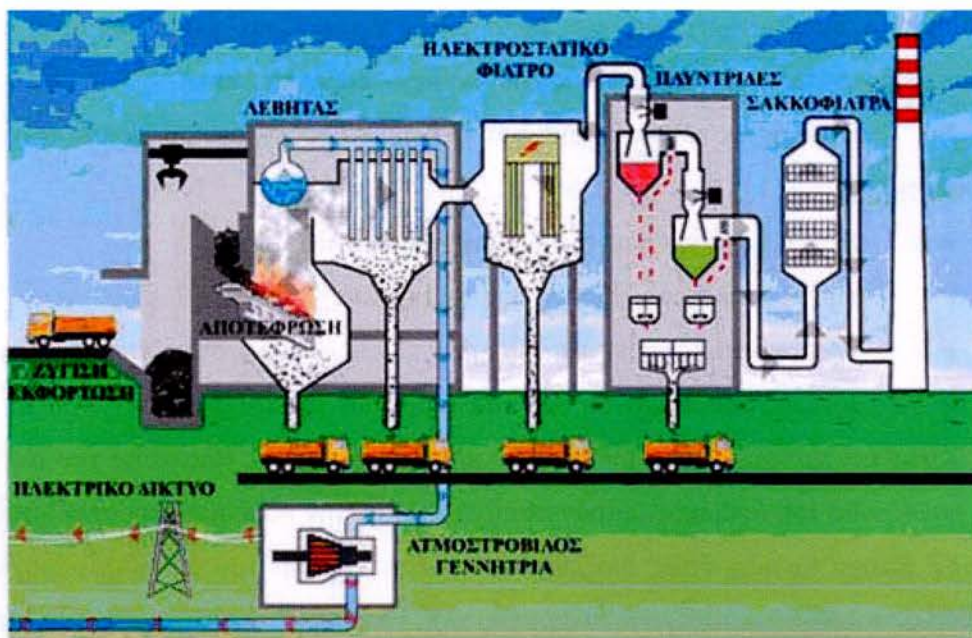
περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση είτε της απαιτούμενης στοιχειομετρικά ποσότητας αέρα (stoichiometric combustion) είτε με περίσσεια αέρα (excess - air combustion). Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη πλήρους καύσης των αποβλήτων είναι:

➤ επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O_2) στην εστία καύσης

- επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης
- σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου)
- συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
- συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Κατά την καύση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνονται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων. Οι μονάδες αποτέφρωσης σχεδιάζονται ώστε να επεξεργάζονται είτε σύμμεικτα απόβλητα (mass-burned incineration) είτε εναλλακτικά καύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία των αποβλήτων (SRF-RDF). Διαφοροποιούνται τόσο σε σχέση με τον τύπο του συστήματος καύσης (κινούμενων εσχαρών, περιστρεφόμενου κλιβάνου, ρευστοποιημένης κλίνης) όσο και σε σχέση με το σύστημα ελέγχου της ρύπανσης. (υγρή /ξηρή επεξεργασία απαερίων, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, πλυντρίδες κ.α.). Για την επεξεργασία των σύμμεικτων αποβλήτων χρησιμοποιείται το σύστημα κινούμενων εσχαρών ενώ οι

άλλοι τύποι συστημάτων καύσης χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποτέφρωση επεξεργασμένων ρευμάτων αποβλήτων.



Εικόνα 3.7: Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων

Η θερμική επεξεργασία (στοιχειομετρική καύση), αποτελεί ώριμη μέθοδο επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με πλήθος εργοστασίων να λειτουργούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. και λόγω των παραγόμενων αέριων εκπομπών, διέπεται από πολύ αυστηρό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ειδικά τα συστήματα αντιρρύπανσης, χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής και έχουν καταφέρει να περιορίσουν σημαντικά τις παραγόμενες αέριες εκπομπές τα τελευταία χρόνια. Θα πρέπει να σημειωθεί πως λειτουργούν περίπου 600 εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων παγκοσμίως και περισσότερες από 400 από αυτές βρίσκονται στην Ε.Ε. Όλες οι κατηγορίες υπολείμματος από τη θερμική επεξεργασία απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Η διάθεση σε χώρο ταφής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εκπλυσιμότητα των διαφόρων συστατικών που περιέχουν τα υπολείμματα αυτά. Η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο και αν δεν εφαρμοστεί κάποια μέθοδος αδρανοποίησής της θα πρέπει να διατεθεί σε χώρο διάθεσης επικίνδυνων

αποβλήτων. Η τέφρα βάσης μπορεί να διατεθεί μετά την ψύξη της σε ΧΥΤΑ αλλά συνήθως αξιοποιείται στην οδοποιία, καθώς στα κράτη μέλη της Ε.Ε. έχουν αναπτυχθεί εθνικές προδιαγραφές για την αξιοποίησή της, σε αντίθεση με την ελληνική πραγματικότητα.



Εικόνα 3.8: Μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ (Amsterdam, Vienna)

3.5.2 Πυρόλυση.

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα

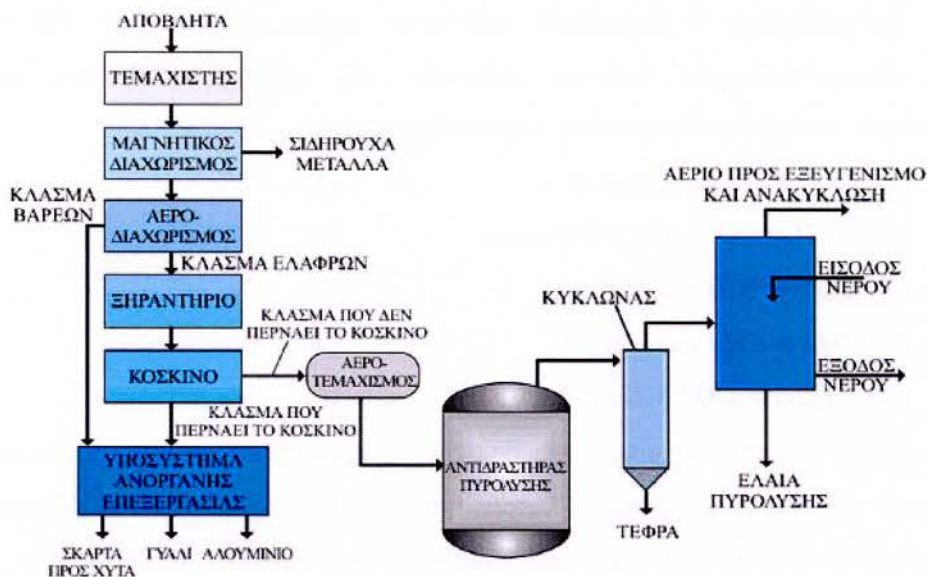
οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών. Η πυρόλυση ως θερμικής μέθοδος, βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες είναι θερμικά ασταθείς και κατά τη θέρμανσή τους απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε αέρια, υγρά και στερεά κλάσματα. Η πυρολυτική διεργασία σε αντίθεση με την καύση και την αεριοποίηση είναι ισχυρά ενδόθερμη και για τη διεξαγωγή της απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας. Βασικές παράμετροι για την εφαρμογή της αποτελούν η σύσταση των στερεών αποβλήτων, η θερμογόνο δύναμή τους, η περιεχόμενη υγρασία κλπ. Κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων, τα προϊόντα που παράγονται είναι:

- Αέρια: Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων

- Υγρά: Το υγρό κλάσμα, είναι ελαιώδες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη) καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία το κλάσμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.

- Στερεά: Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν καθαρό άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.

Σε γενικές γραμμές, η πυρόλυση ενδείκνυται για την επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) και λιγότερο για σύμμεικτα ΑΣΑ, καθώς η εφαρμογή της στην επεξεργασία ετερογενών μειγμάτων δεν έχει ακόμα ωριμάσει στην Ε.Ε. αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνητικών και πιλοτικών προγραμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.



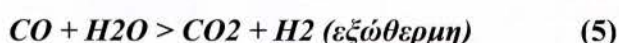
Εικόνα 3.9: Διεργασία Πυρόλυσης

3.5.3 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500 βαθμούς Κελσίου).

Η αεριοποίηση έχει ομοιότητες με την πυρόλυση, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζει και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή της, αφού η μεν πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου η δε αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό, διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης. Μέσω της

αεριοποίησης επιτυγχάνεται η παραγωγή καύσιμου αερίου πλούσιο σε H₂ και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο). Οι κύριες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι:



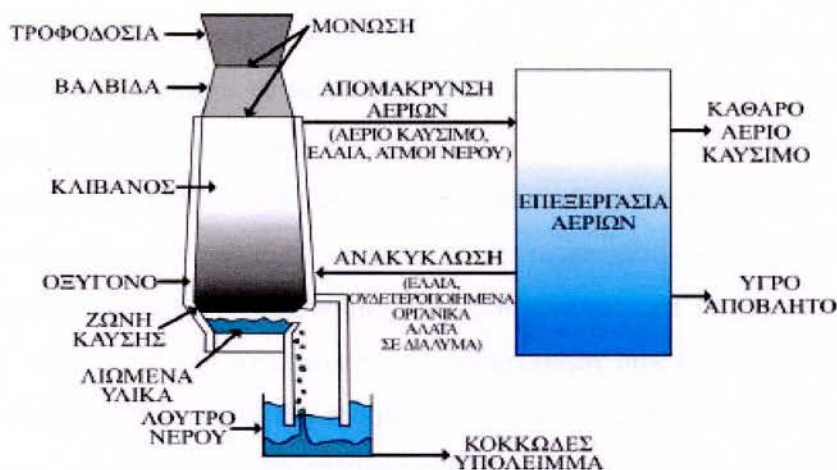
Η θερμότητα για τη διατήρηση της διεργασίας προέρχεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις, ενώ τα καύσιμα προϊόντα παράγονται κυρίως μέσω των ενδόθερμων αντιδράσεων. Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης είναι:

- Κάθετης σταθερής κλίνης
- Οριζόντιας σταθερής κλίνης
- Ρευστοποιημένης κλίνης
- Πολλαπλών εστιών
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- Αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.
- Στερεό υπόλειμμα που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.
- Συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Μονάδα επεξεργασίας αστικών αποβλήτων με τη μέθοδο της αεριοποίησης λειτουργεί στην Ιαπωνία (Chiba) από το 2000. Εταιρίες που ειδικεύονται στη τεχνολογία της αεριοποίησης είναι οι Ebara Corporation και A.G. Thermoselect.



Εικόνα 3.10: Διεργασία Αεριοποίησης



Εικόνα 3.11: MSW Gasification Plant, Chiba, Japan.

3.5.4 Αεριοποίηση/Υαλοποίηση με την τεχνική πλάσματος

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες

θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000 Κελσίου. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την υψηλή κινητική ενέργεια που χαρακτηρίζει τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια του πλάσματος, αλλά και τα άτομα του ουδέτερου αερίου. Η μερική μεταφορά αυτής της ενέργειας στις χημικές ενώσεις κάνει δυνατές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης. Εφαρμόζοντας την τεχνική του πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει το αέριο σύνθεσης (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια. Ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να λάβει χώρα η καταστροφή των οργανικών ενώσεων εξαρτάται από την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και το χρόνο παραμονής των οργανικών ενώσεων στην ιονισμένη ατμόσφαιρα ή σε υψηλή θερμοκρασία. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές, υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό. Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι:

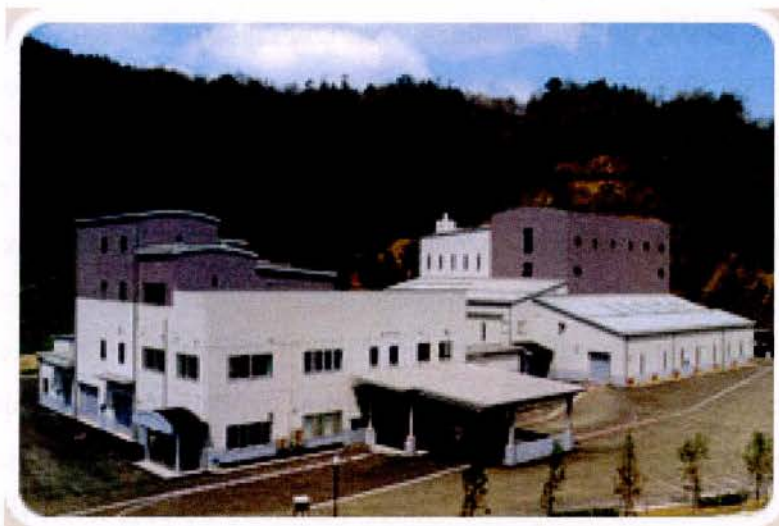
- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Η σύσταση του αερίου καθώς και το ενεργειακό του περιεχόμενο, εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο του εισερχόμενου προς επεξεργασία ρεύματος αποβλήτων. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.

- Το υαλώδους μορφής, αδρανές υλικό το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα

αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων)

- Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του πλάσματος, ισχύουν τα ίδια όρια με τις υπόλοιπες μονάδες θερμικής επεξεργασίας.

- Τα υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση. Η τεχνολογία πλάσματος δεν έχει εφαρμοστεί σε εμπορική κλίμακα στην Ε.Ε. αλλά υπάρχουν παγκοσμίως εγκαταστάσεις που την εφαρμόζουν για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων. Στην Ιαπωνία κοντά στις πόλεις Mihama and Mikata, λειτουργεί μονάδα πλάσματος για την επεξεργασία 20 tn/d αστικών στερεών αποβλήτων και 4 tn/d αστικής ύλης. Πιλοτικά προγράμματα εφαρμόζονται παγκοσμίως, αλλά η πολυπλοκότητα της σύστασης των σύμμεικτων ΑΣΑ δεν έχει προς το παρόν επιτρέψει την εμπορική εφαρμογή της για την επεξεργασία αυτού του ρεύματος. Τα πιλοτικά προγράμματα αφορούν στην αξιοποίηση επεξεργασμένων ΑΣΑ (π.χ. RDF) και η κατασκευή και λειτουργία αντίστοιχων μονάδων σχεδιάζεται σε διάφορες περιοχές (Swindon, Wiltshire, St. Lucie County, Florida κ.α.), Westing House Plasma Operation.



Εικόνα 3.12: Εγκατάσταση αεριοποίησης ΑΣΑ στην Ιαπωνία

3.6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοια επεξεργασία, ήτοι σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιέργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, ελαιοπυρήνα κλπ), πολλά στερεά απόβλητα και υλές από βιομηχανίες τροφίμων, η υλός βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Το τελευταίο, υπόκειται περιορισμούς της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (99/31/ΕΕ) που επιβάλλουν τη σταδιακή εκτροπή του από τη διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α., από το 2010 έως το 2020 για την Ελλάδα. Όσον αφορά τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα, οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να δεχθούν:

-Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το οποίο μετά από μια αερόβια φάση βιοσταθεροποίησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως «κομπόστ» και χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές διεξόδους αξιοποίησης (π.χ. ως εδαφοβελτιωτικό)

-Ένα εμπλουτισμένο σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσμα, που προέρχεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής. Δεδομένου ότι η μηχανική διαλογή (δηλαδή οι μηχανικοί διαχωρισμοί με χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού όπως κόσκινα, μαγνήτες, κλπ.), εφαρμόζεται σε σύμμεικτα απορρίμματα όπως αυτά έρχονται με τα απορριμματοφόρα, η ποιότητα εμπλουτισμένου αυτού κλάσματος και κατ' επέκταση του προϊόντος μετά τη βιολογική επεξεργασία, εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής διαλογής. Σε κάθε περίπτωση όμως η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του κομπόστ που περιγράφηκε παραπάνω, γι' αυτό και συνήθως αναφέρεται ως υλικό «τύπου κομπόστ». Η κομποστοποίηση οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου υλικού (κομπόστ υψηλής ποιότητας ή υλικό τύπου κομπόστ), η βιολογική ξήρανση στην παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου εμπλουτισμένου σε βιοαποδομήσιμα υλικά και υψηλής θερμογόνου δύναμης, ενώ η

αναερόβια χώνευση στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου, υδαρούς υπολείμματος. Το υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης (digestate) μοιάζει με λάσπη και απαιτείται η αφαίρεση υγρασίας και περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση ώστε να μετατραπεί επίσης σε υλικό «τύπου κομπόστ» και να έχει ανάλογες χρήσεις.

3.6.1 Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (Κομποστοποίηση)

Η κομποστοποίηση βασίζεται στη δράση μικροοργανισμών, οι οποίοι διασπών τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται στο υλικό εισόδου. Το τελικό προϊόν είναι ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό το κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή για άλλες χρήσεις. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα νερό και θερμότητα. Οι βιολογικές διεργασίες μπορούν να χωριστούν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο της βιοαποδόμησης λαμβάνουν χώρα οι μικροβιολογικές δραστηριότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδόμηση και την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών και διαρκεί 2-8 εβδομάδες ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται προς υποστήριξη των βιολογικών διεργασιών. Στο στάδιο της ωρίμανσης το υλικό που παράγεται στο πρώτο στάδιο αφήνεται να ωριμάσει για μεγάλο χρονικό διάστημα που ανέρχεται σε 4-12 εβδομάδες με τελικό προϊόν το ώριμο κομπόστ. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παρατηρείται περαιτέρω σταθεροποίηση του αρχικού κομπόστ. Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την εφαρμογή και αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι:

- σύσταση υποστρώματος
- μέγεθος των συστατικών του υποστρώματος
- καθαρότητα του υποστρώματος (ύπαρξη προσμίξεων)
- υγρασία του υποστρώματος
- pH του υποστρώματος
- θερμοκρασία του υποστρώματος
- αερισμός του υποστρώματος

3.6.2 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία – Αναερόβια ζύμωση

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια ζύμωση), πραγματοποιείται αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια μικροοργανισμών

απουσία οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή σταθεροποιημένου οργανικού υλικού και αερίου υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο (CH₄), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας π.χ. σε συστήματα θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, τη μείωση του όγκου των ΑΣΑ και τη βιολογική σταθεροποίησή τους. Η επεξεργασία σε μονάδες αναερόβιας ζύμωσης περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια, τα οποία είναι :

- η προεπεξεργασία του ρεύματος των αποβλήτων,
- η αναερόβια χώνευση στον αντιδραστήρα,
- η ανάκτηση του βιοαερίου
- η επεξεργασία των υπολειμμάτων της ζύμωσης

Η τεχνολογία της αναερόβιας ζύμωσης αναπτύχθηκε αρχικά για την επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων και της ιλύος των βιολογικών καθαρισμών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των βιοαποδομήσιμων αστικών απορριμμάτων.

3.6.3 Βιολογική Ξήρανση

Αποτελεί τεχνική προεπεξεργασίας των ΑΣΑ με στόχο την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Ειδικότερα στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ και κατά επέκταση του όγκου τους, στη διευκόλυνση του μηχανικού διαχωρισμού των άχρηστων υλικών και στην παραγωγή SRF. Με τη μέθοδο αυτή το νερό που βρίσκεται στα απόβλητα απομακρύνεται σε μικρό χρονικό διάστημα με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας. Η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες είναι συνήθως είτε κλειστές δεξαμενές εντός βιομηχανικών κτιρίων είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes) τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων.

3.6.4 Μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας

Οι συνδυασμένες μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας (MBE) έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τόσο σύμμεικτων αστικών στερεών αποβλήτων, όσο και επιλεγμένων ρευμάτων για παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών και ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης να δώσουν ως τελικό προϊόν RDF, SRF, compost.

Τα τρία στάδια των MBE είναι:

- Διαχωρισμός υλικών-Μηχανικός διαχωρισμός υλικών
- Βιολογική επεξεργασία-Σταθεροποίηση, μείωση του όγκου των αποβλήτων
- Παραγωγή προϊόντων-Υλικά επικάλυψης ΧΥΤΑ, SRF, ανακυκλώσιμα

Η βιολογική επεξεργασία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δύναται να είναι αερόβια και ανάεροβια. Τα βασικά είδη εγκαταστάσεων μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας και κατά συνέπεια τα παραγόμενα προϊόντα από την επεξεργασία των αποβλήτων συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3 που ακολουθεί:

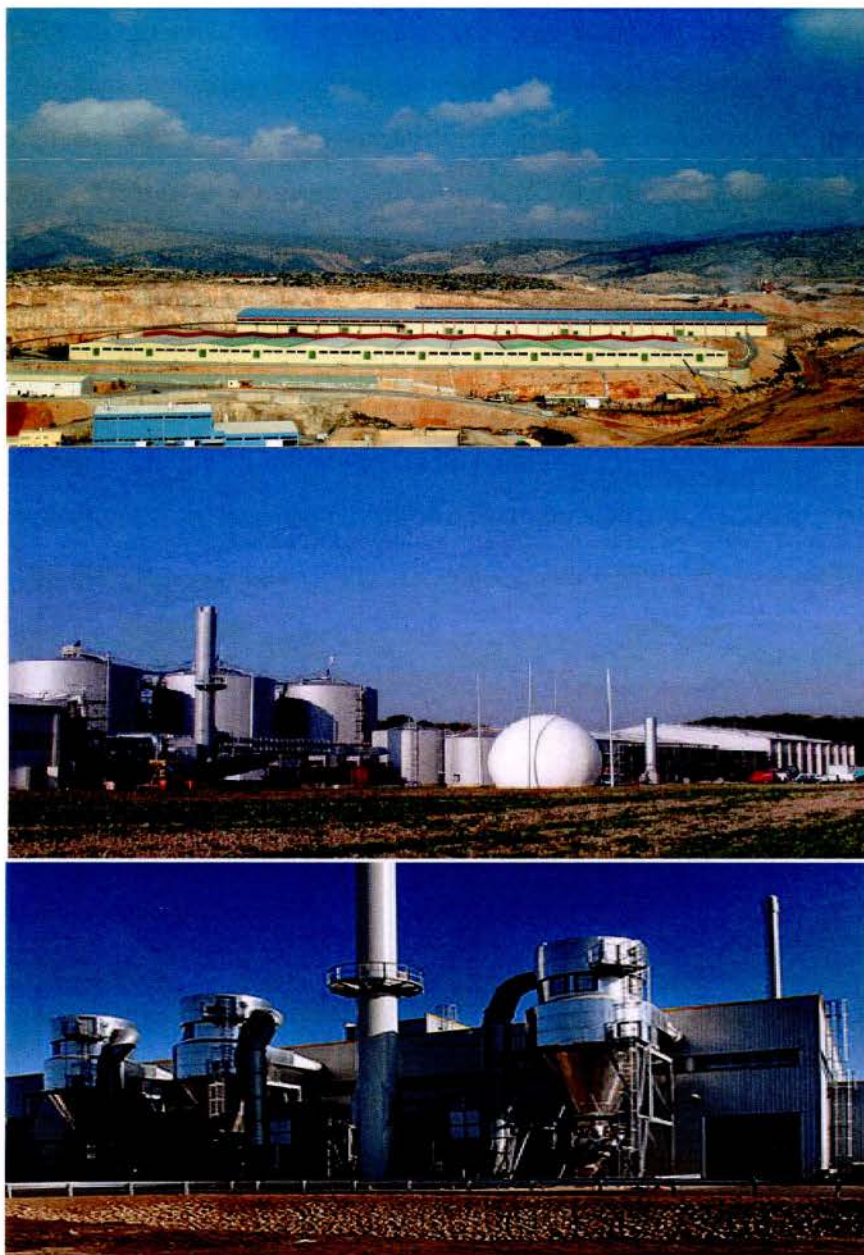
Πίνακας 3.3: Τεχνολογίες και παραγόμενα προϊόντα από την επεξεργασία αποβλήτων

Τεχνολογία	Προϊόντα
Μηχανική επεξεργασία αερόβια κομποστοποίηση +	<ul style="list-style-type: none">• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF• Βιοσταθεροποιημένο υλικό για κομπόστ, κάλυψη Χ.Υ.Τ.Α. ή αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση	<ul style="list-style-type: none">• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF• Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας• Βιοσταθεροποιημένο απόρριμμα
Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση +αερόβια κομποστοποίηση	<ul style="list-style-type: none">• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF• Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας• Υλικό για αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία + βιολογική ξήρανση	<ul style="list-style-type: none">• Ανακυκλώσιμα (μέταλλα)• SRF

Στην αγορά υπάρχει σημαντικός αριθμός μονάδων βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων οι οποίες συνήθως συνδυάζουν τη βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων με

τη μηχανική επεξεργασία (μονάδες μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας - MBE). Από αυτή την άποψη, τα συστήματα MBE έχουν αναπτυχθεί περισσότερο από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, όπως είναι η πυρόλυση, η αεριοποίηση, μέθοδοι που βασίζονται στο πλάσμα και άλλα καινοτόμα συστήματα, τα οποία, όπως και η MBE, παρουσιάζονται στην αγορά ως νέες προσεγγίσεις στην επεξεργασία των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, διεθνώς λειτουργούν συνολικά 80 μονάδες MBE, συνολικής δυναμικότητας 8.500.000 τόνων ετησίως, ενώ στο άμεσο μέλλον αναμένεται η θέση σε λειτουργία ακόμη 43 μονάδων, επιπλέον δυναμικότητας της τάξης των 4.500.00 τόνων ετησίως.

Αναφορικά με τις επιμέρους μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας που εφαρμόζονται, η αερόβια επεξεργασία – κομποστοποίηση είναι η πλέον εφαρμοζόμενη πρακτική, όμως η εφαρμογή των μεθόδων τόσο της αναερόβιας επεξεργασίας όσο και της βιολογικής ξήρανσης αναπτύσσεται ραγδαία. Σχετικά με την αναερόβια χώνευση, στην Ευρώπη λειτουργούν 26 μονάδες («υγρής» ή «ξηρής» μεθόδου) στην Ισπανία, τη Γερμανία, το Βέλγιο, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Πολωνία και την Αυστρία και από αυτές περίπου οι 10 είναι μονάδες «ξηρής» αναερόβιας χώνευσης. Η μέθοδος της βιολογικής ξήρανσης για την παραγωγή SRF εφαρμόζεται ήδη, με μεγάλη επιτυχία σε συνολικά 13 εγκαταστάσεις στην Ιταλία, τη Γερμανία και το Βέλγιο. Επιπρόσθετα, 4 ακόμη μονάδες προετοιμάζονται στην Αγγλία.



Εικόνα 3.13: Εργοστάσια MBE (ΕΜΑΚ Άνω Λιόσια, AD Haase Lubeck Germany, Herhoff Βιολογική Επεξεργασία, Osnabrueck, Germany)

3.6.4 Υγειονομική ταφή

Η Κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική εστιάζει στο σχεδιασμό, εγκατάσταση και λειτουργία χώρων ελεγχόμενης απόθεσης των στερεών αποβλήτων – απορριμμάτων,

μέσω εφαρμογής της μεθόδου της υγειονομικής ταφής. Όλες οι άλλες μέθοδοι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων (θερμικές μέθοδοι, μηχανική διαλογή, βιολογικές μέθοδοι) οδηγούν ανάμεσα σε άλλα, στην παραγωγή καταλοίπων για τα οποία είναι απαραίτητη η τελική διάθεση. Έτσι, η υγειονομική ταφή δεν είναι απλά μια εναλλακτική τεχνική διάθεσης στερεών αποβλήτων, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της συνολικής διαχείρισής τους. Ένας σύγχρονος χώρος διάθεσης θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τη διασφάλιση συνθηκών ευστάθειας, να διαθέτει σύστημα αντιπυρικής προστασίας, δίκτυο απορροής όμβριων υδάτων και σύστημα διαχείρισης των στραγγισμάτων, σύστημα μόνωσης και στεγανοποίησης για την αποφυγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων, σύστημα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου και σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης του Χ.Υ.Τ.Α.

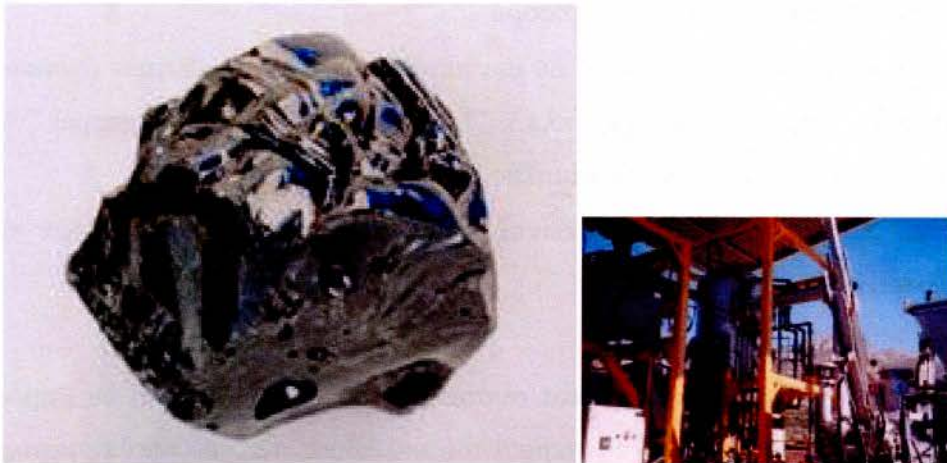
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ”

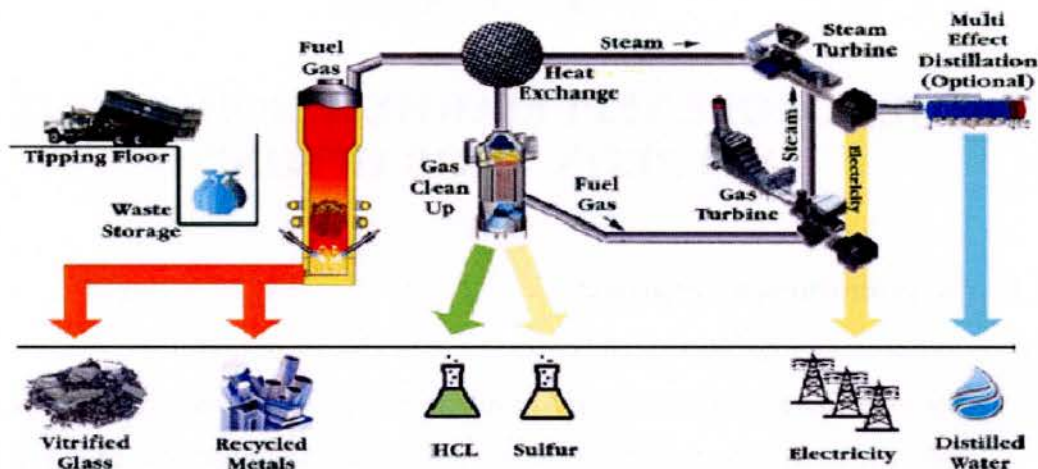
4.1 Αεριοποίηση πλάσματος

Οι βασικοί ορισμοί που αφορούν την ενότητα αυτή έχουν ως ακολούθως

- Πλάσμα Είναι η «τέταρτη κατάσταση της ύλης», ένα ιονισμένο αέριο το οποίο έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Δημιουργείται όταν ένα κοινό αέριο, όπως ο αέρας, υποβληθεί σε πολύ υψηλή θερμοκρασία (>5000C°). Ένα παράδειγμα δημιουργίας πλάσματος στη φύση, είναι ο κεραυνός.
- Αεριοποίηση Είναι η θερμική μετατροπή της οργανικής ύλης σε αέριο σύνθεσης αποτελούμενο κυρίως από CO και H₂.
- Υαλοποίηση Είναι η διαδικασία κατά την οποία το ανόργανο υλικό και τα βαρέα μέταλλα τήκονται γύρω στους 2000 βαθμούς Κελσίου και παράγεται αδρανές υαλώδες υλικό, το οποίο είναι ασφαλές σε χρήση σε διάφορες άλλες εφαρμογές.



Εικόνα 4.1: Προϊόν υαλοποίησης και μονάδα επεξεργασίας



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα διαδικασίας αεριοποίησης πλάσματος

Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αεριοποίησης πλάσματος είναι τα ακόλουθα:

- Πολλή καλή περιβαλλοντική συμπεριφορά
- Μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία σε μια μεγάλη ποικιλία αποβλήτων (αστικά, βιομηχανικά, ιατρικά, λάστιχα, κλπ.). Μελέτες δείχνουν ότι μπορεί να διαχειριστεί ακόμη και απόβλητα χαμηλής ραδιενέργειας.
- Επικίνδυνα και τοξικά μόρια διασπώνται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών σε βασικά στοιχεία.
- Δεν παράγονται διοξίνες/φουράνια.
- Δεν παράγεται στάχτη. Τα ανόργανα συστατικά του αποβλήτου και τα βαρέα μέταλλα αδρανοποιούνται στο εσωτερικό του υαλώδους στερεού υπολείμματος, με ιδιαίτερη ανθεκτικότητα στην εκχύλιση.
- Μείωση του όγκου του προς τελική διάθεση αποβλήτου κατά 99.8%
- Πολύ καλή ενεργειακή συμπεριφορά
- Η ενέργεια του οργανικού μέρους του αποβλήτου μετατρέπεται σε χημική και θερμική στο αέριο σύνθεσης.

