



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.)
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"**

**«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ
ΝΑΞΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ»**



Κατσαρού Αικατερίνη

Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Μεταπτυχιακή εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για το Δ.Π.Μ.Σ.
του Ε.Μ.Π.
«Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Αθήνα, Οκτώβριος 2009

Επιβλέπουσα : Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου

Επιτροπή Παρακολούθησης :
Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου
Επ. Καθηγήτρια Α. Παπά
Καθηγητής Χρ. Κορωναίος

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

«Προσπάθησε να μάθεις κάτι απ' όλα και όλα για κάτι».

Thomas Huxley, 1825-1895

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	
ΣΥΝΟΨΗ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
ΜΕΡΟΣ Α	16
1 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	16
1.1 Στρατηγική για την πρόληψη και την ανακύκλωση των αποβλήτων.....	18
1.2 Διαχείριση αποβλήτων.....	21
1.3 Υγειονομική ταφή των αποβλήτων.....	23
1.4 Αποτέφρωση των αποβλήτων.....	25
1.5 Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασίας.....	28
1.6 Εθνική Νομοθεσία.....	30
2 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	31
2.1 Ποσοτική Ανάλυση Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....	33
2.2 Ποιοτική Ανάλυση Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....	35
2.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά.....	35
2.2.2 Χημικά χαρακτηριστικά	43
2.3 Οργανικό Φορτίο Οικιακών Απορριμμάτων.....	47
2.3.1 Δυνατότητες αξιοποίησης οργανικού κλάσματος.....	48
3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	50
3.1 ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ.....	52
3.1.1 Μονάδα αποτέφρωσης.....	54
3.1.2 Εκπομπές από μονάδες αποτέφρωσης.....	60
3.1.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	63
3.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ.....	64

3.2.1	Εγκατάσταση πυρόλυσης.....	65
3.2.2	Εκπομπές από μονάδες πυρόλυσης.....	67
3.2.3	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	69
3.3	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ.....	69
3.3.1	Εγκατάσταση αεριοποίησης.....	70
3.3.2	Εκπομπές από μονάδες αεριοποίησης.....	72
3.4	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ.....	76
3.4.1	Θεωρητικό υπόβαθρο τεχνολογίας πλάσματος	77
3.4.2	Διεργασία πλάσματος.....	79
3.4.3	Εκπομπές από μονάδες πλάσματος.....	82
	ΜΕΡΟΣ Β	84
4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΝΑΞΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ELECTRE I	84
4.1	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ Ν. ΑΙΓΑΙΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΗΣΟΥ ΝΑΞΟΥ.....	84
4.1.1	Χαρακτηριστικά των απορριμμάτων περιφέρειας Ν. Αιγαίου.....	85
4.1.2	Υφιστάμενη κατάσταση Διαχείρισης Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου	91
4.1.3	Ο Περιφερειακός σχεδιασμός της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου.....	95
4.1.4	Διαχειριστική ενότητα Νάξου.....	98
4.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ELECTRE I.....	106
4.2.1	Η μέθοδος ELECTRE I	106
4.2.2	Παρουσίαση βασικών χαρακτηριστικών μεθόδων θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων.....	109
4.2.3	Καθορισμός προβλήματος για την περιοχή μελέτης.....	113
4.2.4	Κριτήρια Αξιολόγησης.....	115
4.2.5	Εφαρμογή της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I.....	140

5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	149
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	155

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1	Σημαντικότερες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων
Πίνακας 1.2	Εθνική νομοθεσία περί της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων
Πίνακας 2.1	Κατηγορίες Στερεών Αποβλήτων, (ΕΚΑ)
Πίνακας 2.2	Μέση Σύσταση (% κ.β) Απορριμμάτων Αθήνας, Θεσσαλονίκης, Χανίων και Ρόδου
Πίνακας 2.3	Εποχιακή μεταβολή της % κ.β. σύστασης των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης
Πίνακας 2.4	Μέση Σύσταση Απορριμμάτων για διάφορες χώρες
Πίνακας 2.5	Μέση Σύσταση Απορριμμάτων της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας
Πίνακας 2.6	Τυπικές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας των πιο συνηθισμένων τύπων απορριμμάτων
Πίνακας 2.7	Στοιχειακή σύσταση διαφόρων συστατικών απορριμμάτων
Πίνακας 2.8	Μηνιαία Διακύμανση Μέσης Υγρασίας και Μέσης ΚΘΔ των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης
Πίνακας 2.9	Θερμογόνος Δύναμη και Ενεργειακό περιεχόμενο Ελληνικών οικιακών απορριμμάτων
Πίνακας 2.10	Συνοπτική παρουσίαση των δυνατοτήτων αξιοποίησης του οργανικού κλάσματος.
Πίνακας 3.1	Οριακές ημερήσιες μέσες τιμές εκπομπής αερίων ρύπων από εγκαταστάσεις καύσης [2000/76/ΕΚ]
Πίνακας 3.2	Οριακές τιμές ρυπαντικών παραμέτρων στα στερεά απόβλητα μετά την επεξεργασία τους [Κοινοτική Οδηγία 2000/76/ΕΚ]
Πίνακας 3.3	Κατανομή των προϊόντων σε σχέση με τη θερμοκρασία πυρόλυσης
Πίνακας 3.4	Σύσταση αερίων σε σχέση με τη θερμοκρασία πυρόλυσης
Πίνακας 3.5	Σύσταση αερίου προϊόντος αεριοποίησης (με τροφοδοσία αέρα)
Πίνακας 3.6	Ταξινόμηση πισσωδών προϊόντων αεριοποίησης
Πίνακας 3.7	Μονάδες Πλάσματος για την επεξεργασία αστικών απορριμμάτων
Πίνακας 4.1	Νησιά της περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου
Πίνακας 4.2	Παραγωγή των απορριμμάτων για ορισμένα νησιά του Ν. Αιγαίου
Πίνακας 4.3	Ποσοστιαία κατά βάρος σύσταση των απορριμμάτων για νησιά του Ν. Αιγαίου
Πίνακας 4.4	Πηγές αποβλήτων νησιών Ν. Αιγαίου
Πίνακας 4.5	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων ανά Περιφέρεια
Πίνακας 4.6	Ενέργειες αποκατάστασης των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων
Πίνακας 4.7	Γεωγραφική κατανομή ΚΔΑΥ
Πίνακας 4.8	Ποσοτικοποίηση στόχων για την επεξεργασία ΒΑΑ Ν. Αιγαίου
Πίνακας 4.9	Υφιστάμενοι, Υπό υλοποίηση και Προβλεπόμενοι ΧΥΤΑ για την Περιφέρεια Ν. Αιγαίου
Πίνακας 4.10	Πληθυσμιακά στοιχεία Νήσου Νάξου

Πίνακας 4.11	Προτεινόμενο διαχειριστικό σχέδιο ΑΣΑ
Πίνακας 4.12	Παραγωγή απορριμμάτων νήσου Νάξου
Πίνακας 4.13	Συντελεστές ολικού βάρους απορριμμάτων ανά ημέρα και άτομο (ολικός πληθυσμός)
Πίνακας 4.14	Παραγωγή απορριμμάτων ανά δήμο
Πίνακας 4.15	Σύσταση των απορριμμάτων για το νησί της Νάξου
Πίνακας 4.16	Οργανικό κλάσμα, καύσιμα και ανακυκλώσιμα Νάξου
Πίνακας 4.17	Είδη αποβλήτων νησιού
Πίνακας 4.18	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων Νάξου
Πίνακας 4.19	Σύγκριση Θερμικών Μεθόδων Επεξεργασίας ΑΣΑ
Πίνακας 4.20	Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης Πλάσματος
Πίνακας 4.21	Αέριες εκπομπές εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος
Πίνακας 4.22	Επίπεδα εκχυλισιμότητας Cd, Pb (mg/l)
Πίνακας 4.23	Οικονομικά δεδομένα εγκαταστάσεων Θερμικής Αξιοποίησης ΑΣΑ
Πίνακας 4.24	Εμπορικές μονάδες Αεριοποίησης ΑΣΑ ανά τον κόσμο
Πίνακας 4.25	Εμπορικές μονάδες Πυρόλυσης ΑΣΑ ανά τον κόσμο
Πίνακας 4.26	Εμπορικές μονάδες Αεριοποίησης Πλάσματος ανά τον κόσμο
Πίνακας 4.27	Ποσοστό εγκαταστάσεων ΑΣΑ επί του συνόλου υφιστάμενων
Πίνακας 4.28	Εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας
Πίνακας 4.29	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Αεριοποίησης (kWh/τόνο)
Πίνακας 4.30	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Πυρόλυσης (kWh/τόνο)
Πίνακας 4.31	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θερμικών μεθόδων
Πίνακας 4.32	Ρυθμός αξιοποίησης απορριμμάτων θερμικών μεθόδων (κατά βάρος)
Πίνακας 4.33	Βάρη Κριτηρίων
Πίνακας 4.34	Κλάσεις βαθμολογίας αερίων εκπομπών
Πίνακας 4.35	Κλάσεις βαθμολογίας της παρουσίας Cd και Pb στο slag
Πίνακας 4.36	Κλάσεις βαθμολογίας οικονομικών κριτηρίων
Πίνακας 4.37	Κλάσεις βαθμολογίας (λειτουργικά κριτήρια)
Πίνακας 4.38	Κλάσεις βαθμολογίας (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας)
Πίνακας 4.39	Τελική Βαθμολογία Κριτηρίων

ABSTRACT

One of the major environmental issues that modern society has to face is waste management. Over the years, searching for appropriate methods for solid waste treatment has been of great importance. Initially, the first concern of management was only to protect public health. Then over time, with a strong awareness of environmental problems, the goal expands and seeks to protect not only public health and the environment. Today, the concept of waste management, is increasingly involved in issues related to the potential exploitation of solid waste through reuse, material recycling and energy recovery.

Nowadays, far more than ever there is an urgent need to implement integrated waste management plans that include prevention in terms of increasing production of waste, public information, promotion of recycling and recovery waste as raw material for production of useful materials and energy.

The first step towards establishing an integrated planning can only be to study the specific characteristics of each region, ie the characteristics of those who shape the current situation and thus be relevant for selecting the best technologies for waste management. These characteristics have to do with the geomorphology, climate, seasonal fluctuations in population (and hence of the quantities of waste), the availability of land etc.

Therefore it is understood that areas that present the characteristics mentioned above, such as islands, require special attention with regard to issues of waste. The challenges that occur in these areas dictate the substance of how solid waste management, while simultaneously constituting the major emphasis should be given to the islands.

The purpose of this study is to evaluate thermal processing methods, to obtain the best technology in terms of waste utilization for the island of Naxos. In the frame of this evaluation, there will be applied multi-criteria analysis method ELECTRE I.

The steps to be taken to achieve this goal can be summarized as follows:

- Presentation of national and European legislation on the management of solid waste.
- Presentation of the theoretical framework for municipal solid waste and modern technology utilization.
- Overview of the current situation of waste management in the South Aegean region with emphasis on the study management section of Naxos and the characteristics of waste.
- Presentation of the theoretical framework of the multi-criteria analysis method ELECTRE I.
- Analysis of criteria for assessing the Thermal Methods and data to those that would constitute the scoring.

The above steps will help to make an integrated approach to recovery waste the island of Naxos, taking into account the specific characteristics of the region but also the limitations and possibilities of the current situation of waste management on the island.

However, it should be clear that any proposal for waste management in each region, is an integrated design that would include non-use of waste and promote the prevention and recycling with the aim of reducing everything to the highest possible degree of waste for final disposal.

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια:

Στο **πρώτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η ευρωπαϊκή και η εθνική νομοθεσία που αφορά τα στερεά απόβλητα. Το σύνολο των στόχων της Ευρωπαϊκής πολιτικής για την διαχείριση των αποβλήτων περιλαμβάνει τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων. Τα παραπάνω συνοψίζονται στην οδηγία πλαίσιο για την Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων 2006/12/EK.

Η βασική κατεύθυνση της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχει ως στόχο την θέσπιση μέτρων για την σταδιακή μείωση των ποσοτήτων αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ. Πιο συγκεκριμένα η οδηγία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας 1999/31/EK, η οποία μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο της Ελλάδας ως «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» (ΦΕΚ Β 1572/16.12.02) θέτει ξεκάθαρους στόχους μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ ενώ απαγορεύει την εναπόθεση σε αυτούς τους χώρους επικίνδυνων αποβλήτων όπως νοσοκομειακά κ.α. Με βάση αυτή την εθνική νομοθεσία τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα πρέπει να μειωθούν στο 70% μέχρι το 2010, στο 50% μέχρι το 2013 και στο 35% μέχρι το 2020. Η ποσότητα αυτή που δεν θα οδηγείται στους ΧΥΤΑ θα πρέπει να αξιοποιείται ενεργειακά.

Η οδηγία 2000/76/EK θέτει με κάθε λεπτομέρεια τους όρους και τις προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να ικανοποιεί μια εγκατάσταση θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι με τον όρο «αποτέφρωση» ο νομοθέτης εννοεί όλες τις διαθέσιμες τεχνολογικές επιλογές θερμικής επεξεργασίας (τυρόλυση, αεριοποίηση, διεργασία πλάσματος).

Η εθνική (ελληνική) νομοθεσία περιλαμβάνει νόμους και κοινές υπουργικές αποφάσεις. Οι διατάξεις αυτές στην υφιστάμενη μορφή τους, αφενός εναρμονίζονται με σχετικές κοινοτικές νομοθετικές διατάξεις, αφετέρου, περιγράφουν μέτρα, όρους και προϋποθέσεις που διέπουν τις εγχώριες πρακτικές διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων, το κλάσμα των οποίων αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Στην κατηγορία των αστικών στερεών αποβλήτων ανήκουν τα οικιακά απορρίμματα και όλα εκείνα που προσομοιάζουν με αυτά και παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα, τα ιδρύματα και τις βιομηχανίες.

Η μελέτη της σύνθεσης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των αστικών στερεών αποβλήτων κρίνεται απαραίτητη για την στοιχειοθέτηση κάθε σχεδιασμού διαχείρισης και διάθεσής τους. Οποιαδήποτε τεχνολογία επεξεργασίας και να επιλεγθεί ενδέχεται να οδηγηθεί σε αστοχία αν δεν είναι γνωστά τα ακριβή χαρακτηριστικά των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

Αντικείμενο του **τρίτου κεφαλαίου** αποτελεί η παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου που αφορά τις θερμικές μεθόδους επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, ώστε να είναι εφικτή στη συνέχεια η σύγκριση των μεθόδων αυτών.

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας οδηγούν στην εκτροπή σημαντικού τμήματος των μικτών αποβλήτων (οργανικό και καύσιμο κλάσμα) από τις διαδικασίες τελικής διάθεσης με συνέπεια τη μείωση του κόστους διάθεσης των υπολειμμάτων. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της επιβάρυνσης των χώρων τελικής διάθεσης σε ποσότητες αποβλήτων με συνέπεια την αύξηση της διάρκειας ζωής τους και την μείωση των σχετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η *αποτέφρωση* αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας, μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία τόσο μικτών αποβλήτων όσο και αποβλήτων που έχουν υποστεί προ-διαχωρισμό. Βασικός στόχος της διεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των αποβλήτων με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά ενέργειας. Εντούτοις, πρόκειται για μια διεργασία η οποία έχει εφαρμογή για μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων και ως εκ τούτου παρουσιάζει την ανάγκη μεγάλων εγκαταστάσεων για την εφαρμογή της. Σημαντικά είναι και τα περιβαλλοντικά ζητήματα τα οποία ανακύπτουν με βασικότερο εξ αυτών τις αέριες εκπομπές που προκύπτουν από την αποτέφρωση.

Σε ότι αφορά την *πυρόλυση*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θερμική επεξεργασία τόσο μικτών όσο και προδιαχωρισμένων αποβλήτων. Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλές απουσία αέρα και οδηγεί στο διαχωρισμό των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα, σε αέρια και στερεά κλάσματα. Το στερεό υπόλειμμα το οποίο προκύπτει από τη διεργασία αποτελείται από σχεδόν καθαρό άνθρακα και έχει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί με πολλαπλές χρήσεις (κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα) ή και ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πυρόλυση επεξεργάζεται μικρές ποσότητες αποβλήτων και κατά συνέπεια παρουσιάζει μικρού μεγέθους εγκαταστάσεις.

Η *αεριοποίηση* όπως και η πυρόλυση μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία όλων των στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των επικινδύνων. Τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων μετατρέπονται σε Αέριο Σύνθεσης (*syngas*) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ανόργανα συστατικά των αποβλήτων τήκονται και υαλοποιούνται σε ένα σταθερό, ομογενοποιημένο στερεό υλικό (*slag*), που χαρακτηρίζεται από υψηλή πυκνότητα, το οποίο επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως υλικό κατασκευών σε μορφή πλακών ή με τη μορφή πετρώματος μικρού όγκου. Ένα εκ των σημαντικότερων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας της αεριοποίησης είναι το γεγονός ότι μπορεί να επεξεργαστεί όλα τα είδη των αποβλήτων. Επιπροσθέτως, μπορεί να έχει εφαρμογή και για μικρές ποσότητες αποβλήτων. Σε ότι αφορά τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποτελέσματα της μεθόδου, αυτά κρίνονται ιδιαίτερα θετικά.

Η *αεριοποίηση πλάσματος* χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια μεμονωμένα για την αδρανοποίηση του υπολείμματος από τις μονάδες συμβατικής καύσης αλλά και την επεξεργασία επικινδύνων αποβλήτων, όπως νοσοκομειακά και βιομηχανικά ενώ την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και την ενεργειακή αξιοποίηση όλων των ειδών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων. Σημαντικό μειονέκτημα της της τεχνολογίας πλάσματος αποτελεί το γεγονός της περιορισμένης εμπειρίας που παρουσιάζει στον τομέα της αξιοποίησης των αστικών στερεών αποβλήτων καθώς υπάρχει μικρός αριθμός εμπορικών εγκαταστάσεων της μεθόδου. Τέλος σε ότι αφορά στο κόστος της μεθόδου, να σημειωθεί ότι συγκριτικά με τις υπόλοιπες θερμικές μεθόδους, πρόκειται για μια «ακριβή» μέθοδο.

Στόχος του **τέταρτου κεφαλαίου** ήταν η αξιολόγηση των θερμικών μεθόδων για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της νήσου Νάξου - η οποία αποτελεί διαχειριστική ενότητα της Περιφέρειας του Νοτίου Αιγαίου - μέσω της εφαρμογής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I. Για την επίτευξη αυτού του στόχου κρίθηκε απαραίτητο:

- Να γίνει επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης της Διαχείρισης των Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου με έμφαση στην υπό μελέτη διαχειριστική ενότητα και στα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων της.
- Να παρουσιαστεί το θεωρητικό πλαίσιο της μεθόδου ELECTRE, η οποία αποτέλεσε το εργαλείο για την πραγματοποίηση της εν λόγω αξιολόγησης.
- Να παρουσιαστούν τα κριτήρια αξιολόγησης των θερμικών μεθόδων καθώς και τα δεδομένα που θα στοιχειοθετήσουν την βαθμολόγησή τους.

Τα βασικά σημεία τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην υπό μελέτη περιοχή συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Η Νάξος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της έντονης εποχικής διακύμανσης της παραγωγής των απορριμμάτων των νησιών μεταξύ της τουριστικής περιόδου και της υπόλοιπης περιόδου του έτους. Έτσι κατά τους τουριστικούς μήνες η παραγωγή των αποβλήτων φτάνει τους 36,8 τόνους την ημέρα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους μήνες κατά τους οποίους η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων για το νησί αγγίζει μόλις τους 14,2 τόνους.
- Η μέθοδος της αποτέφρωσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την συγκεκριμένη νησιωτική περιοχή, καθώς απαιτεί μακράν μεγαλύτερες ποσότητες εισροής απορριμμάτων.
- Υπάρχει ανάγκη για εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας τα οποία να μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτή την εποχική διακύμανση. Τόσο οι μέθοδοι Αεριοποίησης και Αεριοποίησης Πλάσματος όσο και η μέθοδος της Πυρόλυσης μπορούν να αντιμετωπίσουν το ζήτημα της διακύμανσης της παραγωγής των αποβλήτων.
- Σημαντικός παράγοντας για την λήψη αποφάσεων σχετικά με την αξιοποίηση των αποβλήτων στο νησί, συνιστά επίσης και η εμπειρία την οποία παρουσιάζει η κάθε μέθοδος στον τομέα της αξιοποίησης των απορριμμάτων

και δει σε ότι αφορά στην εμπειρία λειτουργίας εγκαταστάσεων μικρής χωρητικότητας.

- Η διαθεσιμότητα των εκτάσεων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι περιορισμένη. Απαιτείται με άλλα λόγια η χρησιμοποίηση για την επεξεργασία των αποβλήτων όσο το δυνατόν μικρότερης έκτασης.
- Κρίνεται απαραίτητη η εύρεση λύσεων για την *ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων* του νησιού και ως εκ τούτου η μελέτη σχετικά με την συνεισφορά που μπορούν να έχουν οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των απορριμμάτων σε όρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση βάσει κριτηρίων τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: περιβαλλοντικά κριτήρια, λειτουργικά κριτήρια, ενεργειακά κριτήρια και οικονομικά κριτήρια. Μέσω της εφαρμογής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης προέκυψε ότι καταλληλότερη μέθοδος για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι η Αεριοποίηση. Πιο συγκεκριμένα τα βασικότερα σημεία της εν λόγω ανάλυσης συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Η Αεριοποίηση είναι η μέθοδος η οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη εμπειρία σε εγκαταστάσεις αξιοποίησης ΑΣΑ και - το σημαντικότερο - σε εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας. Ταυτόχρονα έχει σημαντική παραγωγή ενέργειας, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για μια νησιωτική περιοχή η οποία αναζητά λύσεις ενεργειακής αυτονομίας και ανεξαρτησίας από την ηπειρωτική χώρα.
- Σε ότι αφορά στην Πυρόλυση θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός της καλής απόδοσης της μεθόδου στα λειτουργικά κριτήρια και στα οικονομικά κριτήρια. Είναι μια μέθοδος η οποία επίσης βρίσκει εφαρμογή για μικρές ποσότητες απορριμμάτων και θα μπορούσε να λειτουργήσει συνδυαστικά με την Αεριοποίηση για την αξιοποίηση των αποβλήτων του νησιού.
- Τέλος η τεχνολογία πλάσματος παρά την πολύ καλή περιβαλλοντική της συμπεριφορά, υστερεί σημαντικά σε ότι αφορά στην εμπειρία την οποία παρουσιάζει τόσο για την επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων εν γένει, όσο και για την επεξεργασία μικρών ποσοτήτων απορριμμάτων που είναι και ο καθοριστικός παράγοντας για το νησί το οποίο μελετάται.

Επιπροσθέτως από οικονομικής απόψεως είναι η πιο «ακριβή» μέθοδος εκ των τριών.

Τέλος, στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Η αξιολόγηση η οποία πραγματοποιήθηκε οδήγησε στην διαμόρφωση πρότασης για την αξιοποίηση των αποβλήτων του νησιού. Είναι προφανές ότι, η διαχείριση των αποβλήτων σε κάθε περιοχή θα πρέπει σχεδιάζεται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της και ταυτόχρονα να καλύπτει τις συγκεκριμένες ανάγκες της περιοχής αυτής. Σε κάθε περίπτωση, χρειάζεται συνδυασμός δράσεων στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων το οποίο θα περιλαμβάνει: *ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, επεξεργασία του υπόλοιπου κλάσματος των αποβλήτων μέσω τεχνολογιών οι οποίες μειώνουν σημαντικά την ποσότητα που καταλήγει σε υγειονομική ταφή και ταυτόχρονα παράγουν υλικά που μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω και τέλος, υγειονομική ταφή των υπολειμμάτων της εν λόγω επεξεργασίας.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά ζητήματα το οποίο η σύγχρονη κοινωνία καλείται να αντιμετωπίσει είναι αυτό της διαχείρισης των αποβλήτων. Η εξεύρεση κατάλληλων μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων απασχολεί εδώ και πολλές δεκαετίες τον άνθρωπο. Αρχικά πρώτο μέλημα της διαχείρισης αποτελούσε μόνο η προστασία της δημόσιας υγείας. Ακολούθως στο πέρασμα του χρόνου, με την έντονη ευαισθητοποίηση γύρω από τα περιβαλλοντικά προβλήματα ο στόχος αυτός διευρύνεται και αποσκοπεί στην προστασία όχι μόνο της δημόσιας υγείας αλλά και του περιβάλλοντος. Σήμερα, η έννοια της διαχείρισης των απορριμμάτων, επεκτείνεται όλο και περισσότερο σε θέματα που σχετίζονται με τις δυνατότητες αξιοποίησής των στερεών αποβλήτων μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης υλικών και ανάκτησης ενέργειας.

Είναι γεγονός ότι στις μέρες μας, κάθε άλλο παρά ποτέ είναι επιτακτική η ανάγκη για εφαρμογή ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των αποβλήτων που θα περιλαμβάνουν την πρόληψη σε ότι αφορά την αυξανόμενη παραγωγή των αποβλήτων, την ενημέρωση των πολιτών, την προώθηση της ανακύκλωσης, αλλά και την αξιοποίηση των αποβλήτων ως πρώτη ύλη για παραγωγή χρήσιμων υλικών αλλά και ενέργειας.

Πρώτο βήμα για τη θεμελίωση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού δεν μπορεί παρά να είναι η μελέτη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της κάθε περιοχής, δηλαδή των χαρακτηριστικών εκείνων που διαμορφώνουν την υφιστάμενη κατάστασή της και ως εκ τούτου αποτελούν γνώμονα για την επιλογή των βέλτιστων τεχνολογιών για τη διαχείριση των αποβλήτων. Πρόκειται για χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με τη γεωμορφολογία, το κλίμα, τις εποχιακές διακυμάνσεις του πληθυσμού (και κατά συνέπεια των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων), την διαθεσιμότητα εκτάσεων κλπ.

Ως εκ τούτου γίνεται αντιληπτό, ότι περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, όπως είναι οι νησιωτικές, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή σε ότι αφορά τα ζητήματα διαχείρισης των αποβλήτων τους. Οι προκλήσεις οι οποίες παρουσιάζονται στις περιοχές αυτές υπαγορεύουν επί

της ουσίας τον τρόπο της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τους, ενώ ταυτόχρονα στοιχειοθετούν την μεγάλη έμφαση που θα πρέπει να δοθεί στις νησιωτικές περιοχές.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση των Θερμικών Μεθόδων Επεξεργασίας, ώστε να προκύψει η βέλτιστη τεχνολογία για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της νησιωτικής περιοχής της Νάξου. Εργαλείο της εν λόγω αξιολόγησης θα αποτελέσει η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I.

Τα βήματα τα οποία θα πραγματοποιηθούν για την επίτευξη αυτού του στόχου συνοψίζονται στα εξής:

- Παρουσίαση της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας σχετικά με την διαχείριση των στερεών απόβλητων.
- Παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου που αφορά τα αστικά στερεά απόβλητα αλλά και τις θερμικές μεθόδους αξιοποίησής τους.
- Επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης της Διαχείρισης των Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου με έμφαση στην υπό μελέτη διαχειριστική ενότητα της Νάξου και στα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων της.
- Παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I.
- Ανάλυση των κριτηρίων αξιολόγησης των Θερμικών Μεθόδων καθώς και των δεδομένων εκείνων που θα στοιχειοθετήσουν την βαθμολόγησή τους.

Τα παραπάνω βήματα θα βοηθήσουν ώστε να πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του ζητήματος της αξιοποίησης των απορριμμάτων της νήσου Νάξου, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής αλλά και τους περιορισμούς και τις δυνατότητες της υφιστάμενης κατάστασης της διαχείρισης των απορριμμάτων στο νησί.

Θα πρέπει ωστόσο να καταστεί σαφές ότι κάθε πρόταση για την διαχείριση των αποβλήτων σε κάθε περιοχή, αφορά έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό ο οποίος θα περιλαμβάνει εκτός της αξιοποίησης των αποβλήτων και την προώθηση των τομέων της πρόληψης και της ανακύκλωσης με απώτερο στόχο πάντα την μείωση στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό των υπολειμμάτων προς τελική διάθεση.

ΜΕΡΟΣ Α

1. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Το σύνολο των στόχων της Ευρωπαϊκής πολιτικής για την διαχείριση των αποβλήτων περιλαμβάνει τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων. Να σημειωθεί ότι η ενεργειακή αξιοποίηση αποτελεί μια από τις βασικές επιλογές διαχείρισης στην Ευρώπη όχι μόνο για το κλάσμα των αποβλήτων που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ούτε να ανακυκλωθεί, αλλά για το σύνολο των αποβλήτων.

Η βασική αλλαγή στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Κοινότητας πλέον έχει ως αποτέλεσμα την θέσπιση μέτρων για την σταδιακή μείωση των ποσοτήτων αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ. Πιο συγκεκριμένα η οδηγία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας 1999/31/ΕΚ, η οποία μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο της Ελλάδας ως «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» (ΦΕΚ Β 1572/16.12.02) θέτει ξεκάθαρους στόχους μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ ενώ απαγορεύει την εναπόθεση σε αυτούς τους χώρους επικίνδυνων αποβλήτων όπως νοσοκομειακά, ελαστικά κ.α. Με βάση αυτή την εθνική νομοθεσία τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα πρέπει να μειωθούν στο 70% μέχρι το 2010, στο 50% μέχρι το 2013 και στο 35% μέχρι το 2020. Η ποσότητα αυτή που δεν θα οδηγείται στους ΧΥΤΑ είναι σαφές ότι θα πρέπει να αξιοποιηθεί ενεργειακά.

Η οδηγία 2000/76/ΕΚ θέτει με κάθε λεπτομέρεια τους όρους και τις προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να ικανοποιεί μια εγκατάσταση θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι με τον όρο «αποτέφρωση» ο νομοθέτης εννοεί όλες τις διαθέσιμες τεχνολογικές επιλογές και χαρακτηριστικά αναφέρει «την πυρόλυση, την αεριοποίηση και τη διεργασία πλάσματος».

Ήδη, με αφορμή και τις παραπάνω οδηγίες, τα περισσότερα από τα Ευρωπαϊκά Κράτη έχουν λάβει αποφάσεις με στόχο τη δραματική μείωση της ποσότητας των

αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ ενώ δίνουν ιδιαίτερα κίνητρα για την ενεργειακή αξιοποίηση των μη ανακυκλώσιμων αποβλήτων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η Δανία, το Βέλγιο και η Ελβετία που ουσιαστικά έχουν απαγορεύσει την εναπόθεση σε ΧΥΤΑ των οργανικής σύστασης αποβλήτων.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι σημαντικότερες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας οι οποίες καθορίζουν το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Πίνακας 1.1: Σημαντικότερες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων

<p>Στρατηγική για την πρόληψη και την ανακύκλωση των αποβλήτων</p>	<p>Χαράσσει τις κατευθύνσεις της δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτιωμένη διαχείριση των αποβλήτων, με στόχο τη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους</p>
<p>Διαχείριση αποβλήτων: Οδηγία πλαίσιο 2006/12/ΕΚ</p>	<p>Πλαίσιο διαχείρισης των αποβλήτων στα κράτη μέλη με στόχο τον περιορισμό της παραγωγής τους και την οργάνωση της επεξεργασίας και της διάθεσής τους. Προτεραιότητες:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Πρόληψη – Μείωση - Ανάκτηση υλικών για επαναχρησιμοποίηση ή/και ανακύκλωση - Ανάκτηση ενέργειας
<p>Υγειονομική ταφή αποβλήτων: Οδηγία 1999/31/ΕΚ</p>	<p>Στοχεύει στην πρόληψη των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων. Λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση της ποσότητας του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων που οδηγούνται για υγειονομική ταφή, σε σχέση με την ποσότητα που είχε παραχθεί το 1995:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2010 μείωση στο 75 % με βάση το 1995 - 2013 μείωση στο 50 % με βάση το 1995

	- 2020 μείωση στο 35 % με βάση το 1995
Αποτέφρωση αποβλήτων: Οδηγία 2000/76/ΕΚ	Αφορά την πρόληψη ή τον περιορισμό, της ρύπανσης η οποία προέρχεται από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των συνεπαγόμενων κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου.
Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασίας: Οδηγία 94/62/ΕΚ	Επιδιώκει την εναρμόνιση των εθνικών μέτρων που αφορούν στη διαχείριση συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασίας. Υπάρχουν ποσοτικοί και ποιοτικοί εθνικοί στόχοι για την ανακύκλωση των συσκευασιών.

1.1 Στρατηγική για την πρόληψη και την ανακύκλωση των αποβλήτων

Η εν λόγω στρατηγική χαράσσει τις κατευθύνσεις της δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και περιγράφει τα μέτρα που θα επέτρεπαν τη βελτιωμένη διαχείριση 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.

Οι στόχοι της κοινοτικής νομοθεσίας πριν από την έγκριση της παρούσας στρατηγικής εξακολουθούν να ισχύουν: Πρόκειται για τον περιορισμό των αποβλήτων, τη προαγωγή της επαναχρησιμοποίησής τους, την ανακύκλωση και την αξιοποίησή τους. Οι εν λόγω στόχοι εντάσσονται στην προσέγγιση που βασίζεται στην αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντικτύπου και τον κύκλο ζωής των πόρων.

Πρόληψη των αρνητικών επιπτώσεων των αποβλήτων

Η στρατηγική προβλέπει τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων, δίχως εντούτοις να καθορίζεται συνολικός ποσοτικός στόχος δεδομένου ότι θεωρείται ότι ανάλογοι στόχοι δεν συνεπάγονται απαραίτητα βελτίωση του περιβάλλοντος. Όντως, ορισμένες τεχνικές μείωσης των όγκου των αποβλήτων αποδεικνύονται πιο ρυπογόνες από άλλες, μολονότι επιτρέπουν τη μεγαλύτερη μείωση του όγκου των αποβλήτων.

Η στρατηγική για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων αφορά πρωτίστως τη μείωση του περιβαλλοντικού αντικτύπου των αποβλήτων και των προϊόντων που πρόκειται να καταστούν απόβλητα. Για να είναι αποτελεσματική, η προαναφερόμενη μείωση του αντικτύπου πρέπει να αφορά όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των πόρων. Η εφαρμογή των ήδη διαθέσιμων μέσων βάσει του κείμενου κοινοτικού νομοθετικού πλαισίου, όπως η διάδοση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών ή ο οικολογικός σχεδιασμός των προϊόντων, αποτελεί, κατά συνέπεια, σημαντικό παράγοντα τελικής επιτυχίας.

Επιπλέον, η στρατηγική προσφέρει πλαίσιο συντονισμένης ανάπτυξης των ειδικών εθνικών δράσεων. Η νέα πρόταση για οδηγία πλαίσιο σχετικά με τα απόβλητα υποχρεώνει ως εκ τούτου τα κράτη μέλη να εκπονούν προγράμματα πρόληψης της παραγωγής αποβλήτων. Τα εν λόγω προγράμματα περιλαμβάνουν συγκεκριμένους στόχους πρόληψης των οποίων επιδιώκεται η πραγμάτωση στο πλέον ενδεδειγμένο επίπεδο, ενώ παράλληλα προβλέπεται η γνωστοποίησή τους στο κοινό.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στον κύκλο ζωής των προϊόντων και των αποβλήτων και προϋποθέτει περαιτέρω βελτίωση των γνώσεων για τις επιπτώσεις της χρήσης των πόρων στην παραγωγή και τη διαχείριση των αποβλήτων. Πρόκειται για προσέγγιση που επιτρέπει τη μείωση των πιέσεων που ασκούνται στο περιβάλλον (εξάντληση και ρύπανση) σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής των πόρων, συμπεριλαμβανόμενης της παραγωγής, της συλλογής, της χρήσης και της τελικής τους διάθεσης.

Προαγωγή της ανακύκλωσης των αποβλήτων

Η στρατηγική 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.

Μακροπρόθεσμα θα μπορούσαν να καθοριστούν ποσοτικοί στόχοι ανακύκλωσης στα πλέον ενδεδειγμένα επίπεδα λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των επιμέρους υλικών και το φάσμα των δυνατοτήτων ανακύκλωσής τους.

Η ανακύκλωση θα μπορούσε να ενθαρρυνθεί με την τροποποίηση του κανονιστικού πλαισίου, ώστε να καλυφθεί η δυνατότητα καθιέρωσης κριτηρίων απόδοσης για τις διαδικασίες ανάκτησης καθώς και κριτηρίων διάκρισης των αποβλήτων από τα προϊόντα, δεδομένου ότι τοιουτοτρόπως θα καταστεί δυνατή η καθιέρωση ελάχιστων ποιοτικών προτύπων και η διάδοση των βέλτιστων πρακτικών μεταξύ των κρατών μελών.

Η 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 στρατηγική αποδίδει ιδιαίτερη σημασία στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα τα οποία, σύμφωνα με την οδηγία 1999/31/EK, πρέπει κατά τα δύο τρίτα να αποτελούν αντικείμενο άλλων μορφών επεξεργασίας πλην της τελικής διάθεσης.

Πλαίσιο

Όλοι οι διαθέσιμοι πόροι της αγοράς καθίστανται τελικά απόβλητα και κάθε παραγωγική διαδικασία συνεπάγεται την παραγωγή κάποιας μορφής αποβλήτων. Σήμερα, το 49% των αστικών λυμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, 18% αποτεφρώνονται ενώ 33% ανακυκλώνονται ή λιπασματοποιούνται.

Παρά τις προόδους στον τομέα της ανακύκλωσης και της αποτέφρωσης, δεν μειώνονται οι ποσότητες των αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής για τελική εναπόθεση, δεδομένου ότι αυξάνει συνεχώς η παραγωγή τους. Εξάλλου, ορισμένες ουσίες είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες και ρυπογόνες και συνιστούν

σοβαρούς κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία όταν αποσύρονται από το οικονομικό κύκλωμα.

Η παρούσα στρατηγική θα δημιουργήσει νέες δυνατότητες σε ό,τι αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων με στόχο τη μείωση των ποσοτήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, θα επιτρέψει την πραγματοποίηση μεγαλύτερης κλίμακας λιπασματοποίησης και την ανάκτηση μεγαλύτερων ποσοτήτων ενέργειας από τα απόβλητα ενώ παράλληλα θα βελτιώσει από ποσοτική και ποιοτική σκοπιά την ανακύκλωση. Κύρια αναμενόμενα οφέλη είναι η μεγαλύτερη αποδοτικότητα και η καλύτερη αξιοποίηση των δαπανών χάρη στη σημασία που αποδίδεται στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο, τη μείωση του κόστους, τον περιορισμό των εμποδίων που αντιμετωπίζουν οι δραστηριότητες ανακύκλωσης, τη μείωση της ρύπανσης από τα απόβλητα και την περιστολή των εκπομπών των αερίων που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.2 Διαχείριση αποβλήτων

Οδηγία 2006/12/EK

Η οδηγία 2006/12/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5^{ης} Απριλίου 2006 αφορά στη συντονισμένη διαχείριση των αποβλήτων με στόχο τον περιορισμό της παραγωγής τους. Αντικαθιστά την οδηγία 75/442/ΕΟΚ περί στερεών αποβλήτων.

Σύμφωνα με την εν λόγω οδηγία τα κράτη μέλη πρέπει να απαγορεύουν την ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων και να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα για να ενθαρρύνουν:

- την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων και των επιβλαβών συνεπειών τους, ειδικότερα μέσω:
 - (i) της ανάπτυξης των καθαρών τεχνολογιών που υπερτερούν στη χρήση φυσικών πόρων
 - (ii) της ανάπτυξης και προώθησης προϊόντων σχεδιασμένων με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε αυτά να έχουν τη μικρότερη πιθανή συμβολή - μέσω της φύσης της κατασκευής τους, της χρήσης ή της διάθεσής τους - στην ρύπανση του περιβάλλοντος

- (iii) της ανάπτυξης κατάλληλων τεχνικών για την τελική διάθεση των επικίνδυνων ουσιών που περιλαμβάνονται στα απόβλητα που προορίζονται για ανάκτηση
- την ανάκτηση των αποβλήτων με μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης ή οποιασδήποτε άλλης διαδικασίας που έχει σαν στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών
 - την χρήση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας.

Επίσης, τα κράτη μέλη πρέπει να ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με οποιοδήποτε πρόχειρο κανονισμό που αφορά τη χρήση των προϊόντων και ο οποίος μπορεί να προκαλέσει τεχνικές δυσκολίες και υπερβολικές δαπάνες διάθεσης. Επιπροσθέτως πρέπει να ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με κανονισμούς που αφορούν την ενθάρρυνση της μείωσης των ποσοτήτων συγκεκριμένων αποβλήτων, την επεξεργασία των αποβλήτων για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση, τη χρήση ενέργειας από συγκεκριμένα απόβλητα, και τη χρήση φυσικών πόρων που μπορούν να αντικατασταθούν από τα ανακτημένα υλικά.

Τα μέτρα προβλέπουν τη συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών με στόχο τη συγκρότηση ολοκληρωμένου και κατάλληλου δικτύου εγκαταστάσεων τελικής διάθεσης (λαμβάνομένων υπόψη των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών), ώστε να είναι σε θέση η Κοινότητα να εξασφαλίζει αυτόνομα τη διάθεση των αποβλήτων της και τα κράτη μέλη να κινούνται το καθένα χωριστά προς την επίτευξη του εν λόγω στόχου. Το ως άνω δίκτυο πρέπει να επιτρέπει τη διάθεση των αποβλήτων σε μια από τις πλησιέστερες εγκαταστάσεις που να εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα κράτη μέλη οφείλουν να εξασφαλίσουν ότι κάθε κάτοχος αποβλήτων θα τα παραδίδει σε δημόσιο ή ιδιωτικό φορέα αποκομιδής ή σε επιχείρηση διάθεσης ή θα εξασφαλίζει ο ίδιος τη διάθεση με παράλληλη τήρηση των διατάξεων των παρόντων μέτρων.

Οι επιχειρήσεις ή οι εγκαταστάσεις που εξασφαλίζουν την επεξεργασία, την αποθήκευση ή την εναπόθεση των αποβλήτων για λογαριασμό τρίτων επιβάλλεται να διαθέτουν άδεια της αρμόδιας αρχής, ιδίως σε ότι αφορά τους τύπους και τις

ποσότητες των προς επεξεργασία αποβλήτων, τις γενικές τεχνικές προδιαγραφές και τα αναγκαία προληπτικά μέτρα. Οι αρμόδιες αρχές μπορούν να ελέγχουν περιοδικά κατά πόσον τηρούνται οι ως άνω προϋποθέσεις χορήγησης αδείας. Ελέγχουν επίσης τις επιχειρήσεις μεταφοράς, αποκομιδής, αποθήκευσης, εναπόθεσης ή επεξεργασίας των αποβλήτων τους ή των αποβλήτων τρίτων.

Τα κέντρα ανάκτησης (αξιοποίησης) και οι επιχειρήσεις που ασχολούνται οι ίδιες με τη διάθεση των αποβλήτων τους πρέπει επίσης να λαμβάνουν άδεια. Το κόστος της διάθεσης των αποβλήτων καλείται να επωμιστεί ο κάτοχος ο οποίος παραδίδει τα απόβλητα σε φορέα αποκομιδής ή σε επιχείρηση ή/και οι προηγούμενοι κάτοχοι ή ο παραγωγός του προϊόντος που δημιουργεί τα απόβλητα σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Οι αρμόδιες αρχές που ορίζονται από τα κράτη μέλη για την εφαρμογή των παρόντων μέτρων εκπονούν ένα ή περισσότερα σχέδια διαχείρισης των αποβλήτων, όπου αναφέρονται ιδίως οι τύποι, οι ποσότητες και η προέλευση των προς ανάκτηση ή διάθεση αποβλήτων, οι γενικές τεχνικές προδιαγραφές, όλες οι ειδικές διατάξεις για τα επιμέρους απόβλητα, καθώς και οι χώροι και οι εγκαταστάσεις που προσφέρονται για τη διάθεση των αποβλήτων.

1.3 Υγειονομική ταφή των αποβλήτων

Οδηγία 1999/31/EK

Η οδηγία 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. Παρουσιάζει λεπτομερώς τις διάφορες κατηγορίες αποβλήτων (αστικά απόβλητα, επικίνδυνα, μη επικίνδυνα, αδρανή) και ισχύει για όλους τους χώρους ταφής, οι οποίοι ορίζονται ως χώροι διάθεσης αποβλήτων, με εναπόθεση των αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους.

Οι χώροι ταφής ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων·
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων·
- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων.

Αντιθέτως, η οδηγία δεν εφαρμόζεται:

- στη διασπορά ιλύος στο έδαφος (συμπεριλαμβανομένης της ιλύος καθαρισμού λυμάτων και της ιλύος της προερχόμενης από εργασίες βυθοκόρησης).
- στη χρήση αδρανών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής για εργασίες ανάπλασης ή αποκατάστασης.
- στην απόθεση μη ρυπασμένου χώματος ή μη επικίνδυνων αδρανών αποβλήτων που προέρχονται από την αναζήτηση και την εξόρυξη, την επεξεργασία και την αποθήκευση ορυκτών πόρων, καθώς και από την εκμετάλλευση λατομείων.
- στην απόθεση μη επικίνδυνων ιλύων βυθοκόρησης κατά μήκος μικρών υδατορευμάτων από τα οποία έχουν αφαιρεθεί, καθώς και μη επικίνδυνων ιλύων σε επιφανειακά ύδατα, συμπεριλαμβανομένης της κοίτης και του υποστρώματός της.

Προκειμένου να αποφευχθεί οιοσδήποτε κίνδυνος, έχει οριστεί ομοιόμορφη διαδικασία για την αποδοχή των αποβλήτων:

- τα απόβλητα πρέπει να υφίστανται επεξεργασία πριν από την εναπόθεσή τους στο χώρο ταφής
- τα επικίνδυνα απόβλητα που ανταποκρίνονται στα κριτήρια της οδηγίας πρέπει να κατευθύνονται προς χώρο ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- οι χώροι ταφής για μη επικίνδυνα απόβλητα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τα αστικά απόβλητα και για τα μη επικίνδυνα απόβλητα
- οι χώροι ταφής για αδρανή απόβλητα προορίζονται αποκλειστικά για αδρανή απόβλητα.

Δεν γίνονται δεκτά στους χώρους ταφής τα κάτωθι απόβλητα:

- τα υγρά απόβλητα
- τα εύφλεκτα απόβλητα
- τα εκρηκτικά ή οξειδωτικά απόβλητα
- τα μολυσματικά νοσοκομειακά ή κλινικά απόβλητα
- τα χρησιμοποιημένα ελαστικά, εκτός εξαιρέσεων
- οιοσδήποτε άλλος τύπος αποβλήτων που δεν ανταποκρίνεται στα κριτήρια αποδοχής που ορίζονται στο παράρτημα II.

Να σημειωθεί ότι, λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση της ποσότητας του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων που οδηγούνται για υγειονομική ταφή, σε σχέση με την ποσότητα που είχε παραχθεί το 1995:

- 2010 μείωση στο 75 % με βάση το 1995
- 2013 μείωση στο 50 % με βάση το 1995
- 2020 μείωση στο 35 % με βάση το 1995

Τέλος η οδηγία προβλέπει ότι τα κράτη μέλη φροντίζουν να διασφαλίσουν ότι η συνέχιση της λειτουργίας υφιστάμενων χώρων υγειονομικής ταφής επιτρέπεται μόνον εφόσον εφαρμοσθούν το ταχύτερο δυνατόν οι διατάξεις της οδηγίας. Ανά τριετία, τα κράτη μέλη οφείλουν να υποβάλλουν στην Επιτροπή έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας. Με βάση τις εν λόγω εκθέσεις, η Επιτροπή οφείλει να δημοσιεύει έκθεση της Κοινότητας σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας.

1.4 Αποτέφρωση των αποβλήτων

Οδηγία 2000/76/EK

Η αποτέφρωση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει εκπομπές ουσιών που ρυπαίνουν τον αέρα, το νερό και το έδαφος και οι οποίες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Κατά την υποβολή της πρότασης της παρούσας οδηγίας, το κοινοτικό καθεστώς σε θέματα αποτέφρωσης αποβλήτων καλυπτόταν από τις οδηγίες 89/369/ΕΟΚ και 89/429/ΕΟΚ (υφιστάμενες εγκαταστάσεις και νέες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αστικών απορριμμάτων) και 94/67/ΕΚ (αποτέφρωση επικίνδυνων αποβλήτων).

Η οδηγία αυτή αποβλέπει στην κάλυψη των κενών της εν λόγω νομοθεσίας. Εκτός από την αποτέφρωση των μη επικίνδυνων αστικών απορριμμάτων, το πεδίο εφαρμογής της εκτείνεται στην αποτέφρωση των μη επικίνδυνων μη αστικών αποβλήτων (όπως οι λυματολάσπες, τα ελαστικά αυτοκινήτων και τα νοσοκομειακά απόβλητα) και των επικίνδυνων αποβλήτων που δεν υπάγονται στην οδηγία 94/67/ΕΚ (όπως τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια και οι διαλύτες). Ταυτόχρονα, αποβλέπει στην ενσωμάτωση στην υφιστάμενη νομοθεσία της τεχνικής προόδου σε θέματα ελέγχου των εκπομπών κατά την αποτέφρωση, καθώς και στην τήρηση των

διεθνών δεσμεύσεων που ανέλαβε η Κοινότητα σε θέματα μείωσης της ρύπανσης, ιδίως δε των δεσμεύσεων που αφορούν τον καθορισμό οριακών τιμών για τις εκπομπές διοξινών, υδραργύρου και αιωρούμενων σωματιδίων (σκόνης) που δημιουργούνται από την αποτέφρωση αποβλήτων (πρωτόκολλα που υπεγράφησαν το 1998 στο πλαίσιο της Σύμβασης της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για τη διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλες αποστάσεις). Η οδηγία στηρίζεται σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση: στις ενημερωμένες οριακές τιμές για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές προστίθενται οι οριακές τιμές σχετικά με τις απορρίψεις σε υδατικά συστήματα.

Αντίθετα με τις ανωτέρω οδηγίες 89/369/ΕΟΚ και 89/429/ΕΟΚ, η παρούσα οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις («ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης»), αλλά και τις εγκαταστάσεις «συνδυασμένης αποτέφρωσης» (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). Από το πεδίο εφαρμογής της οδηγίας εξαιρούνται οι πειραματικές εγκαταστάσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της διαδικασίας αποτέφρωσης και επεξεργάζονται λιγότερους από 50 τόνους απορριμμάτων ετησίως, καθώς και οι εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται μόνο:

- φυτικά γεωργικά και δασικά απόβλητα που προέρχονται από τη μεταποίηση τροφίμων και την παραγωγή χαρτιού,
- απόβλητα ξύλου,
- απόβλητα φελλού,
- ραδιενεργά απόβλητα,
- σφάγια ζώων,
- απόβλητα που προέρχονται από την εκμετάλλευση πετρελαίου και αερίων και αποτεφρώνονται σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Όλες οι εγκαταστάσεις αποτέφρωσης ή συνδυασμένης αποτέφρωσης πρέπει να είναι εφοδιασμένες με σχετική άδεια. Στην άδεια αυτή, η οποία χορηγείται από αρμόδια αρχή, διευκρινίζονται τα είδη και οι ποσότητες των επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων που υποβάλλονται σε επεξεργασία, η δυναμικότητα αποτέφρωσης ή

συνδυασμένης αποτέφρωσης των εγκαταστάσεων και οι διαδικασίες δειγματοληψίας και μέτρησης που θα χρησιμοποιηθούν.