Πίνακας 4.1: Εγκαταστάσεις Πλάσματος

Τοποθεσία	Έτος	Είδος αποβλήτου	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Yoshii, Ιαπωνία	2000	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	166
Utashinai, Ιαπωνία	2003	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	165
Mihama-Mikata, Ιαπωνία	2002	Αστικά Στερεά Απορρίμματα & Λάσπη	28
Ottawa, Καναδάς	2007	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	100
Κιουουα, Ιαπωνία	1995	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	30
Kakogawa, Ιαπωνία	2002	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	30
Shimonozeki, Ιαπωνία	2002	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	41
Imizu, Ιαπωνία	2002	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	12
Maizuru, Ιαπωνία	2003	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	6
Yongin City, Νότια Κορέα	2007	Λάσπη, Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	7
Pyrogenesis, Καναδάς	2000	Απόβλητα Ναυτικού Η.Π.Α.	1
Honolulu, Χαβάη	2001	Ιατρικά απόβλητα	1
Morcenx, INERTAM, Γαλλία	1992	Άσβεστος	70
Cenon – Bordeaux, Γαλλία	1997	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	10



Κιγυρα-Ιαπωνία
Υαλοποίηση στάχτης από ΑΣΑ



Μιχάμα-Μικάτα-Ιαπωνία
ΑΣΑ και λήψη βιολογικού καθαρισμού



Utashinai-Ιαπωνία, ΑΣΑ



Οττάβα-Καναδάς, ΑΣΑ

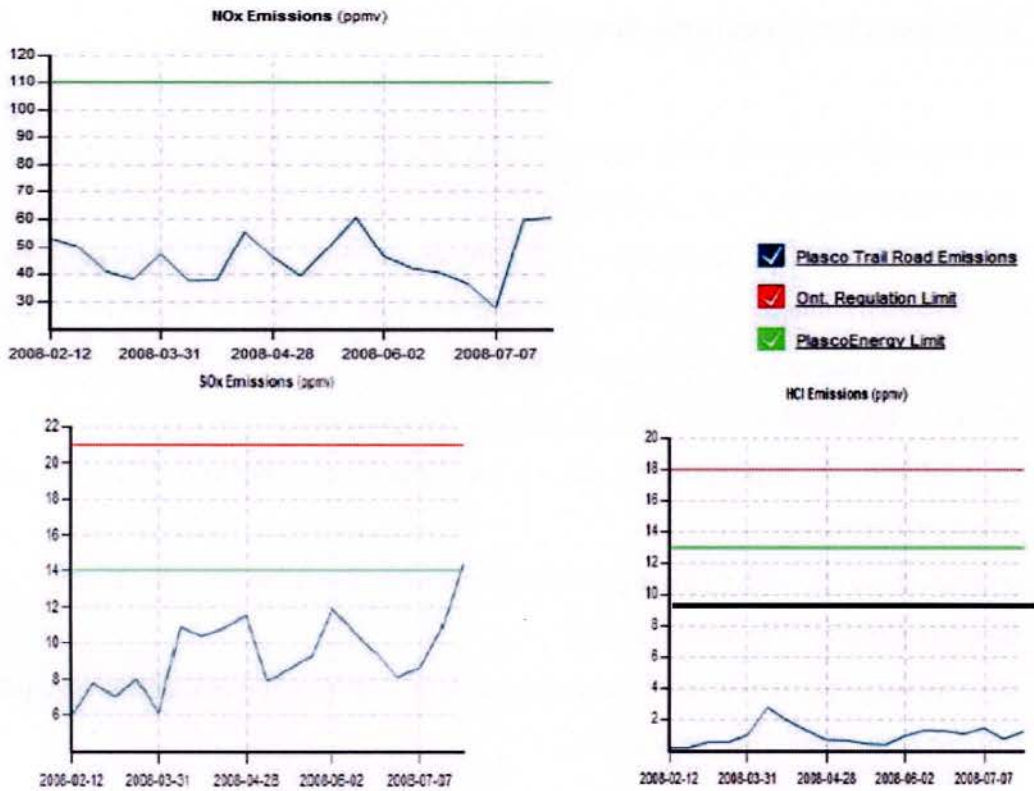
Εικόνα 4.3: Εγκαταστάσεις πλάσματος ανά τον κόσμο.

Περιβαλλοντικές επιδόσεις

Στους πίνακες και το διάγραμμα που ακολουθούν δίνονται εκπομπές αερίων με τα αντίστοιχα πρότυπα και κανονισμούς, καθώς και οι αποδόσεις επιλεγμένων μονάδων.

Πίνακας 4.2: Σύσταση Αέριων εκπομπών

ΡΥΠΟΣ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ(2000/76/Ε.Ε.)
Αιωρούμενα σωματίδια	Κυκλώνας, Venturi Scrubber	$< 5 \text{ mg/m}^3$	$< 10 \text{ mg/m}^3$
HCl	Απορρόφηση όξινων αερίων	$< 0.1 \text{ mg/m}^3$	$< 10 \text{ mg/m}^3$
H ₂ S	Απορρόφηση ή προσρόφηση	$< 1 \text{ mg/m}^3$	$< 21 \text{ mg/m}^3$
NO _x	Αναγωγικό περιβάλλον κατά την αεριοποίηση	$< 100 \text{ mg/m}^3$	$< 200 \text{ mg/m}^3$
Διοξίνες	Υψηλές θερμοκρασίες και απότομη ψύξη	$< 0.01 \text{ ng/m}^3$	$< 0.1 \text{ ng/m}^3$



Γράφημα 4.1: Περιβαλλοντικές επιδόσεις. Μονάδα της Plasco στην Οττάβα του Καναδά, 100 τ/ημέρα ΑΣΑ

Πίνακας 4.3: Ενεργειακές Αποδόσεις Θερμικών Μεθόδων

Διεργασία	Καθαρός Ηλεκτρισμός (kWh/ton ΑΣΑ)	Πλεονέκτημα της τεχνολογίας Πλάσματος
Αεριοποίηση Πλάσματος	816	-
Κλίνης	685	20%
Πυρόλυση Τεχνολογία Mitsui R21	571	40%
Πυρόλυση & Αεριοποίηση Τεχνολογία Thermoselect	685	20%
Καύση	544(750*)	50% (10%)

* Σύγχρονες μονάδες καύσης

4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Ως Βιομάζα θεωρείται κάθε οργανική ύλη που είναι διαθέσιμη σε ανανεώσιμη βάση, περιλαμβανομένων των ενεργειακών καλλιεργειών, των υποπροϊόντων ή καταλοίπων των δασικών προϊόντων, των παραπροϊόντων ή των υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών, των ζωικών αποβλήτων, του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων και των υδρόβιων φυτών.

Με βάση τον παραπάνω ορισμό, ως βιομάζα θεωρούνται:

- τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα κατάλοιπα της γεωργικής, δασικής και ζωικής παραγωγής
- τα παραπροϊόντα, από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων
- τα αστικά λύματα και σκουπίδια και
- οι οργανικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα π.χ. αυτοφυή φυτά, δάση, τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου



Εικόνα 4.3 Κύκλος ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας

Τα ανανεώσιμα αποθέματα βιομάζας, ως προς πηγές από τις οποίες προέρχονται, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Απόβλητα

φυτικής παραγωγής, ζωικής παραγωγής, επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων (βιομηχανία τροφίμων & ζωοτροφών), υπολείμματα καλλιέργειών, βιομηχανίας ξύλου, αστικά απόβλητα.

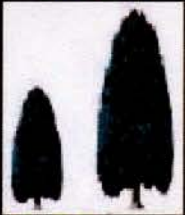
2. Δασική Βιομάζα

ξύλο, υπολείμματα δασικής ξυλείας (φλοιοί, κλαδιά, φύλλα και πριονίδια) δένδρα, θάμνοι και υπολείμματα του δασικού κύκλου.

3. Ενεργειακές καλλιέργειες

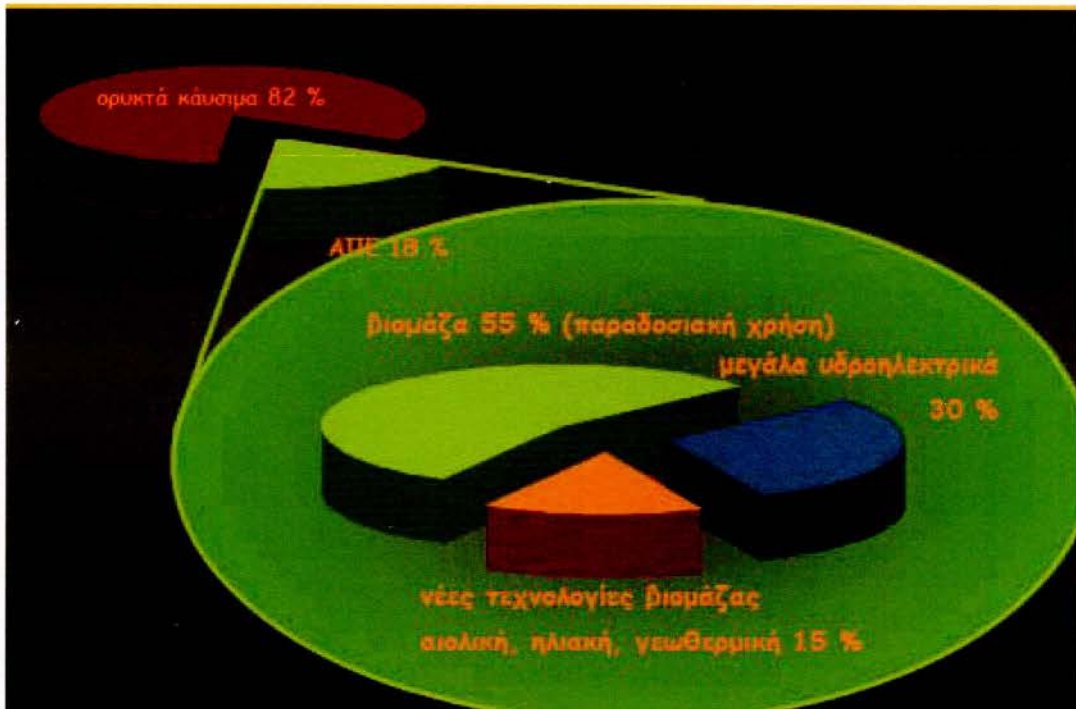
δασικές καλλιέργειες μικρού κύκλου, φυλλώδεις δασικές καλλιέργειες, μονοετείς, μη-ξύλωδεις καλλιέργειες, δημητριακά, σακχαρώδεις καλλιέργειες (τεύτλα, ζαχαρόχορτο, ζαχαροκάλαμο), κτηνοτροφικές καλλιέργειες (τριφύλλι, βοσκότοποι), ελαιούχες καλλιέργειες (κράμβη, σόγια, ηλίανθος), υδρόβια φυτά (άλγες, καλαμιώνες, υδρόβιος υάκινθος). Η ενεργειακή αξιοποίηση του συνολικού δυναμικού βιομάζας, με ανανεώσιμο τρόπο, δεν είναι εφικτή.

Η ενεργειακή αξιοποίηση του συνολικού δυναμικού βιομάζας, με ανανεώσιμο τρόπο, δεν είναι εφικτή.

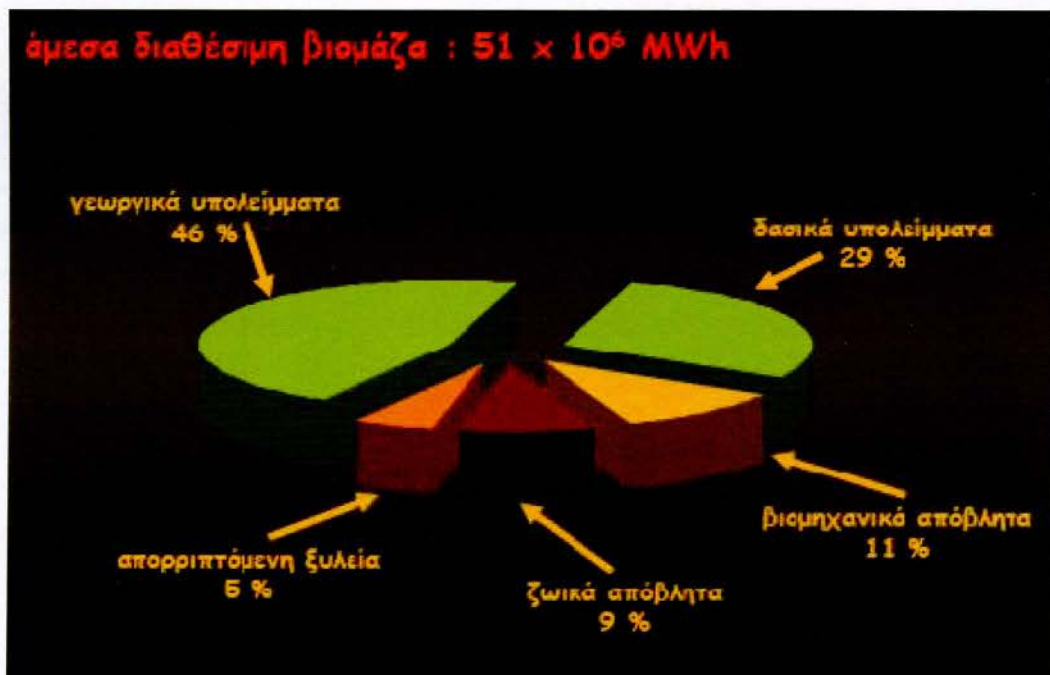
<p>Αειφόρος Δασοκομία</p>  <p>Ισορροπία CO₂</p>	<p>Ανάπτυξη Δασών</p>  <p>Αποθήκευση CO₂</p>	<p>Αποψίλωση Δασών</p>  <p>Έκλυση CO₂</p>
---	--	--

Η βιομάζα μπορεί να παράσχει το 50 % της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας

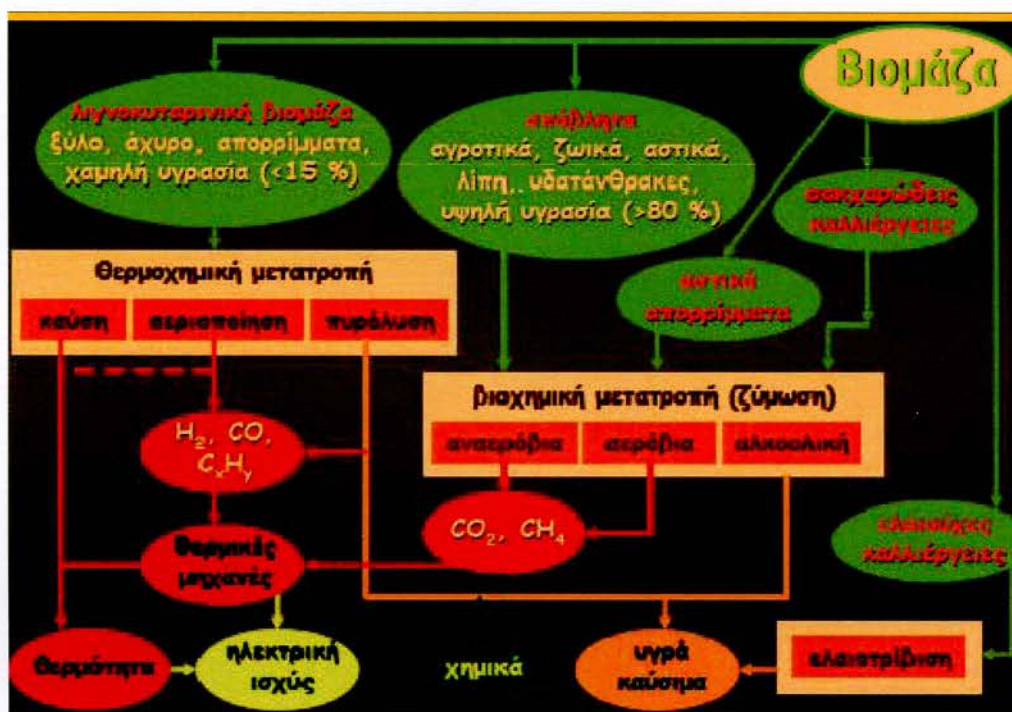
Εικόνα 4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων διαχείρισης των δασών



Εικόνα 4.5 Το 18% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας



Εικόνα 4.6 Διαθεσιμότητα-Συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο



Εικόνα 4.7 Τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας

4.3 Θερμική επεξεργασία αστικών απορριμμάτων

Στην θερμική επεξεργασία αστικών απορριμμάτων ανήκουν ως επί το πλείστον η καύση και Πυρόλυση. Στη σύγχρονη διαχείριση των απορριμμάτων η καύση και η πυρόλυση επεξεργάζεται τα μη δυνάμενα να χρησιμοποιηθούν απορρίμματα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αδρανοποιηθούν με παράλληλη μείωση του όγκου τους και χρήση της θερμογόνου τιμής τους. Είναι φανερό ότι τα απορρίμματα δεν αποτελούν μια εύκολη καύσιμη ύλη αν λάβει κανείς υπόψη του την ανομοιογενή και όχι σταθερή σύνθεση τους από οργανική και ανόργανη ύλη. Είναι, μια δοκιμασμένη μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων και εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε χώρες οι οποίες αντιμετωπίζουν πρόβλημα χώρου (γης).

Σκοπός της θερμικής επεξεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων, η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα, ή καύσιμο υλικό. Οι πρώτες εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων κατασκευάστηκαν στο τέλος του 18ου Αιώνα, στο Νότιγγαμ της Αγγλίας, στο Αμβούργο της Γερμανίας και στο λιμάνι της Νέας Υόρκης. Κατά την περίοδο 1920-1950 υπήρξε μεγάλη ανάπτυξη στο σχεδιασμό συστημάτων καύσης στην Ευρώπη και

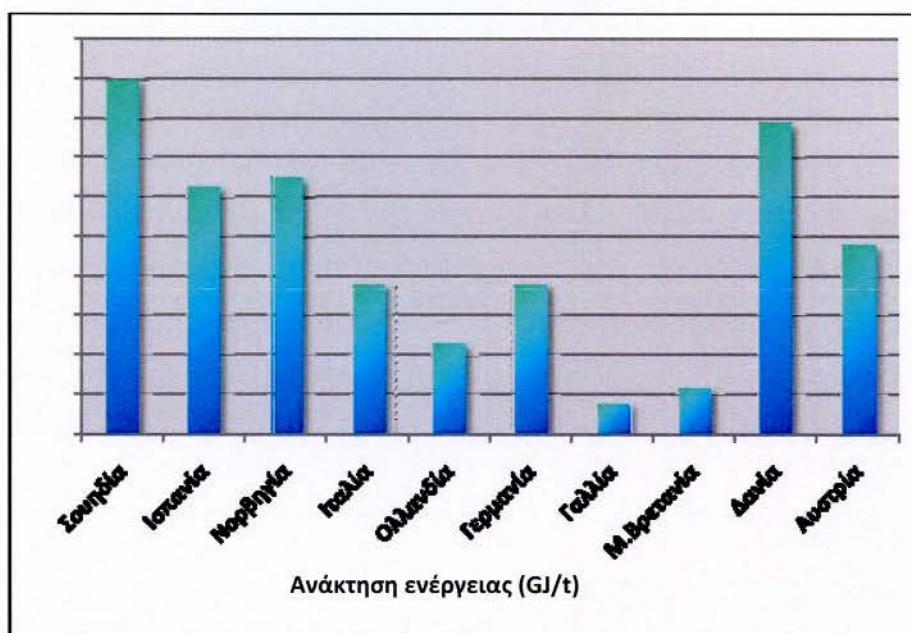
Η.Π.Α.

Σήμερα η καύση κατέχει παγκοσμίως την δεύτερη θέση στην διάθεση των απορριμμάτων. Η θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων διαθέτει, τρία βασικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, ελαττώνει κατά πολύ τον όγκο των απορριμμάτων (90% περίπου) και την μάζα και την μάζα (70% περίπου) , δεύτερον μπορεί να σχεδιαστεί και για μικρές και για μεγάλες ποσότητες και τρίτον επιτυγχάνεται ανάκτηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.

Η χρήση θερμικής επεξεργασίας στη διάθεση αποβλήτων εκτός από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (π.χ. εκπομπές ρύπων) καθορίζεται επίσης από οικονομικούς περιορισμούς (συνολικό κόστος), τις διαμορφούμενες νομοθετικές και πολιτικές τάσεις, τις προτεραιότητες των αρμόδιων φορέων καθώς και από το τρέχον και προβλεπόμενο ενεργειακό περιβάλλον (τιμές συμβατικών καυσίμων).

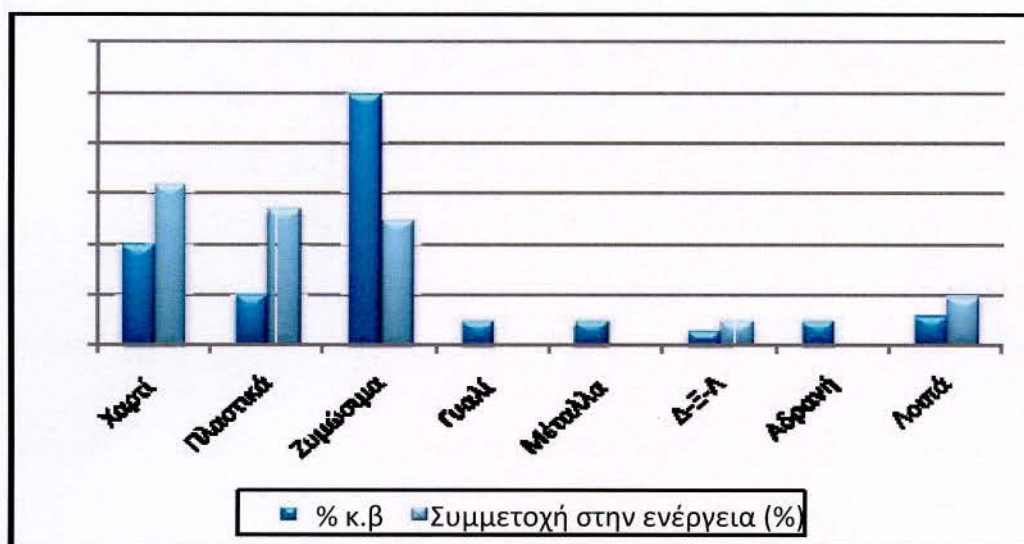
Επίσης, η μέθοδος θερμικής επεξεργασίας που τελικά θα εφαρμοστεί εξαρτάται, εκτός των προαναφερόμενων παραγόντων και από το είδος των αποβλήτων που πρόκειται να επεξεργασθούν, την προέλευση τους (βιομηχανικά, νοσοκομειακά, οικιακά, κ.λπ.), τα χαρακτηριστικά τους (επικίνδυνα, μολυσματικά, κ.λπ.) και τη σύσταση τους (χαρτί, ζυμώσιμα, κ.λπ.).Καθώς τα διάφορα επιμέρους κλάσματα των απορριμμάτων (χαρτί, πλαστικό, δέρμα, ξύλο, ύφασμα) παρουσιάζουν υψηλή θερμογόνο δύναμη και η διάθεση τους στους χώρους υγειονομικής ταφής συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση, οι σύγχρονες τάσεις της διαχείρισης σε παγκόσμιο επίπεδο, κινούνται προς την κατεύθυνση της ανάκτησης ενέργειας.

Στο Γράφημα 4.2 παρουσιάζεται η ανάκτηση ενέργειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο Γράφημα 4.3 φαίνεται η ποσοστιαία κ.β. σύσταση των απορριμμάτων και η συμμετοχή του κάθε είδους απορρίμματος στη συνολική ανάκτηση ενέργειας. Από την τελευταία εικόνα φαίνεται ότι το ποσό της ανακτώμενης ενέργειας δεν εξαρτάται τόσο από την ποσότητα των υλικών όσο κυρίως από έναν άλλον παράγοντα που είναι η θερμογόνο δύναμη.



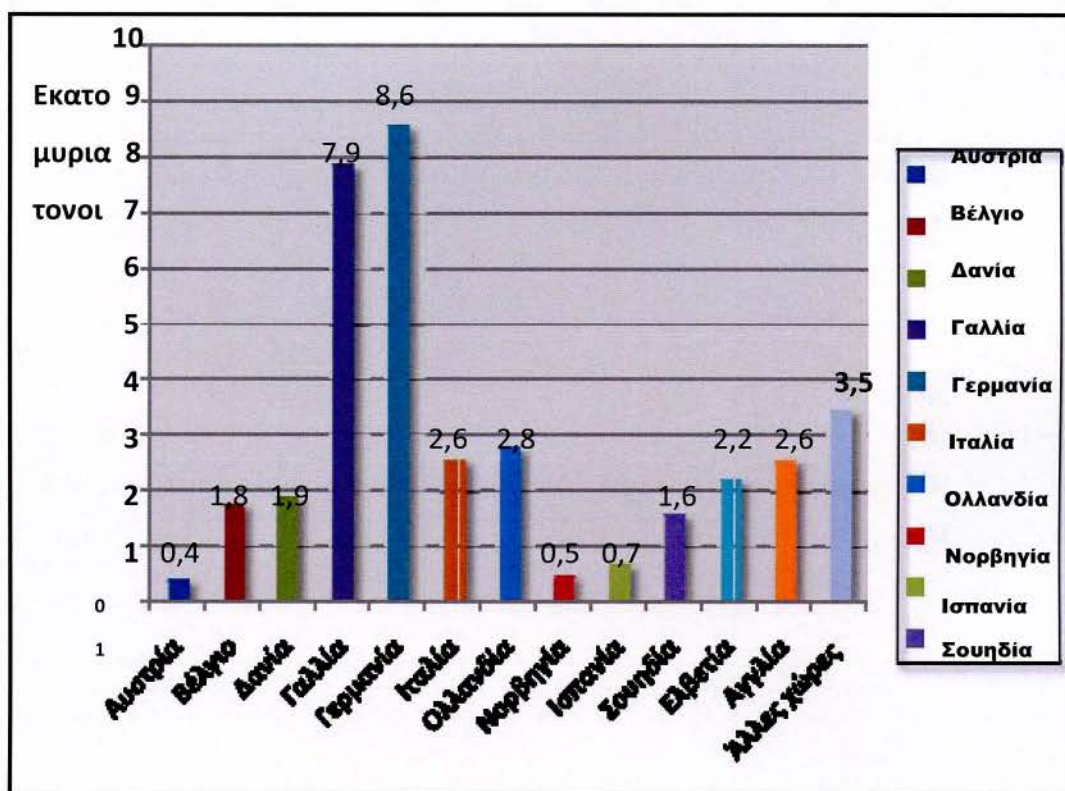
Γράφημα 4.2: Ανάκτηση ενέργειας από τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕΕΑ, 1999).

Η ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα είναι ανύπαρκτη στη Ελλάδα. Με την επεξεργασία των ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων των απορριμμάτων διαμορφώνονται τα τελευταία χρόνια διάφορα σενάρια, τα οποία προσβλέπουν στην υλοποίηση προγραμμάτων θερμικής επεξεργασίας στην Ελληνική επικράτεια, αλλά προσκρούουν σε έλλειψη πολιτικής βούλησης και τεχνογνωσίας, όπως επίσης και σε κακή ενημέρωση.



Γράφημα 4.3: Ποσοστιαία σύσταση απορριμμάτων και συμμετοχή κάθε είδους απορρίμματος στη συνολική ανακτώμενη ενέργεια

Η σχετική Κοινοτική νομοθεσία δίνει έμφαση στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας από απορρίμματα και θεωρεί την τελική διάθεση ως επιτρεπόμενη μόνο για τα υπολείμματα θερμικής επεξεργασίας και στην περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο. Ειδικότερα για την θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε το 1998 τις πρώτες Οδηγίες για νέες και υπάρχουσες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων (Οδηγίες 88/6609/ΕΟΚ 889/369/ΕΟΚ 89/429 /ΕΟΚ και 94/67/ΕΕΚ).



Γράφημα 4.4: Ποσότητες απορριμμάτων που καίγονται στην Ευρώπη.

Σήμερα οι εγκαταστάσεις δυναμικότητας μικρότερης των 250 t/d είναι εξαιρετικά δαπανηρές έως και απαγορευτικές. Η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένη διαχείρισης της βασισμένη στη διαλογή χρήσιμων υλικών, επιφέρει αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των μονάδων θερμική επεξεργασίας. Οι επεμβάσεις στις μονάδες θερμικής επεξεργασίας με τα νέα δεδομένα (εφαρμογή προγραμμάτων διαλογή χρήσιμων υλικών στην πηγή) θα τελειοποιηθούν με από έρευνα και ανάπτυξη και θα αφορούν τα συστήματα εισαγωγής και τροφοδοσίας των απορριμμάτων, ρύθμισης των εστιών καύσης, λεβήτων, των μονάδων καθαρισμού των αερίων κα γενικά τω παραμέτρων

θερμοκρασίας, πίεσης χρόνου και παραμονής των παραγόμενων αερίων στην εστία καύσης. Σήμερα καίγονται στην Ευρώπη 33εκατ. Τόνοι οικιακών απορριμμάτων με ενεργειακή αξιοποίηση (Γράφημα 4.4).

4.3.1 Ορισμοί

Με τον όρο «θερμική επεξεργασία» αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) εννοούνται συγκεκριμένες διαδικασίες μετατροπής των απορριμμάτων σε αέρια υγρά και στερεά προϊόντα με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη έκλυση θερμικής ενέργειας. Οι πλέον βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας, κατηγοριοποιημένες βάσει των απαιτήσεων τους σε αέρα, είναι οι εξής:

- **Αποτέφρωση** (πλήρης καύση), ορίζεται ως η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική με οξείδωση της οργανικής ύλης των ΑΣΑ, υπό συνθήκες περίσσειας οξυγόνου, προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα.
- **Αεριοποίηση**, ορίζεται ως η μερική οξείδωση (με αέρα ή οξυγόνο) της οργανικής ύλης των ΑΣΑ, η οποία μετατρέπεται σε μείγμα αερίων (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο κ μεθάνιο) Σε όλα τα στάδια αυτής της διαδικασίας παράγονται αέρια, στερεό υπόλειμμα και θερμική ενέργεια η οποία απαιτείται για την πραγματοποίηση αλυσιδωτών αντιδράσεων.
- **Πυρόλυση**, ορίζεται ως η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των ΑΣΑ, απουσία οξυγόνου (ή ελάχιστων ποσοτήτων). Τα προϊόντα της πυρόλυσης είναι στερεά, υγρά και αέρια και η σύστασή τους εξαρτάται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας, όπως τη θερμοκρασία και τον χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στον πυρολυτικό θάλαμο.

4.3.2 Στόχοι Θερμικής Επεξεργασίας

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/1997 για την «Κατάρτιση Πλαισίου Προδιαγραφών και Γενικών Προγραμμάτων

Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων» ο σκοπός της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ είναι τριπλός:

- ...η ελάττωση του όγκου τους... (για την ευκολότερη διαχείριση τους και τη μείωση του αναγκαίου χώρου τελικής απόθεσης αυτών).
- ...η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία... (για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος).
- ...η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας... (για την αξιοποίηση του ενεργειακού τους περιεχομένου και την μείωση των αναγκών σε μη ανανεώσιμα καύσιμα, όπως π.χ. λιγνίτη).

Παράλληλα, έχουν θεσπιστεί ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τον έλεγχο εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και άλλων ειδών αποβλήτων (Οδηγία 2000/76/ΕΚ «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και Όροι για την Πρόληψη και τον Περιορισμό της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος από την Αποτέφρωση των Αποβλήτων»), προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, που δύναται να παραχθούν κατά την λειτουργία τους. Γενικά η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω των Οδηγιών που εκδίδει για τα κράτη μέλη της, προάγει έμμεσα την εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, ως έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης των ποσοτήτων και των κλασμάτων των ΑΣΑ, που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και άμβλυνσης του υφιστάμενου ενεργειακού προβλήματος, μέσω της αξιοποίησης του θερμικού περιεχομένου των απορριμμάτων για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

4.3.3 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή

Σε γενικές γραμμές, οι βασικές αρχές λειτουργίας και οι προδιαγραφές, που πρέπει να πληρούνται, σε όλες τις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, είναι κοινές και μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν τις εξής:

- Σταθερές συνθήκες λειτουργίας.
- Ευχέρεια προσαρμογής σε απότομες αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας

τροφοδοσίας.