Πριν από την παραλαβή των αποβλήτων, οι φορείς εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης και συνδυασμένης αποτέφρωσης αποβλήτων πρέπει να έχουν υπόψη τις διοικητικές πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία παραγωγής, τη φυσική και χημική σύσταση των επικίνδυνων αποβλήτων, καθώς και τους συναφείς με τα απόβλητα κινδύνους.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η πλήρης ολοκλήρωση της καύσης των αποβλήτων, η οδηγία προβλέπει, για όλες τις εγκαταστάσεις, υποχρέωση διατήρησης των αερίων καύσεως που προκύπτουν από την αποτέφρωση ή τη συνδυασμένη αποτέφρωση, σε ελάχιστη θερμοκρασία 850 °C τουλάχιστον για 2 δευτερόλεπτα. Στην περίπτωση επικίνδυνων αποβλήτων με περιεκτικότητα σε αλογονούχες οργανικές ενώσεις άνω του 1%, εκφρασμένη σε χλώριο, η θερμοκρασία πρέπει να φέρεται στους 1.100 °C τουλάχιστον για 2 δευτερόλεπτα. Η θερμότητα που παράγεται κατά τη διαδικασία αποτέφρωσης πρέπει να ανακτάται στον μέγιστο δυνατό βαθμό.

Οι οριακές τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης καθορίζονται στο παράρτημα V της οδηγίας και αφορούν τα βαρέα μέταλλα, τις διοξίνες και τα φουράνια, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια (σκόνη), τον ολικό οργανικό άνθρακα (OOA), το υδροχλώριο (HCl), το υδροφθόριο (HF), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Οι οριακές τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών για τις εγκαταστάσεις συνδυασμένης αποτέφρωσης καθορίζονται στο παράρτημα II.

Όλα τα απορριφθέντα λύματα που προέρχονται από τον καθαρισμό των αερίων καύσεως, πρέπει να αποτελούν το αντικείμενο αδείας. Η άδεια πρέπει να εξασφαλίζει την τήρηση των οριακών τιμών εκπομπών του παραρτήματος IV της οδηγίας. Τα όμβρια ύδατα ή τα νερά που προέρχονται από πυροσβεστικές δραστηριότητες πρέπει να συλλέγονται και να αναλύονται προτού απορριφθούν.

Τα κατάλοιπα της διαδικασίας αποτέφρωσης πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο και να ανακυκλώνονται στο μέτρο του δυνατού. Κατά τη μεταφορά των ξηρών

καταλοίπων πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για την αποφυγή της διασποράς τους στο περιβάλλον. Πρέπει να πραγματοποιούνται αναλύσεις για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των καταλοίπων, καθώς και του ρυπογόνου δυναμικού τους.

Η οδηγία προβλέπει την υποχρεωτική εγκατάσταση συστημάτων μέτρησης για την παρακολούθηση των σχετικών παραμέτρων και ορίων εκπομπών. Οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα και στα ύδατα υπολογίζονται περιοδικά σύμφωνα με το παράρτημα III και το άρθρο 11 της οδηγίας.

1.5 Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασίας

Οδηγία 94/62/EK

Η οδηγία καλύπτει όλες τις συσκευασίες που διατίθενται στην αγορά της Κοινότητας και όλα τα απορρίμματα συσκευασίας, είτε έχουν χρησιμοποιηθεί είτε προέρχονται από τις βιομηχανίες, το εμπόριο, τα γραφεία, τα καταστήματα, τις υπηρεσίες, τα νοικοκυριά ή οποιαδήποτε άλλη πηγή, ανεξάρτητα από τα υλικά εκ των οποίων αποτελούνται. Στην οδηγία 2004/12/EK (η οποία τροποποιεί την οδηγία 94/62/EK) καθορίζονται κριτήρια με σκοπό την αποσαφήνιση του όρου «συσκευασίες». Στο παράρτημα I της τροποποιητικής αυτής οδηγίας παρέχονται σαφέστατα επεξηγηματικά παραδείγματα αυτών των κριτηρίων (π.χ. τα φακελάκια τσαγιού δεν αποτελούν συσκευασίες ενώ αντιθέτως αποτελούν συσκευασίες οι ζελατίνες που περιβάλλουν τις θήκες των CD, όπως και οι ετικέτες οι αναρτημένες απευθείας ή προσκολλημένες σε προϊόντα). Το παράρτημα αυτό αντικαθιστά το παράρτημα I της οδηγίας 94/62/EK.

Η οδηγία 94/62/EK προβλέπει ότι τα κράτη μέλη, αφενός, οφείλουν να θεσπίσουν μέτρα για την πρόληψη της δημιουργίας απορριμμάτων συσκευασίας, μέτρα που συγκεκριμένα μπορούν να συνίστανται σε εθνικά προγράμματα και, αφετέρου, ενθαρρύνονται να αναπτύξουν συστήματα επαναχρησιμοποίησης των συσκευασιών.

Τα κράτη μέλη πρέπει να καθιερώσουν συστήματα ανάκτησης, συλλογής και αξιοποίησης των απορριμμάτων συσκευασίας ώστε να επιτύχουν τους ακόλουθους αριθμητικούς στόχους:

- το αργότερο έως τις 30 Ιουνίου 2001, ανάκτηση ή αποτέφρωση του 50% έως και 65%, κατά βάρος, των απορριμμάτων συσκευασίας σε εγκαταστάσεις αποτεφρώσεως απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας
- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2008, ανάκτηση ή αποτέφρωση του 60% τουλάχιστον, κατά βάρος, των απορριμμάτων συσκευασίας, σε εγκαταστάσεις αποτεφρώσεως απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας
- το αργότερο έως τις 30 Ιουνίου 2001, ανακύκλωση του 25% έως και 45%, κατά βάρος, όλων των υλικών συσκευασίας που περιέχονται στα απορρίμματα συσκευασίας (με ελάχιστο ποσοστό 15% κατά βάρος, για κάθε υλικό συσκευασίας)
- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2008, ανακύκλωση του 55% έως και 80%, κατά βάρος, των απορριμμάτων συσκευασίας
- το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2008, επίτευξη των ακόλουθων ελάχιστων στόχων ανακύκλωσης για υλικά που περιέχονται σε απορρίμματα συσκευασίας: 60%, κατά βάρος, για το γυαλί, το χαρτί και το χαρτόνι 50%, κατά βάρος, για τα μέταλλα 22,5%, κατά βάρος, για τα πλαστικά και 15%, κατά βάρος, για το ξύλο.
- Το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2007, το Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο, με βάση πρόταση της Επιτροπής, καθορίζουν τους στόχους για την περίοδο 2009-2014.

Η αποτέφρωση απορριμμάτων σε εγκαταστάσεις αποτεφρώσεως με ανάκτηση ενέργειας θεωρείται ότι συμβάλλει στην επίτευξη αυτών των στόχων.

Η Ελλάδα, η Ιρλανδία και η Πορτογαλία μπορούν, λόγω της ειδικής τους κατάστασης, δηλαδή, αντίστοιχα, του μεγάλου αριθμού μικρών νήσων, της ύπαρξης αγροτικών και ορεινών περιοχών και του υφιστάμενου σήμερα χαμηλού επιπέδου κατανάλωσης συσκευασιών, να μεταθέσουν την επίτευξη αυτών των στόχων έως το 2011.

Η οδηγία 94/62/EK καθορίζει τις βασικές απαιτήσεις ως προς τη σύνθεση και τον επαναχρησιμοποίησιμο και αξιοποίησιμο χαρακτήρα των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας, στις οποίες πρέπει αυτά να ανταποκρίνονται. Η Επιτροπή ενθαρρύνει την επεξεργασία ευρωπαϊκών προτύπων που αφορούν αυτές τις

βασικές απαιτήσεις. Ωστόσο, οι διατάξεις σχετικά με τα αποδεικτικά μέσα της συμμόρφωσης των εθνικών προτύπων εφαρμόζονται αμέσως.

Με στόχο τη διάθεση κοινοτικών δεδομένων όσον αφορά τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας, τα κράτη μέλη πρέπει επίσης να καθιερώσουν εναρμονισμένα συστήματα πληροφόρησης (βάσεις δεδομένων) για να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν την υλοποίηση των στόχων της εν λόγω οδηγίας. Οφείλουν επίσης να διοργανώνουν εκστρατείες ενημέρωσης του κοινού και των οικονομικών παραγόντων.

1.6 Εθνική νομοθεσία

Η εθνική (ελληνική) νομοθεσία περιλαμβάνει νόμους και κοινές υπουργικές αποφάσεις. Οι διατάξεις αυτές στην υφιστάμενη μορφή τους, αφενός εναρμονίζονται με σχετικές κοινοτικές νομοθετικές διατάξεις, αφετέρου, περιγράφουν μέτρα, όρους και προϋποθέσεις που διέπουν τις εγχώριες πρακτικές διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

Πίνακας 1.2 : Εθνική νομοθεσία περί της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων

Κοινή Υπουργική Απόφαση 69728/824/1996	Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων
Κοινή Υπουργική Απόφαση 113944/1997	Εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων
Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/1997	Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων
Νόμος 2939/2001	Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Ίδρυση εθνικού οργανισμού εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις
Κοινή Υπουργική Απόφαση 29407/3508/2002	Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων

2. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Με τον όρο Στερεά Απόβλητα περιγράφονται τα ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης, στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία στερούνται άμεσης αξίας και είναι ανεπιθύμητα για τον κάτοχό τους. Στην ευρύτερη έννοια *στερεά απόβλητα* περιλαμβάνονται τα υλικά που παράγονται στις αστικές περιοχές καθώς επίσης και τα στερεά που παράγονται λόγω γεωργικών, αγροτικών, βιομηχανικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων [5]. Στα στερεά απόβλητα συμπεριλαμβάνεται ένα ευρύ φάσμα επιμέρους ρευμάτων (κατηγορίες) αποβλήτων, κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετική προέλευση και χαρακτηριστικά.

Γενικότερα τα στερεά απόβλητα ομαδοποιούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα *αστικά απόβλητα (απορρίμματα)* και τα *ειδικά απόβλητα* (όπου περιλαμβάνονται τα επικίνδυνα απόβλητα, τα μη επικίνδυνα και τα ιατρικά απόβλητα).

Αναλυτικότερα τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν:

- Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιομηχανικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ)
- Στερεά υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή, και απόβλητα της βιομηχανικής παραγωγής ενέργειας)
- Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία κλπ)
- Απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων
- Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα)
- Απόβλητα οικοδομικών κατεδαφίσεων
- Ιλείς από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και τη βιομηχανία
- Απόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων
- Ιατρικά απόβλητα
- Ελαστικά
- Σκραπ (πχ αποσυρθέντων αυτοκινήτων, παλαιών ηλεκτρονικών υπολογιστών κα)

Στη συνέχεια παραθέτονται οι πηγές προέλευσης των διαφόρων ρευμάτων στερεών αποβλήτων, με βάση την κατηγοριοποίηση που γίνεται από τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) (Κοινοτική Απόφαση 2001/118/ΕΚ). [1]

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες Στερεών Αποβλήτων, (ΕΚΑ)

<p>Δημοτικά απόβλητα</p>	<p>Στα δημοτικά απόβλητα συμπεριλαμβάνονται τα οικιακά απορρίμματα και τα απόβλητα από εμπορικές και άλλες δραστηριότητες που προσομοιάζουν με τα οικιακά.</p> <p>Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Μικτά οικιακά απόβλητα - Απόβλητα κήπων – πάρκων - Απόβλητα από δημοτικές αγορές και καθαρισμό δρόμων, ύψυ από την επεξεργασία αστικών λυμάτων κ.α.
<p>Στερεά βιομηχανικά απόβλητα</p>	<p>Σημαντικότεροι βιομηχανικοί κλάδοι:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Παραγωγή φαρμάκων - Παραγωγή αλκοολούχων ποτών - Παραγωγή τσιμέντου - Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - Επιφανειακή επεξεργασία και επικάλυψη μετάλλων - Παραγωγή ανόργανων και οργανικών χημικών - Ελαιουργία - Παραγωγή χρωμάτων, χαρτιού, πλαστικών, γυαλιού - Κλωστοϋφαντουργία – Βαφεία – Φινιριστήρια κ.α.
<p>Στερεά απόβλητα ειδικής φύσης</p>	<p>Επιμέρους Ρεύματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους - Υλικά κατασκευών - Απόβλητα Ηλεκτρικών, Ηλεκτρονικών Συσκευών (ΑΗΗΣ) - Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα - Ηλεκτρικές στήλες και συσσωρευτές - Χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια - Νοσοκομειακά απόβλητα
<p>Επικίνδυνα απόβλητα</p>	<p>Εξετάζονται ξεχωριστά διότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο δυνητικό κίνδυνο και αυξημένες πιθανές δυσμενείς επιδράσεις στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον συγκριτικά με τα υπόλοιπα απόβλητα, (Οδηγία 91/689/ΕΟΚ).</p>
<p>Ραδιενεργά απόβλητα</p>	<p>Πηγές προέλευσης:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Εξόρυξη φυσικών ραδιοϊσοτόπων - Χρησιμοποιούμενα καύσιμα πυρηνικών αντιδραστήρων - Στρατιωτικές εφαρμογές - Κατάλοιπα πυρηνικών αντιδραστήρων - Χρήση διαγνωστικών και θεραπευτικών ραδιοϊσοτόπων σε νοσοκομεία, Ερευνητικά Κέντρα.

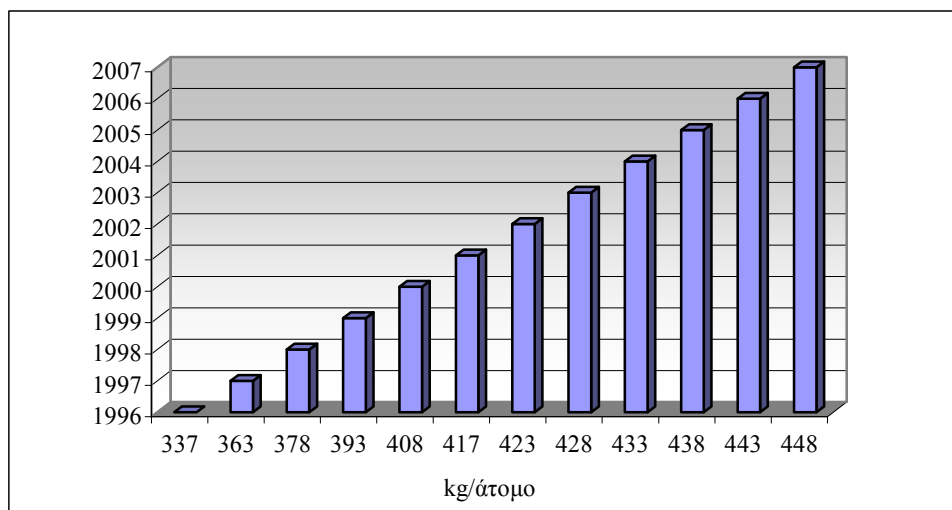
Μέρος των στερεών αποβλήτων χαρακτηρίζεται με τον όρο "Αστικά Στερεά Απόβλητα" (Α.Σ.Α.). Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα οικιακά απορρίμματα και όλα εκείνα που προσομοιάζουν με αυτά και παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα, τα ιδρύματα και τις βιομηχανίες. Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις ο όρος *Αστικά Στερεά Απόβλητα* λαμβάνεται με την ευρεία έννοια, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος των παραγόμενων αποβλήτων, ενώ σε άλλες υιοθετείται μια στενότερη ερμηνεία με επικέντρωση στα οικιακά και εμπορικά στερεά απόβλητα, καθώς και σε απόβλητα ορισμένων αστικών δραστηριοτήτων, με συνέπεια να παρατηρούνται στις βιβλιογραφικές αναφορές σημαντικές αποκλίσεις τόσο στα ποσοτικά όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των Α.Σ.Α.

Σύμφωνα με τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ Σχέδιο Οδηγίας 6919/98) ως *Αστικά Στερεά Απόβλητα (Α.Σ.Α.)* θεωρούνται τα οικιακά απόβλητα καθώς και άλλα απόβλητα τα οποία λόγω φύσης η σύνθεσης είναι παρόμοια με τα οικιακά. Ο ορισμός αυτός διαχωρίζει τα αστικά στερεά απόβλητα από τα επικίνδυνα απόβλητα (κυρίως βιομηχανικά ή μολυσματικά), τα αδρανή απόβλητα (κυρίως από οικοδομικές εργασίες) και τις ιλύες, για τα οποία προβλέπεται χωριστή συλλογή και επεξεργασία/διάθεση. Με βάση τον ανωτέρω ορισμό, το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 80%) των Α.Σ.Α. είναι οικιακής προέλευσης και με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή μια πιο συνεπής συγκριτική αξιολόγηση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών σε διάφορες χώρες ή περιοχές [5].

2.1 Ποσοτική Ανάλυση Α.Σ.Α.

Γενικότερα οι ποσότητες των αστικών στερεών αποβλήτων (απορριμμάτων) εξαρτώνται από το χαρακτήρα της περιοχής, το βιοτικό επίπεδο, τις καταναλωτικές συνθήκες, την εποχή, τον τρόπο διαβίωσης των κατοίκων, τις μετακινήσεις του πληθυσμού, τον τρόπο συσκευασίας κ.ά. Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, που πραγματοποιήθηκε κατά το έτος 2003 στην Ελλάδα, παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως.

Η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Για παράδειγμα, μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους 6.000 τόνους/ ημέρα. Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζονται οι ποσότητες των παραγόμενων στην Ελλάδα αστικών αποβλήτων κατά τα έτη 1996 έως 2007 σε ποσότητες kg / άτομο / έτος.



Σχήμα 2.1: Εξέλιξη παραγωγής αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα

Πηγή: Eurostat (2007)

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη που περιγράφουν την Παραγωγή Απορριμμάτων είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων και ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων. Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα (kg/cap.day). Η ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται ανά κάτοικο ποικίλλει πολύ ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή και όπως είναι ευνόητο η ποσότητα αυτή είναι μεγαλύτερη στις πλούσιες χώρες και στις πλούσιες περιοχές της ίδιας χώρας. Ακόμα και στις αγροτικές περιοχές η ποσότητα των σκουπιδιών είναι μικρότερη από ότι στις αστικές περιοχές. Η τιμή της Μοναδιαίας Παραγωγής Απορριμμάτων για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0,6 kg/cap.day για τις αγροτικές περιοχές ως 1,4 kg/cap.day για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές. Ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ) εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της, δηλαδή $ΡΠΑ = Πληθυσμός \times ΜΠΑ$ (kg/day) [43].

Η μελέτη της σύνθεσης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των αστικών στερεών αποβλήτων (απορριμμάτων) αποτελεί τη βάση κάθε σχεδιασμού διαχείρισης και διάθεσής τους. Οποιαδήποτε τεχνική επεξεργασίας και να επιλεγεί ενδέχεται να οδηγηθεί σε αστοχία αν δεν είναι γνωστή η ακριβής σύσταση των απορριμμάτων.

2.2 Ποιοτική Ανάλυση Α.Σ.Α.

Τα αστικά στερεά απόβλητα (απορρίμματα) αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνούθλυμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών στα αστικά στερεά απόβλητα προκειμένου να προσδιοριστεί η απαιτούμενη πληροφορία για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησης τους (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ). Με τον όρο ποιοτική ανάλυση απορριμμάτων εννοείται η ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών τους και της χημικής τους σύστασης. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- *Φυσικά:* Ανάλογα την εκατοστιαία φυσική σύσταση κατά βάρος σε ευδιάκριτα υλικά, όπως χαρτί, γυαλί, μέταλλα, κ.ά., το ειδικό βάρος, το μέγεθος - κατανομή μεγεθών και τη διαπερατότητα των απορριμμάτων.
- *Χημικά:* Ανάλογα τη χημική σύσταση, όπως υγρασία, περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά, περιεκτικότητα σε ανόργανα, ποσοστιαία σύσταση σε χημικά στοιχεία (άνθρακας, οξυγόνο, κ.λπ.), κ.ά. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκει και η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων καθώς και η περιεκτικότητα τους σε επικίνδυνα συστατικά.
- *Μικροβιολογικά:* Ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων στην παραγόμενη ποσότητα.
- *Βιολογικά:* Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού τους μέσω βιολογικών διεργασιών σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά και αέρια συστατικά. Η έκλυση οσμών και η προσέλκυση εντόμων έχει άμεση σχέση με τις διαδικασίες σήψης των οργανικών συστατικών και ιδιαίτερα των υπολειμμάτων τροφών. [43]

2.2.1. Φυσικά χαρακτηριστικά

Τα σημαντικότερα φυσικά χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων (απορριμμάτων) είναι: η σύσταση, το φαινόμενο βάρος, το ποσοστό υγρασίας, η κατανομή κατά μέγεθος, η υδατοικανότητα και το πορώδες.

Σύσταση στερεών αποβλήτων

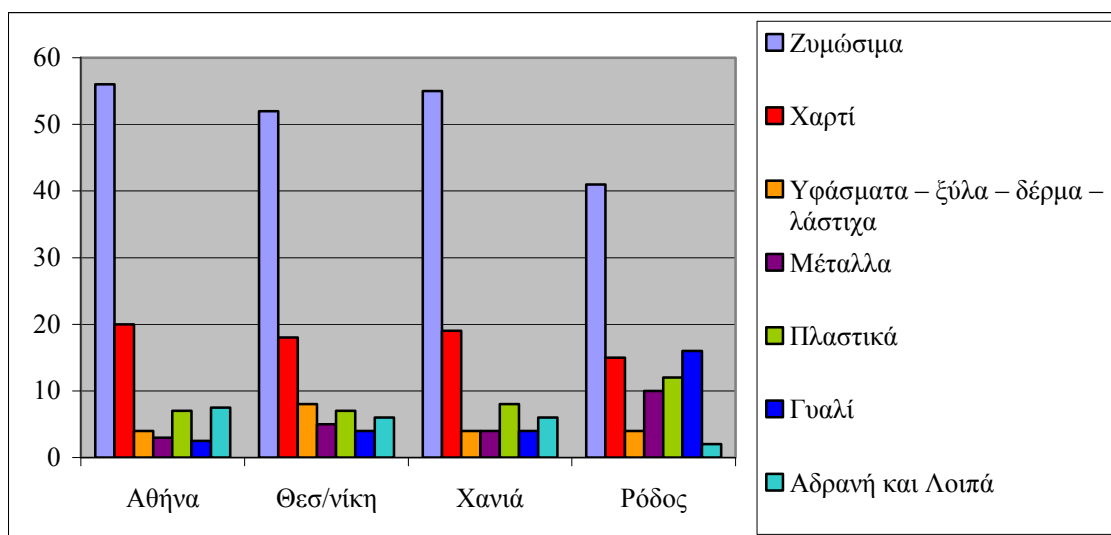
Τα κυριότερα συστατικά των αστικών στερεών αποβλήτων (απορριμμάτων) έχουν ταξινομηθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

- Χαρτί – Χαρτόνι (Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες)
- Μέταλλα (Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητας τους)
- Γυαλί (Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει από την έλλειψη υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από τη Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος)
- Πλαστικό (Περιλαμβάνει το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα κλπ) Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη αναμοιόγεια της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (πχ PVC, PE, PP, PS, PET, ABS κα))
- Υφάσματα – Ξύλα – Δέρμα – Λάστιχα
- Αδρανή (Περιλαμβάνονται τα χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα πχ χρώματα, πέτρες, μάζα κα)
- Ζυμώσιμα (Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου)
- Λοιπά (Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δεν μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες). [43]

Η φυσική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων αναφέρεται στην ποσοστιαία σύσταση τους σε ευδιάκριτα υλικά και δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή του χρόνου, την προέλευση και την επίδραση διαφόρων άλλων παραγόντων. Για πολεοδομικά συγκροτήματα η μεταβολή που μας ενδιαφέρει είναι η εποχιακή, γιατί αυτή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την καταλληλότητα των μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων. Τα ζυμώσιμα είναι περισσότερα την άνοιξη και το καλοκαίρι, ενώ τα καύσιμα υλικά (χαρτί, ξύλα) είναι περισσότερα το φθινόπωρο και το χειμώνα. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται η φυσική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων για μια τυπική ημέρα του χρόνου, για τις ευρύτερες περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης και τους δήμους Χανίων και Ρόδου καθώς και η εποχιακή μεταβολή της σύστασης των απορριμμάτων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης [3].