- Ευελιξία προσαρμογής στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις της σύνθεσης και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.
- Πλήρης έλεγχος των ρύπων στις εκπομπές.
- Μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
 - Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Ο Πίνακας 4.4 συνοψίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, όσον αφορά στις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προκύπτοντα προϊόντα.

Πίνακας 4.4: Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αποτέφρωση
<i>Συνθήκες λειτουργίας</i>			
Θερμοκρασίες αντίδρασης (°C)	250 – 700	500 – 1600	800 -1450
Πίεση (bar)	1	1 – 45	1
Ατμόσφαιρα	Αδρανής / Άζωτο	Παράγοντας αεριοποίησης O ₂ , H ₂ O	Αέρας
Στοιχειομετρική αναλογία	0	<1	>1
Προϊόντα			
Αέρια φάση	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂ , Υδρογονάνθρακες	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Στερεά φάση	Τέφρα, κωκ	Τέφρα, σκωρία	Τέφρα, σκωρία
Υγρή φάση	Έλαια πυρόλυσης και νερό		

Όπως φαίνεται σε ένα αντιπροσωπευτικό θερμικό ισοζύγιο, η απόδοση σε διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια από την καύση των απορριμμάτων είναι της τάξης του 25%. Κάπως ευνοϊκότερο γίνεται το ισοζύγιο, όταν υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης της θερμότητας του ατμού π.χ. σε βιομηχανία ή τηλεθέρμανση, που όμως έχει περιορισμένη μόνο εφαρμογή σε εύκρατες περιοχές. Παρακάτω στις επόμενες ενότητες αναλύεται η θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων.

4.3.4 Είδη Θερμικής επεξεργασίας

Θερμική επεξεργασία με εστία τύπου ρευστοποιημένης κλίνης.

Η ρευστοποιημένη κλίνη (Εικόνα 4.8) 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 προτίμησης 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 τις θερμαινόμενες 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

Θερμική επεξεργασία με περιστρεφόμενο κλίβανο.

Το σύστημα περιστρεφόμενου κλίβανου αποτελείται από:

- Το σύστημα υποδοχής.
- Το δοσομετρικό σύστημα.
- Τον περιστρεφόμενο κύλινδρο.
- Το σύστημα παροχής αέρα.
- Τον επιπλέον καυστήρα.
- Τον 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 κλίβανους, ο κύλινδρος είναι οριζόντιος και περιστρέφεται περί του άξονά του (Εικόνα 4.9). Το υλικό (πρέπει να υπάρχει σταθερή και συνεχή 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.

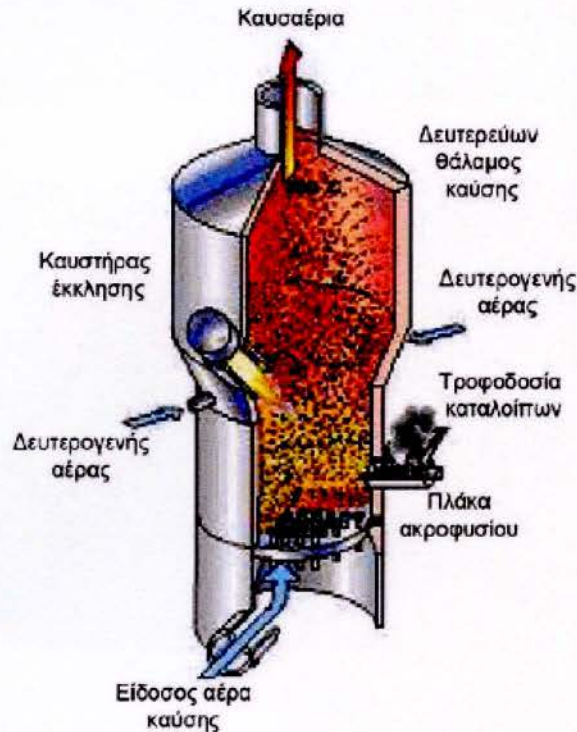
Τα **πλεονεκτήματα** της μεθόδου είναι τα εξής:

Έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία αποβλήτων.

1. Τα απορρίμματα δε χρειάζονται προεπεξεργασία.
2. Ελέγχεται εύκολα ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων στον κλίβανο.
3. Επιτυγχάνεται αποτελεσματική επαφή με τον αέρα.

Ενώ στα **μειονεκτήματα** συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

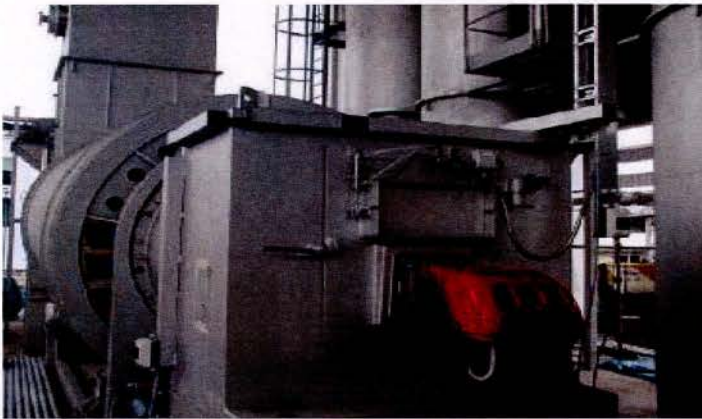
1. Παραγωγή μεγάλης ποσότητας σωματιδίων λόγω υψηλής στροβιλότητας και τριβής που δημιουργείται στον κλίβανο.
2. Απαιτείται μεγάλη ποσότητα περίσσειας αέρα (100 – 150%).
3. Ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας χάνεται με τη στάχτη.
4. Είναι αναγκαίος συχνά ένας θάλαμος μετάκαυσης.



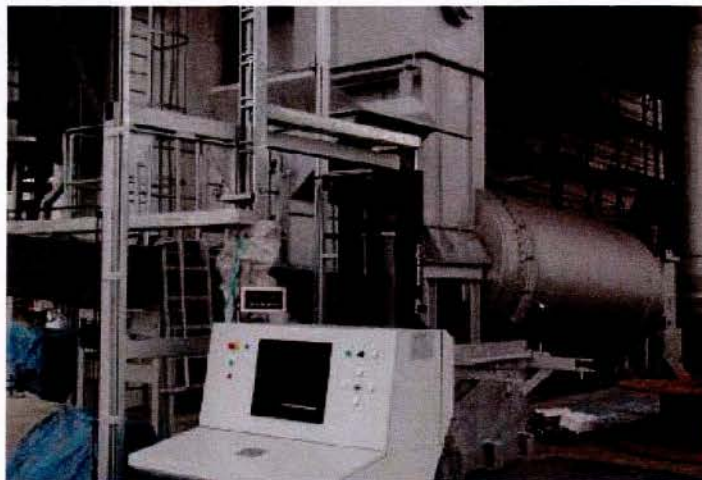
Εικόνα 4.8: Εστία ρευστοποιημένης κλίνης.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 4.9: (α),(β),(γ) Συμβατικός περιστρεφόμενος κλίβανος.

4.3.5 Αποτέφρωση – Καύση

Η αποτέφρωση ή πιο κοινά η καύση των στερεών απορριμμάτων/ αποβλήτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (850 έως 1500 °C), με παρουσία φλόγας, για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωση τους με το οξυγόνο. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους.

Τα προϊόντα της διαδικασίας της αποτέφρωσης περιλαμβάνουν αέριες ενώσεις (π.χ. CO₂, οξείδια αζώτου, όξινα αέρια, κ.α.), οι οποίες χρήζουν κατάλληλης επεξεργασίας πριν την έκλυση τους στην ατμόσφαιρα και σχετικά αδρανή στερεά υπολείμματα (τέφρα), τα οποία εκπροσωπούν το 15-40% του βάρους της τροφοδοσίας του αποτεφρωτή και ενδέχεται να περιέχουν σημαντικούς ανόργανους ρύπους, όπως βαρέα μέταλλα.

Στην περίπτωση της ατελούς καύσης των απορριμμάτων (έλλειψης οξυγόνου), η οποία είναι ανεπιθύμητη, στα παραγόμενα απαέρια συμπεριλαμβάνονται και σημαντικές ποσότητες CO. Ως εκ τούτου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η πλήρης καύση των ΑΣΑ, πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις (Γιδαράκος, 2006):

- Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O₂) στην εστία καύσης.
- Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης.
- Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης – οξυγόνου).
- Συνεχής απομάκρυνση των απαερίων, τα οποία παράγονται κατά την καύση.
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης.

Βασικά χαρακτηριστικά και έννοιες της καύσης

Τα βασικά χαρακτηριστικά της καύσης είναι: η φλόγα, (το μέτωπο της, η ταχύτητα της, η σταθερότητα της, η θερμοκρασία της), η θερμοκρασία του φλογοθαλάμου, ο έλεγχος της, η δύνη των αερίων στο φλογοθάλαμο και ο χρόνος

παραμονής της καύσιμης ύλης και των αερίων.

Η φλόγα είναι η ζώνη όπου λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις της καύσης και παράγεται ορατή ακτινοβολία. Το μέτωπο της φλόγας ορίζεται ως η περιοχή μεταξύ του μίγματος των απορριμμάτων – αέρα και των προϊόντων καύσης. Η πραγματική θερμοκρασία της φλόγας διαφέρει από την θεωρητική, γιατί η ενθαλπία των προϊόντων της καύσης δεν είναι ισοδύναμη με την ενθαλπία των αντιδρώντων. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν απώλειες. Η θερμοκρασία του φλογοθαλάμου εξαρτάται από την θερμογόνο τιμή των απορριμμάτων, τον σχεδιασμό του φλογοθαλάμου, την παροχή του αέρα και τον έλεγχο της καύσης. Με τον όρο έλεγχος θερμοκρασίας του φλογοθαλάμου εννοούμε τον έλεγχο του μίγματος αέρα-καύσιμης ύλης και τη μεταφορά της θερμότητας.

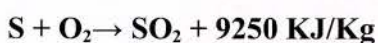
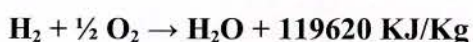
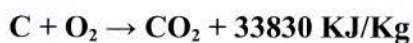
Η δύνη εκφράζει τη σχέση καύσιμης ύλης και του αέρα για καύση στο φλογοθάλαμο. Όλες οι μονάδες καύσης χρησιμοποιούν για την καταστροφή του κλάσματος το οποίο καίγεται στα απορρίμματα, αέρα και θερμότητα. Γι' αυτό τον λόγο οι υπολογισμοί για την καύση είναι βασικά οι ίδιοι για κάθε σύστημα.

Συμπερασματικά βασικοί παράγοντες στις μονάδες θερμικής επεξεργασίας είναι η θερμοκρασία στον φλογοθάλαμο, ο χρόνος παραμονής των προϊόντων καύσης και η δύνη μέσα στον θάλαμο.

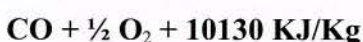
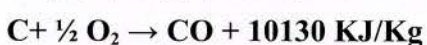
Η φλόγα δεν προέρχεται απ' ευθείας από τα απορρίμματα αλλά από την παραγόμενη από αυτά αέρια φάση μετά την ανάμειξη με τον απαιτούμενο αέρα καύσης.

Όλες οι αντιδράσεις στην καύση είναι εξώθερμες και σε μια πλήρη καύση από τους υδρογονάνθρακες σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα και ατμός ενώ στην μη πλήρη καύση μονοξείδιο του άνθρακα, κάπνα (άνθρακας) και ελεύθερο υδρογόνο.

Κατά την πλήρη καύση λαμβάνουν χώρα οι εξής αντιδράσεις:



Στην μη πλήρη καύση:



Ένα ακόμη ιδιαίτερα σημαντικό προϊόν της διαδικασίας αποτέφρωσης ΑΣΑ αποτελεί και η θερμότητα, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί ως έχει ή και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα κυριότερα είδη μονάδων αποτέφρωσης, που έχουν αναπτυχθεί είναι δύο:

- Μονάδες που απαιτούν ελάχιστη προεπεξεργασία των απορριμμάτων (μονάδες τύπου mass-fired).
- Μονάδες που λειτουργούν με επεξεργασμένο RDF (Refuse – Derived – Fuel) ως καύσιμο.

Οι μονάδες τύπου μαζικής καύσης (mass – fired) αποτελούν την πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι τα απορρίμματα εισάγονται χωρίς καμία προεπεξεργασία στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της όλης μονάδας να είναι απλή. Βέβαια, το συγκεκριμένο γεγονός εγκυμονεί και κινδύνους για τη λειτουργία της μονάδας (π.χ. εισαγωγή ογκωδών ή ιδιαίτερα επικίνδυνων αποβλήτων), που αντιμετωπίζονται με την αυστηρή επίβλεψη των εισαγόμενων ΑΣΑ και με τη δυνατότητα χειροκίνητης διακοπής της εισαγωγής τους, όποτε αυτό θεωρηθεί αναγκαίο από τον επιβλέποντα.

Το δεύτερο είδος μονάδων αποτέφρωσης χρησιμοποιεί ως υλικό τροφοδοσίας το λεγόμενο RDF, το οποίο ουσιαστικά εκπροσωπεί ένα μίγμα συγκεντρωμένων κλασμάτων των ΑΣΑ, που προκύπτει έπειτα από διαχωρισμό και μπορεί να περιλαμβάνει χαρτί, υφάσματα, δέρμα, ελαστικά, κ.α.. Στόχος είναι το τελικό μίγμα να έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη. Μάλιστα, υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί το RDF, οι οποίες ορίζονται από την ΚΥΑ 114218/1997 και είναι οι εξής:

- Κατώτερη θερμογόνο δύναμη = 4.000kcal/g (16.744MJ.kg)
- Υγρασία <20%
- Ποσοστό χαρτιού και πλαστικού >95% (επί ξηρού βάρους).

Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα σε ειδικούς αποτεφρωτές, των οποίων η δυναμικότητα μπορεί να ποικίλει από 8 έως 25Mg/h (Vehlow, 2006). Ο δε τύπος αυτών επίσης ποικίλει, δεδομένου ότι κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη αποτεφρωτών, με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έRDF/SRF τος. Οι

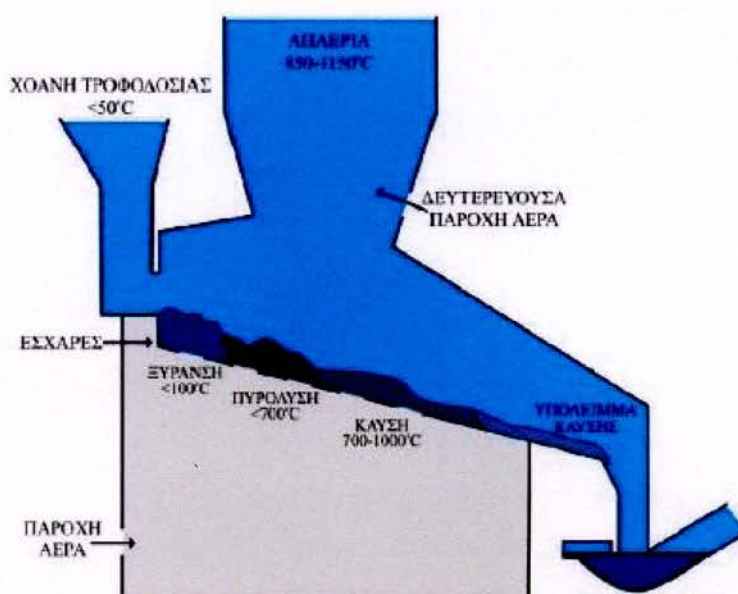
πλέον διαδεδομένοι τύποι αποτεφρωτών είναι:

Αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων.

Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

Ένας αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων απεικονίζεται στο Σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9: Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες.

▪ Προϋποθέσεις για μια πλήρη καύση

1. Αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσω (O_2) στην εστία καύσης.
2. Εφικτή θερμοκρασία ανάφλεξης.
3. Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης – οξυγόνου).
4. Συνεχής απομάκρυνση των αερίων, τα οποία παράγονται από την καύση
5. Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Η ταχύτητα της θερμικής διαδικασίας επηρεάζεται από την ειδική επιφάνεια και την αγωγιμότητα των απορριμμάτων κάτι που ήταν δυνατόν μέχρι σήμερα να

προσδιοριστεί λόγω της ετερογενούς σύνθεσης των απορριμμάτων. Μια βασική παράμετρος στην καύση είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης η οποία συνήθως είναι 400°C.

- Δομή μιας μονάδας καύσης

Κατά την καύση λαμβάνουν χώρα οι εξής φυσικές και χημικές διεργασίες:

1. Ξήρανση
2. Απαερίωση
3. Εξαερίωση
4. Καύση

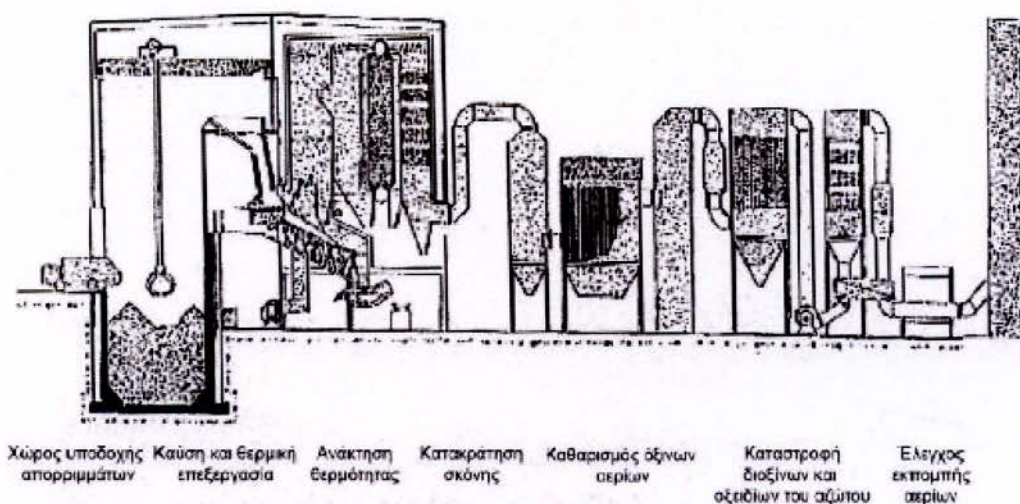
Η **ξηράνση** των απορριμμάτων επιτυγχάνεται από την ακτινοβολία περίπου στους 100°C. Η απαιτούμενη για την ξήρανση θερμότητα εξαρτάται από την σύνθεση των απορριμμάτων και την περιεκτικότητά τους σε υγρασία.

Η **απαερίωση** συντελείται στους 250 - 900°C, κατά την οποία απομακρύνονται οι πτητικές ουσίες.

Η **εξαερίωση** περιλαμβάνει την μετατροπή των ανθρακούχων υλικών με υψηλές θερμοκρασίες, σε αέριο καύσιμο υλικό. Η θερμοκρασία σ' αυτή τη ζώνη είναι 800°C - 1150°C και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 1150°C. Εάν ξεπεράσει αυτή τη θερμοκρασία θα δημιουργηθεί πρόβλημα διάβρωσης από την τήξη της στάχτης.

Μια μονάδα καύσης αποτελείται από τμήματα:

- Παραλαβής των απορριμμάτων (Χώρος Υποδοχής).
- Προεπεξεργασίας.
- Τροφοδοσίας.
- Εστίας Καύσης.
- Λέβητα – αξιοποίηση θερμότητας.
- Απομάκρυνση υπολειμμάτων (Σκωρίας).
- Καθαρισμού αερίων – Καπνοδόχου.



Εικόνα 4.10: Τομή μιας μονάδας καύσης απορριμμάτων.

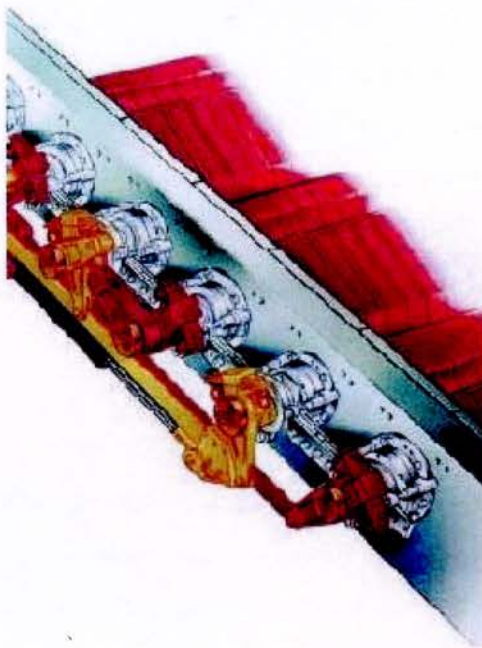
- Έλεγχος της διαδικασίας της καύσης

Ο έλεγχος της καύσης εντοπίζεται στην θερμοκρασία, τον χρόνο και τη δύνη. Ρυθμίζοντας αυτές τις τρεις βασικές παραμέτρους μπορεί κανείς να αυξήσει την απόδοση και να ελαττώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι συνθήκες της καύσης εξαρτώνται από τον αέρα καύσης (ποσότητα, κατανομή και θερμοκρασία) και από τη θερμότητα στις εσχάρες και τον φλογοθάλαμο.

4.3.6 Εσχάρες

Το σύστημα των εσχάρων είναι ένα από τα βασικά μέρη μιας εγκατάστασης καύσης. Οι εσχάρες είναι στερεωμένες στα τοιχώματα της εστίας καύσης πάνω σε ένα φέροντα μηχανισμό (Εικόνα 4.12). Οι κύριες λειτουργίες των εσχάρων είναι η μεταφορά των απορριμμάτων από το δοσομετρικό σύστημα στο σύστημα απομάκρυνσης της σκωρίας, η ομοιογενής παροχή πρωτογενούς αέρα, η αναμόχλευση της φωτιάς στη ζώνη καύσιμης ύλης και η μεταφορά της στάχτης. Ο πρωτογενής αέρας ο οποίος εισέρχεται από τις εσχάρες αποτελεί το 40 – 60% του ολικού απαιτούμενου σε μια μονάδα αέρα. Παράλληλα αυτός ο αέρας ψύχει και τις εσχάρες. Η ομοιογενής παροχή του αέρα

επιτυγχάνεται με τις απώλειες της πίεσης των διαφόρων συστημάτων. Η απόδοση των εσχάρων εξαρτάται από τις κατασκευαστικές ιδιότητες των εσχάρων, τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, τη θερμοκρασία και την ποσότητα αέρα.



Εικόνα 4.11: Μηχανισμός κίνησης εσχάρων

➤ Εστία εσχάρων

Οι εστίες καύσης εσχάρων αποτελούνται από τα εξής μέρη:

- Διάταξη – φρεάτιο τροφοδότησης.
- Μηχανική εσχάρα (με ηλεκτρική –ή υδραυλική κίνηση) και χοάνη αποδοχής 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 μιας ελάχιστης θερμοκρασίας καύσης.

➤ Τροφοδότηση της εσχάρας

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

➤ Φρεάτιο τροφοδοσίας

Το φρεάτιο τροφοδοσίας είναι κωνικά διαμορφωμένο σαν χοάνη στο επάνω μέρος για την τροφοδοσία από τον γερανό. Η κωνική διαμόρφωση σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει το περιεχόμενο μιας λήψης γερανού. Το φρεάτιο έχει πλάτος ίσο με το πλάτος της εσχάρας και το ύψος πάνω από 1m, 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 των συμπιεσμένων) στοιβαγμένων απορριμμάτων. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται η ασυνεχής πρόωση του υλικού και η συμπίεση του από τα ωστήρια, γιατί τα απορρίμματα εκτονώνονται απότομα μετά την είσοδο τους στο φλογοθάλαμο. Κατά την 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 μέσω, δηλ. ο αέρας καύσης. Επάνω στην εσχάρα λαμβάνουν χώρα ετερογενείς αντιδράσεις (δηλ. σε στερεά, υγρή και αέρια φάση) μέσα στα καιόμενα 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 απάνω

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 τον 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: 50mbar (500 Pa)), ο οποίος εγκαθίσταται μέσα στο λεβητοστάσιο.

Υπάρχει δυνατότητα ρυθμιζόμενης κατανομής στις επιμέρους ζώνες της εσχάρας.

➤ Κατηγορίες εσχάρων βάσει της κατασκευής φλογοθαλάμου

Υπάρχουν τρεις κατασκευαστικές **παραλλαγές φλογοθαλάμων** που οδηγούν σε τρεις διαφορετικές εστίες καύσης:

Εστία καύσης ομορροής (μεγάλοι χρόνοι παραμονής σε υψηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα ομογενής σύσταση καυσαερίων, ευνοϊκά χαμηλές τιμές μονοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου, πιθανά προβλήματα έναυσης σε περίπτωση χαμηλής θερμογόνου δύναμης).

Εστία καύσης αντιρροής (ιδιαίτερα κατάλληλη για απορρίμματα με χαμηλή θερμογόνο δύναμη, συνήθως κατασκευάζεται με εσχάρα οπισθοδρόμησης, το καυσαέριο ρέει πάνω από τη ζώνη ξήρανσης – προκαλεί έντονες ανομοιογένειες).

Εστία καύσης μεσορροής (μέση λύση των δύο παραπάνω – κλίνοντας προς την

ομορροή, χαμηλότερες θερμοκρασίες φλογοθαλάμου και μικρότεροι χρόνοι παραμονής από ό.τι στην ομορροή.

➤ 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 σχεδιαστεί 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 διαθέσιμων ανοιγμάτων ροής για τον πρωτογενή αέρα κατά την 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 οξειδωσης των εσχαρών.
- Εύκολη αντικατάσταση των εσχαρών.
- Μακροί χρόνοι ακινησίας (διαστήματα συντήρησης).

α. Εσχάρες συνεχούς τροφοδοσίας

▪ Ατέρμονη – κυλιόμενη εσχάρα: τα απορρίμματα δεν αναδεύονται 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 20-300 (Εικόνα 4.12).



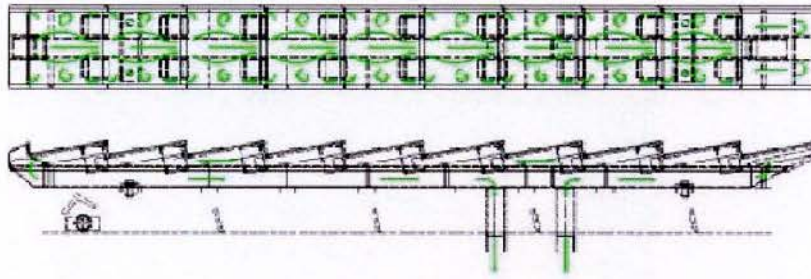
Εικόνα 4.12: Κυλινδρική εσχάρα.

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 (**Εικόνα 4.13 (α), (β), (γ), (δ)**). 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**) εσχάρας εμπρόσθιας πρόωσης και (**β**) εσχάρα οπισθοδρόμησης (τύπου Martin).

➤ Εκκίνηση καύσης

Κατά την εκκίνηση μιας 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 (συνθά 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 μιας 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.



(α)



(β)



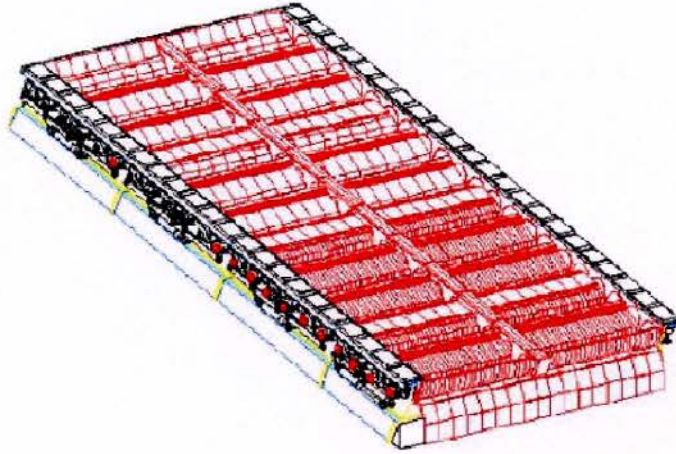
(γ)



(δ)

Εικόνα 4.13 (α), (β), (γ), (δ): Εσχάρες Πρόωσης.

Εσχάρια Αντώσεως: έχει μεγάλη κλίση και η κίνηση των εσχαρών επιτυγχάνεται με ωστήριους ράβδους και έμβολα λαδιού (Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.14: Εσχάρα αντώσεως.

➤ 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:

Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αποσκωριωτες αυτοί είναι:

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

Τα βασικά μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αποσκωριωτές αυτοί είναι:

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

ο Αποσκωριωτές κυλιόμενης ταινίας, συνεχούς λειτουργίας:

Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αποσκωριωτες αυτοί είναι:

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

Τα βασικά μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αποσκωριωτες αυτοί είναι:

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

➤ Ρύθμιση της εστίας

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

- Ροή μάζας στην εσχάρα.
- Ποσότητα αέρα καύσης.
- 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 γνώση του προσωπικού.

➤ Διαδικασία καύσης

Τα απορρίμματα οδηγούνται στην εσχάρα μέσω ενός φρεατίου πτώσης και μιας δοσομετρικής διάταξης (2 υδραυλικά ωστήρια, ατέρμονες εσχάρες). Το φρεάτιο, στο

επάνω τμήμα του , είναι κωνικά διαμορφωμένο σαν χοάνη για τη διευκόλυνση της τροφοδοσίας από τον γερανό. Η κωνική διαμόρφωση σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει το περιεχόμενο μιας λήψης του γερανού.

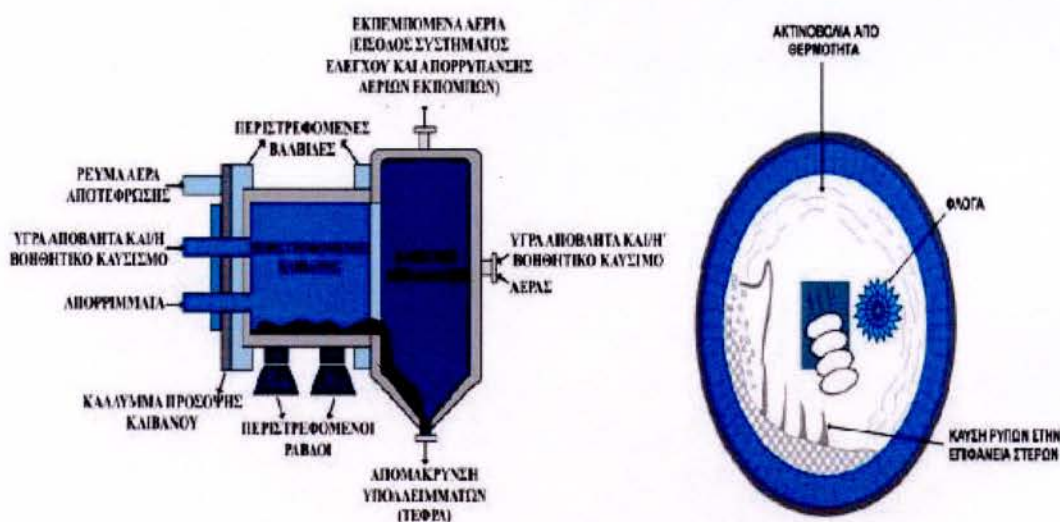
Το φρεάτιο ψύχεται εξωτερικά με αέρα ή νερό και προβλέπεται η δυνατότητα φραγής του κατά την εκκίνηση /διακοπή μέσω απλών ή διπλών υδραυλικών διαφραγμάτων. Τα φαινόμενα που συμβαίνουν επάνω στην εσχάρα διακρίνονται σε έξι επιμέρους ζώνες:

Όπως φαίνεται, τα βασικά στάδια που περιλαμβάνει κατά την λειτουργία του είναι:

- Ξήρανση: Τα εισερχόμενα απορρίμματα λαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα και με συναγωγή από την παροχή θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η εξάτμιση της περιεχόμενης στα απορρίμματα υγρασίας και των πτητικών συστατικών.
- Πυρόλυση: Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα περισσότερα πτητικά συστατικά εξατμίζονται.
- Ανάφλεξη: Η απαιτούμενη θερμότητα για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης προσδίδεται στα απορρίμματα μέσω της ακτινοβολίας από τη φλόγα και τα τοιχώματα του φλογοθαλάμου.
- Αεριοποίηση και καύση: Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί την αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών, που περιέχονται σε αυτά. Ο εναπομένον άνθρακας οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα απαέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της αεριοποίησης.
- Ολοκλήρωση της καύσης: Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει ένα αρκετά αδρανποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.

Ένας αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (Σχήμα 4.15) επεξεργάζεται με επιτυχία πολλά είδη απορριμμάτων και ρύπους, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο κλίβανο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αέριων εκπομπών. Βασικές παράμετροι λειτουργίας ενός τέτοιου είδους αποτεφρωτή είναι:

- Η θερμοκρασία εξόδου του περιστροφικού κλιβάνου και του μετακαυστήρα, η οποία πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποτέφρωση των απορριμμάτων.
- Η εσωτερική πίεση του κλιβάνου, που πρέπει να είναι αρνητική για την αποφυγή αέριων εκπομπών και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.
- Ο ρυθμός παροχής αέρα (οξυγόνου) και των απορριμμάτων, έτσι ώστε οι συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα να είναι οι βέλτιστες.

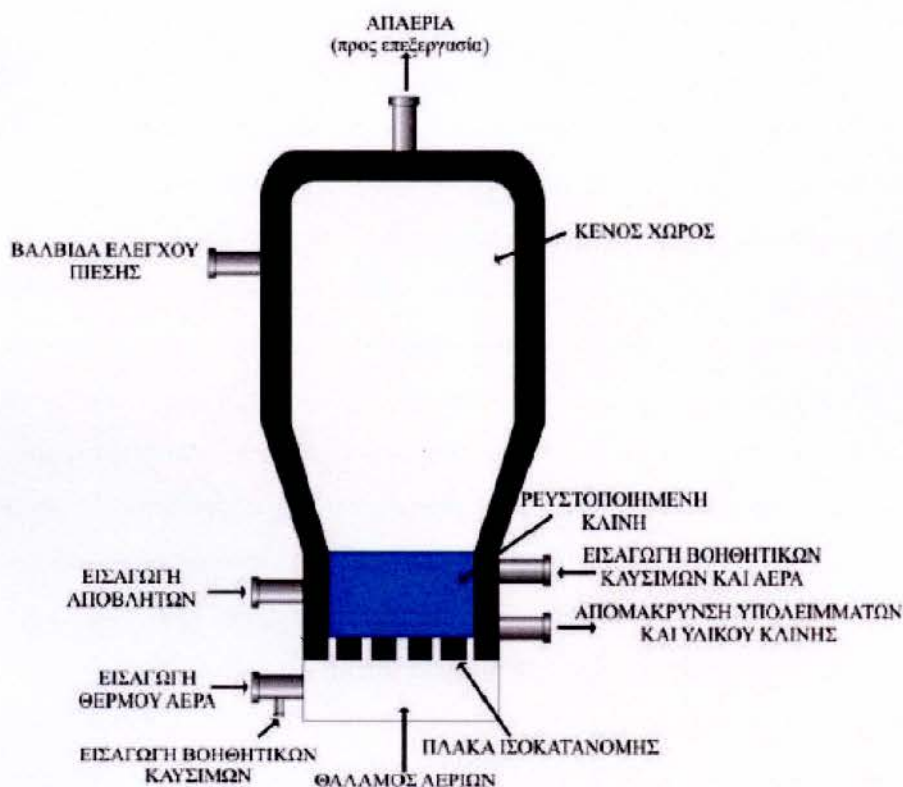


Εικόνα 4.15: Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου. Κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων καθορίζει το βαθμό ανάμιξης τους εντός του κλιβάνου, δεδομένου ότι αυτός περιστρέφεται, όπως επίσης και το χρόνο επεξεργασίας τους. Η σύσταση των απαερίων καύσης αποτελεί δείκτη απόδοσης του κλιβάνου και δεδομένου ότι λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου, τα απαέρια θα πρέπει να περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις CO και υδρογονανθράκων και μειωμένες ποσότητες υπολειμμάτων αποτέφρωσης.

Ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (εικόνα 4.16) χρησιμοποιεί ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγονται τα απορρίμματα. Κάτω από το στρώμα αυτό διοχετεύεται αέρας με τέτοια παροχή, ώστε ολόκληρη η κλίνη να βρίσκεται σε αιώρηση και σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία ανάφλεξης των υφιστάμενων

ρύπων. Το παρεχόμενο οξυγόνο, οι έντονες συνθήκες ανάμιξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και την καταστροφή των οργανικών ρύπων.



Εικόνα 4.16: Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (LaGrega et al., 2001).

Βασική λειτουργική παράμετρο για το συγκεκριμένο είδος αποτεφρωτών αποτελεί η θερμοκρασία, η οποία ορίζεται σύμφωνα με την τροφοδοσία των απορριμμάτων, των παραγόμενων απαερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750 - 880°C, χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης, γεγονός που οφείλεται στην καλή ανάμιξη του προς επεξεργασία αποβλήτου. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων. Τα κύρια **πλεονεκτήματα** ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης περιλαμβάνουν τα εξής:

- Αποφυγή εμφάνισης τοπικών διαφορών θερμοκρασίας και επομένως

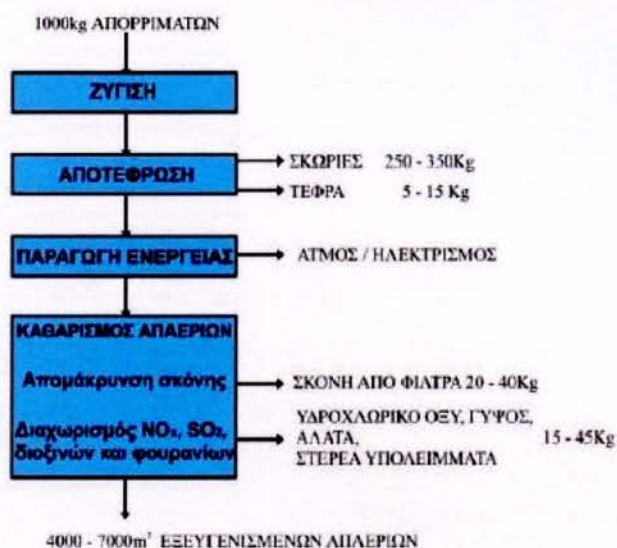
μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, που είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης, λόγω διαφορών θερμοκρασίας.

- Δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης δύσκολων καυσίμων, με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα.
- Αύξηση του βαθμού μετατροπής του καυσίμου και πιο αποδοτική αξιοποίηση του αέρα καύσης, γεγονός που οδηγεί σε μικρότερες απαιτήσεις περίσσειας αέρα (στην προκειμένη περίπτωση περίπου 55% έναντι του συνήθους 100%).

Για την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας και την ανάκτηση ενέργειας, οι σύγχρονοι αποτεφρωτές διαθέτουν ειδικούς λέβητες (boilers), με την βοήθεια των οποίων η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Στην συνέχεια, ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται είτε ως πηγή θέρμανσης, είτε ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ατμοστρόβιλων και γεννητριών

Ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης ΑΣΑ αποτελούν οι μονάδες επεξεργασίας των παραγόμενων απαερίων, οι οποίες εκπροσωπούνται από διάφορες διατάξεις, όπως πλυντρίδες, ηλεκτροστατικά φίλτρα, κυκλώνες, σακκόφιλτρα, κ.α., η επιλογή των οποίων βασίζεται στη σύσταση των προς επεξεργασία απαερίων και στα επιτρεπτά όρια εκπομπών της όλης εγκατάστασης.

Βάσει των παραπάνω, η διεργασία της αποτέφρωσης των ΑΣΑ μπορεί να περιγραφεί σχηματικά από το διάγραμμα ροής του ακόλουθου σχήματος (Σχήμα 4.17).



Σχήμα 4.17: Διάγραμμα ροής μιας τυπικής εγκατάστασης αποτέφρωσης αστικών

απορριμμάτων.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι για τον συνολικό έλεγχο της διαδικασίας της αποτέφρωσης, αλλά και των παραγόμενων αέριων ρύπων, κρίνεται αναγκαία η συχνή δειγματοληψία και η ανάλυση της σύστασης των:

- Εισερχόμενων στερεών απορριμμάτων.
- Παραγόμενων στερεών (υπολείμματα – ιπτάμενη τέφρα).
- Παραγόμενων αερίων.
- Υγρών αποβλήτων, που παράγονται κατά την επεξεργασία των αερίων.

➤ Συστήματα απομάκρυνσης των υπολειμμάτων

Κατά την καύση των απορριμμάτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25 - 40% του βάρους των απορριμμάτων.

Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από την σύνθεση των απορριμμάτων όσο και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Τα υπολείμματα χωρίζονται σε αυτά που διαπερνούν τις εσχάρες και αυτά που εξέρχονται από τις εσχάρες. Στο κάτω μέρος του λέβητα συγκεντρώνονται τα αιωρούμενα στερεά, τα οποία ακολούθως μεταφέρονται στον χώρο συγκέντρωσης της σκωρίας. Επίσης κατά την αποκονίωση των φίλτρων η σκόνη συγκεντρώνεται στο χώρο συλλογής της σκωρίας ή σε ειδικά σιλό. Οι βασικές παράμετροι του συστήματος απομάκρυνσης των υπολειμμάτων είναι:

1. Η ψύξη και
2. Η αφύγρανση

Οι ποσοστιαίες ποσότητες υπολειμμάτων ανά βάρος απορριμμάτων είναι οι εξής:

- Υπολείμματα τα οποία εξέρχονται από τις εσχάρες 20 – 35%
- Υπολείμματα τα οποία διαπερνούν τις εσχάρες 1 - 2%
- Αιωρούμενα στερεά και σκόνη των φίλτρων 3 - 6%

Τα υπολείμματα συγκεντρώνονται σε χοάνες στο τέλος των εσχάρων και από εκεί με ιμάντες μεταφέρονται σε ειδικά μπάνια για ψύξη. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι οι υψηλές θερμοκρασίας σκωρίας 600 - 900°C.

Τα κυριότερα συστήματα απομάκρυνσης των υπολειμμάτων είναι:

- Το πνευματικό σύστημα
- Το σύστημα των κοχλιών και
- Το σύστημα με τις πλάκες παρεκκλίσεως

Στο τέλος της εσχάρας βρίσκεται το φρεάτιο των υπολειμμάτων μέσω του οποίου πέφτουν τα υπολείμματα στο μπάνιο νερού για να σβήσουν. Η θερμότητα της προς σβέση σκωρίας εξαρτάται από την σύνθεση και θερμοκρασία που κυμαίνεται από 600 – 1000 MJ/t. Οι απαιτούμενες ποσότητες νερού για το σβήσιμο της σκωρίας είναι 3,5 – 6,0 m³ ανά τόνο. Κατά την ψύξη με εξάτμιση μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει την θερμότητα εξάτμισης. Αυτή εκτιμάται στο νερό σε 2500Kj/t. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνει κανείς εξοικονόμηση νερού. Το πλάτος του συστήματος απομάκρυνσης των υπολειμμάτων είναι συνήθως 80% του πλάτους των εσχάρων. Ως υλικό κατασκευής του μπάνιου χρησιμοποιείται η ατσάλινη λαμαρίνα. Τα πλέον συνηθισμένα είδη είναι το σύστημα του ιγδιόχειρου των δίσκων και των αλυσίδων. Ο όγκος του νερού ελέγχεται με μαγνητική βαλβίδα.

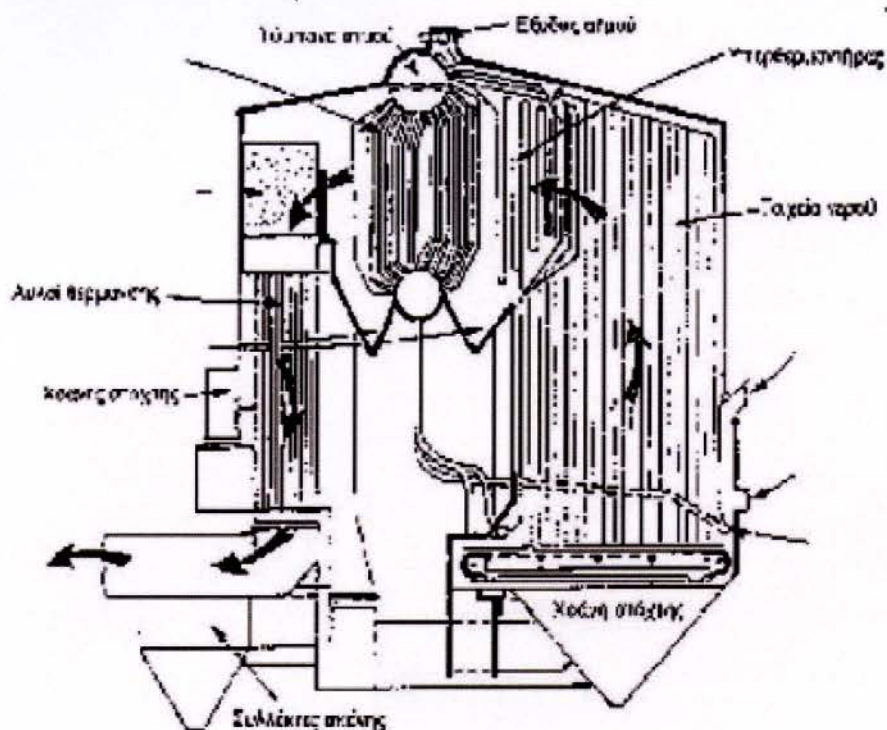
4.3.7 Λέβητες

Ο λέβητας είναι το σύστημα με το οποίο μεταδίδεται η ενεργειακή θερμότητα μιας καύσιμης ύλης σε ένα ενεργειακό φορέα. Σήμερα χρησιμοποιείται και η λέξη «ατμοπαραγωγός».Στον ατμοπαραγωγό το νερό με προσαγωγή θερμότητας μετατρέπεται σε ατμό. Όταν το νερό στον λέβητα έχει την ίδια θερμοκρασία με τον ατμό τότε έχουμε τη θερμοκρασία κορεσμού. Έτσι κατά την διάρκεια της διαδικασίας η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού επιτυγχάνεται με υπερθέρμανση του. Στην περίπτωση που αυξάνεται η ενθαλπία του ατμού, λόγω της πρόσθετης θερμότητας τότε αυξάνεται και η θερμοκρασία του. Οι διατάξεις για την παραγωγή ατμού ή θερμού νερού είναι οι ίδιες ανεξάρτητα από το μέγεθος, τη δομή και τη χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη.

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους λέβητες είναι: η πίεση, η θερμοκρασία, και η παραγωγή του ατμού, δηλαδή αυτό που εξέρχεται από τον λέβητα. Ο ατμός ή το νερό περιγράφεται από την ποιότητα και ποσότητα. Άλλα χαρακτηριστικά του λέβητα είναι η ειδική ατμοποίηση, η φόρτωση εσχάρας, φόρτιση διατομής του φλογοθαλάμου, η ροή

των αερίων στους αυλούς, η διάταξη των αυλών και τυμπάνων, η εσωτερική κυκλοφορία του νερού κ.τ.λ.

Στην Εικόνα 4.18 παρουσιάζεται ένας μοντέρνος ατμοπαραγωγός. Στον ατμοπαραγωγό πρέπει να υπάρχει ταύτιση μεταξύ των εσχάρων και του φλογοθαλάμου. Τα καπναέρια πρέπει να καίγονται σε θερμοκρασία τουλάχιστον 850°C με χρόνο παραμονής 25 sec και καλή μίξη με το οξυγόνο. Ταυτόχρονα όμως δεν πρέπει να ξεπεραστεί η θερμοκρασία των 1100°C γιατί σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχουν επικαθίσεις ιπτάμενης τέφρας στα τοιχώματα του φλογοθαλάμου. Οι αγωγοί φέρουν ακροφύσια και έτσι δημιουργούνται ακτίνες με αέρα με αποτέλεσμα όλες οι δέσμες των καπναερίων να διέρχονται απ' αυτές τις ζώνες και να έρχονται σε επαφή με τον αέρα. Τα καπναέρια εμποδίζονται να φύγουν γρήγορα και αυξάνεται ο χρόνος παραμονής τους σε μια ζώνη που η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 950-1100°C. Στην δεύτερη διαδρομή βρίσκονται οι αυλοί του υπερθερμαντή και στην Τρίτη διαδρομή το σύστημα εξάτμισης. Ανάλογα με το είδος κατασκευής διακρίνονται σε λέβητες θερμού νερού, υπέρθερμου νερού, κορεσμένου ατμού και υπέρθερμου ατμού.



Εικόνα 4.18: Σύγχρονος ατμοπαραγωγός.

Οι ατμοπαραγωγοί διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Ως προς τον όγκο του νερού σε:

- Ατμοπαραγωγούς με μεγάλο υδροθάλαμο
- Ατμοπαραγωγούς με μέτριο υδροθάλαμο
- Ατμοπαραγωγούς με μικρό υδροθάλαμο

2. Ως προς τη ροή αερίων και του νερού:

- Ατμοπαραγωγούς με φλογοσωλήνες
- Ατμοπαραγωγούς με αεριαυλούς
- Ατμοπαραγωγούς με υδραυλούς

3. Οι υδραυλωτοί ατμοπαραγωγοί διακρίνονται σε:

- Ατμοπαραγωγούς με αυλούς υπό κλίση (οριζόντιοι)
- Ατμοπαραγωγούς με όρθιους αυλούς (κάθετοι)

4. Οι ατμοπαραγωγοί με όρθιους αυλούς διακρίνονται σε:

- Παλαιότερους τύπους
- Νεώτερους τύπους

5. Οι νεώτεροι τύποι ατμοπαραγωγών διακρίνονται σε:

- Ατμοπαραγωγούς φυσικής κυκλοφορίας
- Ατμοπαραγωγούς εξαναγκασμένης κυκλοφορίας
- Ατμοπαραγωγούς εξαναγκασμένης ροής.

Στους λέβητες θερμού νερού, το νερό από 50°C ανεβαίνει στη μέγιστη θερμοκρασία των 110°C και χρησιμοποιείται στη θέρμανση κτιρίων. Οι λέβητες υπέρθερμου νερού λειτουργούν με υπερπίεση και το νερό από 110°C ανέρχεται στους 200°C. Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και την τηλεθέρμανση.

➤ Λέβητας απόβλητης θερμότητας σε μονάδες καύσης

Ο λέβητας απόβλητης θερμότητας παρεμβάλλεται μεταξύ του φλογοθαλάμου και

της εγκατάστασης καθαρισμού των καυσαερίων. Σε αυτόν λαμβάνει χώρα μετάδοσηθερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία από τα καυσαέρια στον κύκλο νερό-ατμού.

Κατασκευαστικές παραλλαγές:

Οι λέβητες μονάδων καύσης απορριμμάτων κατασκευάζονται κατά κανόνα ως λέβητες φυσικής κυκλοφορίας. Μπορεί να γίνουν οι ακόλουθες διακρίσεις:

- Ανάλογα με το μέσο παραλαβής θερμότητας:
 - Λέβητας θερμού νερού.
 - Λέβητας κορεσμένου ατμού.
 - Λέβητας υπέρθερμου ατμού.
- Ανάλογα με την διάταξη των διαδρομών των καυσαερίων (μετάδοση θερμότητας με συναγωγή):
 - Λέβητας κατακόρυφων διαδρομών.
 - Λέβητας οριζόντιων διαδρομών.
- Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών των καυσαερίων:
 - Λέβητας 3 διαδρομών.
 - Λέβητας 4 διαδρομών.
 - Λέβητας 5 διαδρομών.
- Ανάλογα με την αρχή κατασκευής:
 - Κρεμασμένος λέβητας.
 - Εδρασμένος λέβητας.
- Ανάλογα με τον τρόπο οδήγησης των καυσαερίων:
 - Αεραλωτός.
 - Υδραλωτός (συνηθέστερος).
- Ανάλογα με τη διεύθυνση περιροής των αυλών:
 - Οριζόντιος.
 - Κατακόρυφος.

➤ Κριτήρια κατασκευής λεβήτων σε μονάδες καύσης

Στο σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση μονάδων καύσης απορριμμάτων πρέπει να θέτονται οι ακόλουθοι στόχοι:

- Μακροί χρόνοι διαδρομών καυσαερίων.
- Μεγάλη διαθεσιμότητα μέσου παραλαβής θερμότητας.
- Βαθμός απόδοσης λέβητα σταθερός στο χρόνο.

Για την εκπλήρωση των παραπάνω στόχων πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

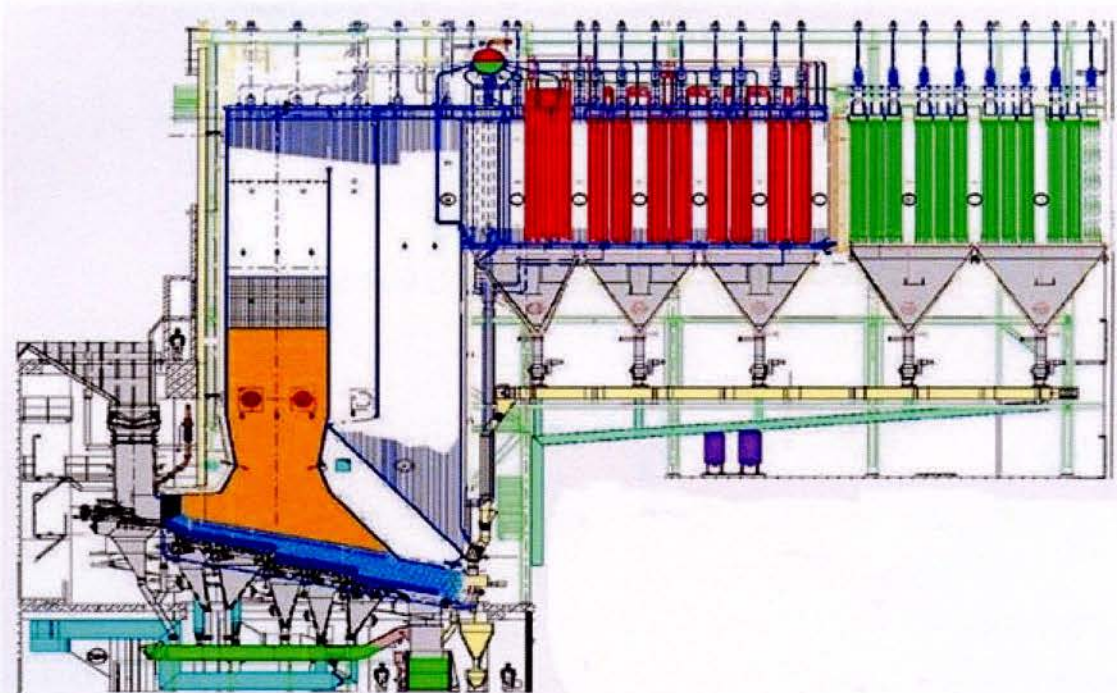
- Χρόνος παραμονής των απαερίων στο τμήμα ακτινοβολίας του λέβητα περίπου 10 sec, ώστε να εξασφαλισθεί πλήρης καύση των στερεών σωματιδίων.
- Επαρκής ψύξη των καυσαερίων στο τμήμα ακτινοβολίας, ακόμη και στην περίπτωση πολλών επικαθήσεων στα τοιχώματα αυτού.
- Χαμηλή ταχύτητα ροής των καυσαερίων κατά τη μετάβαση τους από το φλογοθάλαμο στο τμήμα ακτινοβολίας του λέβητα, ώστε να αποφεύγεται η συμπαράρρηση στερεών σωματιδίων.
- Επιτάχυνση των καυσαερίων, κατά τη μετάβαση τους από την 2η στην 3η διαδρομή (μέσω κατάλληλης στένωσης της διατομής ροής) στα 6-8 m/sec, ώστε να επιτυγχάνεται ένας πρώτος διαχωρισμός των στερεών σωματιδίων (αποκονίωση) λόγω αδράνειας. Στην 3η διαδρομή, η ταχύτητα ροής πέφτει πάλι στα 5 m/sec.
- Τοποθέτηση εσωτερικών τοίχων σε περιοχές της 2ης και 3ης διαδρομής όπου ο λέβητας έχει πλάτος άνω των 5 m, προς αύξηση της θερμαντικής επιφάνειας και προς εσωτερική στήριξη των τοιχωμάτων του λέβητα.
- Ρευστομηχανικά ομαλή μετάβαση από το τμήμα ακτινοβολίας στο τμήμα συναγωγής.
- Μη τοποθέτηση υπερθερμαντήρα ακτινοβολίας στο φλογοθάλαμο.
- Μείωση της θερμοκρασίας καυσαερίων οπωσδήποτε ως τους 650°C πριν από τον πρώτο υπερθερμαντήρα.
- Χαμηλή ταχύτητα καυσαερίων στο τμήμα συναγωγής προς αποφυγή μηχανικής διάβρωσης των δεσμών σωλήνων.
- Τοποθέτηση του πρώτου υπερθερμαντήρα σε ομορροή με τα καυσαέρια, ώστε μέσω των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών των τοιχωμάτων, να αποφεύγεται η διάβρωση των τελευταίων.
- Δυνατότητα πλήρους εκκένωσης της εγκατάστασης από το νερό.
- Επαρκής προσπελασιμότητα όλων των δεσμών σωλήνων με κρουστικά ή

δονητικά συστήματα.

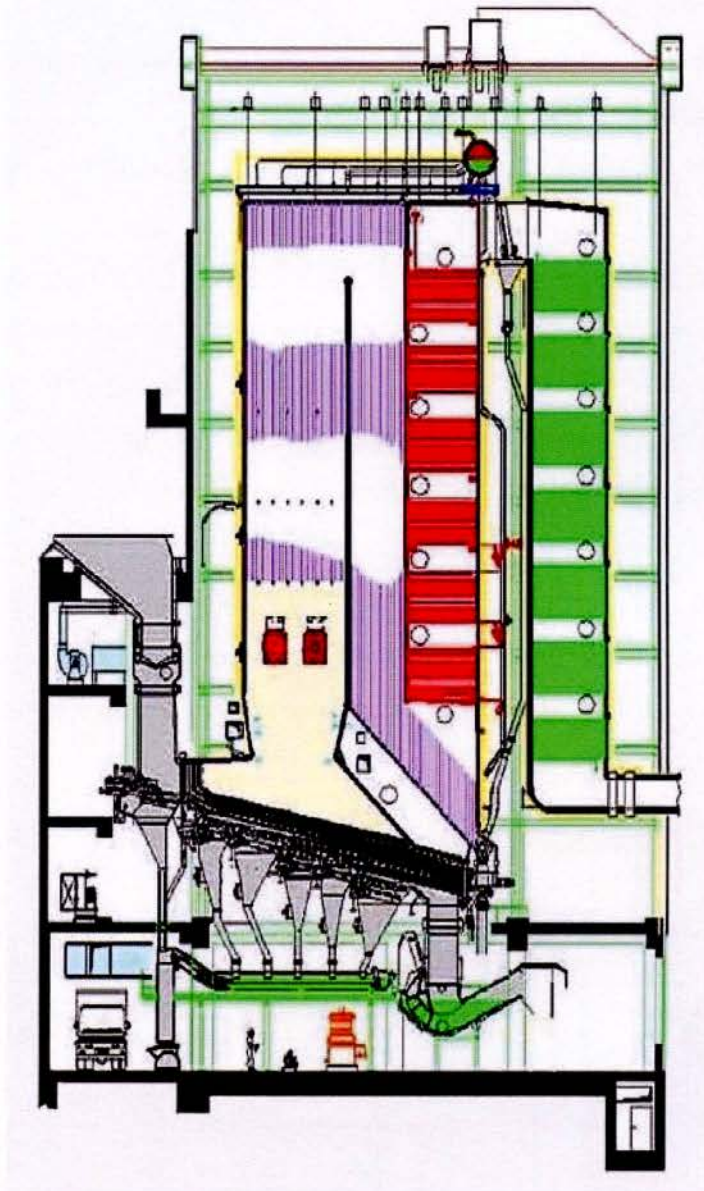
- Εύκολα αποσυναρμολογήσιμη χοάνη τέφρας κάτω από το τμήμα συναγωγής.
- Αεριοστεγανή κατασκευή λέβητα.
- Ρύθμιση της θερμοκρασίας ατμού με ενδιάμεσο ψεκασμό νερού.

➤ Σύγκριση μεταξύ λέβητων οριζοντίων και κατακόρυφων διαδρομών

Αν και οι δύο παραλλαγές διαφέρουν εμφανέστατα, καμιά από τις δύο δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ιδιαίτερα πλεονεκτούσα. Ο λέβητας οριζοντίων διαδρομών καυσαερίων (Εικόνα 4.19 (α)) εμφανίζεται πλεονεκτικότερος σε θέματα καθαρισμού των θερμαντικών επιφανειών και μπορεί να προκύψει 4-6m χαμηλότερος από έναν λέβητα κατακόρυφων διαδρομών καυσαερίων (Εικόνα 4.19 (β)) της ίδιας ισχύος, εάν και το ύψος καθορίζεται κυρίως από το ύψος της 1ης διαδρομής στην οποία δεν υπάρχει διαφορά. Ο λέβητας κατακόρυφων διαδρομών εμφανίζεται πλεονεκτικότερος στο κόστος κατασκευής, το οποίο παραταύτα διατηρείται στα ίδια επίπεδα για λόγους ανταγωνιστικότητας.



Εικόνα 4.19(α): Λέβητας οριζόντιων διαδρομών καυσαερίων



Εικόνα 4.19 (β): Λέβητας κατακόρυφων διαδρομών καυσαερίων

➤ Ατμοπαραγωγοί για εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων

Στις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ατμολέβητες και λέβητες υπέρθερμου νερού. Από τους ατμολέβητες, ευρεία χρήση έχουν οι ατμοπαραγωγοί φυσικής κυκλοφορίας, εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και εξαναγκασμένης ροής. Τα προβλήματα διάβρωσης και η βέλτιστη θερμοδυναμική χρήση του ατμού είναι δύσκολα να αξιοποιηθούν οικονομικά. Για καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες και πίεσης. Οι

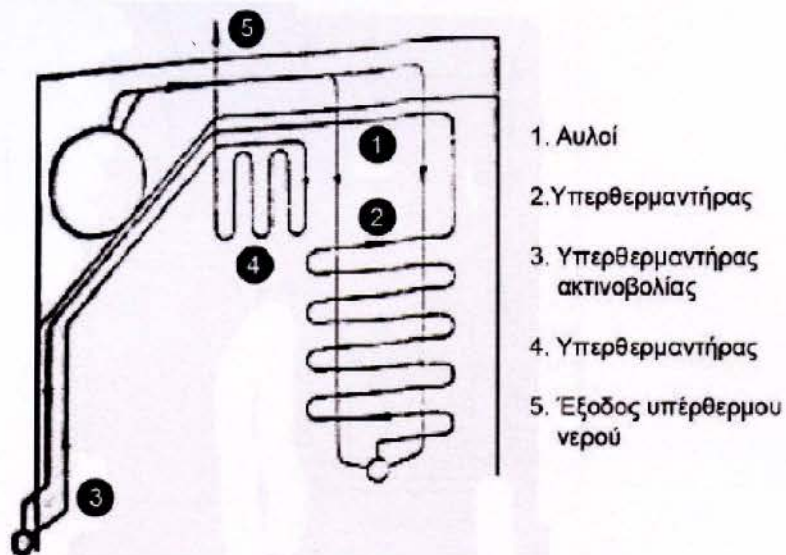
ατμοπαραγωγοί των εγκαταστάσεων καύσης των απορριμμάτων με εσχάρες έχουν αναπτυχθεί κατά πολύ τα τελευταία χρόνια. Μπορεί να είναι σε οριζόντια ή κάθετη μορφή.

➤ Υπερθερμαντήρας

Με τον υπερθερμαντήρα υπερθεμαίνεται ο ατμός ο οποίος εξέρχεται από τον κύριο λέβητα. Τους διακρίνουμε σε 3 κατηγορίες ως προς τη ροή των αερίων.

- Υπερθερμαντήρες με ομόρροπη ροή
- Υπερθερμαντήρες με αντίρροπη ροή
- Υπερθερμαντήρες με μικτή ροή

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ροή του ατμού στα διάφορα τμήματα του υπερθερμαντήρα. Ο ατμός από τον κύριο λέβητα πηγαίνει στη δεύτερη διαδρομή (2). Ακολούθως οδηγείται στη πρώτη διαδρομή (1) όπου θερμαίνεται με ακτινοβολία (3). Η θερμοκρασία ρυθμίζεται στο τμήμα (4) όπου και εξέρχεται ο υπέρθερμος ατμός (5).