Πίνακας 2.2: Μέση Σύσταση (% κ.β) Απορριμμάτων Αθήνας, Θεσσαλονίκης, Χανίων και Ρόδου

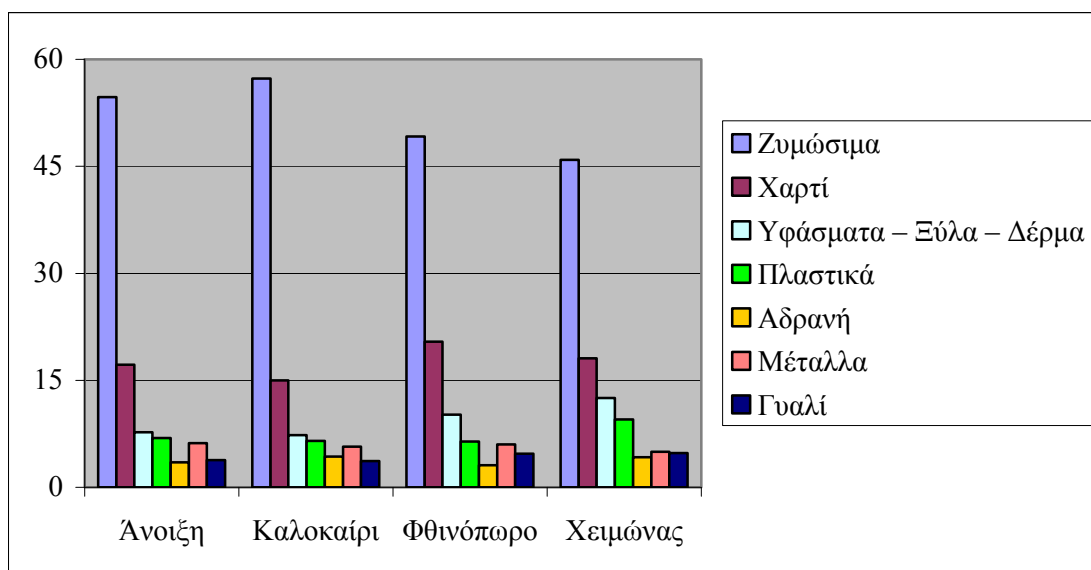
	Αθήνα	Θεσ/νίκη	Χανιά	Ρόδος
Ζυμώσιμα	56	52	55	41
Χαρτί	20	18	19	15
Υφάσματα – ξύλα – δέρμα – λάστιχα	4	8	4	4
Μέταλλα	3	5	4	10
Πλαστικά	7	7	8	12
Γυαλί	2,5	4	4	16
Αδρανή και Λοιπά	7,5	6	6	2



Σχήμα 2.2: Μέση Σύσταση (% κ.β) ΑΣΑ Αθήνας, Θεσσαλονίκης, Χανίων και Ρόδου

Πίνακας 2.3: Εποχιακή μεταβολή της % κ.β. σύστασης των ΑΣΑ Θεσσαλονίκης

	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54,7	57,3	49,2	45,9
Χαρτί	17,2	15,0	20,4	18,1
Υφάσματα – Ξύλα – Δέρμα	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



Σχήμα 2.3: Εποχιακή μεταβολή της % κ.β. σύστασης των ΑΣΑ Θεσσαλονίκης

Επίσης, σημαντική διαφορά στη σύσταση των απορριμμάτων παρουσιάζεται και από χώρα σε χώρα, γεγονός το οποίο συναρτάται άμεσα με τις διατροφικές συνήθειες και το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού. Η φυσική σύνθεση των απορριμμάτων για την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), τις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. [3]

Πίνακας 2.4: Μέση Σύσταση Απορριμμάτων για διάφορες χώρες [3]

	Ε.Ε	Η.Π.Α.	Ιαπωνία
Ζυμώσιμα	29,7	15	13,8
Χαρτί	30,3	44	36
Γυαλί	8	8	12,5
Μέταλλα	6,1	9	6,5
Πλαστικά	3,8	4	11
Υφάσματα	3,1	4	4
Ελαστικά	0,9	2	9,6
Διάφορα	18,1	16	6,6

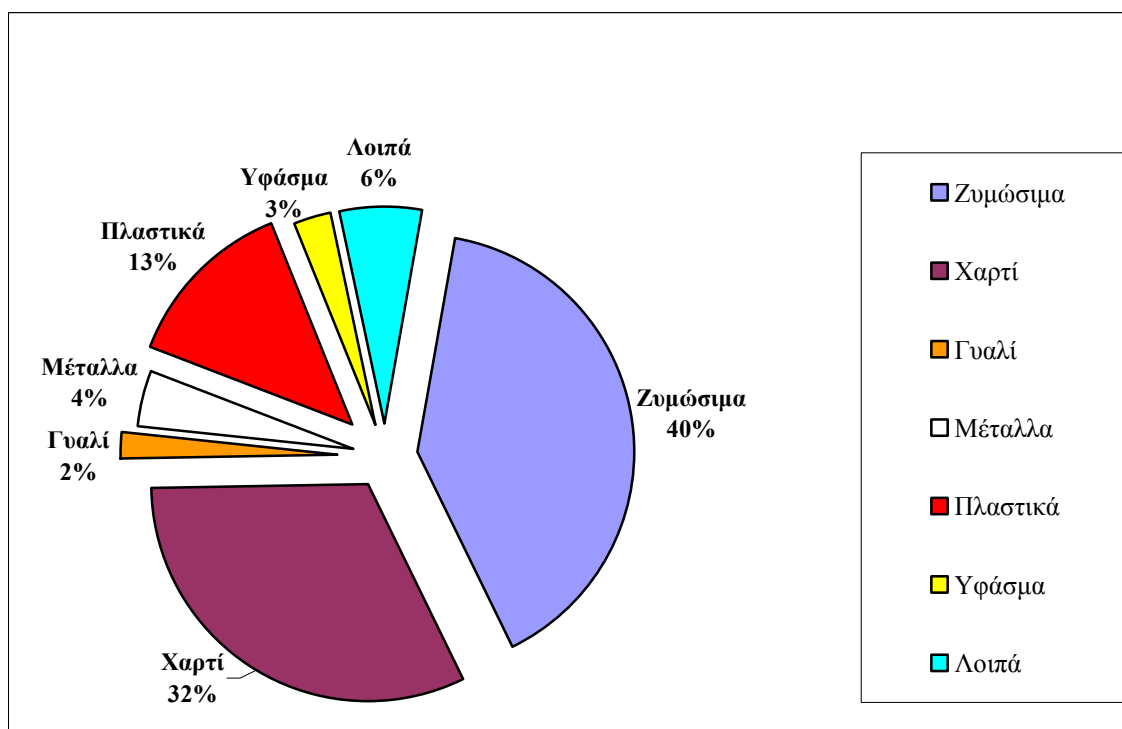
Σε σύγκριση με το μέσο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα απορρίμματα των πόλεων της Ελλάδας, έχουν μεγαλύτερο ποσοστό ζυμώσιμων και πλαστικού και μικρότερο ποσοστό χαρτιού, γυαλιού και μετάλλων (Πίνακας 2.5). Αυτό οφείλεται

κύρια στις διαφορετικές διατροφικές συνήθειες (στην Ελλάδα καταναλώνονται περισσότερες νωπές τροφές φυτικής προέλευσης και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα) και τα διαφορετικά υλικά συσκευασίας.

Πίνακας 2.5: Μέση Σύσταση Απορριμμάτων της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας

	1985	1991	1996	2004	2005
Ζυμώσιμα	59,8	51,0	48,5	47,0	40,0
Χαρτί	19,5	21,0	22,5	23,0	32
Γυαλί	2,6	6,0	3,5	3,6	2,0
Μέταλλα	3,8	5,5	4,2	4,4	4,0
Πλαστικά	7,0	9,0	10,0	11,0	13,0
Υ – Ξ – Δ – Λ	3,4	2,0	3,5	4,0	4,0
Αδρανή	0,7	2,0	3,3	3,5	5,0

Με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα επισημαίνονται ότι το μεγαλύτερο κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων όπως προαναφέρθηκε, συνίσταται από οργανικά – ζυμώσιμα υλικά σε ποσοστό σταθερά μεγαλύτερο του 40%, ενώ σημαντικό παρουσιάζεται και το ποσοστό του χαρτιού το οποίο ξεπερνά το 20% με μια μικρή αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Αξιοσημείωτη είναι η παρουσία των πλαστικών που ξεπερνά το 10%, με αυξητική τάση. Σημειώνεται ότι η αύξηση που παρατηρείται στο ποσοστό χαρτιού και πλαστικών οφείλεται κυρίως στη συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση τυποποιημένων προϊόντων τα οποία διατίθενται στην αγορά συσκευασμένα. Τα παραπάνω στοιχεία για το έτος 2005 απεικονίζονται στο ακόλουθο διάγραμμα. [1]



Σχήμα 2.4: Μέση Σύσταση Απορριμμάτων της Αθήνας για το 2005

Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος των αστικών στερεών αποβλήτων ή η πυκνότητα των απορριμμάτων προσδιορίζεται είτε στη μορφή που αυτά συναντώνται μέσα στα δοχεία συλλογής τους είτε σε συμπιεσμένη μορφή και εξαρτάται τόσο από τη γεωγραφική θέση της εξεταζόμενης περιοχής και την εποχή του έτους, όσο και από το χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στα δοχεία συλλογής. Ως εκ τούτου, τυπικές τιμές ειδικού βάρους είναι παρακινδυνευμένο να αναφερθούν. Στη μορφή που τα απορρίμματα παραλαμβάνονται από τα απορριματοφόρα οχήματα, το ειδικό βάρος τους κυμαίνεται μεταξύ 200-400 kg/m³.

Μέγεθος και κατανομή μεγεθών

Το μέγεθος των στερεών απορριμμάτων έχει ιδιαίτερη σημασία όταν πρόκειται να εφαρμοστεί κάποιο πρόγραμμα ανάκτησης υλικών, ειδικά αν η ανάκτηση αυτή πραγματοποιηθεί με μηχανικά μέσα, όπως εσχάρες ή μαγνητικούς διαχωριστές. Το μέγεθος των απορριμμάτων εκφράζεται σε συνάρτηση μιας, δύο ή τριών διαστάσεων, εφαρμόζοντας μια σειρά από εξισώσεις, μερικές από τις οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

Μια διάσταση → $S_c = L$
Δύο διαστάσεις → $S_c = \frac{L + W}{2}$
Τρεις διαστάσεις → $S_c = (L \times W \times H)^{1/3}$

όπου : L, W, H, το μήκος, το πλάτος και το ύψος, αντίστοιχα ενός απορριπτόμενου υλικού.

Υδατοϊκανότητα

Η υδατοϊκανότητα είναι το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορούν να κατακρατήσουν τα απορρίμματα κάτω από το βάρος των υπερκείμενων στρωμάτων. Η υδατοϊκανότητα εξαρτάται από την πίεση που ασκείται από τα υπερκείμενα στρώματα και το βαθμό αποσύνθεσης των απορριμμάτων. Στα φρέσκα απορρίμματα ανέρχεται περίπου στο 30% του όγκου των απορριμμάτων. Σε όρους μάζας το ποσοστό εκτιμάται σε 50-60% κατά βάρος (ολικό βάρος). [6]

Διαπερατότητα

Η ειδική διαπερατότητα των στερεών απορριμμάτων είναι η ιδιότητα που δίνει ένα μέτρο της ευκολίας κίνησης του νερού και των άλλων ρευστών μέσα από τα απορρίμματα. Η ειδική διαπερατότητα εξαρτάται αποκλειστικά από τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων και συγκεκριμένα το πορώδες, την κατανομή των πόρων, την κατανομή μεγεθών και την ειδική επιφάνεια. Η διαπερατότητα ορίζεται από τη σχέση:

$$K = C * d^2 \left(\frac{\gamma}{\mu} \right) = k \frac{\gamma}{\mu}$$

όπου:

K = Συντελεστής διαπερατότητας.

C = Αδιάστατη σταθερά

d = Μέσο μέγεθος πόρων.

γ = Ειδικό βάρος του διερχόμενου ρευστού.

μ = Δυναμικό ιξώδες του ρευστού.

k = Πραγματική (intrinsic) διαπερατότητα, (σε ΧΥΤΑ λαμβάνει τιμές περίπου από 10^{-11} έως 10^{-12} m^2 στην κατακόρυφη διεύθυνση, και 10^{-10} m^2 στην οριζόντια διεύθυνση). [6]

2.2.2 Χημικά χαρακτηριστικά

Σε περίπτωση που τα απορρίμματα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη, οι σημαντικότερες ιδιότητες που πρέπει να είναι γνωστές είναι οι εξής:

1. Προσεγγιστική ανάλυση
 - Υγρασία (απώλεια στους 105°C σε μια ώρα).
 - Πτητικές ουσίες (πρόσθετη απώλεια στους 950°C).
 - Σημείο τήξης της τέφρας.
2. Στοιχειακή ανάλυση των καυσίμων συστατικών, δηλαδή των ποσοστών άνθρακα (C), αζώτου (N), θείου (S), και στάχτης.
3. Θερμογόνος δύναμη

Υγρασία: Η υγρασία των απορριμμάτων υπολογίζεται εργαστηριακά με ξήρανση δείγματος (είτε του συνόλου των απορριμμάτων είτε κάθε συστατικού ξεχωριστά) σε φούρνο στους 105°C για μία ώρα. Η περιεχόμενη υγρασία των στερεών απορριμμάτων εκφράζεται συνήθως σαν το βάρος υγρασίας που περιέχεται στη μονάδα του βάρους του υγρού ή ξηρού υλικού. Κατά τη μέτρηση της υγρασίας με αναφορά στο υγρό υλικό, η υγρασία αυτή σ' ένα δείγμα εκφράζεται ως ποσοστό του βάρους του υγρού υλικού. Αντίστοιχα, κατά την ξηρή μέθοδο, εκφράζεται ως ποσοστό του βάρους του ξηρού υλικού. Σε μια σχέση ισότητας το υγρό βάρος της περιεχόμενης υγρασίας δίνεται από τη σχέση:

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) 100$$

όπου:

M = περιεχόμενη υγρασία %

w = αρχικό βάρος απορριμμάτων

d = βάρος μετά από ξήρανση στους 105 °C.

Μερικές τυπικές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας των πιο συνηθισμένων τύπων απορριμμάτων απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα. Για τα περισσότερα αστικά απορρίμματα η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 40% εξαρτώμενη από τη σύσταση, την εποχή του έτους, τις καιρικές συνθήκες και τη βροχή.

Πίνακας 2.6: Τυπικές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας

Συστατικά	Υγρασία (%)
Υπολείμματα τροφών	70
Χαρτιά	6
Χαρτόνια	5
Πλαστικά	2
Γυαλιά	2
Μέταλλα	3
Κονσέρβες	3
Απορρίμματα κήπων	60
Στάχτη, σκόνη, τούβλα κ.λπ.	8
Δέρμα	10
Υφάσματα	10
Αδρανή άνω των 20mm	10
Αδρανή κάτω των 20mm	8

Πτητικά στερεά: Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά υπολογίζεται εργαστηριακά με καύση δείγματος στους 950°C, στην οποία καίγονται όλα τα οργανικά. Ο υπολογισμός μπορεί να γίνει είτε για το σύνολο των απορριμμάτων είτε για κάθε συστατικό ξεχωριστά. Η περιεκτικότητα σε ανόργανα υπολογίζεται από το υπόλειμμα μετά την καύση.

Θερμοκρασία τήξης της τέφρας: Η θερμοκρασία τήξης της τέφρας που παράγεται μετά την καύση των απορριμμάτων κυμαίνεται μεταξύ 1100 –1200°C.

Στοιχειακή ανάλυση: Ο προσδιορισμός του ποσοστού άνθρακα (C), υδρογόνου (H), οξυγόνου (O), αζώτου (N) και θείου (S) καθορίζεται μέσω της στοιχειακής ανάλυσης. Ο προσδιορισμός της στοιχειακής ανάλυσης μπορεί να γίνει είτε για το σύνολο των στερεών αποβλήτων είτε για κάθε συστατικό χωριστά. Η στοιχειακή ανάλυση είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αέρα για την λιπασματοποίηση και την καύση, τον προσδιορισμό της σύστασης των απαιριών, και τον προσδιορισμό του λόγου C/N που είναι απαραίτητος σε όλες τις διαδικασίες αποδόμησης [6]. Στον Πίνακα 2.7 δίνεται μια τυπική στοιχειακή ανάλυση διάφορων συστατικών απορριμμάτων.

Πίνακας 2.7: Στοιχειακή σύσταση διαφόρων συστατικών απορριμμάτων

Συστατικά	(% κατά βάρος	Ενέργεια	% Ξηρού βάρους						
			Υγρασία	kJ/kg*10 ³	Ανθρακας	Υδρογόνο	Οξυγόνο	Άζωτο	Θείο
Οργανικά									
Υπολείμματα τροφών	70	4.646	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5	
Χαρτί	6	16.747	43.5	6	44	0.3	0.2	6	
Χαρτόνι	7	16.282	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5	
Πλαστικά	2	32.564	60	7.2	22.8	-	-	10	
Υφάσματα	10	17.445	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5	
Ελαστικά	2	23.260	78	10	-	2	-	10	
Δέρματα	10	17.445	60	8	11.6	10	0.4	10	
Απορρίμματα κήπων	60	6.513	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5	
Ξύλο	20	18608	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5	
Ανόργανα									
Γυαλί	2	139	0.5	0.1	0.4	-	-	98.9	
Μέταλλα	3	700	4.5	0.6	4.3	-	0.2	90.5	

Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου είναι το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας του καυσίμου. Ανάλογα με τη φύση του νερού που παράγεται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως ανώτερη (το νερό σε υγρή μορφή) και ως κατώτερη (το νερό σε αέρια μορφή). Η διαφορά τους είναι η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των ατμών νερού. Ως εκ τούτου, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (ΚΘΔ) των καυσίμων υπολογίζεται από την ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ο υπολογισμός περιλαμβάνει την αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας των ατμών). Σε όλες τις πρακτικές εφαρμογές η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι υψηλότερη των 100°C. Επομένως, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του καυσίμου είναι αυτή που θα δώσει το θερμικό περιεχόμενο που εκλύεται κατά την καύση ενός καυσίμου.

Η θερμογόνος δύναμη των στερεών αποβλήτων είναι η ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση της μονάδας βάρους και εκφράζεται σε χλιοθερμίδες ανά κιλό στερεών αποβλήτων. Συνήθως λαμβάνει τιμές από 1200 έως 2000 kcal/kg. Η θερμογόνος δύναμη του συνόλου των απορριμμάτων ή των συστατικών τους συνήθως υπολογίζεται εργαστηριακά με τη βοήθεια θερμιδόμετρου.

Για την ενεργειακή αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων είναι απαραίτητη η θερμογόνος δύναμη αυτών, που είναι συνάρτηση των καύσιμων υλικών που περιέχουν, (χαρτί, ξύλα, πλαστικά, κλπ), της υγρασίας και της τέφρας. Η μέση θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων της Ελλάδας σε πολλές μελέτες αναφέρεται ότι ισούται με 1.500 kcal/kg, αλλά η διαφοροποίηση της σύστασής τους από περιοχή σε περιοχή καθιστά αναγκαίο τον ξεχωριστό υπολογισμό για κάθε περιοχή. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η μηνιαία διακύμανση της μέσης υγρασίας και της μέσης ΚΘΔ των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 2.8: Μηνιαία Διακύμανση Μέσης Υγρασίας και Μέσης ΚΘΔ των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης [3].

	Μέση Υγρασία (% κ.β.)	Μέση ΚΘΔ απορρίμματος (kcal/kg)
Ιανουάριος	39,3	1,243
Φεβρουάριος	45,15	1,122
Μάρτιος	47	1,075
Απρίλιος	50,14	978
Μάιος	50,14	978
Ιούνιος	50,14	978
Ιούλιος	53,89	786
Αύγουστος	48,71	836
Σεπτέμβριος	44,23	1,008
Οκτώβριος	40,47	1,127
Νοέμβριος	40,35	1,283
Δεκέμβριος	43,18	1,164

Παρατηρείται ότι η θερμογόνος δύναμη είναι μεγαλύτερη το χειμώνα παρά το καλοκαίρι, γιατί το καλοκαίρι αυξάνει το ποσοστό των ζυμώσιμων (λαχανικά, φρούτα, κλπ.), με αποτέλεσμα να αυξάνει η υγρασία και να μειώνονται τα καύσιμα υλικά. [3]

Πίνακας 2.9: Θερμογόνος Δύναμη και ενεργειακό περιεχόμενο ελληνικών οικιακών απορριμμάτων [4].

Υλικά	% κ.β.	ΚΘΔ (kcal/kg)	Ενέργεια (kcal)/100kg απορριμμάτων	Συμμετοχή στην ενέργεια (%)
Χαρτί	20.0	3960	79300	32.3
Πλαστικά	8.5	7700	65450	26.7
Ζυμώσιμα	49.0	1100	53900	22.0
Γυαλί	4.5	33	748	0
Μέταλλα	4.5	165	742	0
Δ-Ξ-ΛΥ	3.0	4400	13200	5.4
Αδρανή	5.0	30	150	0
Λοιπά	5.5	5770	31735	12.9

2.3 Οργανικό Φορτίο Οικιακών Απορριμμάτων

Όπως προαναφέρθηκε κατά την παρουσίαση της ποιοτικής ανάλυσης των απορριμμάτων, αυτά αποτελούνται από το οργανικό κλάσμα (χαρτί, πλαστικό, υφάσματα, ξύλα, δέρμα, λάστιχα, ζυμώσιμα) και το ανόργανο κλάσμα (μέταλλα, γυαλί). Τα βιοαποδομήσιμα – ζυμώσιμα οργανικά υλικά είναι ως επί το πλείστον: υπολείμματα κουζίνας, χαρτί, κτηνοτροφικά απόβλητα και απόβλητα από εργασίες σε κήπους.

Το οργανικό φορτίο των αστικών απορριμμάτων είναι ιδιαίτερα υψηλό και σύμφωνα με την κοινοτική περιβαλλοντική νομοθεσία πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την ανάκτηση του από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων που οδηγείται για τελική διάθεση και περαιτέρω αξιοποίησή του. Με την εκτροπή του οργανικού κλάσματος από τα απορρίμματα επιτυγχάνεται η παραγωγή χρήσιμων δευτερογενών προϊόντων, η ανάκτηση ενέργειας αλλά και η μείωση των απαιτήσεων για την κατασκευή και την λειτουργία των Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ).

Οι μέθοδοι επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων είναι:

- Αερόβια επεξεργασία: Επιτυγχάνεται ανακύκλωση των βιοαποδομήσιμων οργανικών υλικών (υπολείμματα κουζίνας, χαρτί, απόβλητα από εργασίες σε κήπους κ.λπ.) και μετατροπή τους σε χρήσιμο τελικό προϊόν (compost).

- Αναερόβια επεξεργασία: Επιτυγχάνεται ανακύκλωση των βιοαποδομήσιμων οργανικών υλικών και μετατροπή τους σε τελικό σταθεροποιημένο προϊόν και μεθάνιο.
- Θερμική επεξεργασία: Επιτυγχάνεται ανάκτηση οργανικών υλικών, μέσω ανάκτησης ενέργειας. Υφίστανται διάφορες εναλλακτικές τεχνικές θερμικής επεξεργασίας όπως καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση και τεχνική πλάσματος.

2.3.1 Δυνατότητες αξιοποίησης οργανικού κλάσματος

Σταθεροποιημένο προϊόν από την αερόβια επεξεργασία των οργανικών υλικών

Το παραγόμενο προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις παρακάτω εφαρμογές:

- Φυσικό λίπασμα και βελτιωτικό εδάφους στη γεωργία και τη δασοπονία: Επιτυγχάνεται βελτίωση των χαρακτηριστικών του εδάφους, παρέχονται τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τις καλλιέργειες τα οποία αποδίδονται σταδιακά και ισορροπημένα στα ριζικά συστήματα των φυτών, αποφεύγεται η χρήση συνθετικών λιπασμάτων των οποίων η υπερκατανάλωση οδηγεί σε δευτερογενή προβλήματα όπως η ανάπτυξη ευτροφισμού σε κλειστά υδατικά οικοσυστήματα κ.λπ.
- Διαμόρφωση τοπίου και αποκατάσταση χώρων (π.χ. ανενεργών λατομείων, χώρων ταφής αποβλήτων που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους κ.λπ.)
- Φυσικό λίπασμα και βελτιωτικό εδάφους σε κήπους και δημόσια πάρκα, φυτώρια και θερμοκήπια
- Βιόφιλτρο για τη δέσμευση οσμών σε χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων

Ενέργεια

Η ενέργεια που περιέχεται στο οργανικό υλικό των απορριμμάτων μπορεί να ανακτηθεί μέσω της θερμικής επεξεργασίας του και να αξιοποιηθεί με εναλλακτικούς τρόπους όπως:

- Αέριο πλούσιο σε θερμικό δυναμικό (αέριο σύνθεσης)
- Μετατροπή της παραγόμενης θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια
- Χρήση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας για παραγωγή ατμού
- Χρήση του παραγόμενου στερεού υπολείμματος της πυρόλυσης ως καύσιμο

Πίνακας 2.10: Παρουσίαση δυνατοτήτων αξιοποίησης του οργανικού κλάσματος.

Προϊόν	Δυνατότητες χρήσης
Σταθεροποιημένο προϊόν από την αερόβια επεξεργασία - compost	Γεωργία Δασοπονία Διαμόρφωση τοπίου και αποκατάσταση υποβαθμισμένων χώρων
Σταθεροποιημένο προϊόν αναερόβιας επεξεργασίας	Γεωργία Δασοπονία Αποκατάσταση εδαφών
Ηλεκτρική ενέργεια	Τοπικά συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία
Ατμός	Βιομηχανία

3. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η έννοια της διαχείρισης των απορριμμάτων σήμερα, επεκτείνεται όλο και περισσότερο σε θέματα πολιτικής, που σχετίζονται με τις δυνατότητες αξιοποίησής των αστικών στερεών αποβλήτων μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης υλικών και ανάκτησης ενέργειας. Σύμφωνα με τις βασικές αρχές της περιβαλλοντικής πολιτικής και νομοθεσίας, η ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων και γενικά των αποβλήτων, πρέπει να αναπτύσσεται με βάση τα εξής στάδια (με φθίνουσα σειρά προτεραιότητας):

- Πρόληψη παραγωγής αποβλήτων
- Μείωση παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων
- Ανάκτηση υλικών με σκοπό την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίησή τους
- Ανάκτηση ενέργειας
- Αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων μετά την εφαρμογή διαδικασιών ανάκτησης
- Υγειονομική ταφή των υπολειμμάτων που προκύπτουν από τις παραπάνω διεργασίες

Η θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων αποσκοπεί στην ελάττωση του όγκου τους, στη μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και στην εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά ενέργειας. Περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής του περιεχομένου τους σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη έκλυση θερμικής ενέργειας. [4]

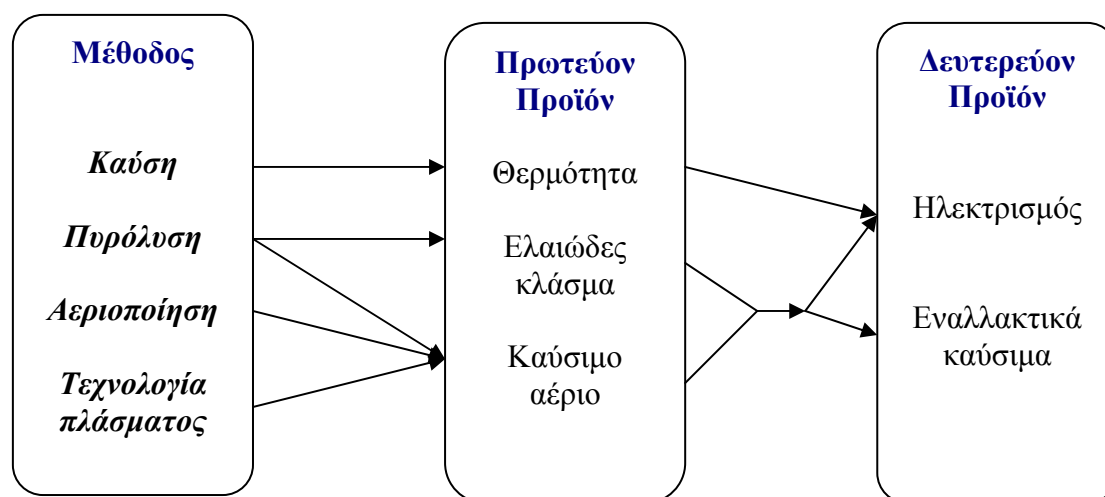
Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω:

- Αποτέφρωση - Καύση
- Πυρόλυση
- Αεριοποίηση
- Τεχνολογία πλάσματος

Τα συστήματα θερμικής επεξεργασίας μπορούν να διαχωριστούν με βάση τις ανάγκες τους σε οξυγόνο. Η *καύση* με την ακριβή ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για πλήρη καύση είναι γνωστή ως στοιχειομετρική καύση. Η καύση με περισσότερο οξυγόνο από το αναγκαίο για την στοιχειομετρική καύση ονομάζεται καύση με

περίσσεια οξυγόνου. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο όρος αποτέφρωση. Η *αεριοποίηση* είναι η μερική καύση των στερεών απορριμμάτων κάτω από υποστοιχειομετρικές συνθήκες για την παραγωγή ενός μίγματος αερίων το οποίο περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Η *πυρόλυση* είναι η θερμική επεξεργασία των στερεών απορριμμάτων σε πλήρη απουσία οξυγόνου. [8]

Ο όρος θερμική επεξεργασία (ΘΕ) παλαιότερα συνδεόταν άμεσα κυρίως με την καύση των αποβλήτων. Εξαιτίας όμως της αυστηρότερης νομοθεσίας με την πάροδο των χρόνων για τις αέριες εκπομπές (διοξίνες, φουράνια) και το στερεό υπόλειμμα της διεργασίας (π.χ. τοξική τέφρα με βαρέα μέταλλα), αυξήθηκε το ενδιαφέρον για την πυρόλυση, την αεριοποίηση και τη τεχνολογία πλάσματος αλλά και για καινοτόμες μεθόδους που συνδυάζουν τις κλασσικές τεχνολογίες ΘΕ.



Σχήμα 3.1: Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας Αποβλήτων

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων με βάση τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα εκμεταλλεύσιμα προϊόντα τους. Η πλέον διαδεδομένη από τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας με πολλές εγκαταστάσεις στην Ευρώπη είναι η καύση όπου αξιοποιείται μόνο η θερμική ενέργεια των καυσαερίων της διεργασίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Δύο είναι τα βασικά μειονεκτήματα της τεχνολογίας, τα πολυδάπανα συστήματα καθαρισμού που

απαιτούνται για την αντιμετώπιση της παραγωγής διοξινών, φουρανίων και άλλων τοξικών αέριων ρύπων και το τοξικό στερεό υπόλειμμα που μένει ως παραπροϊόν της διεργασίας και το οποίο πρέπει να υποστεί επεξεργασία πριν την εναπόθεσή του στους ΧΥΤΑ.

Από τις άλλες τρεις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, η πυρόλυση και η αεριοποίηση αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια τεχνολογίες δοκιμασμένες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεά καύσιμα, ενώ τα τελευταία χρόνια, όσον αφορά την επεξεργασία αποβλήτων, παρατηρείται αύξηση στις μονάδες που λειτουργούν εμπορικά. Την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και ενεργειακή αξιοποίηση όλων των ειδών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων. Τέτοιου είδους μονάδες ξεκίνησαν σε πειραματική και εμπορική κλίμακα στην Ιαπωνία και στη συνέχεια στην Ευρώπη.

3.1 ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ

Η αποτέφρωση είναι η οξείδωση, δηλαδή η ένωση των χημικών στοιχείων με το οξυγόνο. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση, είτε της απαιτούμενης στοιχειομετρικά ποσότητας αέρα ή με περίσσεια αέρα.

Τα προϊόντα καύσης αποτελούνται κυρίως από CO₂ και ατμούς. Η σημαντικότερη παράμετρος κατά τη καύση είναι η παρουσία οξυγόνου. Κατά την πλήρη καύση επικρατεί περίσσεια οξυγόνου, συνεπώς ο στοιχειομετρικός συντελεστής του οξυγόνου στην αντίδραση καύσης είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Σε περίπτωση έλλειψης οξυγόνου, λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις αεριοποίησης, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως «αντιδράσεις ατελούς καύσης». Επιπλέον διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της καύσης είναι η θερμική διάσπαση του νερού, η οξείδωση του θείου, όπως επίσης και η χημική αντίδραση με άζωτο. [1]

Για να είναι αποτελεσματική η καύση των απορριμμάτων – στερεών αποβλήτων, πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω ελάχιστες απαιτήσεις:

- Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας <50% κ.β.
- Περιεκτικότητα σε καύσιμα υλικά τουλάχιστον 25% κ.β.

- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (ΚΘΔ) των αποβλήτων τουλάχιστον 3350 KJ/Kg.

Κατά την ανάπτυξη της μεθόδου, λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω φυσικές και χημικές διεργασίες:

I. Ξήρανση

Η ξήρανση των αποβλήτων επιτυγχάνεται με την έκθεσή τους σε θερμοκρασία τουλάχιστον 100 °C. Η απαιτούμενη για την ξήρανση θερμότητα εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και την περιεχόμενη σε αυτά υγρασία.

II. Θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων

Η θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 250 – 900 °C και κατά την ανάπτυξή της απομακρύνονται τα πτητικά οργανικά υλικά.

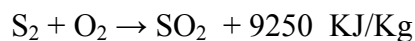
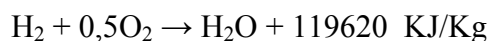
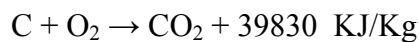
III. Απαερίωση

Η απαερίωση περιλαμβάνει τη μετατροπή των οργανικών υλικών, κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, σε αέριο καύσιμο υλικό. Η διεργασία αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 800 – 1150 °C.

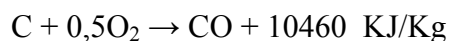
IV. Κύρια καύση

Η κύρια καύση περιλαμβάνει την πλήρη οξείδωση των αερίων που παράγονται κατά την απαερίωση των αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ανάλογα, με τη σύσταση των αποβλήτων παράγονται και άλλα αέρια προϊόντα όπως οξείδια του θείου και του αζώτου κ.λπ.

Κατά την πλήρη καύση λαμβάνουν χώρα οι εξής αντιδράσεις:



Στις περιπτώσεις που η καύση δεν είναι πλήρης, αλλά λαμβάνει χώρα παράλληλα και ατελής καύση, οι κύριες αντιδράσεις είναι:



Για να επιτευχθεί πλήρης καύση των στερεών αποβλήτων είναι απαραίτητες οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσο στην εστία καύσης
- εφικτή θερμοκρασία ανάφλεξης

- σωστή αναλογία μίγματος
- συνεχής απομάκρυνση των αερίων, τα οποία παράγονται κατά την καύση
- συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης
- διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασία στον κλίβανο
- τυρβώδης ροή των αερίων
- επαρκής χρόνος παραμονής των αποβλήτων στην περιοχή καύσης
- δημιουργία τύρβης και ανακίνηση είναι των απορριμμάτων

Η ταχύτητα της διαδικασίας της οξειδωσης των οργανικών υλικών επηρεάζεται από την ειδική επιφάνεια των αποβλήτων (την ανηγμένη ανά τόνο ή κυβικό μέτρο επιφάνεια που είναι σε άμεση επαφή με το οξυγόνο) και τη θερμική αγωγιμότητά τους.

Τα προϊόντα της διαδικασίας καύσης είναι τα ακόλουθα:

- Απαέρια (με υδρατμούς) που μετά από επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα
- Ανόργανη τέφρα
- Υγρό απόβλητο το οποίο παράγεται κατά τις διαδικασίες σβέσης της τέφρας και ψύξης των αερίων
- Θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.

3.1.1 Μονάδα αποτέφρωσης

Οι μονάδες αποτέφρωσης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις μονάδες που απαιτούν ελάχιστη προεπεξεργασία των απορριμμάτων – στερεών αποβλήτων (μονάδες τύπου mass fired) και τις μονάδες που λειτουργούν με προδιαχωρισμένο οργανικό υλικό π.χ. επεξεργασμένο RDF (Refuse Derived Fuel) ως καύσιμο.

Οι μονάδες τύπου mass – fired αποτελούν και την πλειονότητα των εγκατεστημένων μονάδων. Το μεγάλο λειτουργικό τους πλεονέκτημα είναι ότι τα απόβλητα εισάγονται χωρίς ιδιαίτερη προεπεξεργασία στη μονάδα καύσης, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται η ύπαρξη συστήματος μηχανικής διαλογής για το διαχωρισμό του οργανικού – καύσιμου υλικού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται αποτελεσματικός

έλεγχος των εισαγομένων αποβλήτων, έτσι ώστε να αποφεύγονται πιθανοί κίνδυνοι για τη λειτουργία της μονάδας π.χ. εισαγωγή ογκωδών ή επικίνδυνων αποβλήτων.

Οι μονάδες τύπου RDF – fired παρουσιάζουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με τις μονάδες mass – fired, όπως:

- Εντάσσονται ευκολότερα σε δίκτυο ανάκτησης και διανομής ενέργειας γιατί το RDF έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη (σε σχέση με τα μικτά απορρίμματα) και πολύ μικρότερες διακυμάνσεις στο ενεργειακό περιεχόμενο.
- Ο έλεγχος μιας μονάδας RDF – fired είναι πιο εύκολος.
- Ο χώρος που απαιτείται είναι λιγότερος.
- Η προεπεξεργασία των απορριμμάτων για την παραγωγή RDF δίνει τη δυνατότητα απομάκρυνσης αποβλήτων όπως τα πλαστικά, τα μέταλλα κ.α. τα οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία επικίνδυνων ρύπων που μεταφέρονται με τα αέρια της μονάδας αποτέφρωσης.

Παρά το γεγονός ότι οι μονάδες αυτές παρουσιάζουν τα πιο πάνω πλεονεκτήματα, εντούτοις είναι πολύ λιγότερες από τις μονάδες τύπου mass – fired, λόγω του γεγονότος ότι προϋποθέτουν την ύπαρξη μονάδας παραγωγής διαχωρισμού των μικτών απορριμμάτων και παραγωγής RDF. [1,8]

Τα βασικά τμήματα μιας μονάδας αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων τύπου mass – fired είναι:

- Τμήμα παραλαβής των απορριμμάτων
- Σύστημα τροφοδοσίας
- Παροχή αέρα
- Κλίβανος
- Σύστημα απομάκρυνσης των υπολειμμάτων
- Ανάκτηση θερμότητας και λέβητες
- Συστήματα καθαρισμού των αερίων

Σύστημα τροφοδοσίας

Το σύστημα τροφοδοσίας χωρίζεται σε τρία μέρη, το γερανό, τη χοάνη τροφοδοσίας και το δοσομετρικό σύστημα. Εκτός από το σύστημα τροφοδοσίας των απορριμμάτων υπάρχουν ακόμη δύο δοσομετρικά συστήματα για την παροχή καυσίμων στον καυστήρα ανάφλεξης και τον καυστήρα απόδοσης. Ο καυστήρας

ανάφλεξης χρησιμεύει για την ανάφλεξη των απορριμμάτων καθώς επίσης και για την υποβοήθηση της καύσης σε περιπτώσεις που η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων είναι χαμηλή. Ο καυστήρας απόδοσης είναι ο κύριος καυστήρας της μονάδας.

Παροχή αέρα

Για την επαρκή καύση όλων των αερίων απαιτείται η παροχή αέρα. Συνήθως οι μονάδες αποτέφρωσης λειτουργούν με περίσσεια αέρα 50 – 100 %. Η παροχή αέρα εξυπηρετεί τις εξής σκοπιμότητες:

- την δημιουργία σωστών συνθηκών οξείδωσης
- την ψύξη των παραγόμενων αερίων
- την παρεμπόδιση δημιουργίας μαζών από τηγμένη τέφρα

Η ύπαρξη περίσσειας αέρα θεωρείται σημαντική κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης των απορριμμάτων, λόγω του γεγονότος ότι η σύστασή τους είναι τέτοια που είναι πρακτικά αδύνατο να επιτευχθεί αποτέφρωσή τους με στοιχειομετρική αναλογία αέρα. Με ρύθμιση της περίσσειας του αέρα, είναι δυνατό να ρυθμιστεί η θερμοκρασία και η σύσταση των προϊόντων της αποτέφρωσης. Όσο αυξάνεται η περίσσεια αέρα, αυξάνεται η περιεκτικότητα των απαερίων σε οξυγόνο και μειώνεται η θερμοκρασία της αποτέφρωσης. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας της αποτέφρωσης, μέσω της περίσσειας του αέρα είναι πολύ σημαντική παράμετρος ελέγχου της διεργασίας καθώς:

- Με μείωση της θερμοκρασίας αποτέφρωσης σε τιμές μικρότερες των 800⁰C είναι πιθανή η εμφάνιση δυσάρεστων οσμών.
- Με αύξηση της θερμοκρασίας αποτέφρωσης σε τιμές μεγαλύτερες των 1000⁰C επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των παραγόμενων διοξινών και φουρανίων, που θεωρούνται επικίνδυνα για την δημόσια υγεία.

Κλιβανος

Στο χώρο του κλιβάνου λαμβάνουν χώρα οι τέσσερις βασικές διεργασίες της αποτέφρωσης, δηλαδή η ξήρανση, η θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων, η απαερίωση και η κύρια καύση [1]. Υφίστανται πολλές διαφορετικές τεχνολογίες κλιβάνων που χρησιμοποιούνται για την αποτέφρωση των αποβλήτων, οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες είναι:

- περιστρεφόμενου κλιβάνου
- ρευστοποιημένης κλίνης
- κινούμενων εσχαρών

Ένας αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου επεξεργάζεται πολλά είδη αποβλήτων και ρύπους, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Ένας τέτοιου είδους αποτεφρωτής αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο κλίβανο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αερίων εκπομπών. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων καθορίζει το βαθμό ανάμειξης τους εντός του κλιβάνου, δεδομένου ότι αυτός περιστρέφεται, όπως επίσης και τον χρόνο επεξεργασίας των αποβλήτων. Η σύσταση των αερίων καύσης αποτελεί δείκτη απόδοσης του κλιβάνου και με δεδομένο ότι λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου, τα απαέρια θα πρέπει να περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις CO, υδρογονανθράκων και μειωμένες ποσότητες υπολειμμάτων αποτέφρωσης.

Ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιεί ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγεται το προς επεξεργασία έδαφος. 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 ανάμειξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και τη καταστροφή των οργανικών ρύπων. Βασική λειτουργική παράμετρος είναι η θερμοκρασία, η οποία ορίζεται σύμφωνα με την τροφοδοσία των αποβλήτων, των παραγόμενων αερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750 – 880 °C. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία αποβλήτων. Η συγκέντρωση του οξυγόνου ρυθμίζεται και ελέγχεται ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες τέλεια αποτέφρωσης. [4]

Τέλος να σημειωθεί ότι, ανάλογα με τη θερμογόνο δύναμη των προς αποτέφρωση απορριμμάτων, διακρίνονται τρία είδη ρευμάτων καύσης: συνεχούς ρεύματος, μέσου ρεύματος και αντίθετου ρεύματος. Κατά την καύση συνεχούς ρεύματος το καύσιμο υλικό και ο αέρας έχουν την ίδια κατεύθυνση και ενδείκνυται για απορρίμματα που

έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη ενώ η καύση αντίθετου ρεύματος εφαρμόζεται κυρίως για απορρίμματα με χαμηλή θερμογόνο δύναμη. [1]

Σύστημα απομάκρυνσης των υπολειμμάτων

Κατά την καύση παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν σε 25 – 40 % κ.β. των απορριμμάτων. Τα υπολείμματα αυτά συγκεντρώνονται σε ειδικούς θαλάμους από όπου μεταφέρονται με μεταφορικούς ιμάντες. Το βασικό στάδιο του συστήματος απομάκρυνσης των υπολειμμάτων (μέταλλα, γυαλιά, άλλες μη καύσιμες ύλες και υπολείμματα μη πλήρους καύσης) είναι η ψύξη τους που επιτυγχάνεται με ειδικά συστήματα.

Ανάκτηση θερμότητας και λέβητες

Με το λέβητα επιτυγχάνεται η μεταφορά/ ανάκτηση της θερμικής ενέργειας που αποδεδεσμεύεται από τα απόβλητα. Η ανάκτηση θερμότητας εξυπηρετεί:

- την ανάκτησή της ως ζεστό νερό, ατμό ή ηλεκτρική ενέργεια
- τη ψύξη των καυσαερίων σε θερμοκρασία ανεκτή από τα αντιρρυπαντικά συστήματα.

Η θερμότητα μπορεί να ανακτηθεί με θέρμανση του νερού στο επάνω τμήμα του κλιβάνου ή και με διαβίβαση των θερμών αερίων μέσω εναλλάκτη.

Ένα πρόβλημα που εμφανίζεται κατά την ανάκτηση ενέργειας από μονάδες αποτέφρωσης είναι η διάβρωση των λεβήτων που προκαλείται από τετηγμένα υλικά και διαβρωτικά αέρια, με αποτέλεσμα την ανάγκη συχνής συντήρησής τους. Επίσης, η χρησιμοποίηση της παραγόμενης ενέργειας είναι αποδοτικότερη εάν υπάρχει στην περιοχή αποδέκτης για την χρησιμοποίησή της σε συνεχή βάση, υπό μορφή ατμού ή υπέρθερμου νερού. Σε αντίθετη περίπτωση, ο ατμός τροφοδοτεί στρόβιλο για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, οπότε και η απόδοση της παραγωγής και αξιοποίησης ενέργειας μειώνεται σημαντικά.

Συστήματα καθαρισμού των αερίων

Για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων και των αερίων ρύπων εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι καθαρισμού, σε αυτές περιλαμβάνονται θάλαμοι εναπόθεσης, όπου απομακρύνεται το 40% των αιωρούμενων σωματιδίων, προπετάσματα διαβροχής (αποτελεσματικότητα 95%), κυκλώνες

(αποτελεσματικότητα 60 – 80 %), πύργοι υγρής απορρόφησης (αποτελεσματικότητα 80 - 95%), ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (αποτελεσματικότητα 99 – 99,5 %), και σακκόφιλτρα (αποτελεσματικότητα 99,9%). Εκτός της απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών, συχνά καθίσταται αναγκαία η απομάκρυνση και άλλων αερίων ρύπων εάν η περιεκτικότητά τους είναι υψηλότερη των επιτρεπόμενων ορίων (όπως το υδροχλώριο που παράγεται κατά τη καύση του PVC και τα οξειδία του αζώτου, θείου, φωσφόρου). Η πιο αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας των αερίων αυτών είναι η εφαρμογή πύργων υγρής απορρόφησης. Στη συνέχεια περιγράφονται τα κυριότερα συστήματα καθαρισμού των αερίων που παράγονται κατά την αποτέφρωση των αποβλήτων.

Σακκόφιλτρα: Τα αέρια περνούν από πορώδη υλικά, όπου και κατακρατώνται τα αιωρούμενα σωματίδια. Ανάλογα με τις απαιτήσεις, το υλικό των φίλτρων είναι από φυσικές ίνες, πλαστικές ίνες, γυαλί, ορυκτά κ.λπ. Η σκόνη η οποία συγκεντρώνεται στις κυψελίδες των φίλτρων απομακρύνεται με δονήσεις ή με παροχή αέρα κατά αντirroή.

Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (ηλεκτρόφιλτρα): Οι ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές αποτελούνται από την κάθοδο, η οποία μπορεί να είναι ένα απλό λεπτό σύρμα και την άνοδο, δηλαδή το εσωτερικό περίβλημα του ηλεκτρόφιλτρου. Μεταξύ καθόδου και ανόδου αναπτύσσεται τάση 30 – 80 KV. Όταν τα σωματίδια εισέλθουν στο πεδίο της καθόδου φορτίζονται και τα αρνητικά οδεύουν στον θετικό πόλο (άνοδος).

Κυκλώνες: οι κυκλώνες στηρίζονται στην ανάπτυξη φυγόκεντρης δύναμης κατά την είσοδο των αερίων σε ένα συμμετρικό χώρο, ο οποίος στο κάτω μέρος του έχει σχήμα κώνου. Τα σωματίδια λόγω της φυγόκεντρης δύναμης και της περιστροφικής ροής, οδηγούνται προς τα τοιχώματα και μετά απομακρύνονται προς τα κάτω.

Υγρά συστήματα καθαρισμού αερίων: το υγρό έρχεται σε επαφή με τα αέρια και λαμβάνει χώρα μεταφορά συστατικών από την αέρια στην υγρή φάση. Η απορρόφηση εξαρτάται από την επιφάνεια μεταφοράς, το χρόνο παραμονής και το είδος του υγρού. Το υγρό σύστημα αναπτύχθηκε έτσι ώστε να εξασφαλίζεται και η απομάκρυνση των πολύ λεπτών σωματιδίων που δεν είναι εύκολο να απομακρυνθούν με την εφαρμογή ξηρών συστημάτων π.χ. φίλτρα. Τα κυριότερα συστήματα υγρού καθαρισμού είναι τα εξής: Πύργοι καταϊωνισμού (scrubber), Πλυντρίδες Venturi, Εκχυτές, Περιστρεφόμενοι ψεκαστήρες

3.1.2 Εκπομπές από μονάδες αποτέφρωσης

Αέρια

Τα αέρια που παράγονται από την καύση περιέχουν άζωτο και περίσσεια οξυγόνου, σωματίδια σκόνης, τα τυπικά προϊόντα της καύσης και μια σειρά άλλων επιβλαβών ουσιών, η οποία εξαρτάται από τη σύνθεση των απορριμμάτων. Από τους πιο επικίνδυνους ρύπους των καυσαερίων είναι οι διοξίνες και τα φουράνια. Σύμφωνα με την εμπειρία, κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου 4000 – 5000 m³ καυσαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα καυσαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000 °C η οποία μειώνεται απότομα στους 350 °C, κατά την πρώτη φάση καθαρισμού των απαερίων και η θερμότητα που προκύπτει από την ψύξη μπορεί να αξιοποιηθεί σε διάφορες χρήσεις.

Οι οριακές τιμές εκπομπής αερίων ρύπων που προέρχονται από εγκαταστάσεις καύσης καθορίζονται από την Κοινοτική Οδηγία 2000/76/EK και παρουσιάζονται ακολούθως.

Πίνακας 3.1: Οριακές ημερήσιες μέσες τιμές εκπομπής αερίων ρύπων από εγκαταστάσεις καύσης [2000/76/EK]

Ολικός κονιορτός	10 mg/m ³
Οργανικές ουσίες υπό μορφή αερίων ατμών, υπολογιζόμενες ως ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	10 mg/m ³
Υδροχλώριο (HCL)	10 mg/m ³
Υδροφθόριο (HF)	1 mg/m ³
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	50 mg/m ³
Υποξείδιο του αζώτου (NO) και οξείδιο του αζώτου (NO ₂), υπολογιζόμενα ως οξείδιο του αζώτου, για υφιστάμενες μονάδες αποτέφρωσης ονομαστικής ωριαίας δυναμικότητας άνω των τριών τόνων ή νέες μονάδες αποτέφρωσης	200 mg/m ³
Υποξείδιο του αζώτου (NO) και οξείδιο του αζώτου (NO ₂), υπολογιζόμενα ως οξείδιο του αζώτου, για υφιστάμενες μονάδες αποτέφρωσης ονομαστικής ωριαίας δυναμικότητας τριών τόνων ή μικρότερης	400 mg/m ³

Από τους πιο επικίνδυνους ρύπους που μπορεί να περιέχονται στα καυσαέρια που παράγονται κατά την αποτέφρωση είναι οι διοξίνες (πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες, PCDD), οι οποίες αποτελούνται από δύο αρωματικούς δακτυλίους

ενωμένους με ένα ζεύγος ατόμων οξυγόνου. Εξίσου επικίνδυνοι ρύποι είναι και τα φουράνια (PCDF), τα οποία διαφέρουν από τις διοξίνες στο γεγονός ότι οι δύο αρωματικοί δακτύλιοι συνδέονται με ένα άτομο οξυγόνου.

Η επικινδυνότητα των παραπάνω ενώσεων συμβαδίζει με ενδείξεις για τη συμβολή τους σε διαδικασίες καρκινογένεσης σε ανθρώπους. Οι διοξίνες και τα φουράνια παράγονται σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες καύσης, σε μικρές ποσότητες, παρά το γεγονός ότι δεν είναι ακόμη γνωστός ο ακριβής μηχανισμός δημιουργίας τους. Είναι γνωστό από εργαστηριακές έρευνες ότι δημιουργούνται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται γύρω στους 3000 °C και ο σχηματισμός τους υποβοηθείται από την αυξημένη παρουσία οξυγόνου. Βασική πηγή δημιουργίας τους, κατά την αποτέφρωση των απορριμμάτων, θεωρείται η παρουσία χλωριωμένων οργανικών, συστατικά που περιέχονται κυρίως στα απορριπτόμενα υλικά συσκευασίας.

Υγρά

Τα υγρά απόβλητα προκύπτουν ως αποτέλεσμα της χρήσης νερού κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης και συγκεκριμένα για τους εξής σκοπούς:

- Σβέση τέφρας (0,1 m³ νερού / τόνο απορριμμάτων)
- Ψύξη αερίων (2 m³ νερού / τόνο απορριμμάτων)
- Πύργοι υγρής απορρόφησης (2 m³ νερού / τόνο απορριμμάτων)
- Σε ηλεκτροστατικούς κατακρημιστές για απομάκρυνση των σωματιδίων που κατακρατούνται

Τα υγρά απόβλητα περιέχει αιωρούμενα σωματίδια, όπως επίσης ανόργανα και οργανικά σε διάλυση. Χαρακτηρίζονται ως διαβρωτικά και επικίνδυνα και απαιτείται επεξεργασία τους πριν από την τελική διάθεση.