Εικόνα 4.20: Διάταξη υπερθερμαντήρα

➤ Ψύξη ατμού

Ο ψύκτης ατμού έχει σκοπό να κρατά τη θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού στην έξοδο του υπερθερμαντή σταθερή. Η θερμοκρασία του ατμού του υπερθερμαντή ανέρχεται από 330 °C στους 430 °C. Ως μέσω μεταφοράς ενέργειας στις εγκαταστάσεις

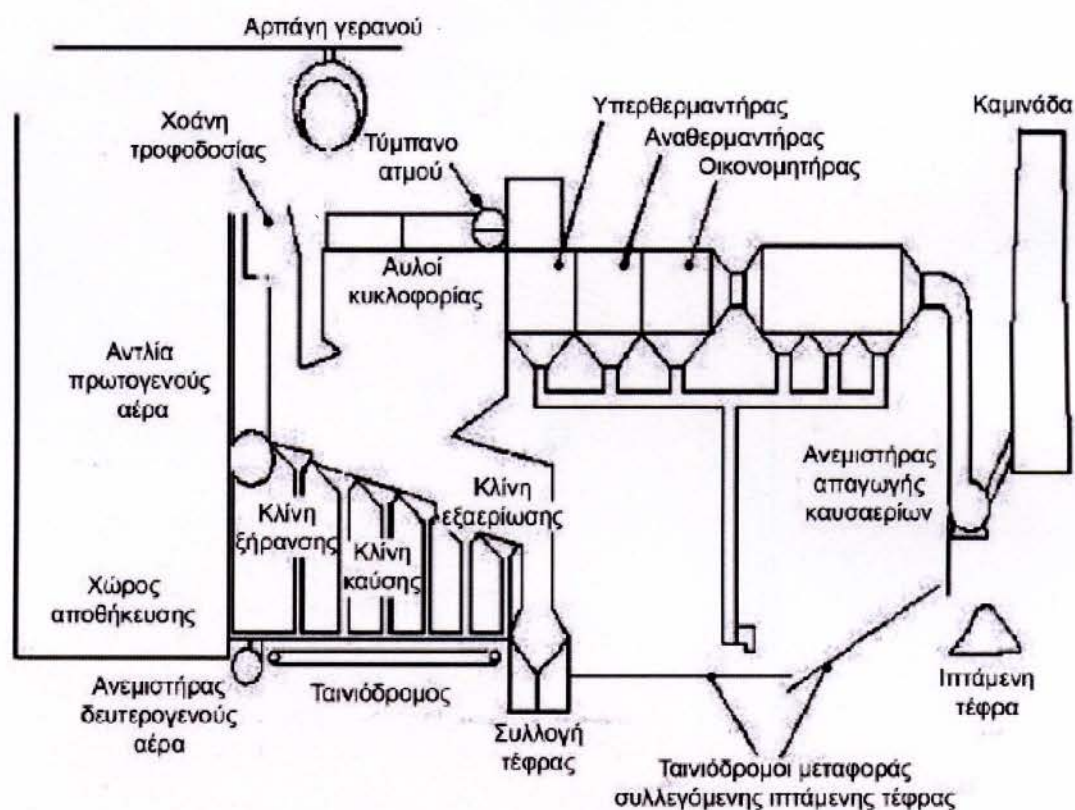
θερμικής επεξεργασίας χρησιμοποιούνται το υπέρθερμο νερό ή ατμός με υψηλή πίεση.

4.3.8 Είδη θαλάμων καύσης

Μαζική καύση

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

- 1) Εσχάρων (πρώτης θαλάμων με πυρίμαχα τοιχώματα).
- 2) Λεβήτων με υδραυλούς (εικόνα 4.21).
- 3) Περιστρεφόμενου, κεκλιμένου, υδρόψυκτου κλιβάνου.



Εικόνα 4.21: Διάταξη μονάδας μαζικής καύσης απορριμμάτων με υδραυλωτό λέβητα

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.

Μαζική καύση εσχάρων

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 αποθήκευσης τους στη χοάνη τροφοδοσίας εσχάρας, πραγματοποιείται με τη βοήθεια γερανού, ο οποίος χρησιμοποιείται και για την εκτροπή των ογκωδών, αδρανών και επικίνδυνων 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 κατάλληλων 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 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 εναπόθεσης της, ενώ τα καπναέρια, μετά τον καθαρισμό και την πιθανή επαναχρησιμοποίησή τους για ανάκτηση ενέργειας, διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Τα καπναέρια περιέχουν θειούχες ενώσεις, υδροχλωρίο, αιωρούμενα σωματίδια και διάφορους οργανικούς ρύπους. Εάν

διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα χωρίς επεξεργασία και σε μεγάλες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν σημαντική ρύπανση.

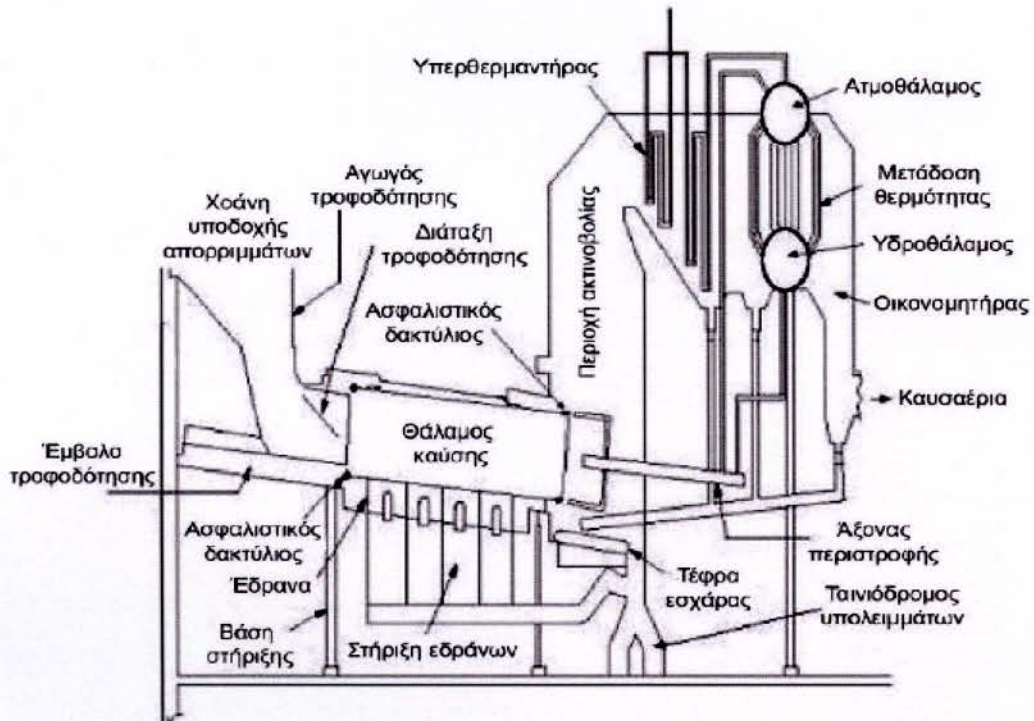
Για το σχεδιασμό των αποτεφρωτήρων λαμβάνονται υπόψη η ποσότητα, η σύσταση και η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων, δηλαδή η ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση τους. Για την προθέρμανση της κύριας εστίας του αποτεφρωτήρα είναι απαραίτητη η προσθήκη καυσίμου υποστήριξης (π.χ. πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Η χρήση καυσίμου υποστήριξης όμως μπορεί να απαιτηθεί ακόμη και όταν η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων είναι χαμηλή και δεν μπορεί να διατηρήσει την καύση.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα 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.

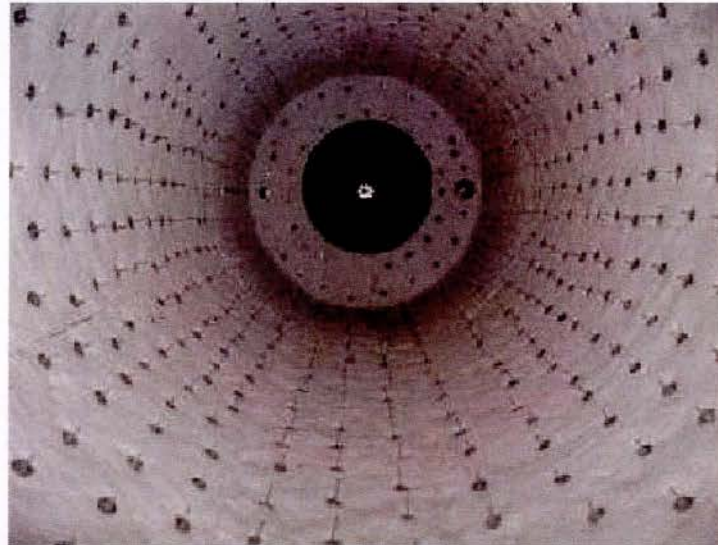
Οι μονάδες καύσης πυρίμαχων τοιχωμάτων με εσχάρες πρόωσης χρησιμοποιήθηκαν κατά την δεκαετία του '70 και στις αρχές του '80. Στόχος τους απετέλεσε η μείωση του όγκου των απορριμμάτων κατά 70-90% χωρίς να πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας. Στις εγκαταστάσεις μαζικής καύσης με υδραυλούς πραγματοποιείται ανάκτηση ενέργειας από τον παραγόμενο ατμό του λέβητα. Οι μονάδες αυτές παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης καύσης από ότι οι εγκαταστάσεις πυρίμαχων τοιχωμάτων, αν και η μείωση του όγκου των απορριμμάτων παραμένει περίπου η ίδια.

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 4.22). Ο προθερμασμένος αέρας καύσης αποστέλλεται προς τον κλιβάνο 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 4.22: Διάταξη μαζικής καύσης με περιστρεφόμενο κλίβανο.



Εικόνα 4.23: Εσωτερικό τμήμα περιστρεφόμενου κλίβανου.

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).

Τμηματική καύση

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:

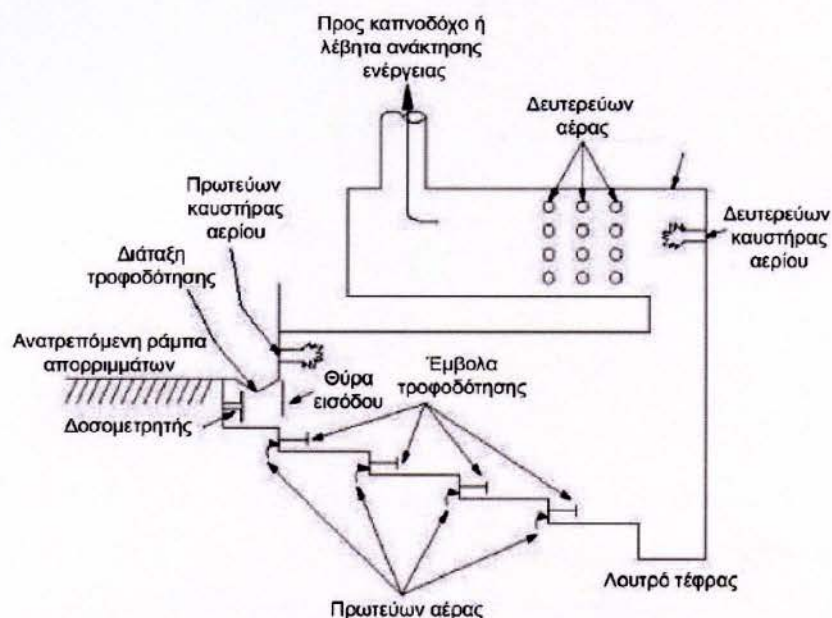
- (α) Έλλειψης ή ελεγχόμενου αέρα.
- (β) Περίσσειας αέρα.

ι. Τμηματική καύση με σύστημα ελεγχόμενου αέρα

Η μέθοδος ελεγχόμενου αέρα είναι γνωστή και ως καύση σε συνθήκες έλλειψης αέρα.

Στην Εικόνα 4.24 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα μονάδας τμηματικής καύσης ελεγχόμενου αέρα με έμβολα τροφοδότησης.

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.



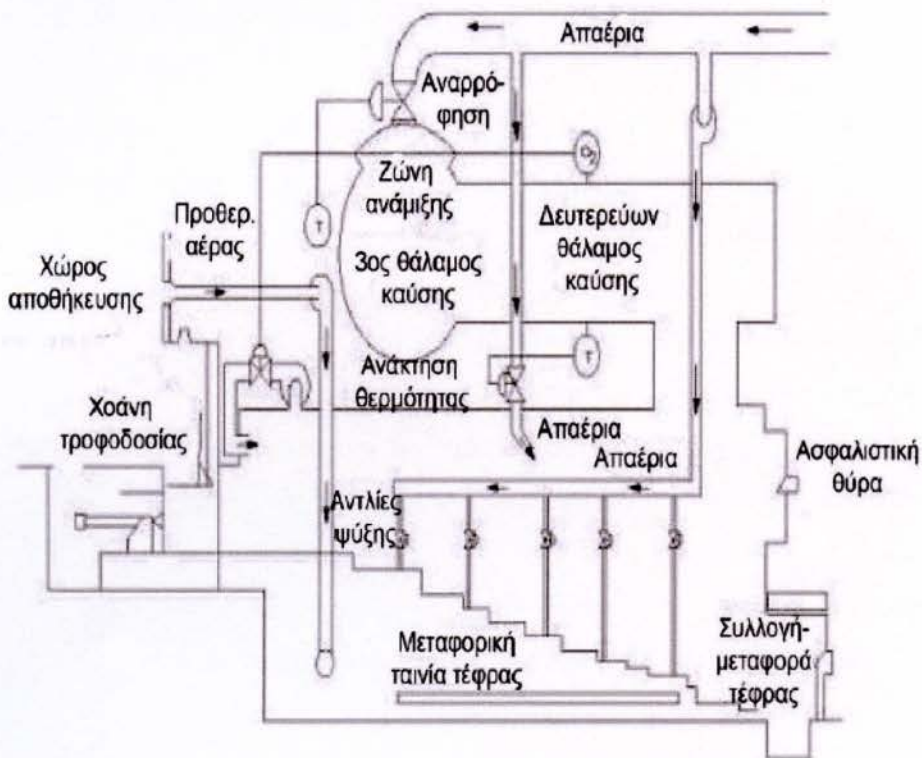
Εικόνα 4.24: Μονάδα τμηματικής καύσης ελεγχόμενου αέρα με έμβολα τροφοδότησης.

Τα παραγόμενα αέρια από την πρωτοβάθμια (ή πρωτογενή) καύση εισέρχονται

στο δευτερεύοντα θάλαμο απαερίωσης, όπου προστίθεται περίσσεια αέρα (100% έως 140% της στοιχειομετρικής ποσότητας) μέσω ανεμιστήρα για να ολοκληρωθεί η καύση. Στο δευτερεύοντα θάλαμο, οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι υψηλότερες από ότι στο βασικό. Είναι πιθανό, ανάλογα με τη θερμογόνο δύναμη και την περιεχόμενη υγρασία των αποβλήτων, να χρειασθεί επιπλέον πρόσδοση θερμότητας, φαινόμενο που μπορεί να προβλεφθεί με την τοποθέτηση βοηθητικών καυστήρων. Οι βοηθητικοί καυστήρες τοποθετούνται στην είσοδο του δευτερεύοντος θαλάμου, ώστε να διατηρηθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες λειτουργίας και παροχής απαερίων.

ii. Καύση σε συνθήκες περίσσειας αέρα

Η μονάδα που λειτουργεί με συνθήκες περίσσειας αέρα είναι μια μικρή πολυβάθμια μονάδα επεξεργασίας (Εικόνα 4.25). Τυπικά, η πολυβάθμια μονάδα καύσης είναι μια συμπαγής εγκατάσταση που περιλαμβάνει εσωτερικά μια σειρά από θαλάμους και διαχωριστικά, τα οποία μπορούν να λειτουργούν διαδοχικά ή ομαδικά.



Εικόνα 4.25: Μονάδα τμηματικής καύσης περίσσειας αέρα.

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 την 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 δεύτερου θαλάμου καύσης, όπου είναι τοποθετημένοι ένας ή δύο καυστήρες ώστε να συντηρούν επαρκώς τη θερμοκρασία για την καύση των πτητικών ουσιών. Ο ρόλος του δεύτερου 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 **μειονεκτήματα** 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.

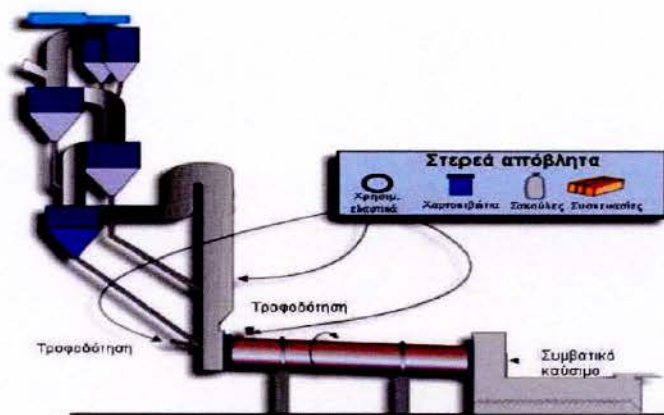
Η θύρα εξόδου των αποβλήτων ελέγχεται από τη ρύθμιση της περιστροφικής κίνησης του κλιβάνου και της γωνίας κλίσης του. Στο τέλος της καύσης έχει απομείνει προς το τέλος του κλιβάνου τέφρα, η οποία απορρίπτεται σε ξηρή μορφή ή σβήνεται σε λουτρό νερού. Οι εγκαταστάσεις έλλειψης (ή ελεγχόμενου) αέρα είναι 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 με περίσσεια 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.

Καύση Δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF

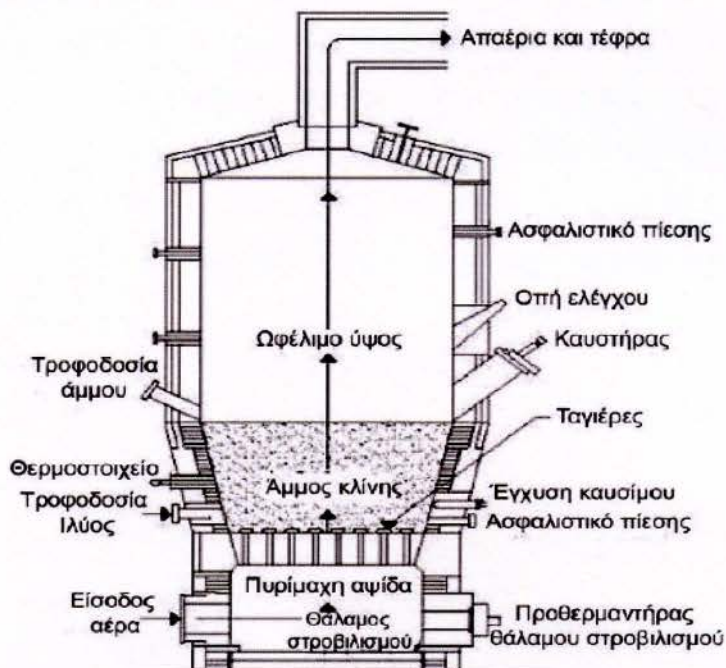
Τα ανακτώμενα υλικά (γυαλί, σιδηρούχα μέταλλα και αλουμίνιο) διαχωρίζονται από τη μάζα των απορριμμάτων μηχανικά και συλλέγονται για επεξεργασία και μελλοντική πώληση ή διάθεση. Το κλάσμα των υπόλοιπων υλικών (χαρτί, πλαστικό, Δ-Ξ-Λ-Υ, λοιπά καύσιμα) ονομάζεται δευτερογενές καύσιμο από απορρίμματα [(RDF)].

Η χρήση του RDF/SRF πραγματοποιείται, τόσο στην ίδια τη μονάδα παραγωγής του όσο και σε κλιβάνους της τσιμεντοβιομηχανίας αυτούσιο ή με τη μορφή παλετών (πλεονεκτήματα εύκολης μεταφοράς και αποθήκευσης, εικόνα 4.26)



Εικόνα 4.26: Χρήση αποβλήτων υψηλής θερμογόνου δύναμης στην τσιμεντοβιομηχανία.

Το RDF/SRF μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εστία καύσης μετά από επεξεργασία με την οποία επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση και μείωση του όγκου του. Στους θαλάμους RDF/SRF η εστία είναι συνήθως ρευστοποιημένης κλίνης (Εικόνα 4.27), κάτω από την οποία διοχετεύεται ο πρωτογενής αέρας καύσης. Οι εγκαταστάσεις καύσης RDF/SRF λειτουργούν με περίσσεια αέρα 80-100%. Η καύση του RDF/SRF πραγματοποιείται στο φλογοθάλαμο, μεταξύ του οποίου και του συστήματος καθαρισμού καυσαερίων παρεμβάλλεται διάταξη λέβητα.



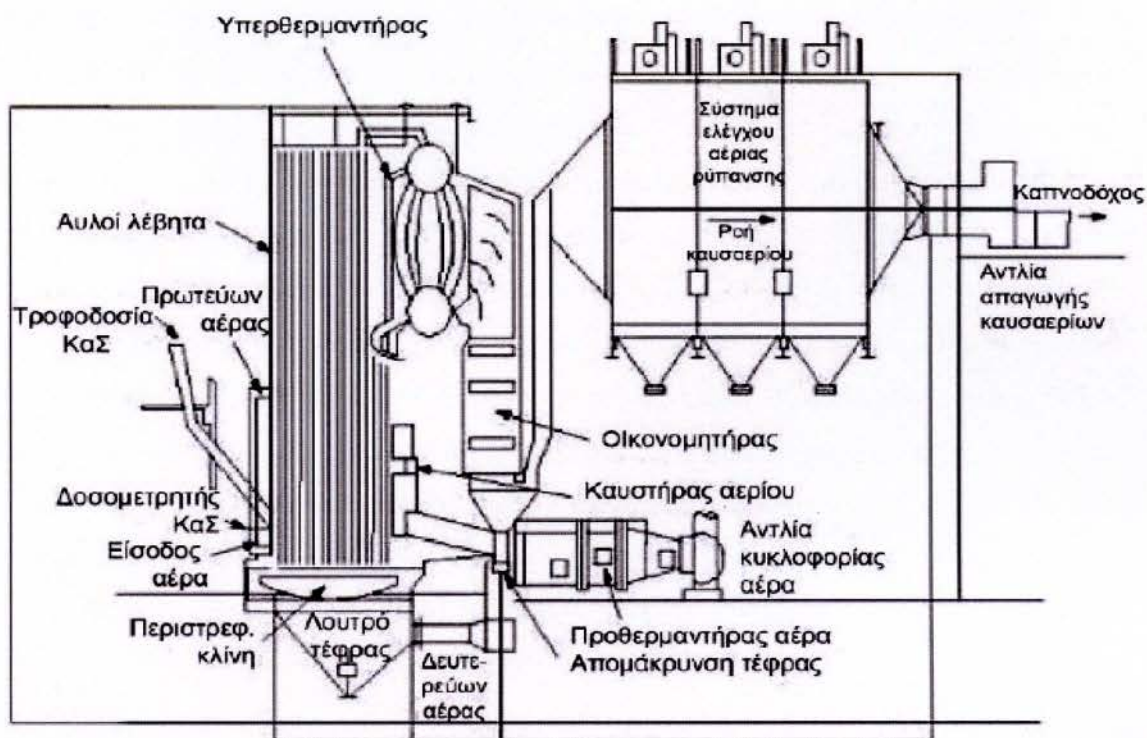
Εικόνα 4.27: Εστία ρευστοποιημένης κλίνης RDF/SRF .

Ο διερχόμενος από τα ακροφύσια αέρας υπό πίεση (30-100% περίσσεια) «ρευστοποιεί» το υπόστρωμα κλίνης (CaCO_3), το οποίο διαστελλόμενο καταλαμβάνει διπλάσιο όγκο. Το RDF/SRF εισάγεται στην επιφάνεια του αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης. Η πραγματοποιούμενη ανάδευση ευνοεί τη δημιουργία τύρβης και την ανάμιξη με ευεργετικά αποτελέσματα στη μετάδοση της 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 RDF/SRF (Εικόνα 4.28) διαθέτουν κατεργαστές και συστήματα καύσης για τη μείωση του όγκου των σωματιδίων. Λόγω του ότι στα απορρίμματα ενδεχομένως να υπάρχουν εκρηκτικά ή εύφλεκτα υλικά, τα συστήματα αυτά κατεργαστές είναι εξοπλισμένα 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 RDF/SRF θεωρούνται αποδοτικότερα αυτών της μαζικής καύσης λόγω της ομογενοποιημένης φύσης του RDF/SRF, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο της καύσης και μεγαλύτερη απόδοση των συστημάτων κατακράτησης ρύπων. Επιπρόσθετα, μια προσεκτική σχεδίαση 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 τελική διάθεση στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι μεγαλύτερη αυτής των μονάδων μαζικής καύσης.



Εικόνα 4.28: Μονάδα ΘΕ RDF/SRF με λέβητα.

Ο διαχωρισμός των μονάδων αυτής της τυπολογίας προκύπτει από τη ροή αποβλήτων που δέχονται (μόνο RDF/SRF ή RDF/SRF και ΑΣΑ) και από τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά (εσχάρες καύσης ή ρευστοποιημένης κλίνης). Οι μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης RDF/SRF διακρίνονται σε:

- (1) Κλίνης φυσαλίδων (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 του θείου.

4.3.9 Πυρόλυση

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να

εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητας της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικούκλάσματος και τη θερμογόνο δύναμη τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών.

Η πυρόλυση εκπροσωπεί την θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των απορριμμάτων, απουσία οξυγόνου (ή ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου) και άλλων παραγόντων πρόκλησης αεριοποίησης, όπως CO₂, ατμού, κ.α. Τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ατσάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση καύση αυτών. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη καύση των προς επεξεργασία απορριμμάτων. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την πυρόλυση ΑΣΑ κυμαίνεται από 100 έως 900°C, ενώ οι συνολικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα επηρεάζονται άμεσα από αυτήν. Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι επιμέρους αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων.

Με την πυρόλυση των στερεών απορριμμάτων σχηματίζονται τα εξής προϊόντα:

1. Αέρια: κυρίως υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, κ.α., ανάλογα με τη σύσταση των απορριμμάτων.
2. Υγρά: ελαιώδες κλάσμα με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες, που περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη), καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες.
3. Στερεά: σχεδόν καθαρός άνθρακας (κωκ) και αδρανή υλικά (γυαλί, μέταλλα, κ.α.), που υπάρχουν στα απορρίμματα.

Με περαιτέρω επεξεργασία τα υγρά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό καύσιμο, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενό τους εκτιμάται γύρω στα 1,6MJ/kg.

Το ενεργειακό περιεχόμενο απαερίων κυμαίνεται μεταξύ 12.500 και 46.000kJ/Nm³. Επιπλέον, τα παραγόμενα στερεά μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την ανάκτηση υλικών.

Αν η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (~500°C), τότε στα απαέρια υπάρχουν και αρωματικές ενώσεις και φαινόλες. Για το λόγο αυτό, τις περισσότερες φορές η πυρόλυση συνδυάζεται με τη διεργασία της αποτέφρωσης των παραγόμενων απαερίων σε υψηλές θερμοκρασίες. Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται σημαντικά από τις κάτωθι παραμέτρους:

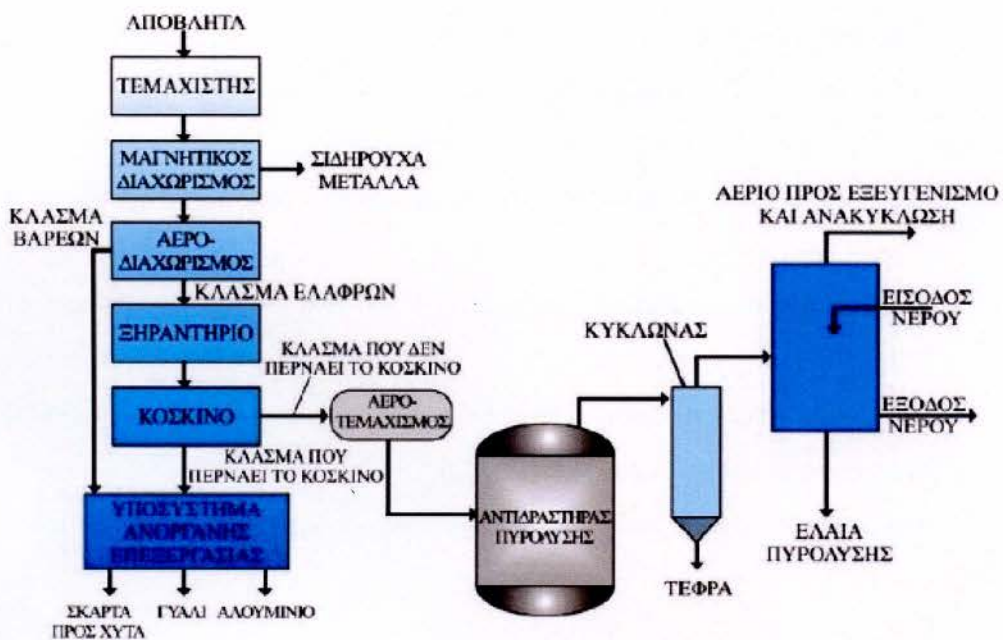
- Τη σύσταση του αποβλήτου.
- Τις συνθήκες θέρμανσης.
- Τη θερμοκρασία πυρόλυσης.
- Τον χρόνο αντίδρασης.

Πίνακας 4.2: Πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων (Bilitewski et al., 1997).

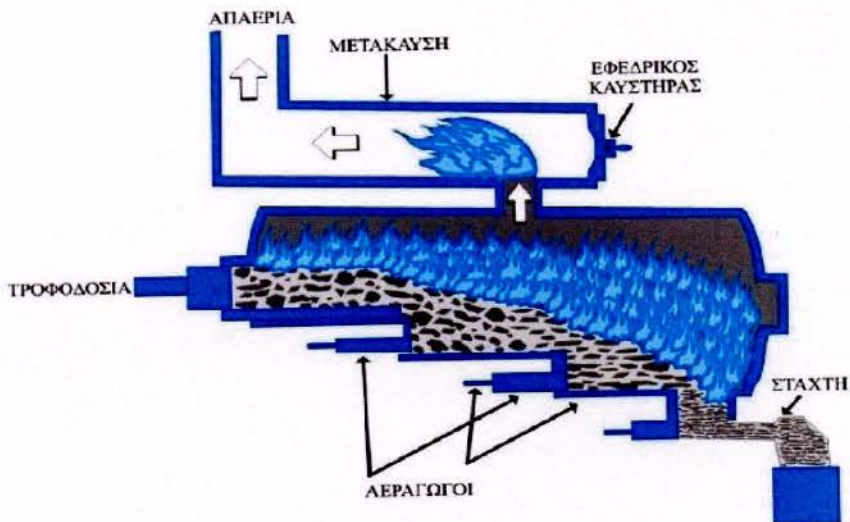
Θερμοκρασία (°C)	Χημική αντίδραση
100 έως 120	Θερμική ξήρανση, αφυδάτωση
250	Αναγωγή, αποθείωση, μοριακή διάσπαση H ₂ O και CO ₂ , διάσπαση πολυμερισμένων μορίων, έναρξη διαχωρισμού H ₂ S
340	Διάσπαση δεσμών αλειφατικών ενώσεων, έναρξη διάσπασης μεθανίου και άλλων αλειφατικών ενώσεων
380	Φάση ανθρακοποίησης, συγκέντρωση άνθρακα στα υπολείμματα
400	Διάσπαση δεσμών άνθρακα-οξυγόνου και άνθρακα-αζώτου
400 μέχρι 600	Αποσύνθεση ασφαλτούχων υλικών προς σχηματισμό χαμηλής θερμοκρασίας ελαιώδους φάσης και πίσσας
600	Διάσπαση ασφαλτούχων υλικών προς θερμοανθεκτικά υλικά (αέρια, μικρής αλυσίδας υδρογονάνθρακες), σχηματισμός αρωματικών ενώσεων (προϊόντων βενζολίου) Διμερισμός ολεφινών (αιθυλενίου) σε βουτυλένιο, αφυδρογόνωση
>600	Διμερισμός ολεφινών (αιθυλενίου) σε βουτυλένιο, αφυδρογόνωση προς σχηματισμό βουταδιενίου, αντίδραση αιθυλενίου προς σχηματισμό βενζολίου και αρωματικών ενώσεων υψηλής πτητικότητας

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα. Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία (Σχήμα 4.29) των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.α.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.

Η πυρόλυση συνήθως λαμβάνει χώρα σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου απλά αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, διαθέτοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής «καυσίμων» (αέριων και υγρών). Στο Σχήμα 4.30 παρουσιάζεται ένας τυπικός πυρολυτικός αντιδραστήρας.



Σχήμα 4.29: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης.



Σχήμα 4.30: Πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου.

Η πυρόλυση διαφοροποιείται από την καύση αποβλήτων σε δύο παράγοντες:

- Τη **θερμοκρασία λειτουργίας**, όπου στην πυρόλυση είναι χαμηλότερη.

- Την **απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου**, όπου για την πυρόλυση είναι κατά πολύ μικρότερη απ' ό τι για την καύση.

Η πυρόλυση διακρίνεται στις ακόλουθες επτά φάσεις:

1. **Ξήρανση** (100-200°C).

2. **Οξείδωση και αποθείωση** στους 200°C, όπου και πραγματοποιείται διάσπαση του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα.

3. **Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων** (μεθάνιο) στους 340°C.

4. **Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα** με οξυγόνο και άζωτο αντίστοιχα στους 400°C.

5. **Μετατροπή των πισσασφαλτούχων** σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400-600°C).

6. **Διάσπαση πισσασφαλτούχων** (600°C).

7. **Δημιουργία αρωματικών ενώσεων και αφυδρογόνωση βουταδιενίου** (πάνω από 600°C).