Στερεά

Τα στερεά κατάλοιπα από την καύση των απορριμμάτων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Fly ash (ιπταμένη τέφρα). Η τέφρα αυτή αποτελείται από το ελαφρότερο μέρος της τέφρας, το οποίο παρασύρεται από τα καυσαέρια και συλλέγεται από ειδικά φίλτρα. Η τέφρα αυτή έχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων.
- Bottom ash (τέφρα από τους λέβητες)

- Filter dust (κονιορτός από τα φίλτρα καθαρισμού)
- Στερεά κατάλοιπα από την διαδικασία καθαρισμού των απαερίων

Αναφορικά με τα στερεά υπολείμματα, λόγω του ρυπαντικού τους φορτίου απαιτείται αποτελεσματική επεξεργασία τους και όπου είναι δυνατόν η ανακύκλωσή τους.

Ανεξάρτητα με τη μέθοδο επεξεργασίας πρέπει να επιτυγχάνονται τα εξής:

- Περικτικότητα σε άκαυστο υλικό μέχρι 2% (επί ξηρής βάσης)
- Περικτικότητα σε υδατοδιαλυτά μέχρι 1% (επί ξηρής βάσης)
- Η περιεκτικότητα σε νερό να είναι η μικρότερη δυνατή
- Η περιεκτικότητα σε σίδηρο να είναι πολύ μειωμένη
- Πλήρης καταστροφή των διοξινών – φουρανίων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι οριακές τιμές που πρέπει να πληρούνται μετά την επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων για τους κυριότερους ρύπους που περιέχονται σε αυτά

Πίνακας 3.2: Οριακές τιμές ρυπαντικών παραμέτρων στα στερεά απόβλητα μετά την επεξεργασία τους [Κοινοτική Οδηγία 2000/76/ΕΚ].

Παράμετρος	Τιμή (mg/l)
Χλωριόντα	250
Θειικά	600
Φθόριο	3
Μόλυβδος	0,1
Κάδμιο	0,004
Χρώμιο	0,04
Χαλκός	0,5
Νικέλιο	0,04
Ψευδάργυρος	0,5
Υδράργυρος	0,001

Για τον πλήρη έλεγχο των εκπομπών απαιτείται διενέργεια δειγματοληψιών και αναλύσεων για τον προσδιορισμό της σύστασης των εισερχόμενων στερεών αποβλήτων, των παραγόμενων στερεών (υπολείμματα - ιπταμένα τέφρα), των

παραγόμενων απαερίων και των υγρών αποβλήτων που παράγονται κατά την επεξεργασία των απαερίων.

Τέλος να σημειωθεί ότι η 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.

3.1.3 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Η καύση αποτελεί μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους διάθεσης αστικών αποβλήτων εδώ και πολλά χρόνια, ενώ έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες και αυτό λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων της, τα οποία απαριθμούνται παρακάτω :

- Με την καύση των οικιακών απορριμμάτων επιτυγχάνεται μείωση του αρχικού όγκου τους κατά 70-80% και του αρχικού βάρους κατά 40% επιτυγχάνοντας σε ικανοποιητικό βαθμό έναν από τους βασικούς στόχους όλων των μεθόδων ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα απορρίμματα, την ελαχιστοποίηση δηλαδή των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή.
Ως εκ τούτου η καύση θεωρείται ως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος σε ορισμένες πυκνοκατοικημένες (αλλά χωρίς προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης) περιοχές του εξωτερικού όπου είναι δύσκολο να ευρεθεί χώρος υγειονομικής ταφής ακόμα και μακριά από κατοικημένες περιοχές.
- Η παραγωγή ενέργειας (από την ανάκτηση της θερμότητας των παραγόμενων καυσαερίων) είναι επίσης ένα από τα πολύ θετικά στοιχεία της μεθόδου προς την κατεύθυνση επίλυσης των ενεργειακών προβλημάτων του πλανήτη.

Ωστόσο, η μέθοδος της καύσης των απορριμμάτων, παρουσιάζει και αρκετά μειονεκτήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά, όπως :

- Το μεγαλύτερο εξ αυτών και το οποίο περιορίζει σημαντικά της δυνατότητες εφαρμογής της, είναι η *ατμοσφαιρική ρύπανση*. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών εξαρτώνται βέβαια από τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων που ποικίλει από χώρα σε χώρα. Σε ότι αφορά το HCl και τα αιωρούμενα σωματίδια, αυτά βρίσκονται σε αισθητά μεγαλύτερες

συγκεντρώσεις από τις ποσότητες που εκλύονται από την καύση θερμικά ισοδύναμης ποσότητας άνθρακα. Από την καύση του PVC εκλύεται και η διοξίνη που είναι τοξικότατη ουσία. Η σκόνη, χαρακτηρίζεται από περιεκτικότητα μεγάλου ποσοστού βαρέων μετάλλων και είναι δύσκολο να συγκρατηθεί αποτελεσματικά, λόγω του μεγέθους των σωματιδίων. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι η υψηλή τοξικότητα της ιπτάμενης τέφρας αναγνωρίζεται πλέον σήμερα ακόμα και από τους πιο ένθερμους υποστηρικτές της καύσης, ενώ τα υπολείμματα της καύσης στην πράξη αντιμετωπίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα από τους διαχειριστές των χώρων ταφής όπου καταλήγουν.

- Για την κατασκευή λοιπόν μιας σύγχρονης εγκατάστασης καύσης που να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέσα, για τον περιορισμό σε ανεκτά επίπεδα όλων αυτών των αέριων ρυπογόνων εκπομπών, μέσα στα αυστηρότατα πλαίσια που καθορίζονται από την Οδηγία 2000/76/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκύπτουν τεράστιες δαπάνες εγκατάστασης και λειτουργίας.
- Επίσης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη έκτασης γης κοντά στο χώρο των εγκαταστάσεων καύσης για την υγειονομική ταφή της τέφρας με, ανάλογα της τοξικότητάς της, μέτρα ασφαλούς διάθεσης. Ο χώρος αυτός θα πρέπει να μπορεί να δέχεται και ολόκληρη την ποσότητα των απορριμμάτων σε περίπτωση βλάβης της εγκατάστασης.

3.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Πυρόλυση είναι η μέθοδος κατά την οποία λαμβάνει χώρα φυσική και χημική αποσύνθεση των θερμικά ασταθών οργανικών ουσιών που βρίσκονται στα απόβλητα υπό την επίδραση θερμότητας σε περιβάλλον απουσίας αέρα ή οξυγόνου. Συνεπώς (σε αντίθεση με την καύση και την αεριοποίηση) πρόκειται για μια διεργασία ισχυρά ενδόθερμη για την διεξαγωγή της οποίας απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας. Βασικές παράμετροι για την εφαρμογή της αποτελούν η σύσταση των στερεών αποβλήτων, η θερμογόνος δύναμή τους, η περιεχόμενη υγρασία, κα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην πραγματικότητα δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν συνθήκες περιβάλλοντος πλήρους απουσίας οξυγόνου, πραγματικά πυρολυτικά συστήματα λειτουργούν με ποσότητες οξυγόνου μικρότερες των στοιχειομετρικών [4]. Κατά την πυρόλυση διασπώνται χημικοί δεσμοί των οργανικών ουσιών και λαμβάνονται

προϊόντα υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, τα οποία ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή αέρια.

3.2.1 Εγκατάσταση πυρόλυσης

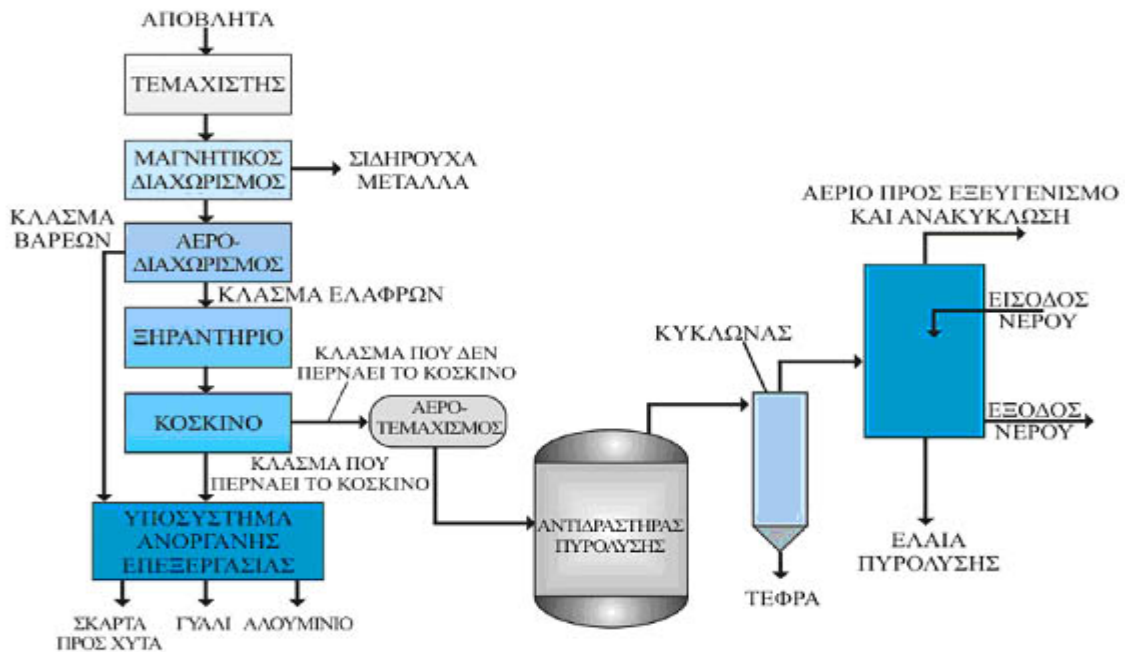
Στην εγκατάσταση πυρόλυσης λαμβάνουν χώρα τα εξής:

- Ξήρανση των στερεών αποβλήτων (100-200°C)
- Αρχική διάσπαση ενώσεων, έναρξη διάσπασης του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα (250° C)
- Διάσπαση των συνδέσμων των αλιφατικών ενώσεων - Έναρξη του διαχωρισμού του μεθανίου και άλλων αλιφατικών ενώσεων (340° C).
- Εμπλουτισμός του παραγόμενου υλικού σε άνθρακα (380° C)
- Διάσπαση των δεσμών άνθρακα-οξυγόνου και άνθρακα-αζώτου (400°C).
- Μετατροπή των πισσασφαλτούχων υλικών σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400 - 600°C).
- Σχάση των πισσασφαλτούχων υλικών σε υλικά ανθεκτικά στη θερμότητα - Δημιουργία αρωματικών ενώσεων (600°C).
- Παραγωγή αρωματικών ενώσεων, διαδικασίες αφυδρογόνωσης οργανικών π.χ. βουταδιενίου κλπ (>600°C).

Οι περισσότερες οργανικές ουσίες στα απόβλητα πυρολύονται κατά 75 – 90 % σε πτητικές ενώσεις και κατά 10 – 25 % σε στερεό υπόλειμμα (κωκ). Λόγω όμως της παρουσίας υγρασίας και ανόργανων ουσιών, η ποσότητα των πτητικών κυμαίνεται από 60 - 70 % και του κωκ από 30 – 40 %.

Για την επιτυχή λειτουργία της εγκατάστασης πυρόλυσης, απαιτείται συνεχής έλεγχος, λόγω των σύνθετων διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την ανάπτυξη της μεθόδου. Επίσης, απαιτείται συνεχής τροφοδοσία σε στερεά απόβλητα τα οποία δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τη σύστασή τους, δεν περιέχουν μέταλλα και γυαλί (εισαγωγή αποβλήτων μετά από επιτυχή εφαρμογή διαλογής στην πηγή ή μηχανικής διαλογής). Ακόμη, απαιτείται ιδιαίτερος έλεγχος για το γεγονός εάν τα παραγόμενα υγρά προϊόντα πληρούν τις προδιαγραφές εμπορικού καυσίμου (λόγω κυρίως της περιεχόμενης σε αυτά υγρασίας). [4]

Ακολούθως απεικονίζεται σχηματικά η διεργασία της πυρόλυσης.



Σχήμα 3.2: Διεργασία Πυρόλυσης

Θερμόλυση

Η μέθοδος της πυρόλυσης εμφανίζει πολλές παραλλαγές, μία εκ των οποίων είναι η θερμόλυση. Κατά τη διαδικασία της θερμόλυσης το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων εισάγεται στο θάλαμο πυρόλυσης μαζί με μικρή ποσότητα ασβέστη. Στο τελευταίο μέρος του θαλάμου, συσσωρεύεται το στερεό υπόλειμμα, το οποίο δρα σαν φίλτρο ενεργού άνθρακα για ρύπους όπως τα βαρέα μέταλλα. Το ανθρακούχο αυτό υπόλειμμα έχει την εμπορική ονομασία «carbor». Το φθόριο και το χλώριο που απελευθερώνεται αντιδρούν με το υδρογόνο των παραγομένων αερίων και σχηματίζουν οξέα τα οποία εξουδετερώνονται από τον ασβέστη. Τα παραγόμενα άλατα δεσμεύονται από το στερεό υπόλειμμα, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται σε λουτρό νερού, σε συνθήκες απουσίας αέρα για να αποφευχθούν αντιδράσεις οξειδωσης. Τα δεσμευμένα άλατα ασβεστίου διαλύονται στο νερό, ενώ με ειδική επεξεργασία μπορούν να απομακρυνθούν τυχόν μεταλλικές προσμίξεις και ογκώδη υπολείμματα. [1]

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του carbor μοιάζουν 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 αποθήκευση του.

3.2.2 Εκπομπές από μονάδες πυρόλυσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε, 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 των αποβλήτων αποτελείται από ένα ελαιώδες μίγμα, 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.

Η αναλογία των κλασμάτων εξαρτάται σημαντικά από:

- τη σύσταση των εισερχομένων αποβλήτων
- τη θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται η πυρόλυση
- τις συνθήκες θέρμανσης
- το χρόνο αντίδρασης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα. Αν η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (500 °C), τότε στα αέρια υπάρχουν και αρωματικές ενώσεις και φαινόλες. Οι φαινόλες κατά τη ψύξη τους συμπυκνώνονται σε πηκτώδη υλικά. Η μείωση των οργανικών αυτών ενώσεων επιτυγχάνεται με διάσπασή τους κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης σε θερμοκρασίες 1000-1300 °C. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των προϊόντων μεταξύ αερίων, υγρών και στερεών σε σχέση με τη θερμοκρασία πυρόλυσης.

Πίνακας 3.3: Κατανομή των προϊόντων σε σχέση με τη θερμοκρασία πυρόλυσης

Θερμοκρασία (°C)	Ποσοστό αερίων (%)	Ποσοστό υγρών (%)	Ποσοστό στερεών (%)
485	12,33	61,08	24,71
650	18,64	59,18	21,80
815	23,69	59,67	17,24
930	24,36	58,70	17,67

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η σύνθεση του παραγόμενου αερίου σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το αέριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη γιατί δεν περιέχει σωματίδια και οργανικά οξέα.

Πίνακας 3.4: Σύσταση αερίων σε σχέση με τη θερμοκρασία πυρόλυσης

Σύνθεση αερίου	Θερμοκρασία Πυρόλυσης °C			
	500	650	815	926
Μονοξείδιο του άνθρακα	33.6	30.5	34.1	35.3
Διοξείδιο του άνθρακα	44.8	31.8	20.6	18.3
Υδρογόνο	5.6	16.5	28.6	32.4
Μεθάνιο	12.5	15.9	13.7	10.5
Αιθάνιο	3.0	3.1	0.8	1.1
Αιθυλένιο	0.5	2.2	2.2	2.4

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας του υδρογόνου και του αιθυλενίου και σε μείωση της παρουσίας διοξειδίου του άνθρακα. Αξιοσημείωτη είναι επίσης και η συμπεριφορά του μεθανίου, όπου για μεσαίες θερμοκρασιακές τιμές αυξάνεται και για μεγάλες τιμές μειώνεται πάλι.

Με βάση την αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος, δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες εκπομπές κατά την πυρόλυση, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας

των στερεών αποβλήτων και ισχύουν τα αναφερόμενα για τη μέθοδο της καύσης – αποτέφρωσης. [1]

3.2.3 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Γενικότερα τα ουσιώδη πλεονεκτήματα που αφορούν την τεχνική της πυρόλυσης είναι (συγκριτικά με την καύση):

- Η θερμοκρασία διάσπασης είναι πολύ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία καύσης, με ανάλογη πολύ μικρότερη θερμική καταπόνηση της όλης εγκατάστασης.
- Η διάσπαση γίνεται σε αναγωγική ατμόσφαιρα και όχι σε οξειδωτική όπως η καύση. Η απαίτηση μικρότερης ποσότητας οξυγόνου έχει παράλληλα σαν αποτέλεσμα αερίων εκπομπών.
- Τα μέταλλα που περιέχουν τα απορρίμματα δεν οξειδώνονται κατά τη πυρόλυση και είναι πιο εύκολα εμπορεύσιμα.
- Από την καύση του αερίου της πυρόλυσης δεν παράγεται τέφρα και ο καθαρισμός των αερίων είναι απλούστερος.
- Ο αρχικός όγκος των απορριμμάτων μειώνεται περισσότερο απ' ό τι στην καύση.

Σε ότι αφορά τα μειονεκτήματα της μεθόδου:

- Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού των αερίων και των υγρών αποβλήτων απαιτούν μεγάλο κόστος.
- Στο παρόν στάδιο, η εφαρμογή της μεθόδου σε ευρεία κλίμακα είναι περιορισμένη. Μεγαλύτερες προοπτικές εξέλιξης δείχνουν πάντως να έχουν οι αντιδραστήρες μέσης θερμοκρασίας με τη μορφή περιστροφικού τυμπάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης.

3.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

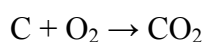
Η αεριοποίηση είναι μια μέθοδος θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, η οποία μέσω της ελεγχόμενης ατελούς καύσης τους, επιτυγχάνεται η παραγωγή καύσιμου αερίου πλούσιο σε H_2 και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως

μεθάνιο). Σκοπός είναι η μέγιστη απελευθέρωση CO και H₂. Το μείγμα CO και H₂ είναι γνωστό σαν αέριο σύνθεσης (Synthesis Gas).

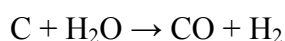
Αποτελεί θεωρητικά το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης. Στο στάδιο αυτό το υπολειμματικό κωκ οξειδώνεται σε θερμοκρασίες (>800 °C). Ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιείται ατμός, CO₂, O₂ ή αέρας.

Οι κύριες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι:

(1) Οξείδωση (εξώθερμη)

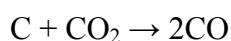


(2) Αντίδραση εξάτμισης νερού (ενδόθερμη)

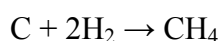


(3) CO + H₂O → CO₂ + H₂ (εξώθερμη)

(4) Αντίδραση Boudouard (ενδόθερμη)



(5) Αντίδραση σχηματισμού μεθανίου (εξώθερμη)



Η θερμότητα για τη διατήρηση της διεργασίας προέρχεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις, ενώ τα καύσιμα προϊόντα παράγονται κυρίως μέσω των ενδόθερμων αντιδράσεων.

Η διαφορά της αεριοποίησης από την πυρόλυση έγκειται στο γεγονός ότι στην αεριοποίηση τροφοδοτείται πρόσθετο καύσιμο αέριο για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα.[1,8]

3.3.1 Εγκατάσταση αεριοποίησης

Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης είναι:

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

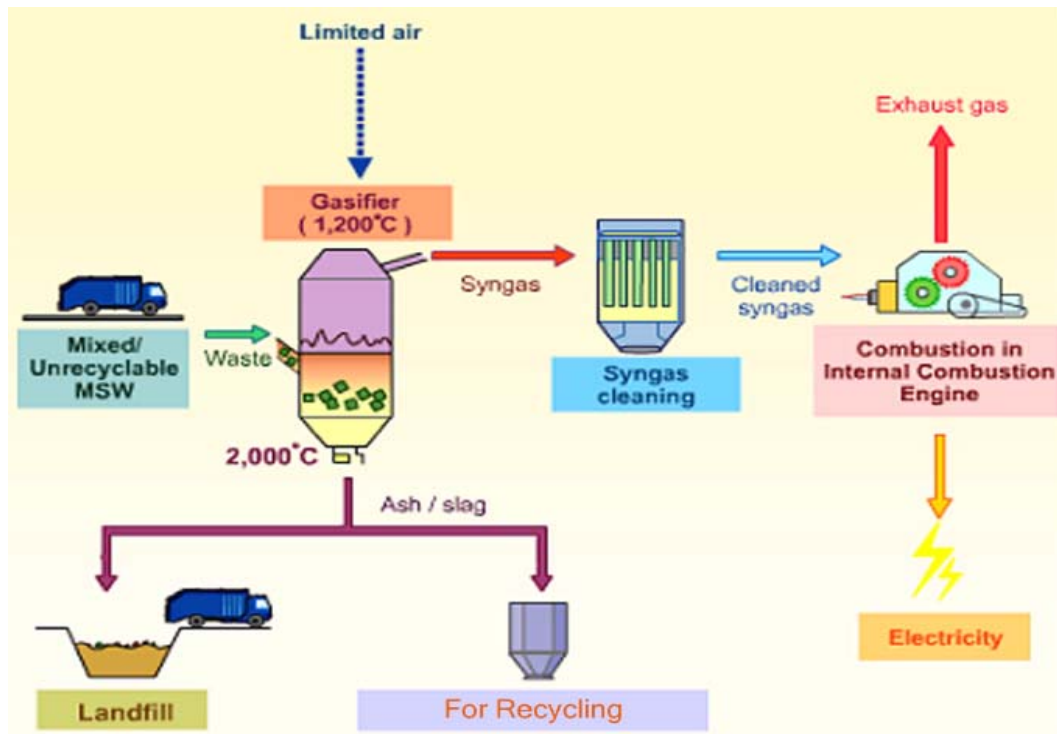
Από το σύνολο των πέντε αυτών τύπων εγκαταστάσεων, πιο διαδεδομένες είναι η ανάπτυξη εγκαταστάσεων κάθετης και οριζόντιας σταθερής κλίνης καθώς και ρευστοποιημένης κλίνης.

Οι εγκαταστάσεις κάθετης σταθερής κλίνης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως απλότητα και χαμηλό κόστος επένδυσης, αλλά επηρεάζονται άμεσα από τις διακυμάνσεις στη σύσταση των εισερχομένων αποβλήτων (θα πρέπει να παρουσιάζουν ομοιογένεια, π.χ. το RDF σε συμπυκνωμένη μορφή -pellets).

Αναφορικά με τις εγκαταστάσεις οριζόντιας σταθερής κλίνης, αυτές αποτελούν τον ευρύτερα διαδεδομένο τύπο στο εμπόριο. Η εγκατάσταση αποτελείται από δύο μέρη: (α) τον κύριο θάλαμο αεριοποίησης και (β) τον θάλαμο καύσης. Στον πρώτο θάλαμο επιτελείται η διεργασία της αεριοποίησης και το αέριο που παράγεται καίγεται πλήρως στο δεύτερο θάλαμο με περίσσεια αέρα σε θερμοκρασία 650 – 900°C. Τα καυσαέρια οδηγούνται για ανάκτηση θερμότητας με παραγωγή ατμού ή θερμού νερού. Η χαμηλή ταχύτητα και τύρβη στον πρώτο θάλαμο ελαχιστοποιούν την είσοδο σωματιδίων στο αέριο ρεύμα και οδηγούν σε χαμηλότερες εκπομπές σωματιδίων σε σχέση με τους συμβατικούς θαλάμους καύσης. Τέτοιες μονάδες είναι εμπορικά διαθέσιμες από διάφορους κατασκευαστές σε τυποποιημένα μεγέθη δυναμικότητας 100 – 8400 lb/h.

Τέλος, οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης βρίσκονται σε πιλοτικό επίπεδο ακόμη. Με ελάχιστες τροποποιήσεις, οι εγκαταστάσεις καύσης ρευστοποιημένης κλίνης με περίσσεια αέρα, μπορούν να λειτουργήσουν και σαν εγκαταστάσεις αεριοποίησης ρευστοποιημένης κλίνης με παροχή αέρα μικρότερη της στοιχειομετρικής αναλογίας.

Ακολούθως παρουσιάζεται σχηματικά μια τυπική διεργασία αεριοποίησης.



Σχήμα 3.3: Διεργασία Αεριοποίησης

3.3.2 Εκπομπές από μονάδες αεριοποίησης

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.

Οι εγκαταστάσεις αεριοποίησης λειτουργούν είτε με τροφοδοσία αέρα είτε με τροφοδοσία καθαρού οξυγόνου. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, το παραγόμενο αέριο εμφανίζει τη σύσταση που δίδεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.5: Σύσταση αερίου προϊόντος αεριοποίησης (με τροφοδοσία αέρα)

Ένωση	Ποσοστό (% κ.ο.)
CO ₂	10
CO	20

Ένωση	Ποσοστό (% κ.ο.)
H ₂	15
CH ₄	2
N ₂	53

Λόγω της παρουσίας του αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αερίου προϊόντος είναι χαμηλή. Η λειτουργία εγκαταστάσεων αεριοποίησης με τροφοδοσία αέρα, παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα για μεγάλο εύρος παροχών. Στην περίπτωση που η τροφοδοσία είναι καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου προϊόντος αυξάνεται σημαντικά. Η τυπική σύστασή του είναι: 14% CO₂, 50% CO, 30% H₂, 4% CH₄, 1% C_xH_y, 1% N₂.

Η ταχύτητα της αντίδρασης αεριοποίησης εξαρτάται εκτός από την θερμοκρασία και από το πορώδες, τη διάμετρο των πόρων και την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης. Απόβλητα που έχουν προέλθει από πυρόλυση, αεριοποιούνται ευκολότερα από μη επεξεργασμένα απόβλητα. Το ίδιο ισχύει και στη περίπτωση συμπαγούς συνεκτικού υλικού σε σχέση με χαλαρό ψαθυρό υλικό. Συμπαγή υλικά επιτρέπουν την καλύτερη διέλευση του αερίου διαμέσου του στερεού υποστρώματος στον αντιδραστήρα.

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με τον εμπορικό ενεργό άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού που προορίζεται για διάφορες χρήσης.

Με βάση την αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος, όπως και για την πυρόλυση, δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες εκπομπές κατά την πυρόλυση, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και ισχύουν τα αναφερόμενα για τη μέθοδο της καύσης – αποτέφρωσης.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι ρυπαντές οι οποίοι εμφανίζονται στο αέριο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης, η απομάκρυνση των οποίων κρίνεται ιδιαίτερος σημαντική [26]. Πιο συγκεκριμένα το αέριο προϊόν περιέχει:

- πισσώδη υλικά
- αλογόνα
- βαρέα μέταλλα
- και αλκαλικές ενώσεις.

Η παρουσία τους και η σύστασή τους εξαρτάται από τη σύνθεση του καυσίμου και την ακολουθούμενη κάθε φορά διαδικασία αεριοποίησης.

Πισσώδη υλικά

Όταν τα αστικά στερεά απόβλητα αεριοποιούνται, παράγονται σημαντικά ποσοστά ταρ. Ταρ θεωρείται οποιοδήποτε συμπυκνώσιμη ή μη συμπυκνώσιμη οργανική ύλη στο ρεύμα των προϊόντων, και αποτελείται κατά ένα μεγάλο μέρος από αρωματικές ενώσεις. Εάν το εν λόγω κλάσμα της οργανικής ύλης αφηθεί να συμπυκνωθεί (εύρος θερμοκρασιών συμπίκνωσης 200° C με 600°C) μπορεί να προκαλέσει το σχηματισμό κωκ στους καταλύτες αναγέννησης καυσίμου, να απενεργοποιήσει τα συστήματα απομάκρυνσης θείου, να διαβρώσει τους συμπιεστές, τους εναλλάκτες θερμότητας, τα κεραμικά φίλτρα, και να προκαλέσει βλάβες στους στροβίλους αερίου και στις μηχανές. Η ποσότητα και η σύνθεση των πισσωδών υλικών εξαρτώνται από το καύσιμο, τις συνθήκες λειτουργίας και τις αντιδράσεις αέριας φάσης που λαμβάνουν χώρα. Τα πρισσώδη υλικά ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες με βάση το εύρος των θερμοκρασιών εντός του οποίου λαμβάνει χώρα ο σχηματισμός τους.

Πίνακας 3.6: Ταξινόμηση πισσωδών προϊόντων αεριοποίησης [26].

Κατηγορία	Θερμοκρασία σχηματισμού	Συστατικά
1 ^η πρωτογενή προϊόντα	400-600°C	Φαινολικοί αιθέρες Αλκυλικές φαινόλες
2 ^η δευτερογενή προϊόντα	600-800°C	Ετεροκυκλικοί αιθέρες
3 ^η τριτογενή προϊόντα	800-1000°C	Πολυνουκλειικοί αρωματικοί Υδρογονάνθρακες

Η πρώτη κατηγορία συστατικών περιλαμβάνει ουσιαστικά προϊόντα της πυρόλυσης. Καθώς η αεριοποίηση αρχίζει να πραγματοποιείται, σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα αρχικά προϊόντα αποσυντίθενται θερμικά σε μικρότερα ποσοστά δευτερογενών και τριτογενών προϊόντων και σε μεγαλύτερο ποσοστό ελαφρών αερίων. Τα τριτογενή

προϊόντα είναι τα πιο σταθερά και είναι δύσκολο να διασπαστούν καταλυτικά. Εάν υπάρχει επαρκές αέριο μίγμα, στο τελικό αέριο προϊόν εμφανίζονται μόνο τα προϊόντα της πρώτης και τρίτης κατηγορίας. Η παρουσία των πισσωδών υλικών στο αέριο προϊόν μπορεί να μειωθεί τόσο με φυσικές όσο και με χημικές διεργασίες επεξεργασίας.

Αλογόνα /όξινα αέρια

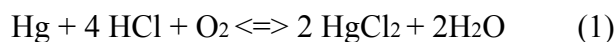
Τα κύρια προϊόντα της καύσης των αλογόνων είναι είτε αλογονίδια υδρογόνου, (π.χ. HCl, HBr) είτε αλογονίδια μετάλλων (π.χ. HgCl). Κατά την αεριοποίηση αστικών στερεών αποβλήτων, το HCl είναι το προϊόν χλωρίου που παράγεται κατά κύριο λόγο. Το βρώμιο (Br) φαίνεται να συσσωρεύεται σε μεγαλύτερο βαθμό στην τέφρα (bottom ash). Η τυπική περιεκτικότητα Br στα αστικά στερεά απόβλητα, εντούτοις, είναι πολύ χαμηλή (30 - 200 mg/kg), σε σύγκριση με αυτή του Cl (3.000-6.000 mg/kg). Το χλώριο μετατρέπεται κυρίως σε HCl και το βρώμιο σε HBr, και τα δύο εκ των οποίων απομακρύνονται εύκολα σε όλα τα σύγχρονα συστήματα καθαρισμού και ως εκ τούτου δεν προκαλούν προβλήματα εκπομπών.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της αεριοποίησης είναι ότι πραγματοποιείται σε αναγωγική ατμόσφαιρα, γεγονός το οποίο αποτρέπει την οξειδωση των ενώσεων θείου και αζώτου. Κατά συνέπεια, το περισσότερο στοιχειώδες άζωτο ή θείο στο ρεύμα αποβλήτων καταλήγει ως H₂S, COS, N₂ ή αμμωνία και όχι ως SO_x και NO_x. Οι παραπάνω ενώσεις θείου μπορούν να ανακτηθούν - ως στοιχειώδες θείο - σε αποδοτικότητα μεταξύ 95 και 99%, ή να μετατραπούν σε παραπροϊόν θειικού οξέος. Οι τυπικές διεργασίες απομάκρυνσης και ανάκτησης θείου που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία ακατέργαστου syngas είναι οι ίδιες με τις εμπορικά διαθέσιμες μεθόδους που χρησιμοποιούνται σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές (π.χ. επεξεργασία πετρελαίου, ανάκτηση φυσικού αερίου).

Βαρέα μέταλλα

Ίχνη μετάλλων και άλλων πτητικών υλικών παρουσιάζονται επίσης στα αστικά στερεά απόβλητα. Πρόκειται για τυπικές τοξικές ουσίες που αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον και τη ανθρώπινη υγεία όταν απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Ο υδράργυρος που βρίσκεται στην τέφρα είναι πιθανό να είναι σε στοιχειώδη μορφή. Σε περίπτωση οξειδωτικών αντιδράσεων αεριοποίησης, η παρουσία του HCl και του Cl₂

μπορούν να έχουν σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό HgCl₂ μέσω των παρακάτω αντιδράσεων:



Τα πτητικά βαρέα μέταλλα που δεν συλλέγονται στο σύστημα καθαρισμού αερίου μπορούν να βιο-συσσωρευτούν στο περιβάλλον με επικίνδυνες συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία. Για αυτόν τον λόγο, ο υδράργυρος πρέπει να απομακρύνεται από το αέριο προϊόν πριν από την καύση. Η βιομηχανία καύσης αστικών στερεών αποβλήτων έχει αποδειχθεί εξαιρετικά επιτυχημένη σε ότι αφορά την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων με χρήση ενεργοποιημένου άνθρακα, σακκόφιλτρων και ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών. Σε ότι αφορά τις εγκαταστάσεις αεριοποίησης, μπορεί να αναμένονται ακόμα καλύτερα αποτελέσματα, αυτό γιατί τα βαρέα μέταλλα έχουν υψηλότερη μερική πίεση στο αέριο προϊόν, γεγονός το οποίο βοηθά σε μεγαλύτερο βαθμό τη προσρόφηση κατά τη διάρκεια της ψύξης σύμφωνα με τη θερμοδυναμική σχέση: $\Delta G = -RT \ln(P_1/P_0)$

Αλκαλικές ενώσεις

Η παρουσία αλκαλικών ενώσεων στην τέφρα κατά την αεριοποίηση των αστικών στερεών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει υαλοποίηση των εναποθέσεων στο λέβητα ή στο θάλαμο αεριοποίησης. Τα βασικά στοιχεία που προκαλούν την υαλοποίηση είναι το κάλιο, το νάτριο, το χλώριο και το πυρίτιο. Η παρουσία αλκαλικών μετάλλων στις διαδικασίες καύσης και αεριοποίησης είναι γνωστή για τη δημιουργία διαφόρων λειτουργικών προβλημάτων. Ευτηκτικά αλκαλικά μίγματα αλάτων με χαμηλά σημεία τήξης διαμορφώνονται στις επιφάνειες των σωματιδίων της ιπτάμενης τέφρας ή του υλικού της ρευστοποιημένης κλίνης. Οι κολλώδεις επιφάνειες των σωματιδίων μπορούν να οδηγήσουν στο σχηματισμό συσσωματωμάτων με τα υλικά της κλίνης, τα οποία πρέπει να αντικατασταθούν.

3.4 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

Η τεχνολογία πλάσματος χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια μεμονωμένα για την αδρανοποίηση του υπολείμματος από τις μονάδες συμβατικής καύσης αλλά και την

επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων, όπως νοσοκομειακά και βιομηχανικά. Την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και την ενεργειακή αξιοποίηση όλων των ειδών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων. Τέτοιου είδους μονάδες ξεκίνησαν σε πειραματική και εμπορική κλίμακα αρχικά στην Ιαπωνία και στην συνέχεια στην Ευρώπη. Το σύνολο των μονάδων πλάσματος για την επεξεργασία των αστικών απορριμμάτων - που είτε λειτουργούν, είτε είναι υπό κατασκευή – παρουσιάζεται στη συνέχεια. [11]

Πίνακας 3.7: Μονάδες Πλάσματος για την επεξεργασία αστικών απορριμμάτων

Τοποθεσία	Εταιρία	Δυναμικότητα
Yoshi, Japan	Westinghouse	24 τόνους / ημέρα
Mihata and Mikata, Japan	Hitachi Metals	28 τόνους / ημέρα
Utashinai, Japan	Hitachi Metals	183 τόνους / ημέρα
Rome, Italy	Enel – Solena Group	336 τόνους / ημέρα
Skierbreszow, Poland	Startech Environmental Corp.	300 τόνους / ημέρα
Karlino. Poland	Startech Environmental Corp.	300 τόνους / ημέρα
Barcelona, Spain	Plasco Energy Group	85 τόνους / ημέρα
Ottawa, Canada	Plasco Energy Group	75 τόνους / ημέρα

3.4.1 Θεωρητικό υπόβαθρο τεχνολογίας πλάσματος

Ο όρος πλάσμα περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας των αποβλήτων με την τεχνολογία πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος 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 αυτόν 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 6000°C. [1]

Ο βασικός μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας ο οποίος λαμβάνει χώρα όταν ένα σωματίδιο βρίσκεται σε επαφή με αέριο πλάσματος απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Η εξίσωση η οποία δίνει την ενέργεια (Qn) που συνεισφέρει στην θέρμανση και τήξη του σωματιδίου, έχει ως εξής [23]:

$$Qn = h a (T_{\infty} - T_s) - \sigma \varepsilon a (T_s^4 - T_a^4)$$

όπου:

h: ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σωματιδίου – πλάσματος

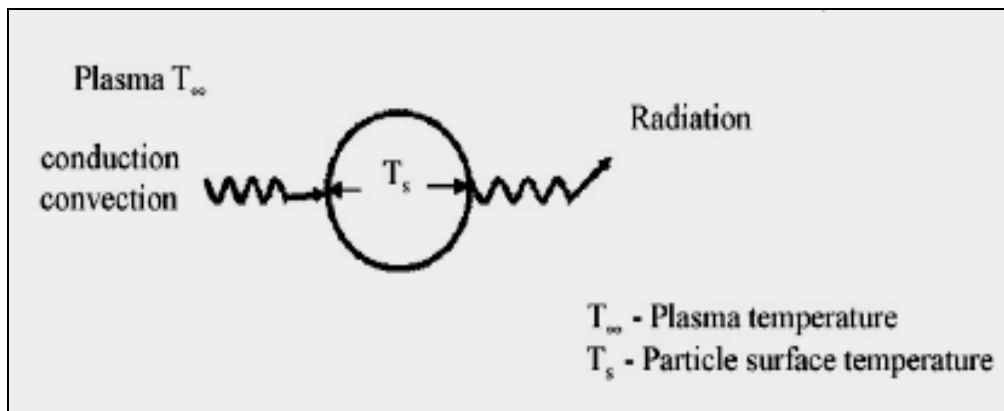
a: η επιφάνεια του σωματιδίου

T_∞: η θερμοκρασία του πλάσματος

T_s: η θερμοκρασία της επιφάνειας του σωματιδίου

T_a: η θερμοκρασία του τοιχώματος του αντιδραστήρα

σ: η σταθερά Stephan – Boltzmann



Σχήμα 3.4: Μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας για σωματίδιο το οποίο βρίσκεται σε επαφή με πλάσμα [23].

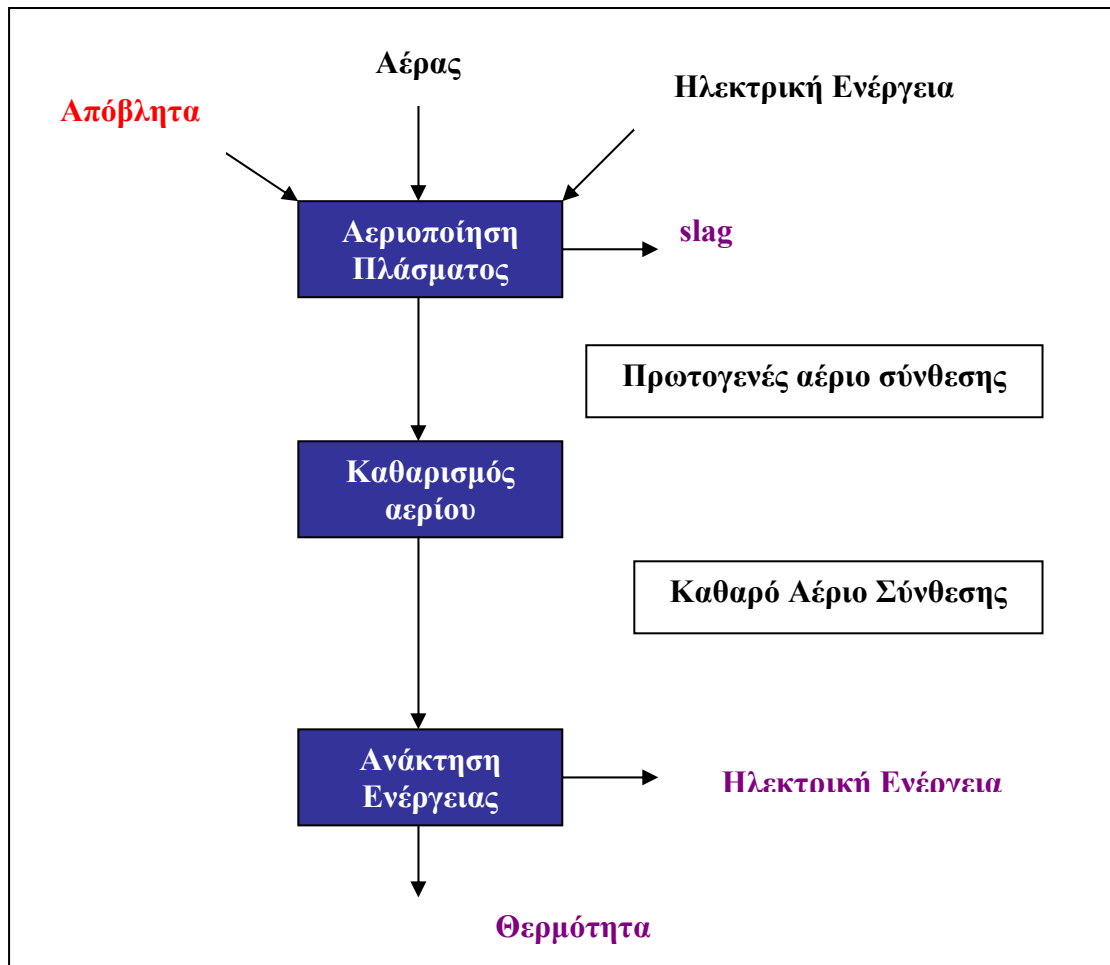
Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν 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.

3.4.2 Διεργασία πλάσματος

Μια μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων βασιζόμενη στην τεχνολογία πλάσματος αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: α) το κύριο σύστημα πλάσματος, το σύστημα καθαρισμού του πρωτογενούς αερίου σύνθεσης και γ) το σύστημα ανάκτησης ενέργειας. Στο κύριο σύστημα πλάσματος λαμβάνει χώρα μετατροπή του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων σε αέριο σύνθεσης με βάση αντιδράσεις αεριοποίησης ενώ το ανόργανο κλάσμα των αποβλήτων μετατρέπεται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών σε υαλώδες υλικό. Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ενώ το υαλώδες υλικό είναι αδρανές και χρησιμοποιείται ως πρόσθετο υλικό κατασκευών. [11]



Σχήμα 3.5: Διεργασία πλάσματος επεξεργασίας αποβλήτων

Συνοπτικά το κάθε στάδιο της διεργασίας πλάσματος περιλαμβάνει τα εξής:

Προεπεξεργασία

Το στάδιο της προεπεξεργασίας δεν είναι απαραίτητο για τους περισσότερους τύπους αποβλήτων. Η προεπεξεργασία απαιτείται κυρίως για υλικά με πολύ μεγάλες διαστάσεις ή για υλικά με πολύ υψηλό ποσοστό υγρασίας. Στην τελευταία περίπτωση δεν απαιτείται ξήρανση μέχρι υψηλού ποσοστού, αφού ένα ποσοστό υγρασίας χρειάζεται για την παραγωγή των βασικών συστατικών του αερίου σύνθεσης, του υδρογόνου και του μονοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια τα απόβλητα τροφοδοτούνται στον πρωτεύοντα θάλαμο αεριοποίησης – κάμινο πλάσματος.[11]

Αεριοποίηση Πλάσματος

Το κεντρικό στάδιο της διεργασίας αποτελείται από τον πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αεριοποιητή πλάσματος. Ο πρωτεύων αεριοποιητής πλάσματος είναι

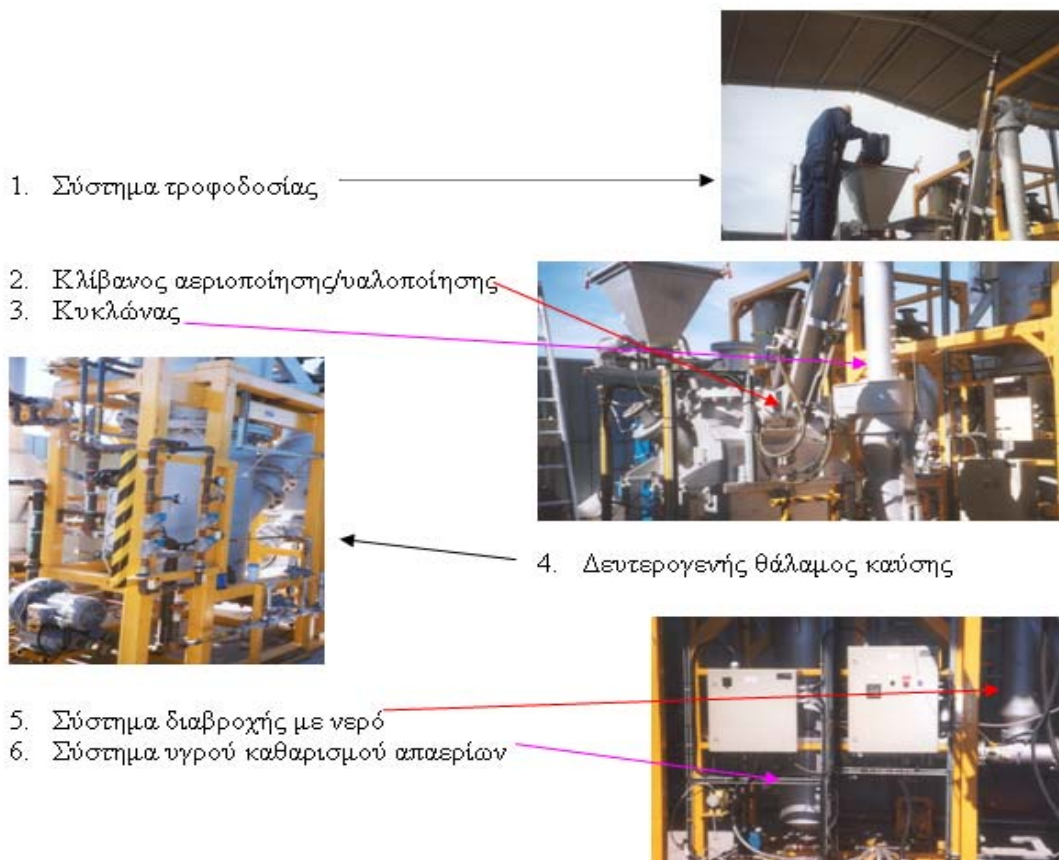
στην ουσία μια κάμινος πλάσματος στο εσωτερικό της οποίας διοχετεύεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω δύο ηλεκτροδίων γραφίτη, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών υψηλής θερμοκρασίας και την αεριοποίηση του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων. Το ανόργανο κλάσμα, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών του πυθμένα της καμίνου, τήκεται και εξέρχεται από την κάμινο υπό την μορφή υαλοποιημένου υλικού ή τηγμένου καθαρού μετάλλου, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των ανόργανων συστατικών. ο οργανικό κλάσμα των αποβλήτων μετά την έξοδό του από τον πρωτεύοντα αεριοποιητή υφίσταται ένα δεύτερο στάδιο αεριοποίησης, ώστε να εξασφαλιστεί η τέλεια αεριοποίηση των συστατικών του και η μετατροπή τους σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα.[11]

Καθαρισμός Αερίου σύνθεσης

Για την αποφυγή περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και προβλημάτων καύσης σε μηχανές εσωτερικής καύσης του παραγόμενου αερίου σύνθεσης, αυτό διέρχεται από ένα στάδιο καθαρισμού. Χρησιμοποιείται σύστημα διαβροχής νερού για τη μείωση της θερμοκρασίας των αερίων που εγκαταλείπουν το δευτερογενή θάλαμο καύσης. Η ροή του νερού εξαρτάται από την επιθυμητή θερμοκρασία που πρέπει να έχουν τα απαέρια εισερχόμενα στο σύστημα κατακράτησης των σωματιδίων (σακκόφιλτρο). Στο σακκόφιλτρο κατακρατούνται τα λεπτόκοκκα σωματίδια ενώ τα απαέρια εισέρχονται σε σύστημα υγρού καθαρισμού απαερίων (scrubber). Στο σύστημα αυτό απομακρύνονται συστατικά όπως οξείδια του αζώτου και του θείου, χλωριούχα και φθοριούχα συστατικά, κ.λπ., με τη χρήση χημικών π.χ. διαλύματος καυστικού νατρίου.

Ενεργειακή αξιοποίηση- παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Το καθαρό πλέον αέριο σύνθεσης οδηγείται στο τελικό στάδιο της ενεργειακής αξιοποίησής του, το οποίο στην απλούστερη περίπτωση περιλαμβάνει μηχανές αερίου κατάλληλες για καύση χαμηλής έως μέσης θερμογόνου δύναμης αερίων καυσίμων. Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ θερμική ενέργεια ανακτάται από τα θερμά καυσαέρια για πιθανή χρήση σε προηγούμενα στάδια της διεργασίας, όπως την ξήρανση των τροφοδοτούμενων αποβλήτων.



Εικόνα 3.1: Βασικά μέρη μονάδας πλάσματος

3.4.3 Εκπομπές από μονάδες πλάσματος

Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι [1]:

- 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.
- **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, κατασκευή τούβλων και πλακιδίων πολύ υψηλής ποιότητας, κατασκευή υλικών πεζοδρόμησης, κλπ).

- **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.
- **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.

ΜΕΡΟΣ Β

4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΝΑΞΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ELECTRE I

Στόχο του παρόντος κεφαλαίου αποτέλεσε η αξιολόγηση των θερμικών μεθόδων για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της νήσου Νάξου - η οποία αποτελεί διαχειριστική ενότητα της Περιφέρειας του Νοτίου Αιγαίου - μέσω της εφαρμογής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I. Για την επίτευξη αυτού του στόχου κρίνεται απαραίτητο:

- Να γίνει επισκόπηση της υφιστάμενης κατάστασης της Διαχείρισης των Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου με έμφαση στην υπό μελέτη διαχειριστική ενότητα και στα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων της.
- Να παρουσιαστεί το θεωρητικό πλαίσιο της μεθόδου ELECTRE, η οποία θα αποτελέσει το εργαλείο για την πραγματοποίηση της εν λόγω αξιολόγησης.
- Να παρουσιαστούν τα κριτήρια αξιολόγησης των θερμικών μεθόδων καθώς και τα δεδομένα που θα στοιχειοθετήσουν την βαθμολόγησή τους.

4.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ Ν. ΑΙΓΑΙΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΗΣΟΥ ΝΑΞΟΥ

Η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου αποτελείται από τους Νομούς Κυκλάδων και Δωδεκανήσου και εκτείνεται σε μια μεγάλη θαλάσσια ζώνη από τις ακτές της Αττικής και της Εύβοιας, όπου βρίσκονται η Μακρόνησος και η Άνδρος, μέχρι και τα νότια παράλια της Τουρκίας, όπου περίπου μεταξύ Ρόδου και Κύπρου βρίσκεται το Καστελόριζο ή Μεγίστη.

Περιλαμβάνει 79 νησιά, εκ των οποίων 48 κατοικημένα, και πλήθος νησίδων και βραχονησίδων. Η συνολική επιφάνειά της ανέρχεται σε 5.286 km² και αποτελεί το 4% της συνολικής επιφάνειας της χώρας, ενώ το 28% της εκτάσεώς της είναι ορεινό, το 43% ημιορεινό και το 29% πεδινό. Ο πληθυσμός της Περιφέρειας ανέρχεται σε

303.114 κατοίκους αποτελώντας περίπου το 3% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Τα νησιά της περιφέρειας παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.1: Νησιά της περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου.