4.3.10 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στις Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξείδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500°C) .

Ένα από τα πιο συνηθισμένα λάθη είναι η ταύτιση της πυρόλυσης με την αεριοποίηση των απορριμμάτων. Οι δύο μέθοδοι έχουν ομοιότητες, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζουν και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή τους, η οποία μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Η πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου.

- Η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό, διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Στόχος της αεριοποίησης είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου αποτελούμενου από CO_2 , H_2 και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο.

Η αεριοποίηση αποτελεί, θεωρητικά, το επόμενο στάδιο πυρόλυσης, κατά το οποίο το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες $>800^\circ\text{C}$, παρουσία περιορισμένων (μη στοιχειομετρικών) ποσοτήτων οξυγόνου. Η αεριοποίηση, όπως και η πυρόλυση, είναι μια διεργασία, η οποία μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα (σε συνδυασμό με τη διεργασία της αποτέφρωσης), είτε το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- Αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.
- Στερεό υπόλειμμα, που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.
- Συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα, που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος, που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Η ταχύτητα και η πορεία της αντίδρασης αεριοποίησης, καθώς επίσης και η σύσταση των παραγόμενων προϊόντων εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους:

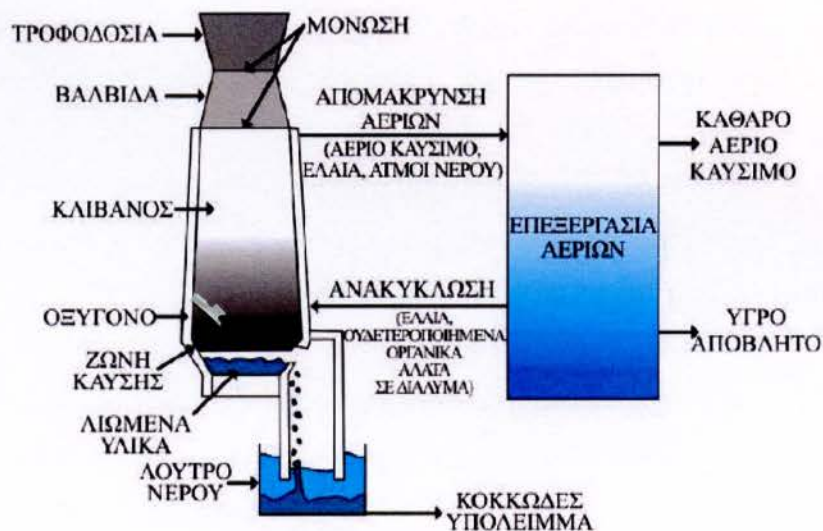
- Το μέγεθος, τη διάμετρο των πόρων και την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης.
- Την περιεχόμενη υγρασία.
- Την επιφάνεια επαφής στερεών –αερίων.
- Την αναπτυσσόμενη πίεση και θερμοκρασία.
- Τον χρόνο παραμονής των ΑΣΑ εντός του θαλάμου πυρόλυσης.

Τα παραγόμενα απαέρια εξαρτώνται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αέριου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στα 0.35MJ/m^3 . Η δε τυπική σύστασή του είναι η εξής: 10% CO_2 , 20% CO , 15% H_2 , 2% CH_4 , 53% N_2 .

Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αέριου προϊόντος αυξάνεται στα $0,7\text{MJ/m}^3$. Η δε τυπική σύσταση του είναι η ακόλουθη: 14% CO_2 , 50% CO , 30% H_2 , 4% CH_4 , 1% C_xH_y , 1% N_2 .

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, όπως για:

- Καύση και παραγωγή ατμού.
- Τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Κίνηση αεριοστροβίλου και ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο.
- Τροφοδοσία του δικτύου αερίου πόλης.
- Τροφοδοσία σε βιομηχανία, όπως τσιμεντοβιομηχανία, για απ' ευθείας καύση σε εστία.



Σχήμα 4.31: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης.

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με του ενεργού άνθρακα του εμπορίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού, που προορίζεται για διάφορες χρήσεις. Στο

Σχήμα 4.33 απεικονίζεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης απορριμμάτων.

4.3.11 Θερμόλυση

Κατά την μέθοδο αυτή (Εικόνα 4.32) παράγεται ανθρακούχο υπόλειμμα με την εμπορική ονομασία «carbor». Είναι παρόμοια με την επεξεργασία cracking (δύλισης) που χρησιμοποιείται στα διυλιστήρια για την παραγωγή διαφόρων κλασμάτων του αργού πετρελαίου. Η τεχνική αυτή ανταποκρίνεται στις ανάγκες περιοχών με μικρό πληθυσμό και τουριστικών περιοχών με έντονη διακύμανση του πληθυσμού. Από την άποψη αυτή συζητιέται η καταλληλότητα της για περιπτώσεις όπως τα Ελληνικά νησιά. Τα στάδια της μεθόδου είναι:

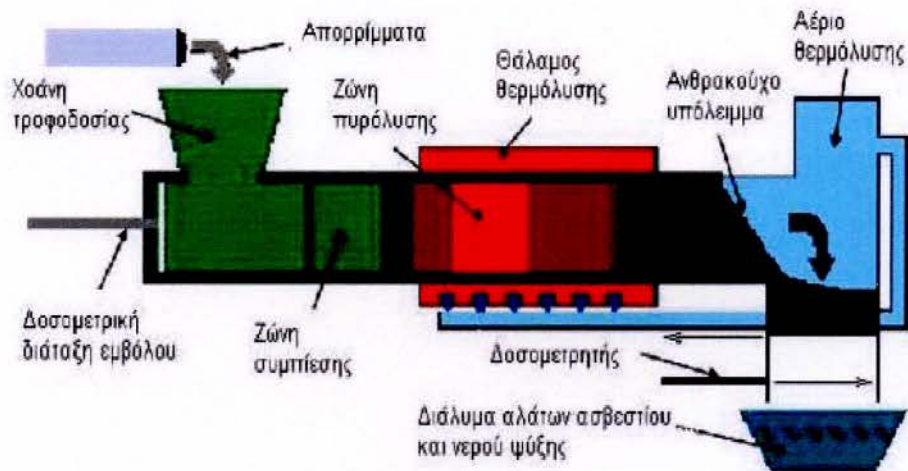
1. Μηχανική επεξεργασία – διαχωρισμός – αποθήκευση.
2. Ξήρανση σε εναλλάκτη θερμότητας αντιρροής (διαχωρισμός αέριας φάσης και στερεάς προς αντιδραστήρα).
3. Θερμόλυση της στερεάς φάσης στο θάλαμο (αποικοδόμηση από τους 500°C).
4. Επεξεργασία στερεών προϊόντων (αδρανών).
5. Επεξεργασία της ιλύος.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Ανάκτηση των μετάλλων για μεταπώληση (αν δεν έχουν φτάσει στο σημείο τήξης).
- Η μικρή κατανάλωση νερού.
- Η παραγωγή εμπορεύσιμου Carbor.
- Το χαμηλό ρυπαντικό φορτίο των παραγόμενων υγρών και αέριων αποβλήτων.
- Τα κόστη κατασκευής και επεξεργασίας είναι χαμηλότερα από συμβατική μονάδα ΘΕ.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του CARBOR ομοιάζουν με αυτά του λιγνίτη ενώ συγκρινόμενο με συμβατικά βιομηχανικά καύσιμα, παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως

καύσιμο σε κλιβάνους (τσιμεντοβιομηχανία, πλινθοποιία), χωρίς ιδιαίτερες επενδύσεις για την αποθήκευσή του.



Εικόνα 4.32: Η μέθοδος της θερμόλυσης.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΑ ”

5.1 Ευαισθησία και Κίνδυνοι κατά την Εφαρμογή των Μεθόδων

5.1.1 Μονάδες MBE που Παράγουν RDF και Εδαφοβελτιωτικό

Οι ευαισθησίες και οι κίνδυνοι από την εφαρμογή τεχνολογιών που παράγουν RDF κατά την Μηχανική Διαλογή και κάποιου είδους εδαφοβελτιωτικό κατά την βιολογική επεξεργασία συνοψίζεται στα επόμενα:

Διαμόρφωση της αγοράς εδαφοβελτιωτικού: Αυτή την στιγμή η αγορά εδαφοβελτιωτικών από τέτοιου είδους εγκαταστάσεις είναι μάλλον ανύπαρκτη, οπότε υπάρχει σημαντικός κίνδυνος το σύνολο της ποσότητας του υλικού τύπου «compost» να παραμένει εντός των ορίων της εγκατάστασης ως υπόλειμμα, και επομένως να καταλήξει στο ΧΥΤΥ ή ΧΥΤΑ.

Η εμπορευσιμότητα και η αγοραστική αξία του RDF σε περίπτωση που αυτό διατίθεται ως καύσιμο εκτός εγκατάστασης: σύμφωνα με τα μέχρι τώρα στοιχεία, η διάθεση του RDF σε τσιμεντοβιομηχανία ή στη ΔΕΗ, εξαρτάται κατά πολύ από την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος προκειμένου να τηρούνται τα αυστηρότερα όρια εκπομπών που θέτει πλέον η νομοθεσία για τη συναποτέφρωση (ΚΥΑ 22912/1117 περί αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων). Αν και η τσιμεντοβιομηχανία μπορεί να ανταποκριθεί θετικά στο ενδεχόμενο απορρόφησης του RDF, κρίσιμη παράμετρος για τη διάθεση του είναι η διασφάλιση της αποδοχής των κατοίκων και της τοπικής αυτοδιοίκησης που είναι εγκατεστημένες οι μονάδες. Επιπρόσθετα, η περιεκτικότητα του RDF σε Cl⁻ μπορεί να αποδειχθεί κρίσιμη παράμετρος αν και το παραγόμενο RDF δεν προέρχεται από διακριτή συλλογή ή επιλεκτική συλλογή απορριμμάτων που περιέχουν χλώριο όπως το PVC, το RDF από σύμμεικτα απορρίμματα περιέχει Cl⁻ στα 0.6% κατά μέσο όρο, ενώ ακόμα και στο RDF από διακριτή συλλογή το Cl⁻ κυμαίνεται στα 0,3%

κατά μέσο όρο. Η ΔΕΗ αντίστοιχα είναι συνήθως επιφυλακτική δεδομένου ότι θα πρέπει καταρχήν να ξεπεραστεί το θέμα της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (είναι αμφίβολο το πόσες μονάδες λειτουργούν με κανονική και όχι προσωρινή άδεια). Και να εξετασθεί η βιωσιμότητα σχετικά με το ενδεχόμενο πρόσθετο κόστος για την αντιρρύπανση και την παρακολούθηση προκειμένου να συμμορφωθεί η μονάδα με την οδηγία 2000/76/ΕΚ και την αντίστοιχη ΚΥΑ (ΚΥΑ 22912/1117 περί αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων).

Η μέχρι τώρα πολιτική της ΕΕ: Η μη ολοκληρωμένη μέχρι τώρα πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά μια τέτοια εγκατάσταση. Έτσι εάν αυτή εφαρμοστεί και υπάρξουν στο μεταξύ αλλαγές στην πολιτική της ΕΕ, μπορεί να επηρεαστεί η ομαλή συνεργασία μεταξύ Δημοσίου και Ιδιωτικού τομέα σχετικά με τους όρους συμβάσεων και να οδηγήσει σε καθυστερήσεις στην υλοποίηση των υποδομών. Ειδικότερα:

- Η ποιότητα του RDF: Η τεχνολογία αυτή στην Ελλάδα προς το παρόν μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές της ΚΥΑ 114218/97 οι οποίες αφορούν μόνο την περιεκτικότητα σε χαρτί και πλαστικό, την υγρασία και την ελάχιστη θερμογόνο δύναμη. Η ολοκλήρωση των προδιαγραφών για το RDF σε επίπεδο ευρωπαϊκής νομοθεσίας αναμένεται να είναι πιο λεπτομερής και να αφορά και το περιεχόμενο σε χλώριο, βαρέα μέταλλα, κ.λ.π. γεγονός που πιθανά να απαιτήσει αλλαγές στο στάδιο της μηχανικής διαλογής και της ενεργειακής αξιοποίησης.

- Ο ορισμός για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα: Ο ορισμός από την ευρωπαϊκή νομοθεσία για το τι είναι βιοαποδομήσιμο απόβλητο αναμένεται να τεθεί βάσει δεικτών κατανάλωσης οξυγόνου, όπως ήδη γίνεται με κρατική πρωτοβουλία σε χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία και η Ιταλία (δείκτες AT4 και DRI που προαναφέρθηκαν). Ένας τέτοιος ορισμός βάση εργαστηριακά μετρήσιμων παραμέτρων μπορεί να επιφέρει σημαντικά προβλήματα χρήσης του εδαφοβελτιωτικού ως υλικό επικάλυψης στο ΧΥΤ αν αυτό δεν πληροί τις εν λόγω προδιαγραφές.

- Η θέσπιση ορίων για τις αέριες εκπομπές: Στο κείμενο BREF Treatment το οποίο αφορά την εφαρμογή της οδηγίας IPPC (Integrated Pollution Prevention & Control) και τη χρήση Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών στον τομέα της επεξεργασίας στερεών αποβλήτων, προτείνονται αρκετά αυστηρά όρια σχετικά με τις αέριες εκπομπές (οσμές, VOCs, NH₃, κ.λ.π.) από το τμήμα Μηχανικής- Βιολογικής Επεξεργασίας

(MBE). Αν αυτές οι αλλαγές γίνουν δεσμευτικές (με τη μορφή κοινοτικής οδηγίας) τότε υπάρχει κίνδυνος σημαντικής αύξησης του επενδυτικού και του λειτουργικού κόστους της μεθόδου. Ας σημειωθεί ότι υπάρχουν λιγοστά δεδομένα διαθέσιμα σχετικά με τις πιθανές επιδράσεις της MBE στην υγεία, αλλά ολοένα και πληθαίνουν «οι φωνές» που ζητούν θέσπιση μέτρων τουλάχιστον σε ότι αφορά τις αέριες εκπομπές. Στην Γερμανία για παράδειγμα, ήδη εφαρμόζονται αυστηρά όρια με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται ακριβές αντιρρυπαντικές τεχνολογίες για την επίτευξη τους (π.χ. Αναγεννητική Θερμική Οξείδωση – Regenerative Thermal oxidation (RTO)). Ας σημειωθεί σε κάθε περίπτωση η καθυστέρηση στην υιοθέτηση του κειμένου BREF Treatment.

- Η έλλειψη θέσπισης προτύπων σχετικά με τη χρήση των προϊόντων compost, παρόλο που έχουν ήδη δρομολογηθεί. Αυτό σημαίνει ότι διαφορετικά πρότυπα έχουν ήδη καθιερωθεί στα Κράτη – Μέλη, όπου το ενδιαφέρον είναι μεγαλύτερο (Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Ισπανία και Βρετανία). Αυτό μελλοντικά θα οδηγήσει σε δυσκολία εναρμόνισης των προτύπων, μεταξύ των Χωρών – Μελών και ενδεχομένως να απαιτηθούν εκτεταμένες μεταβατικές ρυθμίσεις.

- Οι καθυστερήσεις στη διαμόρφωση κοινής στρατηγικής για τη διαχείριση των εδαφικών πόρων, η οποία αναμενόταν να έχει ήδη συμφωνηθεί, προκειμένου να δώσει τις κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη χρήση των ανακτώμενων προϊόντων από τα απόβλητα, στο έδαφος. Η απουσία αυτή αυξάνει την ήδη υπάρχουσα αβεβαιότητα σχετικά με το ποια επιλογή χρήσης θεωρείται αποδεκτή.

- Μικρή εμπειρία στον Ελληνικό χώρο: Η μέθοδος απαιτεί σημαντική εμπειρία και τεχνογνωσία. Δεδομένου ότι η αγορά της επεξεργασίας των απορριμμάτων γενικότερα, δεν έχει ακόμη κινηθεί στην Ελλάδα υπάρχουν κίνδυνοι για κατασκευαστικά σφάλματα και επομένως μελλοντικά να απαιτηθούν τεχνικές επιδιορθώσεις.

5.1.2 Μονάδες MBE που Παράγουν Βιοαέριο

Η ευαισθησία και οι κίνδυνοι της μεθόδου έγκεινται στα εξής σημεία:

Οι δυνατότητες μετέπειτα χρήσης του στερεού υπολείμματος της αναερόβιας χώνευσης: Το υλικό που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό παρά μόνο ως υλικό επικάλυψης, για την αποκατάσταση λατομείων κ.λ.π. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται αερόβια κομποστοποίηση

πριν την χρήση του, ενώ για να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό απαιτείται μετά την ωρίμανση η περαιτέρω επεξεργασία (μηχανική διαλογή) για απομάκρυνση προσμίξεων.

Η μέχρι τώρα πολιτική της ΕΕ: Η μη ολοκληρωμένη μέχρι τώρα πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την εν λόγω τεχνολογία σε περίπτωση που αυτή εφαρμοστεί με την τρέχουσα νομοθεσία και υπάρξουν στο μεταξύ αλλαγές στην πολιτική της ΕΕ. Ειδικότερα:

- Το θεσμικό πλαίσιο για την καύση του βιοαερίου το οποίο είναι ακαθόριστο. Ούτε στο BREF για την επεξεργασία, ούτε στο BREF για την καύση αποβλήτων δίδονται σαφείς οδηγίες σχετικά με το αν το παραπάνω θα αποτελέσει μέρος των απαιτήσεων στην νέα Οδηγία για την Καύση. Τα όρια που θέτει το BREF Treatment, τα οποία δεν είναι βέβαια νομοθετική απαίτηση, οδηγούν σε απαιτήσεις τόσο προεπεξεργασίας του βιοαερίου πριν την ενεργειακή του αξιοποίηση, όσο και πιθανά στη λήψη μέτρων αντιρρύπανσης για τα καυσαέρια από τις μηχανές ενεργειακής αξιοποίησης.

- Ο ορισμός για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα: Ο ορισμός από την ευρωπαϊκή νομοθεσία για το τι είναι βιοαποδομήσιμο απόβλητο γίνεται βάσει δεικτών κατανάλωσης οξυγόνου (π.χ. βάσει του δυναμικού αναπνοής 4 ημερών, AT4 ή του δείκτη δυναμικής διαπνοής, DRI). Έτσι μπορεί να επιφέρει σημαντικά προβλήματα χρήσης του υλικού επικάλυψης σε XYT αν αυτό δεν πληροί τις εν λόγω προδιαγραφές. Ας σημειωθεί ότι το υλικό που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό παρά μόνο ως υλικό επικάλυψης, για την αποκατάσταση λατομείων κ.λ.π. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται αερόβια κομποστοποίηση πριν την χρήση του, ενώ για να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό θα απαιτείται μετά την ωρίμανση η περαιτέρω επεξεργασία (μηχανική διαλογή) για απομάκρυνση προσμίξεων.

- Η θέσπιση ορίων για τις αέριες εκπομπές από τη Μηχανική Διαλογή.

- Η έλλειψη θέσπισης προτύπων σχετικά με τη χρήση των προϊόντων κόμποστ, παρόλο που έχουν ήδη δρομολογηθεί, και οι καθυστερήσεις στη διαμόρφωση κοινής στρατηγικής για τη διαχείριση των εδαφικών πόρων όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

- Μηδενική εμπειρία στον Ελληνικό χώρο: Η τεχνολογία αυτή δεν εφαρμόζεται σε καμία εγκατάσταση στην Ελλάδα. Μόνο σε μερικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχει εγκατασταθεί μονάδα παραγωγής βιοαερίου από αναερόβια χώνευση ιλύος,

και απαιτεί σημαντική εμπειρία και τεχνογνωσία. Δεδομένου ότι η αγορά των μονάδων επεξεργασίας των απορριμμάτων γενικότερα, δεν έχει ακόμη κινηθεί στην Ελλάδα υπάρχουν κίνδυνοι για κατασκευαστικά σφάλματα και επομένως μελλοντικά να απαιτηθούν τεχνικές επιδιορθώσεις.

5.1.3 Μονάδες MBE που Παράγουν SRF

Τα όσα αναφέρθηκαν σχετικά με την μέχρι τώρα πολιτική της ΕΕ για το RDF αλλά και για τις αέριες εκπομπές από τη μηχανική διαλογή, καθώς και τα σχόλια για την εμπειρία του Ελληνικού κατασκευαστικού τομέα, ισχύουν και στην περίπτωση αυτή. Επιπρόσθετα πρέπει να αναφερθούν τα εξής:

Στην περίπτωση που το παραγόμενο SRF οδηγείται προς ταφή (αξίζει να αναφερθεί ότι στην Ιταλία εφαρμόζονται τεχνικές ταφής τύπου flushing bioreactor για την αξιοποίηση του υπόλοιπου οργανικού του SRF στην παραγωγή βιοαερίου), τότε πρόκειται για αρκετά απλή περίπτωση που δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες της αγοράς. Τα μόνα σημεία στα οποία εμφανίζει ευαισθησία είναι ο ορισμός για τα βιοαποδομήσιμα και τα όρια που μπορεί να τεθούν από τη νομοθεσία σχετικά με τις εκπομπές από την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου (αν ο XYT του SRF λειτουργεί ως flushing bioreactor και το παραγόμενο βιοαέριο αξιοποιείται ενεργειακά). Ακόμη, αν ο ορισμός του τι είναι βιοαποδομήσιμο οδηγήσει σε ένα πολύ χαμηλό δείκτη AT4 ή DRI, τότε θα πρέπει να αυξηθεί ο χρόνος παραμονής στο στάδιο της βιολογικής ξήρανσης, προκειμένου να αποτίθεται στο XYT ένα υλικό που ΔΕΝ θα αποτελεί βιοαποδομήσιμο υλικό. Αυτό όχι μόνο θα αυξήσει το κόστος επένδυσης και λειτουργίας αλλά μπορεί να οδηγήσει σε ένα SRF το οποίο θα είναι τόσο σταθεροποιημένο που δεν θα επιτρέπει την ανάκτηση βιοαερίου (δεν θα αποδομείται άλλο) σε flushing bioreactor. Τότε το SRF θα μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο ως καύσιμο ή αλλιώς να ταφεί ως υπόλειμμα (στη δεύτερη περίπτωση όμως θα είναι σημαντική η ποσότητα του SRF που θα πρέπει να ταφεί, της τάξης του 45% της αρχικής ποσότητας των απορριμμάτων). Η εμπορευσιμότητα και αγοραστική αξία του SRF, σε περίπτωση που αυτό διατίθεται ως καύσιμο εκτός εγκατάστασης, φέρει όμοιους κινδύνους όπως και η περίπτωση του RDF. Ας σημειωθεί επιπλέον, ότι τα όρια για την περιεχόμενη υγρασία σε τσιμεντοβιομηχανία είναι μάλλον χαμηλά και ανέφικτα με τη μέθοδο της βιολογικής ξήρανσης οπότε η

τσιμεντοβιομηχανία αποκλείεται ως πιθανός «πελάτης» του SRF. Η αναμενόμενη ολοκλήρωση προτύπου CEN για το SRF μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τεχνολογία αφού δημιουργεί αβεβαιότητες σχετικά με τις προδιαγραφές του υλικού αυτού που με τη σειρά τους μπορεί να επηρεάσουν την ομαλή συνεργασία μεταξύ Δημόσιου και Ιδιωτικού τομέα σχετικά με τους όρους των συμβάσεων και να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις στην υλοποίηση των υποδομών.

5.1.4 Αποτεφρωση

Τα κυριότερα προϊόντα και ρυπαντικά φορτία της διεργασίας της αποτέφρωσης περιλαμβάνουν τα εξής:

-Αέρια:

Κατά την καύση των απορριμμάτων εκλύονται στην ατμόσφαιρα τυπικά προϊόντα καύσης (CO, CO₂, H₂O, NO_x, SO₂), άζωτο, οξυγόνο, σωματίδια σκόνης, ιπτάμενη τέφρα και άλλες ενώσεις των οποίων η παραγωγή εξαρτάται από τη σύσταση των απορριμμάτων, όπως HCl, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες και φουράνια, αιθάλη, VOC (Volatile Organic Compounds). Κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου $4-5 \cdot 10^3$ m³ απαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα απαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C. Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι γνωστά καρκινογόνα που έχουν την ικανότητα να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς. Η ύπαρξη τους στα απαέρια οφείλεται:

- είτε σε διοξίνες και φουράνια, που υπάρχουν ήδη στα απορρίμματα,
- είτε στην παραγωγή τους στην αέρια φάση στους 500 - 700°C, λόγω συμπύκνωσης (coalescence) οργανικών μορίων με δότες χλωρίου, όπως χλωριούχα άλατα, PVC και HCl,
- είτε στην παραγωγή τους μέσω αντιδράσεων στερεής φάσης κάτω από τους 500°C πάνω σε σωματίδια.

Εκτός από τις διοξίνες και τα φουράνια, το βενζόλιο, οι φαινόλες, οι PAHs, το βενζοπυρένιο και τα χλωριωμένα οργανικά είναι επίσης ιδιαίτερες τοξικές και καρκινογόνες ενώσεις. Από τα βαρέα μέταλλα, που περιέχονται στις αέριες εκπομπές, τα Cd, Cr, Hg και Pb είναι ιδιαίτερες τοξικά. Άλλα μέταλλα όπως τα Cu, Pt, και Ni, είναι λιγότερο τοξικά, αλλά δρουν ως καταλύτες για πολύπλοκες αντιδράσεις στα απαέρια,

παράγοντας διοξίνες. Ως προς τα αέρια του θερμοκηπίου και ιδιαιτέρως το CO₂, οι παραγόμενες εκπομπές είναι αρκετά σημαντικές, δεδομένου ότι στα απορρίμματα περιέχεται περίπου 25% κ.β. άνθρακα, ο οποίος κατά την καύση του δημιουργεί περίπου 1 τόνο CO₂ ανά τόνο απορριμμάτων. Τέλος η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Το επίπεδο διοξινών και φουρανίων κυμαίνεται από ppt έως ppb.

- Υγρά

Τα υγρά απόβλητα, που παράγονται κατά την καύση των απορριμμάτων, προέρχονται από την επεξεργασία των αερίων (π.χ. πλυντρίδες) και την απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων. Τα μεν πρώτα συνήθως περιέχουν βαρέα μέταλλα, όπως Pb, Cd, Hg, Zn, As, κ.α., ενώ τα δεύτερα περιέχουν κυρίως άλατα και άκαυστα οργανικά. Είναι έντονα αλκαλικά και περιέχουν και πολλά αιωρούμενα σωματίδια και βαρέα μέταλλα.

-Στερεά

Περιέχουν γενικώς τους ίδιους ρύπους με τις αέριες εκπομπές, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες και συγκεντρώσεις. Στο στερεό υπόλειμμα περιέχονται μέταλλα, ενώ μια τυπική σύσταση αυτών είναι 45 – 60% SiO₂, 5 – 10% ενώσεις Ca και Al₂O₃, 3 – 15% Fe₂O₃ και μικρότερα ποσοστά Mg, Na και K.

Όσον αφορά στις οργανικές ενώσεις, που περιέχονται στα στερεά υπολείμματα της καύσης, οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι λίγες, εκτός από την περίπτωση διοξινών και φουρανίων. Είναι πάντως γνωστό ότι δεν διαλυτοποιούνται σε νερό και δεν πρέπει να διατίθενται μαζί με οργανικούς διαλύτες.

5.1.5 Πυρόλυση – Αεριοποίηση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα κύρια προϊόντα των διεργασιών της πυρόλυσης και της αεριοποίησης είναι:

Αέρια: πλούσια σε υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα,

υδρογονάνθρακες, κ.α. (ανάλογα με την αρχική σύσταση των απορριμμάτων), τα οποία χρησιμοποιούνται περαιτέρω ως καύσιμο,

Υγρά: μεγάλου ιξώδους και ελαιώδους σύστασης, που περιέχουν κετόνες, υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ως καύσιμα,

Στερεά: υπολείμματα με κύριο συστατικό τον άνθρακα και ορισμένα ανόργανα υλικά, όπως μέταλλα, γυαλί, κ.α., τα οποία μπορούν και αυτά να διαχωριστούν και να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ως καύσιμα.

Γενικά όλα τα προϊόντα (υγρά, στερεά και αέρια) των διεργασιών της πυρόλυσης και της αεριοποίησης μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω για την παραγωγή ενέργειας και ως εκ τούτου την αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των απορριμμάτων.

Οι μέθοδοι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου – αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων. Ακόμη, σημαντικό είναι το γεγονός ότι στις διεργασίες αυτές ένας μεγάλος αριθμός ρύπων (π.χ. θείο, βαρέα μέταλλα, κ.α.) παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο, πολλές φορές περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης.

Ανεξάρτητα από τις εκλυόμενες ποσότητες, πολλά από τα αέρια συστατικά των απαερίων, που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, είναι κοινά. Σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάζονται σε έκθεση της Greenpeace, οι διεργασίες της αποτέφρωσης και της αεριοποίησης ΑΣΑ παράγουν ορισμένους κοινούς ρύπους σε διαφορετική μεν ποσότητα (Πίνακας 5.1), χωρίς όμως κάποια από αυτές να υπερτερεί σημαντικά στο σύνολο της στην προστασία της ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Πίνακας 5.1: Αέριες εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση απορριμμάτων (σε κιλά ρύπων ετησίως).

Ρύπος	Καύση	Αεριοποίηση	Διαφορά Καύσης με Αεριοποίηση (%)
Διοξίνες / φουράνια	0,027	0,050	+85%
Υδράργυρος	92,6	92,6	0%
Μόλυβδος	50	46,8	-6,4%
Διοξείδιο του θείου	57.335	53.524	-6,7%
Οξείδια αζώτου	40.930	52.364	+28%

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγόμενη τέφρα, από όλες τις μεθόδους θερμικής διεργασίας, θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο λόγω της περιεκτικότητας της σε βαρέα μέταλλα, διοξίνες και άλλους τοξικούς ρύπους, το οποίο χρήζει κατάλληλης επεξεργασίας πριν την τελική του διάθεση.

5.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων Μηχανικής – Βιολογικής Επεξεργασίας (MBE)

Όπως όλες οι διεργασίες και εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, η MBE δημιουργεί μια σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στον αέρα, τα νερά, το έδαφος και τον άνθρωπο. Το είδος και το μέγεθος αυτών των επιπτώσεων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό, τους στόχους της μονάδας και τα διαχωριζόμενα προϊόντα. Για παράδειγμα, διαφορετικά θέματα προκύπτουν για μια μονάδα που έχει στόχο την παραγωγή ενός προϊόντος τύπου κόμποστ και τη διάθεση του στο έδαφος και διαφορετικά για μια εγκατάσταση που αποσκοπεί κυρίως στην παραγωγή RDF και την παραγωγή ενέργειας από αυτό. Στην πρώτη περίπτωση οι κυριότερες επιπτώσεις σχετίζονται με τη βιολογική επεξεργασία (π.χ. οσμές) και την εδαφική εφαρμογή του προϊόντος (ξένες προσμίξεις, βαρέα μέταλλα και εμμένοντες οργανικοί ρύποι, παθογόνα κ.λ.π), ενώ στη δεύτερη με την καύση του RDF (αέριες εκπομπές, NOX, διοξίνες κ.λ.π.).

Στην παράγραφο αυτή αναλύονται τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τις διεργασίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων, δηλαδή το τμήμα της μηχανικής επεξεργασίας μιας μονάδας MBE .

Αέρας

Οι κυριότερες αέριες εκπομπές από τις διεργασίες μηχανικής επεξεργασίας των

αποβλήτων σε μια μονάδα MBE είναι οι οσμές και η σκόνη. Η μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμός σύμμεικτων ΑΣΑ ή του κλάσματος των υπολειμματικών αποβλήτων μπορεί να έχει σημαντική έκλυση οσμών στο περιβάλλον, η οποία αντιμετωπίζεται με κατάλληλη χωροθέτηση της μονάδας και χρήση κατάλληλων τεχνολογιών ελέγχου των οσμών. Η σκόνη μπορεί να ελεγχθεί με την παροχή αποτελεσματικού αερισμού, για την προστασία των εργαζομένων και του γενικού πληθυσμού. Ιδιαίτερη σημασία έχει η παραγωγή σκόνης βιολογικής προέλευσης (βιοαερολύματα), η οποία θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την υγεία των εργαζομένων αλλά και των κατοίκων γειτονικών περιοχών. Συνήθως ο αέρας στα κτίρια της εγκατάστασης διατηρείται σε υποπίεση και συλλέγεται προς επεξεργασία σε βιόφιλτρα ή συστήματα θερμικής και χημικής οξείδωσης απαερίων.

Νερά

Κατά τη μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμό σύμμεικτων αποβλήτων με υψηλή περιεκτικότητα βιοαποδομήσιμων, μπορούν να παραχθούν ποσότητες στραγγισμάτων. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για τη συλλογή και επεξεργασία τους. Κάποιες τεχνολογίες MBE πραγματοποιούν διαχωρισμό των αποβλήτων στην υγρή φάση, μετά από προσθήκη νερού. Αυτές παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες στραγγισμάτων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον αντιδραστήρα αναερόβιας χώνευσης που συνήθως υπάρχει σε αυτόν τον τύπο MBE.

Έδαφος

Κατά τον μηχανικό διαχωρισμό των αποβλήτων ένα ποσοστό 10-15% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος απορρίπτεται ως ακατάλληλο προς ανάκτηση / αξιοποίηση. Ανάλογα με το σχεδιασμό και το βασικό στόχο επεξεργασίας της μονάδας, καθώς και τις διαθέσιμες αγορές, ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να χρειαστεί εδαφική διάθεση. Έτσι, σε μια μονάδα MBE που στοχεύει στην παραγωγή βιοσταθεροποιημένων αποβλήτων για διάθεση σε ΧΥΤΑ, περίπου το 20-50% κ.β. των εισερχόμενων αποβλήτων θα χρειαστεί εδαφική διάθεση. Αν στόχος είναι η παραγωγή «κομπόστ», περίπου το 50% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος αποβλήτων θα πρέπει να διατεθεί σε ΧΥΤΑ στην (πιθανή) περίπτωση που δεν εξασφαλιστεί μακροπρόθεσμη πρόσβαση σε κάποια αγορά. Τέλος, οι μονάδα MBE που αποσκοπούν κυρίως στην παραγωγή RDF έχουν υπολειμματικό ρεύμα για εδαφική διάθεση που ανέρχεται σε περίπου 20% κ.β. των

εισερχόμενων ΑΣΑ. Το ποσοστό αυτό αυξάνει στο 70% στην περίπτωση που δεν εξασφαλιστούν αγορές για το RDF, οπότε αναγκαστικά και αυτό διατίθεται εδαφικά. Αν η μονάδα MBE συνοδεύεται από δική της μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης του RDF, τότε παράγονται τέφρες που και αυτές με τη σειρά τους απαιτούν εξειδικευμένη εδαφική διάθεση.

Θόρυβος

Καθώς η επεξεργασία των αποβλήτων λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια και οι σύγχρονες τεχνολογίες έχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα θορύβου, δεν αναμένονται σημαντικά προβλήματα θορύβου. Επιπλέον, οι μονάδες MBE κατασκευάζονται συνήθως στο ΧΥΤΑ ή σε βιομηχανικές περιοχές όπου υπάρχουν και άλλες οχλούσες εγκαταστάσεις, και όχι κοντά σε κατοικίες. Ίσως η μεγαλύτερη πηγή όχλησης και θορύβου να προέρχεται από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων οχημάτων που προσεγγίζουν τη μονάδα MBE.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Από το μηχανικό μέρος της επεξεργασίας δεν παράγονται προϊόντα για άμεση χρήση ή εφαρμογή στο έδαφος. Συνεπώς ο κίνδυνος επαφής με παθογόνα αφορά τους εργαζόμενους στη μονάδα, για τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνυόμενα μέτρα προστασίας (π.χ. προστασία από αιχμηρά αντικείμενα, χρήση μάσκας κ.λ.π.), όπως και για όλους τους εργαζόμενους στη συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων. Ένα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και αφορά και τον γενικό πληθυσμό στη γειτνίαση με τη μονάδα είναι η πιθανή εκπομπή βιοαερολυμάτων, δηλ. βιολογικά ενεργών συστατικών που αιωρούνται στον αέρα με τη μορφή σκόνης και μπορεί να περιλαμβάνουν μύκητες και τα σπόρια τους, βακτήρια, ακτινομύκητες, ενδοτοξίνες και μυκοτοξίνες. Τα βιοαερολύματα συνδέονται με αλλεργικές παθήσεις (αλλεργική ρινίτιδα, άσθμα, βρογχίτιδα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια) και άλλες βλάβες του αναπνευστικού συστήματος, ενώ θα μπορούσαν να αποβούν θανατηφόρα για ανοσοκατεσταλμένα άτομα. Οι περισσότερες μελέτες για τα βιοαερολύματα αφορούν μονάδες κομποστοποίησης και έχουν εστιάσει στη μέτρηση της συγκέντρωσης και διασποράς τους. Ωστόσο, δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα επιδημιολογική σύνδεση με την κατάσταση υγείας των εργαζομένων (ούτε βέβαια του γειτονικού γενικού πληθυσμού) ενώ δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία και έρευνες για μονάδες MBE.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων Θερμικής Επεξεργασίας (ΘΕ)

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται να δημιουργούν αρκετά σημαντικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία περιέχονται τόσο στα απαέρια, όσο και στα υγρά και στερεά απόβλητα που παράγουν. Τα συγκεκριμένα φορτία αποτελούν το κυριότερο μειονέκτημα των μεθόδων αυτών, το οποίο ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό για τη μη ευρεία εφαρμογή τους, τουλάχιστον στην Ελλάδα. Ειδικά, όσον αναφορά στις αέριες εκπομπές από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, στα τέλη της δεκαετίας του 80 η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) τις παρουσίαζε ως υπεύθυνες για την παρουσία του μεγαλύτερου μέρους των ποσοτήτων διοξινών και φουρανίων, καθώς επίσης και υδραργύρου, στην ατμόσφαιρα (Themelis, 2003). Στον Πίνακα 6-2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τις κυριότερες πηγές εκπομπής διοξινών στην Αμερική, όπου την πρώτη θέση καταλαμβάνουν (για το έτος 1987) οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση (Martinotti and Foa, 2006). Το εν λόγω γεγονός επιβεβαιώνεται από την σύγκριση παλαιών και νεότερων στοιχείων εκπομπών επικίνδυνων αέριων ρύπων (όπως διοξινών) από εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Μάλιστα πριν 3 έτη, Αμερικανική EPA δημοσίευσε στοιχεία σύμφωνα με τα οποία οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις παράγουν 2.800MW ηλεκτρικής ενέργειας, με λιγότερες εκπομπές από σχεδόν οποιαδήποτε άλλη μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού από καύση συμβατικών καυσίμων (Themelis, 2003). Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι ρύποι που παράγονται από τις προαναφερόμενες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

Πίνακας 5.2 : Πηγές εκπομπής διοξεινών στις Η.Π.Α. την περίοδο 1987 – 2000.

Καταγεγραμμένες πηγές διοξεινών	Εκπομπές 1987 (gr TEQ - %)		Εκπομπές 1995 (gr TEQ - %)		Εκτιμήσεις 2002 (gr TEQ - %)	
Εγκαταστάσεις Θ.Ε.Α. με παραγωγή ενέργειας	8.877	63,42%	1.250	38,76%	12	1,08%
Καύση σκουπιδιών σε κήπους	604	4,31%	6,28	19,47%	628	56,78%
Αποτέφρωση ιατρικών αποβλήτων	2.590	18,50%	488	15,13%	7	0,63%
Δευτερογενής χύτευση χαλκού	983	7,02%	271	8,40%	3	0,27%
Κλίβανοι τσιμέντου (επικίνδυνα απόβλητα)	117,9	0,84%	156,1	4,84%	25	2,26%
Λάσπη υπονόμων	76,6	0,55%	76,6	2,38%	76	6,87%
Οικιακή καύση ξυλείας	89,6	0,64%	62,8	1,95%	62	5,61%
Εγκαταστάσεις καύσης άνθρακα	50,8	0,36%	60,1	1,86%	60	5,42%
Φορτηγά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο	27,8	0,20%	35,5	1,10%	35	3,16%
Δευτερογενής χύτευση αλουμινίου	16,3	0,12%	29,1	0,90%	29	2,62%
Συμπύκνωση μεταλλεύματος σιδήρου	32,7	0,23%	28	0,87%	27	2,44%
Βιομηχανική καύση ξυλείας	26,4	0,19%	27,6	0,86%	27	2,44%
Εργοστάσια καθαρισμού χαρτοπολτού (νερό)	356	2,54%	19,5	0,60%	15	1,36%
Λοιπές διεργασίες / εγκαταστάσεις	99,7	0,71%	77,3	2,4%	100	9,04%
ΣΥΝΟΛΟ	13.848	100%	3.132	100%	1106	100%

5.3 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας

5.3.1 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας μονάδων MBE

Καθώς ο όρος Μηχανική – Βιολογική Επεξεργασία δεν αναφέρεται σε ένα τύπο εγκαταστάσεων αλλά σε μια «οικογένεια» πολύ διαφορετικών συνδυασμών τεχνολογιών προετοιμασίας, διαχωρισμού και βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων, το εύρος της διακύμανσης του πιθανού κόστους μιας τέτοιας μονάδας είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων. Ακόμη και ο ίδιος γενικός τύπος MBE για την ίδια δυναμικότητα, από τον ίδιο κατασκευαστή και στην ίδια χώρα μπορεί να παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στο κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, ανάλογα με τους στόχους της επεξεργασίας που θέτει ο φορέας ανάθεσης του έργου. Η πολυπλοκότητα και κατά συνέπεια το κόστος του μηχανικού μέρους της επεξεργασίας θα εξαρτηθεί από τον επιθυμητό βαθμό ανακύκλωσης των ξηρών ανακυκλώσιμων, ενώ για το βιολογικό από τον απαιτούμενο βαθμό εξευγενισμού του παραγόμενου «κομπόστ» (απομάκρυνση προσμίξεων, βαθμός ωρίμανσης).

Τα στοιχεία κόστους από μονάδες αναφοράς που λειτουργούν σε διαφορετικές

χώρες, επεξεργάζονται απόβλητα διαφορετικής σύστασης για την παραγωγή προϊόντων διαφόρων ποιοτήτων και στόχων, κάτω από διαφορετικές οικονομικές συνθήκες δεν μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη λήψη αποφάσεων από τους φορείς διαχείρισης των ΑΣΑ, καθώς η πιθανότητα εξαγωγής λανθασμένων συμπερασμάτων είναι πολύ μεγάλη. Ακόμη και όταν οι εταιρίες παρουσιάζουν στοιχεία κόστους προσαρμοσμένα στις ελληνικές συνθήκες, χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικές λύσεις γιατί δεν είναι συνήθως γνωστές οι υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζεται η εξαγωγή του κόστους. Από την προηγούμενη ανάλυση προκύπτει ότι η μόνη αναφορά κόστους που μπορεί να συνεισφέρει στη λήψη αποφάσεων από την τοπική αυτοδιοίκηση είναι αυτή που γίνεται σε επίπεδο ανάλυσης προσφορών μετά την προκήρυξη εκδήλωσης ενδιαφέροντος για συγκεκριμένα έργα.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, μπορούν να εξαχθούν κάποια γενικά συμπεράσματα για το κόστος της ΜΒΕ.

Το κόστος (κατασκευαστικό και λειτουργικό) επεξεργασίας ρευμάτων που έχουν συλλεχθεί με ΔσΠ είναι γενικά χαμηλότερο από τη ΜΒΕ και την καύση. Ωστόσο η ΔσΠ έχει συνήθως αυξημένα κόστη συλλογής και απαιτεί ένα σύνολο διαφορετικών πολιτικών προσεγγίσεων, γι αυτό και δεν αποτέλεσε αντικείμενο αυτής της μελέτης. Η μελέτη εστιάζει στις τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων, και σε αυτό το πλαίσιο ενδιαφέρει κυρίως η σύγκριση του κόστους της ΜΒΕ με την καύση.

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι το κατασκευαστικό κόστος μονάδων ΜΒΕ παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, ωστόσο παραμένει χαμηλότερο από αυτό της καύσης. Το λειτουργικό κόστος της ΜΒΕ είναι συνήθως υψηλότερο σε σχέση με την καύση (ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων), αλλά αυτό δεν ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, τα οικονομικά της ΜΒΕ εξαρτώνται άμεσα από τις δυνατότητες και το κόστος διάθεσης των προϊόντων της: το άμεσο λειτουργικό και κατασκευαστικό κόστος έχει μικρότερη σημασία στον προσδιορισμό της βιωσιμότητας μιας εγκατάστασης ΜΒΕ σε σχέση με το σχεδιασμό και την εξασφάλιση διόδων απορρόφησης των εκροών της διεργασίας σε λογικό κόστος. Δεν πρέπει να αναμένονται έσοδα από την πώληση προϊόντων της ΜΒΕ, με εξαίρεση την πώληση ενέργειας από συγκεκριμένους τύπους εγκαταστάσεων (π.χ. αναερόβια χώνευση).

Η διάθεση του SRF για παράδειγμα μπορεί να επηρεάσει το συνολικό κόστος της

μεθόδου έως και κατά 60€ / τόνο. Μια λογική εκτίμηση του λειτουργικού κόστους μιας ΜΒΕ, εκτός του κόστους / οφέλους διάθεσης των προϊόντων, αλλά συμπεριλαμβανομένου του κόστους κεφαλαίου κυμαίνεται από 40€ έως 90€ ανά τόνο.

5.3.2 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας μονάδων ΘΕ

Οι μέθοδοι της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αδιαμφισβήτητα παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος εφαρμογής, το οποίο αναλύεται τόσο στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης της αντίστοιχης μονάδας, όσο και στο κόστος λειτουργίας δευτερευόντων μονάδων, όπως για παράδειγμα συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων αέριων εκπομπών και στερεών υπολειμμάτων.

Το ύψος του τελικού κόστους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- το είδος της μεθόδου που εφαρμόζεται (π.χ. η πυρόλυση εμφανίζεται να είναι αρκετά πιο ακριβή από ότι η αποτέφρωση),

-τη δυναμικότητα της αναγκαίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας,

-το βαθμό απόδοσης της μονάδας,

-τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων,

-τους περιορισμούς και στόχους, που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.

Πρόσφατα στοιχεία για την απαιτούμενη αρχική επένδυση δείχνουν ότι ένας τυπικός αποτεφρωτής κοστίζει εκατοντάδες εκατομμύρια €. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, κατασκευή ενός αποτεφρωτή δυναμικότητας 2.000ton ημερησίως κόστισε (στα μέσα της δεκαετίας του '90) περίπου 500 εκατ. δολάρια.

Πιο πρόσφατα στοιχεία από την Ιαπωνία ανεβάζουν σημαντικά αυτό το κόστος. Δύο αποτεφρωτές που ολοκληρώθηκαν το 1999 κόστισαν 658 εκατ. δολάρια (για δυναμικότητα 200 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) και 808 εκατ. δολάρια, αντίστοιχα (για δυναμικότητα 400 τόνων απορριμμάτων ημερησίως).

Το λειτουργικό κόστος είναι εξίσου υψηλό. Το κόστος προ φόρων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, κυμαίνεται από 21 έως 332 € ανά τόνο (ανάλογα με τον όγκο των προς καύση απορριμμάτων), ενώ στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και το κόστος για την επιπλέον διάθεση των τοξικών στερεών αποβλήτων της καύσης, το οποίο με τη σειρά του κυμαίνεται από 8 έως 363€ ανά τόνο. Ο Πίνακας 5.3 συνοψίζει τα

αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης για το κόστος της καύσης σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.

Πίνακας 5.3: Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.

Χώρα	Κόστος καύσης (προ φόρων) σε €/tn	Κόστος διαχείρισης τεφρών
Αυστρία	97-332	Τέφρα βάσης 63€/τόνο, υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 363€/τόνο
Βέλγιο	62-83	-
Βρετανία	65-86	ιπτάμενη τέφρα 100€/τόνο 13-18 €/ τόνο
Γαλλία	67-129	
Γερμανία	65-250	Τέφρα βάσης 28,1 €/τόνο, ιπτάμενη τέφρα και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 255,6€/τόνο
Δανία	43	Τέφρα βάσης και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 34€/τόνο
Ελβετία	21-53	-
Ιρλανδία	46	-
Ισπανία	34-56	-
Ιταλία	41,3-93	-
Λουξεμβούργο	97	Τέφρα βάσης 75€/τόνο, ιπτάμενη τέφρα και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 129€/τόνο
Ολλανδία	71-110	Τέφρα βάσης 16€/τόνο, υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 8€/τόνο

Για σύγκριση αναφέρεται ότι στην Ελλάδα, η δαπάνη κατασκευής των εν λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής ξεπερνά τα 54 εκατ. €, ενώ οι υπό κατασκευή ή υπό δημοπράτηση ΧΥΤ έχουν προϋπολογισμό που ξεπερνά τα 29 εκατ. €. Το λειτουργικό κόστος των χώρων υγειονομικής ταφής κυμαίνεται από 5 – 20€/tn και είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη δυναμικότητα τους.

Τέλος σύμφωνα με εθνικές εκθέσεις, που παρουσιάστηκαν στο τελευταίο συνέδριο της CEWEP (Confederation of Waste-to-Energy Plants) στην Βιέννη το Μάιο του 2006, η αξιοποίηση των ΑΣΑ για παραγωγή ενέργειας, είτε ηλεκτρικής, είτε θερμικής, είναι ήδη σημαντική, με κόστος της ίδιας τάξης μεγέθους με εκείνο της ταφής.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ”

6.1 Ευρωπαϊκή πολιτική

Η προστασία του περιβάλλοντος έχει καθοριστική σημασία για την ποιότητα ζωής των σημερινών και των μελλοντικών γενεών. Εντούτοις, σημαντική πρόκληση αποτελεί ο συνδυασμός της προστασίας του περιβάλλοντος με τη συνεχιζόμενη οικονομική μεγέθυνση, κατά μακροπρόθεσμα αειφόρο τρόπο. Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στην πεποίθηση ότι η ύπαρξη υψηλών περιβαλλοντικών προτύπων τονώνει την καινοτομία και τις εμπορικές ευκαιρίες.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει γενικά αναλάβει να διασφαλίσει ότι:

- Οι νόμοι όχι μόνο θεσπίζονται αλλά και εφαρμόζονται στην πράξη,
- στις πολιτικές της ΕΕ (π.χ. γεωργία, ανάπτυξη, ενέργεια, αλιεία, βιομηχανία, εσωτερική αγορά, μεταφορές) συνεκτιμάται ο αντίκτυπος που αυτές θα έχουν στο περιβάλλον,
- οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές συμμετέχουν ενεργά στην εξεύρεση λύσεων για τα οικολογικά προβλήματα,
- οι πολίτες έχουν στην διάθεση τους τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να κάνουν φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές,
- αυξάνεται η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη σημασία που έχει η ορθολογική χρησιμοποίηση της γης για την προστασία της φύσης και των τοπίων και για την ελαχιστοποίηση της αστικής ρύπανσης.

Η κοινότητα δίνει προτεραιότητα στους ακόλουθους τομείς δράσης:

- η αειφόρος διαχείριση των φυσικών πόρων: εδάφη, ύδατα, φυσικές και παράκτιες ζώνες,
- η ολοκληρωμένη καταπολέμηση της ρύπανσης και προληπτική δράση όσον αφορά τα απόβλητα,

- η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές,
- η βελτίωση της διαχείρισης της κινητικότητας, με την ανάπτυξη αποτελεσματικών και καθαρών τρόπων μεταφοράς,
- η επεξεργασία ενός συνεκτικού συνόλου για τη βελτίωση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος.
- η βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας, ιδίως σε θέματα διαχείρισης των βιομηχανικών κινδύνων, της πυρηνικής ασφάλειας και της ακτινοπροστασίας.

Η Περιβαλλοντική Στρατηγική της Κοινότητας στηρίζεται στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Ο ρυπαίνων μπορεί να κληθεί να πληρώσει είτε κάνοντας τις απαραίτητες επενδύσεις ώστε να συμμορφωθεί με αυστηρότερα πρότυπα, είτε καθιερώνοντας ένα σύστημα ανάκτησης, ανακύκλωσης ή διάθεσης των προϊόντων μετά την χρήση τους. Η πληρωμή μπορεί επίσης να έχει τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

Ακρογωνιαίος λίθος της δράσης της Ε.Ε. στον τομέα του περιβάλλοντος είναι τα προγράμματα δράσης για το περιβάλλον και ειδικά το 6^ο, το οποίο φέρει τίτλο «Περιβάλλον 2010: το μέλλον μας, η επιλογή μας». Το συγκεκριμένο πρόγραμμα καλύπτει την περίοδο από την 1η Ιανουαρίου 2001 έως τις 31 Δεκεμβρίου του 2010 και είχε τις εξής προτεραιότητες:

- αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και της θέρμανσης του πλανήτη,
- προστασία των φυσικών ενδιαιτημάτων και της άγριας πανίδας και χλωρίδας,
- αντιμετώπιση των προβλημάτων που συνδέονται με το περιβάλλον και την υγεία,
- διατήρηση των φυσικών πόρων και διαχείριση των αποβλήτων.

Η ΕΕ διαθέτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα περιβαλλοντικών ελέγχων για την αντιμετώπιση πάσης φύσεως ζητημάτων – π.χ. θόρυβος, απόβλητα συσκευασιών, κίνδυνοι που απειλούν τη διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων, καυσαέρια αυτοκινήτων, χημικά προϊόντα, βιομηχανικά ατυχήματα. Το υψηλό επίπεδο προστασίας που εξασφαλίζουν αυτοί οι έλεγχοι είναι σε γενικές γραμμές το ίδιο σε όλη την ΕΕ, αλλά η πολιτική είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να συνεκτιμά τις κατά τόπους συνθήκες,

προσαρμόζεται δε συνεχώς στα πλέον πρόσφατα δεδομένα.

Όσον αφορά τις κλιματικές αλλαγές ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε επίπεδο που δεν θα προκαλεί τεχνητές μεταβολές του κλίματος στη γη.

Ο βραχυπρόθεσμος στόχος που επιδιώκει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί στόχοι του πρωτοκόλλου του Κιότο, με άλλα λόγια δηλαδή από σήμερα μέχρι το χρονικό ορίζοντα του 2008-2012 να μειωθούν κατά 8% οι εκπομπές αερίων τύπου θερμοκηπίου σε συνάρτηση με τα επίπεδα του 1990. Περισσότερο μακροπρόθεσμα, από σήμερα μέχρι το έτος 2020, θα πρέπει οι εκπομπές αυτές να μειωθούν κατά ποσοστό 20% έως 40% με την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής διεθνούς συμφωνίας.

Σε σχέση με την διαχείριση των πόρων και των αποβλήτων, ο επιδιωκόμενος στόχος είναι να καταβληθεί μέριμνα, ούτως ώστε η κατανάλωση των ανανεώσιμων και των μη ανανεώσιμων πόρων να μην υπερβαίνει τα όρια που είναι σε θέση να αντέξει το περιβάλλον, διαχωρίζοντας την οικονομική ανάπτυξη από την χρήση των πόρων, αλλά και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των πόρων αυτών και μειώνοντας την παραγωγή αποβλήτων. Σε ότι αφορά τα απόβλητα, επιδιώκεται ο ειδικός στόχος της μείωσης της τελικής τους ποσότητας κατά ποσοστό 20% μέχρι το χρονικό ορίζοντα του 2010 και κατά ποσοστό 50% από σήμερα μέχρι το έτος 2050.

Οι εφαρμοστέες δράσεις είναι οι εξής:

- η επεξεργασία της στρατηγικής για τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων, με καθορισμό των συγκεκριμένων προτεραιοτήτων και τη μείωση της κατανάλωσης,
- η φορολόγηση της χρήσης των πόρων
- η κατάργηση των επιδοτήσεων που προωθούν την υπέρμετρη εκμετάλλευση των πόρων
- η ενσωμάτωση της βασικής αρχής της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης πολιτικής των προϊόντων, των συστημάτων απονομής του οικολογικού σήματος, των συστημάτων περιβαλλοντικής αξιολόγησης και ούτω καθεξής
- η επεξεργασία της στρατηγικής για την ανακύκλωση των αποβλήτων

- βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων και η πραγματοποίηση επενδύσεων για την ποιοτική και ποσοτική πρόληψη της δημιουργίας τους
- η ενσωμάτωση της προληπτικής πολιτικής αποφυγής των αποβλήτων στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων και στην κοινοτική στρατηγική που αφορά τις χημικές ουσίες.

Η Ευρώπη εξακολουθεί να αντιμετωπίζει τα περιβαλλοντικά προβλήματα (όπως η κλιματική μεταβολή, η ρύπανση των υδάτων, η διαχείριση των αποβλήτων) αλλά αποβλέπει επίσης στη διαμόρφωση νέων σχέσεων μεταξύ των συντελεστών που παρεμβαίνουν στον τομέα του περιβάλλοντος. Η Ευρώπη εδραιώνει την υιοθέτηση μιας νέας προσέγγισης της κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής, με βάση τις ακόλουθες αρχές:

- Θέσπιση μιας συνολικής και ενεργητικής προσέγγισης που απευθύνεται στους συντελεστές και στις δραστηριότητες που επηρεάζουν τους φυσικούς πόρους ή θίγουν το περιβάλλον.
- Βούληση ανατροπής των τάσεων και των πρακτικών που ζημιώνουν το περιβάλλον, τόσο της τρέχουσας όσο και των μελλοντικών γενεών,
- Προώθηση της αλλαγής συμπεριφορών στην κοινωνία με την συστράτευση όλων των εμπλεκόμενων συντελεστών (δημοσίων αρχών, πολιτών, καταναλωτών, επιχειρήσεων,...)
- Καθιέρωση της κατανομής ευθυνών,
- Χρήση νέων περιβαλλοντικών μέσων.

Ένα ακόμη πολύ σημαντικό κοινοτικό μέτρο, το οποίο αποσκοπεί να προσδιορίσει τη δομή του μελλοντικού κοινοτικού συστήματος περιβαλλοντικής ευθύνης και να θέσει σε εφαρμογή την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», είναι η Λευκή Βίβλος της 9ης Φεβρουαρίου 2000 για την περιβαλλοντική ευθύνη.

Η περιβαλλοντική ευθύνη αποσκοπεί στην καθιέρωση της καταβολής ενός χρηματικού ποσού από το πρόσωπο το οποίο έχει προκαλέσει ζημιές στο περιβάλλον προς αποκατάσταση των ζημιών που έχουν προκληθεί.

Για να εφαρμοστεί η αρχή της περιβαλλοντικής ευθύνης, πρέπει:

- Να μπορούν να εντοπιστούν οι ρυπαίνοντες,
- Να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν οι ζημιές,
- Να αποδειχθεί η σχέση μεταξύ ρυπαίνοντα και ζημιών.

Εξάλλου η αρχή της περιβαλλοντικής ευθύνης δεν μπορεί να εφαρμοστεί όταν πρόκειται για γενικευμένη και διάχυτη ρύπανση (μεταβολή κλίματος).

6.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

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

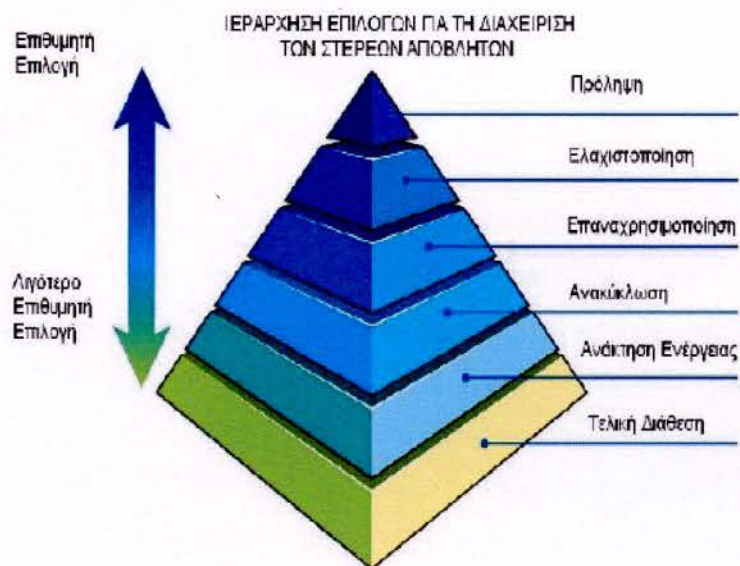
Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι τα εξής:

- 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 την

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 ρυπαίνων 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 μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών). Ειδικότερα, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων - με βάση τις κοινοτικές Οδηγίες ιεραρχείται βάσει του παρακάτω διαγράμματος στις εξής αρχές:



Σχήμα 7.1 : Ιεράρχηση επιλογών στην ΔΣΑ.

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, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν, σε αρκετά παγιωμένη μορφή, μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κλπ. Ήδη, όμως, έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων στο πλαίσιο της

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

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 η επαναχρησιμοποίηση και η ανάκτησή τους.

Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών: Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε 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 περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική, επίσης, προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

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

Αρχή της ασφαλούς διάθεσης: Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.

Το Δεκέμβριο του 2005, ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (COM(2005)666/EK: Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων). Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεσή τους, μέσω της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης 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 οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, αλλά και στην εξάλειψη των αλληλοεπικαλύψεων 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 της φύσης των υλικών και ενδεχομένως μέτρων συμπλήρωσης των μηχανισμών της αγοράς, σε περίπτωση που δεν επαρκέσουν για την εξασφάλιση της ανάπτυξης της ανακύκλωσης. Η εξειδίκευση της νέας αυτής θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα πραγματοποιήθηκε με τη θέσπιση της Οδηγίας 2006/12/EK για τα απόβλητα, η οποία και αντικαθιστά την Οδηγία πλαίσιο 75/442/ΕΟΚ (είχε επανειλημμένα τροποποιηθεί και για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη για λόγους σαφήνειας και ορθολογισμού η κωδικοποίηση της εν λόγω Οδηγίας).

Στη νέα αυτή Οδηγία τίθεται, πλέον σαφώς, η έννοια της προ-επεξεργασίας του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων, ως αναγκαιότητα για την αξιοποίησή τους είτε σαν πρώτη ύλη που θα εισέλθει στην παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή νέου προϊόντος, είτε σαν φυσικός πόρος για την παραγωγή ενέργειας, πριν την τελική διάθεσή τους. Αξίζει να επισημανθεί ότι η έννοια της προ-επεξεργασίας των ΑΣΑ, ως υποχρέωση πριν την ταφή των απορριμμάτων, έχει τεθεί με την Οδηγία 99/31/EK.

Επιπλέον, τίθενται με την Οδηγία 2006/12/EK μια σειρά από άλλα μέτρα, όπως

το ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να εκπονήσουν το ταχύτερο δυνατό σχέδια για τη συλλογή, την αξιοποίηση, αλλά και τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, καθώς και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να περιοριστούν οι μεταφορές των αποβλήτων. Παράλληλα, καθορίζονται οι διαδικασίες που απαιτούνται για την αδειοδότηση μονάδων επεξεργασίας και επισημαίνεται ότι η δαπάνη της διαχείρισης των αποβλήτων βαρύνει τον παραγωγό ή και τελικό κάτοχο αυτών.

Προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η διαχείριση των αποβλήτων στην Κοινότητα, απαιτούνται κοινή ορολογία και ορισμός των αποβλήτων. Με βάση την προσπάθεια για κοινή στρατηγική στο θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) με την Απόφαση 94/32/ΕΚ. Ο ΕΚΑ είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων, δηλαδή κατάλογος ο οποίος πρόκειται ανά τακτά διαστήματα να αναθεωρείται και εφόσον είναι απαραίτητο, να ανασκευάζεται σύμφωνα με την διαδικασία της Επιτροπής. Ο ΕΚΑ αποτελεί σήμερα ονοματολογία αναφοράς, παρέχοντας κοινή για όλη την Κοινότητα ορολογία, με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων. Τα απόβλητα του ΕΚΑ που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο, όπως ορίζει η Απόφαση 2000/532/ΕΚ. Θα πρέπει, τέλος, να τονιστεί ότι ένα υλικό που περιλαμβάνεται στον ΕΚΑ, δεν είναι απόβλητο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Ο όρος είναι δόκιμος μόνο όταν ικανοποιείται ο ορισμός του με βάση το άρθρο 1 της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ.

Η Οδηγία 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» διατυπώνει αυστηρούς όρους και προϋποθέσεις για τη συλλογή, μεταφορά, αξιοποίηση και διάθεση των τοξικών και επικίνδυνων κατηγοριών απορριμμάτων, καθώς και ειδικές απαιτήσεις που τα κράτη μέλη υποχρεώνονται να εφαρμόζουν.

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ «περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων» στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον και ειδικότερα στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου. Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις (3) κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων

- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων.

Επιπροσθέτως, προβλέπει τη διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρου ταφής και απαγορεύει τη διάθεση αποβλήτων όπως τα ελαστικά, τα νοσοκομειακά απόβλητα κ.α. Με βάση την Οδηγία, τα κράτη μέλη οφείλουν να διαμορφώσουν εθνική στρατηγική για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που καταλήγει σε χώρους ταφής, καθώς θεσπίζονται συγκεκριμένοι ποσοτικοί στόχοι.

Αναφορικά με την «αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων», αυτή καλύπτεται από την Οδηγία 2000/76/ΕΚ. Στόχος της Οδηγίας, είναι η πρόληψη ή ο περιορισμός των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία. Η Οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις (“ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης”), αλλά και τις εγκαταστάσεις “συνδυασμένης αποτέφρωσης”.

Οι τελευταίες, είναι εγκαταστάσεις των οποίων βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή υλικών προϊόντων και οι οποίες χρησιμοποιούν ως κύριο ή βοηθητικό καύσιμο τα απόβλητα, αφού αυτά υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία για την τελική διάθεσή τους.

6.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο. Βάση του θεσμικού μας πλαισίου για το περιβάλλον και κατ’ επέκταση τη διαχείριση των αποβλήτων, αποτελεί ο Νόμος 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος». Ο νόμος αυτός θέτει το γενικό πλαίσιο, τους στόχους και τα μέσα για την προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με το άρθρο 12, ορίζονταν αρμόδιοι φορείς για την διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων οι ΟΤΑ, οι οποίοι όμως έχουν την δυνατότητα να μην διαχειρίζονται απόβλητα που λόγω της σύστασης τους δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά απορρίμματα. Πρόσφατα το άρθρο αυτό αναθεωρήθηκε με το άρθρο 30 του Ν. 3536/2007, όπου ορίστηκε πλέον ότι αρμόδιοι για τη διαχείριση των ΑΣΑ θα είναι οι φορείς διαχείρισης (ΦοΔΣΑ) που θα συστήσουν οι ΟΤΑ που αποτελούν μια

συγκεκριμένη γεωγραφική ενότητα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 50910/2003).

Η ΚΥΑ 114218/97 «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων», ουσιαστικά εξειδικεύει το νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, θέτοντας συγκεκριμένες προδιαγραφές για τα έργα. Ωστόσο, οι προδιαγραφές αυτές θεωρούνται ότι δεν συνάδουν με το γενικότερο πλαίσιο και τις τάσεις που διαμορφώνονται σε ευρωπαϊκό επίπεδο και θα πρέπει άμεσα να επικαιροποιηθούν. Ο Νόμος 2939/2001 διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο «για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων». Με το νόμο αυτό ενσωματώνεται η Οδηγία 94/62/ΕΟΚ στο Εθνικό Δίκαιο και καθορίζεται το πλαίσιο για την υλοποίηση προγραμμάτων ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, αξιοποίησης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (μπαταρίες, ηλεκτρονικά, ελαστικά κ.α.), με τη θέσπιση συγκεκριμένων ποσοτικών στόχων και χρονικών ορίων για την προσέγγισή τους. Ειδικά, τα σχετικά προεδρικά διατάγματα καθορίζουν τους επιμέρους όρους για το κάθε ρεύμα αποβλήτου. Ως σήμερα έχουν εκδοθεί τα Π.Δ. 82/2004, 109/2004, 115/2004, 116/2004, 117/2004 και 15/2006 για τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές, τα οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αντίστοιχα. Η ΚΥΑ 29407/2002 θέτει τους «όρους και τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της υγειονομικής ταφής των στερεών αποβλήτων», προς συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 99/31/ΕΚ.

Το 2003 δημοσιεύεται η ΚΥΑ 37591/2031/2003 «για τη διαχείριση των αποβλήτων από Υγειονομικές Μονάδες». Με βάση την ΚΥΑ αυτή υποχρεούνται οι Υγειονομικές Μονάδες να εκπονήσουν Εσωτερικό Κανονισμό Διαχείρισης Επικινδύνων Ιατρικών Αποβλήτων (ΕΙΑ), ενώ απαιτείται και η παράλληλη ενεργοποίηση και συμμετοχή των Επιτροπών Υγιεινής και Ασφάλειας των Υγειονομικών Μονάδων, οι οποίες θα πρέπει να παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην ενημέρωση των εργαζομένων, όσο και στην εποπτεία της ορθής λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των ΕΙΑ. Την ίδια χρονιά δημοσιεύεται η ΚΥΑ 50910/2727/2003 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» για την πλήρη συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ. Στην ΚΥΑ αυτή καθορίζονται οι στόχοι και οι αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, καθώς και

οι προδιαγραφές του εθνικού (ΕΣΔΑ) αλλά και των περιφερειακών σχεδίων (ΠΕΣΔΑ) για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Επιπλέον, καθορίζονται οι υπόχρεοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΦοΣΔΑ), καθώς και μέτρα για την αποκατάσταση και αξιοποίηση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων.

Τέλος, η πιο πρόσφατη νομοθετική ρύθμιση αναφορικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, είναι η ΚΥΑ 13588/725/2006 «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων». Στην απόφαση αυτή καθορίζονται οι υποχρεώσεις των παραγωγών και των φορέων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων, ενώ πρόσφατα καθορίστηκαν και οι τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των επικινδύνων στερεών αποβλήτων (ΚΥΑ 24944/1159/2006), καθώς και το περιεχόμενο του εθνικού σχεδιασμού διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων, ο οποίος εκπονήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΚΥΑ 8668/2007).

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ”

7.1 Παραγωγή και διαχείριση ΑΣΑ στην Ελλάδα

Η παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα αυξάνεται με τα χρόνια, όπως παντού στον κόσμο. Παρατηρείται μια σταθερή αύξηση τα τελευταία χρόνια και εκτιμάται ότι θα συνεχιστεί και στο άμεσο μέλλον. Ένα μεγάλο μέρος των ΑΣΑ παράγεται στις Περιφέρειες Αττικής (39%) και Κεντρικής Μακεδονίας (16%), όπου βρίσκονται οι μεγαλύτερες πόλεις, Αθήνα και Θεσσαλονίκη έχουν την έδρα τους. Η σύνθεση των ΑΣΑ στην Ελλάδα είναι παρόμοια με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο με μόνη διαφορά το υψηλότερο οργανικό κλάσμα και το ποσοστό υγρασίας έως στο 40%. Οι μέθοδοι διαχείρισης ΑΣΑ στην Ελλάδα, όπως αυτές είχαν χρησιμοποιηθεί το 2004, ήταν υγειονομική ταφή (91,8%) και η ανακύκλωση (8,2%). Προς το παρόν, δεν υπάρχει WTE χωρητικότητας στην Ελλάδα, ενώ λειτουργούν μερικές μηχανικές μονάδες επεξεργασίας, παραγωγής RDF ή SRF, ή βρίσκονται υπό κατασκευή.

Από τον Νοέμβριο του 2006, η μονάδα μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας και κομποστοποίησης ΑΣΑ (ΕΜΑΚ) των Άνω Λιοσίων (Αττική) παράγαγε 220000t ετησίως του RDF που περιέχει 27,4% υγρασία, και Cl 0,4%. Η παραγωγή του καυσίμου αυτού δικαιολόγησε την επένδυση της εγκατάστασης ΕΜΑΚ και προβλέπεται ότι θα είναι οικονομικά συμφέρουσα για την συμβατική προσέγγιση της μαζικής καύσης των στερεών αποβλήτων.

Παρ' όλα αυτά αυτό το καύσιμο δεν έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή τσιμέντου ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και αν οι δυνατότητες χρησιμοποίησης είναι αρκετά σε υψηλού επίπεδου.

7.2 Δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από την ενεργειακή αξιοποίησης αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα

Η άμεση καύση ΑΣΑ χρησιμοποιείται ευρέως από τον αναπτυγμένο κόσμο και είναι λιγότερο δαπανηρή η εφαρμογή της από το συνδυασμό μιας μονάδας παραγωγής RDF (π.χ., όπως η εγκατάσταση ΕΜΑΚ στα Άνω Λιόσια), συνδυασμένη με μια μονάδα καύσης αποκλειστικά RDF. Ωστόσο, το RDF προσφέρει πλεονεκτήματα στις περιπτώσεις όπου μπορεί να καεί μαζί με λιγνίτη σε υφιστάμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις που διαθέτουν συστήματα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μπορούν να ικανοποιήσουν τα πρότυπα της ΕΕ για τα πτητικά βάρεια μέταλλα, διοξίνες, και αιωρούμενα σωματίδια.

Μια άλλη δυνατότητα είναι η εφαρμογή πολλών μικρών μονάδων RDF / SRF που μειώνουν το βάρος των ΑΣΑ προς επεξεργασία και παράγουν ένα υψηλότερης θερμογόνου δύναμης καύσιμο που στη συνέχεια μπορεί να μεταφερθεί ευκολότερα σε μια μεγαλύτερη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης. Το πλεονέκτημα μιας τέτοιας πολιτικής θα ήταν ότι λίγες εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης, σε στρατηγικά σημεία σε όλη την Ελλάδα, θα απαιτούσαν ίσως μικρότερες δαπάνες από μικρές μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης.

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων για την περίοδο 2007-13 (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων), προβλέπει μια σειρά μονάδων παραγωγής RDF / SRF σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, αλλά δεν αναφέρει την ανάγκη για αξιοποίησή του σε εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης, πιθανών διότι θεωρείται ότι το εν λόγω υλικό θα καταναλωθεί στις υφιστάμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Ωστόσο, εάν αυτή η υπόθεση δεν υλοποιηθεί, θα πρέπει να κατασκευαστούν μονάδες καύσης που τροφοδοτούνται από το RDF.

Πίνακας 7.1 Δυνατότητα μοναδων επεξεργασίας SRF/RDF στην Ελλάδα, σύμφωνα με τη διαχείριση ΑΣΑ .Στρατηγικό σχέδιο της Ελλάδα.

Περιοχές/νομαρχιακά διαμερίσματα	Εγκαταστάσεις	Ποσότητες αποβλήτων ($\times 10^3$ t/y)			Ποσότητες SRF ($\times 10^3$ t/y)
	ΕΜΑΚ I	495			148.5*
	ΕΜΑΚ II	660			198.0*
Αττική					
ΒΔ Θεσσαλονίκη	ΜΒΕ	180 ¹	180 ²	360 ³	54†
ΝΑ Θεσσαλονίκη	ΜΒΕ	120 ¹	180 ²	240 ³	36†
Σέρρες	ΜΒΕ	90 ¹	90 ²	100 ³	27†
Ημαθία	ΜΒΕ	50 ¹	55 ²	60 ³	15†
Πέλλα			30 ²	35 ³	9‡
Πιερία			30 ²	35 ³	9‡
Κιλκίς				35 ³	10.5
Δυτική Μακεδονία	ΜΒΕ	150 [#]		106 [#]	19.5
Πελοπόννησος			255		76.5
Κρήτη	Χανιά		70		+
	Ηράκλειο	70	210		35

Σημειώσεις: Οι ποσότητες έχουν υπολογιστεί με τον παράγοντα 0,3 βασισμένο στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις ΕΜΑΚ που αναπτύσσουν δραστηριότητες σε Άνω Λιόσια, με τις εξαιρέσεις που σημειώνονται στον πίνακα από ή κάτω.

*: Οι ποσότητες έχουν υπολογιστεί θεωρώντας ότι 120x103 t/y σε ΕΜΑΚ I και 160x103 t/y σε ΕΜΑΚ II της ηλδός καθαρισμού λυμάτων θα αντιμετωπιστεί επίσης.

.¹, ², ³: προγραμματισμένες ποσότητες για τα έτη 2010 ..2013 ..2020 αντίστοιχα

†, ‡: Οι ποσότητες έχουν υπολογιστεί για τα έτη 2010 ..2013 αντίστοιχα

#: 150x103 t/y είναι η σχεδιασμένη ικανότητα, 106x103 t/y είναι η προβλεπόμενη επεξεργασμένη ποσότητα για το 2011 και το ποσοστό παραγωγής SRF είναι περίπου 18%,

‡: Στο νομαρχιακό διαμέρισμα Ηράκλειο της Κρήτης οι εγκαταστάσεις βιο-ξηρανσης που παράγουν SRF με περίπου 50% SRF στο ρεύμα παραγωγής είναι υπό κατασκευή με την ικανότητα 70x103 t/y, η οποία προγραμματίζεται να αυξηθεί σε 210x103t/y σε 2010

Με βάση αυτό το σενάριο, και τα αποτελέσματα μελετών που δείχνουν ότι 1 kg SRF μπορεί να υποκαταστήσει 1kg του λιγνίτη (επιτυγχάνοντας μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 1kg CO₂ ανά kg SRF),η συν-αποτέφρωση SRF σε λιγνιτικούς σταθμούς μπορεί να μειώσει τη χρήση του λιγνίτη κατά 20000t ετησίως στη Δυτική Μακεδονία και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά το ίδιο ποσό. Επίσης,

θα υπάρξει εξοικονόμηση 76000t λιγνίτη ανά έτος στην Πελοπόννησο, ενώ 76000t εκπομπών CO₂ αποφεύγεται. Εδώ, πρέπει να τονιστεί ότι η συναποτέφρωση αποβλήτων σε εγκαταστάσεις που δεν έχουν σχεδιαστεί για την αποτέφρωση αστικών στερεών αποβλήτων δεν θα πρέπει να επιτραπεί να έχει υψηλότερα επίπεδα εκπομπών ρυπογόνων ουσιών από τα επίπεδα που επιτρέπονται για μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ και RDF/SRF. Συνεπώς θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με κατάλληλα συστήματα καθαρισμού απαερίων. Για την περίπτωση της Κρήτης, οι εγκαταστάσεις καύσης RDF προβλέπονται στο εθνικό σχέδιο για επεξεργασία ΑΣΑ, θα καιγόταν ετησίως 105000t RDF. Με βάση τη διεθνή εμπειρία (περίπου 650kWh/t RDF), μιας τέτοιας εγκατάστασης θα παράγαγαν 70GWh της ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Οι περιπτώσεις της Αττικής και της κεντρικής Μακεδονίας είναι πιο περίπλοκες λόγω της μη αποδοχής από τον κόσμο. Οι ποσότητες των παραχθέντων ΑΣΑ είναι πολύ υψηλή και έτσι, βασισμένοι στην διεθνή εμπειρία, η καλύτερη μέθοδος για την ενεργειακή ανάκτηση φαίνεται να είναι η μαζική-καύση ΑΣΑ σε συνδυασμό με τα RDF/SRF τα οποία θα παράγονται σε περιοχές απομακρυσμένες από την κύρια εγκατάσταση. Σύμφωνα με ανωτέρω παραδοχή, δηλαδή ότι 1 τόνος SRF που καίγεται μπορεί να παράγει 700kWh για το πλέγμα, και ένας τόνος ΑΣΑ 650kWh, ο πίνακας 7.2 παρακάτω παρουσιάζει προτεινόμενα σενάρια για την ηλεκτρική παραγωγή για όλη την ηπειρωτική χώρα στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων των περιοχών για τις οποίες δεν παρουσιάζεται κανένα στοιχείο στο εθνικό στρατηγικό σχέδιο. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι σημαντικότερες εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης θα είναι κοντά στους καταναλωτές (Αθήνα και Θεσσαλονίκη), το όφελος θα είναι ακόμα υψηλότερο και με χαμηλότερες απώλειες ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η καύση με ανάκτηση ενέργειας θα οδηγήσει επίσης σε μείωση κατά 90% του όγκου των αποβλήτων στους ΧΥΤΑ, σε περίπτωση που δεν έχουν αναπτυχθεί εκείνες οι ευεργετικές χρήσεις της τέφρας από την ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ. Το όφελος που θα προκύψει είναι αρκετά υψηλό, τόσο σε ανάκτηση ενέργειας όσο και για την ποιότητα του περιβάλλοντος στις περιοχές που αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα στην διαχείριση των αποβλήτων τους

Πινάκας 7.2 Δυνατότητα εξοικονόμησης ηλεκτρικής παραγωγής και λιγνίτη στην Ελλάδα από ενεργειακή αξιοποίηση.(μαζική καύση και χρησιμοποίηση RDF/SRF).

Περιοχή	Αποταμίευση ηλεκτρικής παραγωγής/λιγνίτη	Παρατηρήσεις
Αττική	650×10^6 kWh _e /y	Σενάριο με τις εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης τουλάχιστον της ικανότητας 1Mt/y για τα μικτά ρεύματα ΑΣΑ και RDF/SRF
Κεντρική Μακεδονία	325×10^6 kWh _e /y	Σενάριο με τη δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης με την ικανότητα 0.5Mt/y για τα μικτά ρεύματα ΑΣΑ και RDF/SRF
Κρήτη	70×10^6 kWh _e /y	1 εγκατάσταση αποκλειστικής χρησιμοποίησης RDF/SRF τουλάχιστον της ικανότητας 105Kt/y
Δυτική Μακεδονία	20×10^3 t/y	Συν-καύση / ομο - αεριοποίηση on ύπαρξη βαλμένος φωτιά εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας
Πελοπόννησος	76×10^3 t/y	Συν-καύση / ομο-αεριοποίηση on existing coaled fired power plants
Ήπειρος*†	32×10^3 t/y	Η πρόταση για mbt τις εγκαταστάσεις σε Ήπειρο και την ομο-καύση/την ομο-αεριοποίηση στην ύπαρξη οι βαλμένες φωτιά εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας στη δυτική Μακεδονία
Δυτική Ελλάδα *	130×10^6 kWh _e /y	Πρόταση για 1 μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης με την ικανότητα 0,2Mt/y για τα μικτά ρεύματα ΑΣΑ και RDF/SRF που θα παράγονται τοπικά
Κεντρική Ελλάδα * Θεσσαλία *	195×10^6 kWh _e /y	Πρόταση για 1 μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης με την ικανότητα 0,3Mt/y για τα μικτά ρεύματα ΑΣΑ και RDF/SRF που θα παράγονται τοπικά στις περιοχές
Ανατολική Μακεδονία - Θράκη	130×10^6 kWh _e /y	Πρόταση για 1 ενεργειακής αξιοποίησης με την ικανότητα 0,2Mt/y για τα μικτά ρεύματα MSW και RDF/SRF που θα παράγονται τοπικά

*: Οι ποσότητες έχουν υπολογιστεί βασισμένα στα υπάρχοντα στοιχεία του 1997, που αυξάνονται από το 1997 κατά 20%, με ανακύκλωση της τάξης του 25% (150% έχει αυξηθεί προς το παρόν, σύμφωνα με τιμές στόχων του Υπουργείου)

†: Οι ποσότητες έχουν υπολογιστεί με συντελεστή 0,3 βασισμένο στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις ΕΜΑΚ στα Άνω Λιόσια

Εφαρμογή των ανωτέρω σεναρίων θα μειώσει τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων για την παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με αποτέλεσμα να μειωθεί η εξάρτηση της χώρας από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, ενισχύοντας έτσι τις προσπάθειες για την οικονομική ανάπτυξη στην Ελλάδα. Επιπλέον θα μειώσει τις εκπομπές αέριων

του θερμοκηπίου στην παραγωγή ενέργειας, βελτιώνοντας την περιβαλλοντική επίδοση του παραγωγικού αυτού τομέα (πρωτογενής) Αυτά τα πρόσθετα οφέλη μαζί με εκείνα που ήδη αναφέρθηκαν αποδεικνύουν ότι η χρήση των ΑΣΑ και RDF / SRF για την παραγωγή ενέργειας θα προσφέρει σημαντικά οφέλη όχι μόνο για το περιβάλλον αλλά και για την οικονομία και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα δυνητικά οφέλη είναι τεράστια: Πάνω από 1,5 δισεκατομμύρια kWh / y, σχεδόν το 2,5% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στην παραγωγή την Ελλάδα το 2006, θα μπορούσε να παραχθεί, και πάνω από 128.000 τόνοι λιγνίτη να εξοικονομηθούν ετησίως.

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ”

Στη μελέτη που προηγήθηκε, παρουσιάστηκαν με λεπτομέρεια όλοι τρόποι ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων. Ωστόσο, δεν θα μπορούσαμε να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα γενικής εφαρμογής και να χαρακτηρίσουμε κάποια από τις μεθόδους ως περισσότερο αποτελεσματική. Και αυτό συμβαίνει, για τον πολύ απλό λόγο, ότι η επιλογή του τρόπου διαχείρισης των απορριμμάτων διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Η σωστή επιλογή εξαρτάται από τις συνθήκες της περιοχής, καθώς και από την σύνθεση και το ενεργειακό περιεχόμενο των παραγόμενων απορριμμάτων, το οποίο μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα, η σύσταση και το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων που παράγονται στις Βορειοευρωπαϊκές χώρες θεωρείται καταλληλότερο για επεξεργασία με τη μέθοδο της καύσης, από αυτών που παράγονται στις Μεσογειακές. Η καύση, λοιπόν, αποφεύγεται στις Μεσογειακές χώρες, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των απορριμμάτων των χωρών αυτών σε ζυμώσιμα υλικά. Ο σκοπός της εργασίας είναι να δώσει στον αναγνώστη μια πλήρη εικόνα του συνόλου των μεθόδων επεξεργασίας απορριμμάτων και των σύγχρονων εφαρμογών τους, των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, αλλά και τρόπων αντιμετώπισής τους και ει δυνατόν εξάλειψής τους, ώστε να είναι σε θέση να αποφασίσει ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος ανάλογα με τα δεδομένα και τις ανάγκες της περίπτωσης που τον ενδιαφέρει.

Αναμφισβήτητα, όλες οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν έχουν μειονεκτήματα, και μάλιστα πολλές φορές, σημαντικά. Γι' αυτό, θα πρέπει ο πρωταρχικός στόχος να είναι μείωση των απορριμμάτων, μέσω της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Η επεξεργασία θα πρέπει να περιορίζεται στα αναπόφευκτα απορρίμματα.

Πιο αναλυτικά:

Η *θερμική επεξεργασία αστικών απορριμμάτων* είναι συμβατή με τους περιβαλλοντικούς στόχους παγκοσμίως και τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες [2000/76/EC]. Επίσης οδηγεί στην ενεργειακή αξιοποίηση και μειώνει την ποσότητα των απορριμμάτων προς τελική ταφή. Εφαρμόζεται αρκετά χρόνια με επιτυχία παγκοσμίως και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού για την ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων.

Η *θερμική επεξεργασία/Τεχνολογία αεριοποίησης πλάσματος*, αποτελεί μια περιβαλλοντικά φιλική τεχνολογία επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων αλλά και άλλων επικίνδυνων αποβλήτων όπως η υλύς από μονάδες βιολογικού καθαρισμού, στάχτη από μονάδες καύσης και νοσοκομειακά και βιομηχανικά απόβλητα. Επίσης οδηγεί στην ανάκτηση εκμεταλλεύσιμων πόρων από τα απόβλητα (ενέργεια και υλικά), ελαχιστοποιώντας την ποσότητα του στερεού υπολείμματος προς τελική ταφή, το οποίο είναι αδρανές. Έχει πολύ καλή ενεργειακή απόδοση, δεν έχει βρει ακόμη ευρεία εμπορική εφαρμογή στην επεξεργασία αστικών απορριμμάτων, όπως η καύση, με μονάδες μεγάλης δυναμικότητας, ενώ το κόστος της προς το παρόν είναι σχετικά υψηλότερο από την καύση.

Η *χρήση των ΑΣΑ σε εγκαταστάσεις, άμεσης καύσης* είτε με τη μορφή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF σε ειδικές εγκαταστάσεις καύσης είτε ως υποκατάστατα ορυκτών καυσίμων σε λιγνιτικές μονάδες παραγωγής θα οδηγήσει σε σημαντική ενεργειακή ασφάλεια και περιβαλλοντικά οφέλη. Οι παρούσες συνθήκες, ο όγκος και το περιεχόμενο της ενέργειας των ΑΣΑ που παράγονται, καθώς και το Εθνικό Σχέδιο Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα δείχνουν ότι οι δυνατότητες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΣΑ είναι αρκετά υψηλό. Τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών δείχνουν ότι εκεί μπορεί να είναι δυνατή η χρήση SRF σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής της Μακεδονίας και της Πελοποννήσου, ενώ Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Θεσσαλία και Δυτική Ελλάδα φαίνεται να απαιτεί μονάδες καύσης ΑΣΑ με ενεργειακή ανάκτηση οι οποίες μπορούν να αποτεφρώσουν και δευτερογενή καύσιμα RDF/SRF Στην Κρήτη, η χρησιμοποίηση ενός RDF / SRF σε ειδική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής έχει προβλεφτεί να κατασκευαστεί

Σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν, είναι μεταξύ άλλων η μείωση της ανάγκης για ορυκτά καύσιμα, μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές καυσίμων, η μείωση των αερίων θερμοκηπίου και η αποφυγή της υγειονομικής ταφής.

Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη για το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων να περιλαμβάνει ένα πλάνο όπου θα συνδυάζεται η χρήση των ΑΣΑ ως καύσιμο, είτε σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης μαζικής καύσης ή σε μονάδες που καίνε αποκλειστικά RDF ή ακόμα και η χρησιμοποίησή τους στις θερμοηλεκτρικές εγκαταστάσεις

παραγωγής ενέργειας λιγνίτη εξοπλισμένα με επαρκή συστήματα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τέλος, θα αναφερθούμε στο πιο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει κανείς μέσα από αυτή την εργασία. Μέσα από τη μελέτη της, λοιπόν, αποδεικνύεται ότι τα απορρίμματα μπορούν, με την κατάλληλη διαχείριση, να αποτελέσουν σημαντική πηγή ενέργειας και έτσι πρέπει να αντιμετωπίζονται. Στη σύγχρονη κοινωνία όπου ο ρυθμός εξάντλησης των φυσικών πόρων αυξάνεται συνεχώς, τα απορρίμματα μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας μπορούμε πλέον να πάρουμε ενέργεια από κάτι που μέχρι πρότείνως θεωρούσαμε άχρηστο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δυνατότητες και προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα- Θέματα Προγραμματισμού 38-Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών – Αθήνα 1988.
2. Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων (ημερίδα) – Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών – Αθήνα, Φεβρουάριος 2004.
3. Σκορδίλης, Αδαμάντιος Δ. (1993). Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων.
4. Τάντης, Γεώργιος: Διαχείριση αστικών απορριμμάτων ΕΛΚΕΠΑ Ινστιτούτο τεχνολογικών εφαρμογών μονάδα βιοτεχνολογίας, Αθήνα 1993.
5. Τριανταφύλου Α.Δ Αλμπάνη: «Ρύπανση και τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος», Ιωάννινα 1996.
6. Μαυρόπουλος Α. (2003), «Επεξεργασία αποβλήτων: από την ιδέα στην υλοποίηση», ΟΙΚΟΠΟΛΙΣ Τεύχος 1, Σεπτέμβριος.
7. Η.Π 50910/2727/2003 (2003), «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός διαχείρισης». ΦΕΚ 1909/Β/22.12.2003.
8. Μαυρόπουλος Α., Στοϊλόπουλος Β., Κολοκοτρώνη Κ., Φαγογένη Ε. (2002), «Οι ΧΥΤΑ στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και εμπειρίες», 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, «Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων», Αθήνα, 28/2-1/3/2002.
9. Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2006). Τεχνικές Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων [<http://eeds.gr>].
10. Θέμελης Ν. και Κορωναίος Χ. (2004) Σύγκριση της Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων για Παραγωγή Ενέργειας και της Υγειονομικής Ταφής. Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονικές Εκδόσεις Τ.Ε.Ε., Τεύχος 1-2.
11. Κόλλιας Π. (1993). Απορρίμματα Αστικά & Βιομηχανικά: Συλλογή – Μεταφορά – Ανακύκλωση – Υγειονομική Ταφή – Λιπασματοποίηση – Καύση.
12. Φάττα Δ. (2007). Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων. Σημειώσεις Μαθήματος «Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου [www.eng.ucy.ac.cy].
13. Ψωμάς Σ. (2005). Καύση Αποβλήτων: Ακριβή – Αναποτελεσματική – Επικίνδυνη. Έκθεση του Ελληνικού Γραφείου της Greenpeace [www.oikologos.gr].
14. Οικονομοπούλου, Μ.Α., Π.Π. Οικονομόπουλος και Α.Π Οικονομόπουλος (1999) «Βέλτιστη διαχείριση απορριμμάτων και ανάλυση ευαισθησίας για

- περιφέρεια Δ.Μακεδονίας», Πρακτικά 3ου Διεθνούς Συμποσίου «HELECO 99'», Τόμος II, σ. 31-41.
15. Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε. (1998). Εθνικός Σχεδιασμός Ολοκληρωμένης και Εναλλακτικής Διαχείρισης Απορριμμάτων και Αποβλήτων.
 16. Κ.Υ.Α 14312/1302 ΦΕΚ 723 Β'/9.6.2000 «Συμπλήρωση και Εξειδίκευση της υπ' αριθ. 113944/1997 ΚΥΑ με θέμα Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων».
 17. Bilitewski B. (2006a). State of the Art and New Developments of Waste to Energy Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
 18. Bilitewski B. (2006b). Pyrolysis, Gasification and Plasma Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
 19. Ecoprog & Fraunhofer UMISICHT (2006). The European Market for Waste Incineration Plants: Market Volume – Manufacturers – Strategies – Trends.
 20. Kleis H. and Dalager S. (2004). 100 Years of Waste Incineration in Denmark: From Refuse Destruction Plants to High- technology Energy Works [www.wte.org].
 21. Stengler E. (2006). Developments and Perspectives for Energy Recovery from Waste in Europe. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
 22. Themelis N. (2003). An Overview of the Global Waste – to –Energy Industry. Waste Management World, 2003-2004 Review Issue, p. 40-47.
 23. U.K. Parliamentary Office of Science and Technology (2000). Incineration of Household Waste [www.parliament.uk].
 24. U.S Environmental Protection Agency (EPA) (2006). Municipal Solid Waste in the U.S.: 2005 Facts and Figures [www.epa.gov].
 25. Vehlow J. (2006). State of the Art of incineration Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
 26. Geotechnical Practice for Waste Diposal – David. E. Daniel.
 27. Waste management Bilitewski B., Hardtle G., Marek K., Weissbach A., Boeddicker H., Εκδόσεις Springer.

28. Municipal solid waste management, Strategies and technologies for sustainable solution – Ludwig Christian, Hellweg Stefanie, Stucki Samuel.
29. Παναγιωτακόπουλος Δ., "Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων", Ζυγός, 2002.
30. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Σημειώσεις σχετικά με τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, www.aix.meng.auth.gr, ανασύρθηκε 12/6/07.
31. ΕΠΕΜ Α.Ε., "Ζητήματα Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων", Αθήνα, 2005
32. ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., "Μελέτη Μονάδας Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης των ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία", Κοζάνη, 2005.
33. Πρακτικά Ημερίδας της Ελληνικής Εταιρίας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων με θέμα «Μηχανική – Βιολογική Επεξεργασία & Διαχείριση Βιοαποδομήσιμων» Αθήνα, 2007.
34. Juniper Consultancy Services Ltd., "Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers. Processes, Policies and Markets", www.juniper.co.uk/publications, 2005.
35. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues", McGrawHill, 1993.
36. Mansher AGR and Keeling AA, "Practical handbook of processing and recycling municipal waste", CRC Press, 1996.
37. COM (2005) 666/EK: "Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων", <http://europa.eu.int>, ανασύρθηκε 12/6/07.
38. Cranfield University – Integrated Waste Management Centre, "Review of emergent waste thermal treatment technologies", TEVER Project –Interim Report II, 2006.
39. C.S. Psomopoulos and N.J. Themelis, Potential for energy generation in Greece by combustion of asreceived or pre-processed (RDF/SRF) municipal solid wastes, 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2009), June 21-26 2009, Mykonos, Greece

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ (Internet)

1. http://www.ucm.org.cy/gr/documents/ekthesis/chap5_Bioaerio.doc
2. <http://www.hua.gr/compost.net/ENVITEC.doc>
3. <http://www.sat.uaa.gr/medact/tech/semmppe/georgop.htm>
4. <http://www.e.s.d.k.n.a.gr>
5. http://www.energia.gr/Meleti_icap
6. <http://www.cres.gr/kape>
7. <http://www.biomass.org>
8. <http://www.tomi.gr/gr/energia/leitourgia/symparagwgi/symparagwgi.htm>
9. <http://www.europa.eu.int>
10. <http://www.eea.eu.int>
11. <http://www.minerv.gr>
12. <http://www.hyper.gr/asstota>
13. <http://www.ecorec.gr>
14. <http://www.recycle.gr>
15. <http://www.hachp.gr>
16. <http://www.safewasteandpower.com>
17. <http://www.recoveredenergy.com>
18. <http://www.cres.gr>
19. <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/what.html>
20. <http://www.kleanindustries.com/s/KleanResources.asp>
21. <http://www.energia.gr>
22. <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=96>
23. http://www.cres.gr/energy-saving/technologies_n_gas.htm
24. <http://www.rae.gr/>
25. <http://www.kepe.gr/>
26. <http://www.martingmbh.de>