Αγαθονήσι	Κουφονήσια	Ρω
Αμοργός	Κύθνος	Σαντορίνη (Θηρα)
Ανάφη	Κως	Σάριη
Άνδρος	Λέβιθα	Σέριφος
Αντίπαρος	Λειψοί	Σίκινος
Αστυπάλαια	Λέρος	Σίφνος
Γυάρος	Μακρόνησος	Σύμη
Δάλος	Μεγίστη (Καστελοριζο)	Σύρνη
Δονούσα	Μήλος	Σύρος
Ηράκλεια	Μύκονος	Τήλος
Ίος	Νάξος	Τήνος
Κάλυμνος	Νίσυρος	Φαρμακονήσι
Κάρπαθος	Πάρος	Φολέγανδρος
Κάσος	Πάτμος	Χάλκη
Κέα (Τζια)	Ρόδος	Ψέριμος

4.1.1 Χαρακτηριστικά των απορριμμάτων περιφέρειας Ν. Αιγαίου

Ποσοτική Ανάλυση

Οι νησιωτικές περιοχές που αποτελούν τουριστικό προορισμό παρουσιάζουν ξεχωριστές προκλήσεις για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Μια από αυτές τις προκλήσεις σχετίζεται αναμφίβολα με την αυξημένη παραγωγή των αποβλήτων κατά τις τουριστικές περιόδους. Ως εκ τούτου υπάρχει ανάγκη για εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των αποβλήτων το οποίο να μπορεί να ανταποκριθεί, εκτός των άλλων, σε αυτή την εποχική διακύμανση.

Όπως προαναφέρθηκε, ο πληθυσμός της περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου ανέρχεται σε 303.114 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2001), ενώ οι ετήσιες διανυκτερεύσεις των επισκεπτών στην περιφέρεια ανέρχονται σε 17.651.192, αριθμός ο οποίος προστιθέμενος στους μόνιμους κατοίκους, διαμορφώνει τον πληθυσμό της περιφέρειας σε 1.766.119 κατοίκους. Η πληθυσμιακή αυτή διακύμανση επηρεάζει και την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων στις εν λόγω περιοχές. Όσον αφορά στην παραγόμενη ποσότητα των αποβλήτων για το νομό Δωδεκανήσου είναι 130.532 τόνοι/έτος ενώ

για το νομό Κυκλάδων 83.258 τόνοι/έτος, αγγίζοντας έτσι συνολικά τους 213.790 τόνους για όλη την περιφέρεια.

Πιο συγκεκριμένα, στο νησί της Ρόδου η τουριστική περίοδος διαρκεί περίπου έξι μήνες. Το γεγονός αυτό καθίσταται ιδιαίτερα επιβαρυντικό ως προς την παραγωγή οικιακών απορριμμάτων, καθώς κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου σημειώνεται αύξηση των απορριμμάτων πάνω από 50%.

Παρόμοια είναι τα στοιχεία που αφορούν στην εποχική διακύμανση των αποβλήτων που παρατηρείται για την Κω. Υπολογίζεται πως η παραγωγή απορριμμάτων κατά την τουριστική περίοδο αγγίζει τους 7.275 τόνους, ενώ κατά την υπόλοιπη περίοδο είναι της τάξεως των 16.000 τόνων.

Αντίστοιχα για το νησί της Μυκόνου (μόνιμος πληθυσμός 9320 κάτοικοι), κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου ο πληθυσμός πολλαπλασιάζεται και σε περίοδο αιχμής φτάνει και τα 59000 άτομα. Η παραγωγή απορριμμάτων κατά την τουριστική περίοδο αγγίζει τους 5876 τόνους, ενώ κατά την υπόλοιπη περίοδο είναι της τάξεως των 4545 τόνων.

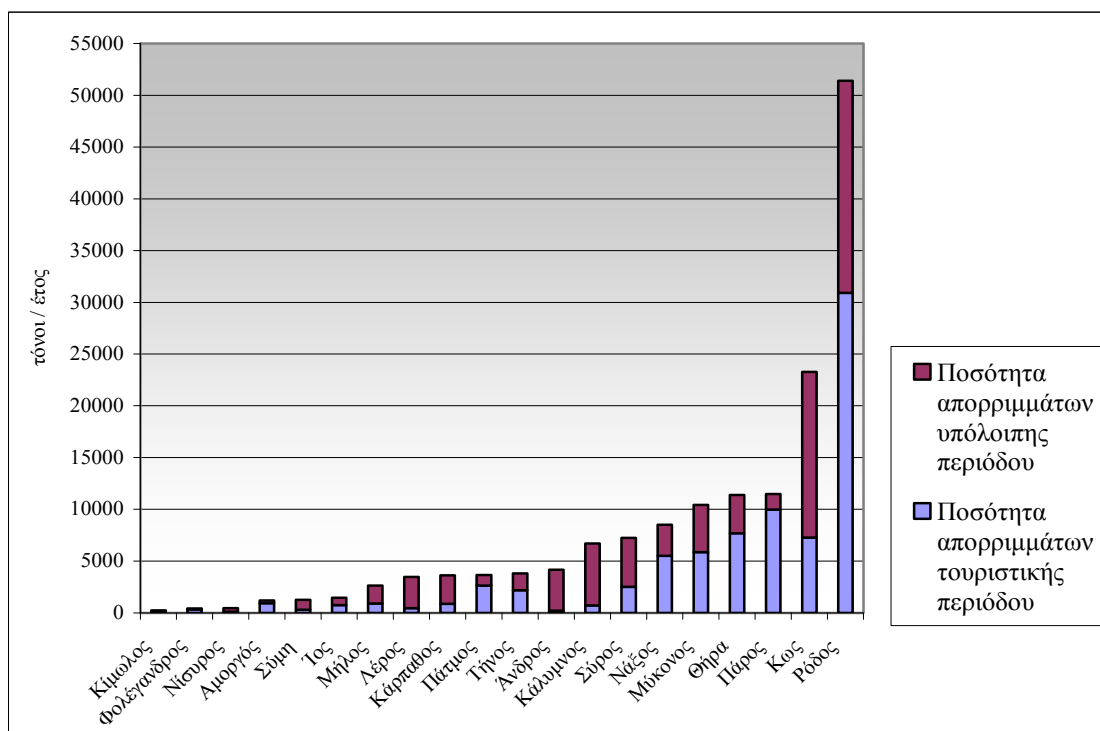
Στη συνέχεια παρουσιάζεται η παραγωγή των απορριμμάτων για ορισμένα νησιά του Ν. Αιγαίου τόσο κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου, όσο και κατά την υπόλοιπη διάρκεια του έτους. Να σημειωθεί ότι δεν παραθέτονται στοιχεία για το σύνολο των νησιών του Νοτίου Αιγαίου, αλλά για τα νησιά εκείνα τα οποία παρουσιάζουν την σημαντικότερη παραγωγή απορριμμάτων στην Περιφέρεια.

Πίνακας 4.2: Παραγωγή των απορριμμάτων για ορισμένα νησιά του Ν. Αιγαίου [14].

	Ποσότητα απορριμμάτων τουριστικής περιόδου (τόνοι/χρόνο)	Ποσότητα απορριμμάτων υπόλοιπης περιόδου (τόνοι/χρόνο)
Λέρος	436	3029
Νίσυρος	115	347
Σύμη	313	951
Σύρος	2518	4746
Πάρος	9970	1500

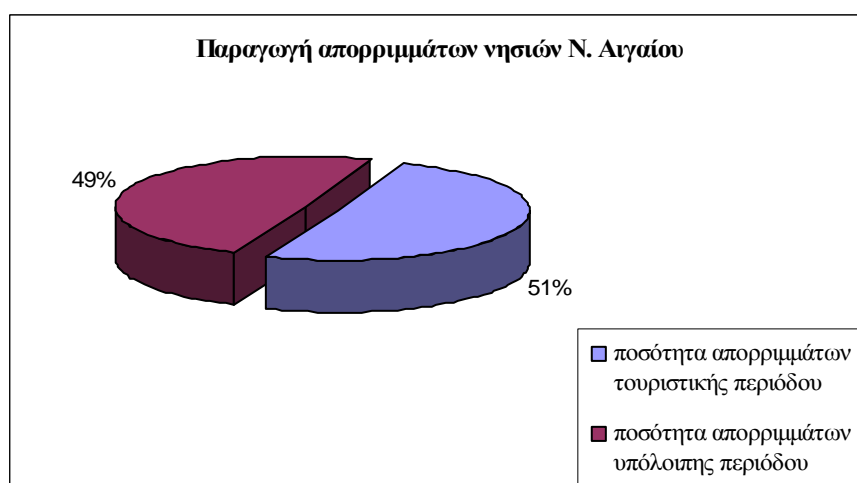
	Ποσότητα απορριμμάτων τουριστικής περιόδου (τόνοι/χρόνο)	Ποσότητα απορριμμάτων υπόλοιπης περιόδου (τόνοι/χρόνο)
Τήνος	2179	1623
Νάξος	5525	2985
Ανδρος	210	3954
Ρόδος	30920	20483
Κως	7275	16000
Κάλυμνος	720	6001
Κάρπαθος	870	2741
Θήρα	7707	3683
Αμοργός	918	280
Μήλος	885	1755
Μύκονος	5876	4545

Βασικό χαρακτηριστικό των νησιών είναι η μεγάλη πληθυσμιακή διαφορά μεταξύ χειμερινής και θερινής περιόδου. Ο πληθυσμός των νησιωτικών περιοχών κατά την τουριστική περίοδο αυξάνεται σημαντικά. Η χρονική αυτή ανισοκατανομή συνεπάγεται και την ανάλογη αύξηση των στερεών αποβλήτων, όπως αυτή αποτυπώνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, με βάση τα στοιχεία του πίνακα.



Σχήμα 4.1: Παραγωγή των απορριμμάτων τουριστικής περιόδου και υπόλοιπης περιόδου νησιών Ν. Αιγαίου (τονου/έτος)

Όπως παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα, στις περισσότερες των περιπτώσεων, η μεγαλύτερη ποσότητα των απορριμμάτων για τα νησιά της περιφέρειας παράγεται κατά την τουριστική περίοδο. Συγκεκριμένα, επί του συνόλου των νησιών που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 4.2, προκύπτει ότι το 51% των απορριμμάτων παράγονται κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου από τον εποχικό πληθυσμό των νησιών.



Σχήμα 4.2: Παραγωγή απορριμμάτων νησιών Ν. Αιγαίου

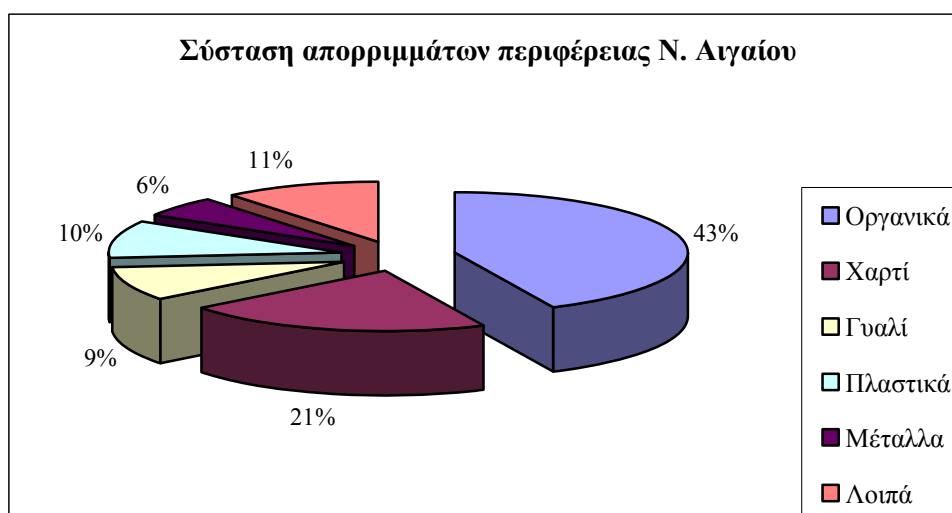
Σύσταση απορριμμάτων περιφέρειας

Ακολούθως παρουσιάζεται η σύσταση των απορριμμάτων για ορισμένα νησιά του Ν. Αιγαίου [14]. Παρατηρείται ότι το ποσοστό των οργανικών είναι της τάξεως του 42% και το ποσοστό του χαρτιού παίρνει τιμές της τάξεως του 21%. Τα κλάσματα του γυαλιού και του πλαστικού έχουν ποσοστά κοντά στο 10% ενώ τα μέταλλα γύρω στο 5% κατά μέσο όρο.

Πίνακας 4.3: Ποσοστιαία κατά βάρος σύσταση των απορριμμάτων για νησιά του Ν. Αιγαίου [14].

	Κώς	Ρόδος	Λέρος	Μύκονος	Μήλος	Νάξος
Οργανικά	40,2 %	43 %	47 %	37,3 %	47 %	48,3 %
Χαρτί	19,6 %	17 %	20 %	25 %	20 %	21,6 %
Γυαλί	11,3 %	14 %	4,5 %	12,3 %	4,5 %	5,8 %
Πλαστικά	11 %	10 %	8,5 %	10,9 %	8,5 %	9,4 %
Μέταλλα	5,2 %	10 %	4,5 %	5,2 %	4,5 %	3,3 %
Λοιπά	12,7 %	6 %	15,5 %	4,7 %	15,5 %	11,6 %

Η σύσταση των απορριμμάτων των νησιών της περιφέρειας κατά μέσο όρο παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.3: Ποσοστιαία Σύσταση των απορριμμάτων για νησιά του Ν. Αιγαίου

Πηγές παραγόμενων αποβλήτων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές πηγές παραγωγής αποβλήτων, για ελληνικές νησιωτικές περιοχές [14]. Στις κατηγορίες των αποβλήτων που παραθέτονται δεν συμπεριλαμβάνονται τα οικιακά απορρίμματα.

Πίνακας 4.4: Πηγές αποβλήτων νησιών Ν. Αιγαίου [14].

	Πηγές παραγωγής αποβλήτων
Λέρος - Νίσυρος - Σύμη	<ul style="list-style-type: none">- κτηνοτροφία, γεωργικά- οικοδομικές δραστηριότητες- νοσοκομειακά
Σύρος	<ul style="list-style-type: none">- νοσοκομειακά- οικοδομικές δραστηριότητες,- μονάδα βιολογικού καθαρισμού- κτηνοτροφία
Πάρος	<ul style="list-style-type: none">- οικοδομικές δραστηριότητες,- κτηνοτροφία, γεωργία,- μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων
Τήνος	<ul style="list-style-type: none">- οικοδομικές δραστηριότητες,- νοσοκομεία
Νάξος	<ul style="list-style-type: none">- νοσοκομεία,- βιομηχανία,- οικοδομικές δραστηριότητες,- λάσπες από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων,- κτηνοτροφία, γεωργία
Ρόδος	<ul style="list-style-type: none">- νοσοκομεία,- βιομηχανικές εγκαταστάσεις,- μονάδες βιολογικού καθαρισμού,- αεροδρόμια
Κάλυμνος	<ul style="list-style-type: none">- νοσοκομεία- γεωργία, κτηνοτροφία,- εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων,- αδρανή

	Πηγές παραγωγής αποβλήτων
Κάρπαθος	– νοσοκομεία
Θήρα	– βιομηχανία, – γεωργία, – εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, – αδρανή
Μήλος	– νοσοκομεία, – λατομεία, – μονάδες επεξεργασίας λυμάτων

Η διαφορετικότητα των ειδών των στερεών αποβλήτων στα νησιά αποτελεί μία ακόμη παράμετρο η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης των αποβλήτων σε αυτές τις περιοχές. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι στις νησιωτικές περιοχές παρουσιάζονται και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και απόβλητα ειδικής φύσεως όπως είναι τα γεωργικά – κτηνοτροφικά και τα νοσοκομειακά.

Όσον αφορά στη συλλογή των επικίνδυνων αποβλήτων, υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται. Προς το παρόν, για τις νησιωτικές περιοχές, η διαδικασία που ακολουθείται για τα επικίνδυνα απόβλητα περιλαμβάνει την μεταφορά τους με πλωτό μέσο σε κάποιο μεγαλύτερο νησί ή στην ηπειρωτική χώρα. Συμπερασματικά, η πλειοψηφία των νησιών δεν έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας των νοσοκομειακών και των επικίνδυνων αποβλήτων

4.1.2 Υφιστάμενη κατάσταση Διαχείρισης Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου

Τα ζητήματα τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν κατά την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης σχετικά με την διαχείριση των απορριμμάτων στα νησιά του Ν. Αιγαίου είναι ποικίλα και βαρύνουσας σημασίας. Αρχικά, θα πρέπει να παρουσιαστούν τα στοιχεία που αφορούν στο ζήτημα της ανεξέλεγκτης διάθεσης των απορριμμάτων στην περιφέρεια, εν συνεχεία τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι χώροι υγειονομικής ταφής των νησιωτικών περιοχών του Νοτίου Αιγαίου και τέλος τα στοιχεία που αφορούν στον τομέα της ανακύκλωσης στις εν λόγω περιοχές.

Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ)

Στον ακόλουθο πίνακα παραθέτονται οι ΧΑΔΑ που υπάρχουν στις νησιωτικές περιφέρειες της Ελλάδας [ΥΠΕΧΩΔΕ 2005].

Πίνακας 4.5: Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων ανά Περιφέρεια

Περιφέρεια	Ενεργοί ΧΑΔΑ	Ανενεργοί ΧΑΔΑ	Σύνολο	Ποσοστό επί συνόλου Επικράτειας
Ιονια Νησια	19	11	30	1,1
Βορειο Αιγαίο	50	31	81	3,1
Νοτιο Αιγαίο	53	17	70	2,7
Κρήτη	76	49	125	4,8
Επικράτεια	1453	1173	2626	

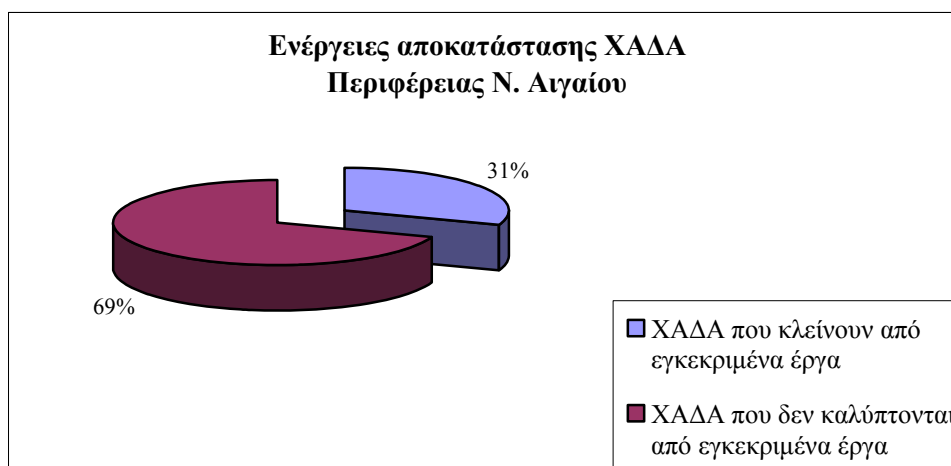
Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2005

Σε ότι αφορά στις νησιωτικές περιοχές, παρατηρείται ότι 30 ΧΑΔΑ (1,1%) βρίσκονται στα Ιόνια νησιά, 81 στο Βόρειο Αιγαίο (3,1%), 70 στο Ν. Αιγαίο (2,7%) και 125 στην Κρήτη (4,8%). Συμπερασματικά περίπου 12% των ΧΑΔΑ της χώρας βρίσκεται στις νησιωτικές περιοχές.

Σύμφωνα με την έκθεση του ΥΠΕΧΩΔΕ (2005), οι ενεργοί ΧΑΔΑ που κλείνουν λόγω υλοποίησης έργων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Περιφέρεια του Ν. Αιγαίου είναι 31%. Ως εκ τούτου, το 69% των ΧΑΔΑ της περιφέρειας δεν καλύπτεται από τα προβλεπόμενα έργα, γεγονός που καθιστά το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης διάθεσης μείζονος σημασίας για την περιφέρεια.

Πίνακας 4.6: Ενέργειες αποκατάστασης των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων [13].

Περιφέρεια	ΧΑΔΑ που κλείνουν από Εγκεκριμένα Έργα	ΧΑΔΑ που δεν καλύπτονται από Έργα
Ιονια Νησια	6	7
Βορειο Αιγαίο	33	17
Νοτιο Αιγαίο	15	34
Κρήτη	43	2
Συνολα	97	60



Σχήμα 4.4: Ενέργειες αποκατάστασης των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων στην Περιφέρεια Ν. Αιγαίου

Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Οποιαδήποτε τεχνολογία και αν ακολουθηθεί στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων, πάντα θα είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής. Είναι απαραίτητο έργο σε κάθε ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης που επιδιώκει να συνεισφέρει θετικά στην περιβαλλοντικά ασφαλή διάθεση των αποβλήτων. Σκοπός είναι να οδηγείται προς διάθεση όλο και μικρότερη ποσότητα αποβλήτων και κυρίως τα υπολείμματα της επεξεργασίας των αποβλήτων. Σε αυτή την κατεύθυνση, σήμερα πρέπει να γίνεται πλέον λόγος για Χώρους Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

Ωστόσο σε ότι αφορά στις νησιωτικές περιοχές υπάρχουν ιδιαιτερότητες οι οποίες είναι καθοριστικές για το σχεδιασμό ενός ΧΥΤΑ. Οι σημαντικότερες εξ αυτών είναι:

- Περιορισμένη διαθεσιμότητα εκτάσεων για την διάθεση των απορριμμάτων.
- Υφιστάμενοι ΧΥΤΑ οι οποίοι παρουσιάζουν προβλήματα χωρητικότητας κυρίως εξαιτίας της εποχικής διακύμανσης της ποσότητας των απορριμμάτων που δέχονται.

Προβλήματα χωρητικότητας ΧΥΤΑ: Σημαντικά είναι τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι ΧΥΤΑ στις νησιωτικές περιοχές της περιφέρειας Ν. Αιγαίου. Ιδιαίτερα στα νησιά εκείνα τα οποία αποτελούν τουριστικό προορισμό, η

ποσότητα των απορριμμάτων - όπως έχει προαναφερθεί - αυξάνεται πολύ κατά τους θερινούς μήνες, δημιουργώντας προβλήματα χωρητικότητας στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο ΧΥΤΑ Β. Ρόδου ο οποίος κατασκευάστηκε σε μικρότερη από την προβλεπόμενη έκταση και επιπλέον αποτίθενται σε αυτόν περισσότερες ποσότητες από τις προεκτιμώμενες. Αναμένεται ότι ο εν λόγω Χώρος Υγειονομικής Ταφής θα αντιμετωπίσει πρόβλημα χωρητικότητας πολύ συντομότερα απ' ό τι είχε εκτιμήσει η σχετική μελέτη του. Να σημειωθεί ότι πρόβλημα χωρητικότητας αντιμετωπίζει και ο ΧΥΤΑ Ν. Ρόδου [14].

Επίσης θα πρέπει να γίνει αναφορά στο γεγονός ότι υπάρχουν μικροί δήμοι οι οποίοι αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα διαχείρισης των απορριμμάτων τους, καθώς εξαιτίας της μικρής ποσότητας των παραγομενών αποβλήτων δε θεωρούνται ως άμεσης προτεραιότητας με αποτέλεσμα να μην προβλέπεται η δημιουργία ΧΥΤΑ. Οι περιοχές αυτές πρέπει να μεταφέρουν τα απορρίμματά τους στους κοντινότερους ΧΥΤΑ, διαδικασία η οποία περιλαμβάνει δυσκολίες. Για παράδειγμα, για το σταθμό μεταφόρωσης Δυτικής Ρόδου, θα απαιτηθεί εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας γιατί οι ποσότητες προς μεταφορά από τους δήμους Καμείρου – Ατταβύρου είναι σε ετήσια βάση 5808 τόνοι (16 τ/ημέρα). Η ποσότητα αυτή είναι λίγο μικρότερη από την ελάχιστη συνιστώμενη (20 τόνοι) για τη χρήση του σταθμού μεταφόρωσης. Ανάλογα προβλήματα αντιμετωπίζουν όλα τα μικρά νησιά τα οποία δεν μπορούν να έχουν αυτονομία ως προς την διαχείριση των αποβλήτων τους.

Διαθεσιμότητα εκτάσεων ΧΥΤΑ: Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις, παράγοντας ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν ιδιαίτερα σε περιοχές όπως είναι οι νησιωτικές. Η διαθεσιμότητα εκτάσεων για την διαχείριση των απορριμμάτων σε αυτές τις περιοχές είναι περιορισμένη. Το γεγονός αυτό συνιστά επιπρόσθετο λόγο για εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων που θα περιλαμβάνει σύγχρονες τεχνολογίες αξιοποίησης των απορριμμάτων οι οποίες εκτός των άλλων απαιτούν μικρές εκτάσεις για την εγκατάστασή τους και μειώνουν σημαντικά την ποσότητα των υπολειμμάτων προς τελική διάθεση.

Ανακύκλωση απορριμμάτων

Σημαντικά είναι τα προβλήματα που παρουσιάζει η νησιωτική Ελλάδα στο τομέα της ανακύκλωσης υλικών μέσω των στερεών αποβλήτων. Βασικότερο εξ αυτών των προβλημάτων είναι η ανάγκη μεταφοράς των ανακυκλώσιμων υλικών σε Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) του ηπειρωτικού κορμού, γεγονός που αποδεικνύει ακόμη έναν παράγοντα εξάρτησης των νησιωτικών περιοχών από την ηπειρωτική χώρα.

Θα πρέπει να αναφερθούν σ' αυτό το σημείο και τα υψηλά κόστη τα οποία σχετίζονται με την μεταφορά των ανακυκλώσιμων υλικών στην κοντινότερη εγκατάσταση η οποία μπορεί να τα χρησιμοποιήσει, καθώς επίσης και οι αντικειμενικές δυσκολίες μεταφοράς (π.χ. κλιματολογικές συνθήκες) των συλλεγόμενων αποβλήτων προς τις μονάδες επεξεργασίας τους.

Γεγονός είναι ότι η ανακύκλωση δεν βρίσκει ακόμη ευρεία εφαρμογή στα ελληνικά νησιά, αν και σύμφωνα με τους περιφερειακούς σχεδιασμούς δίνεται βάρος σε προγράμματα διαλογής στην πηγή αλλά και στην δημιουργία ΚΔΑΥ.

Η γεωγραφική κατανομή των ΚΔΑΥ στις νησιωτικές περιοχές στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» για την Δ' Προγραμματική Περίοδο (2007-2013), παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα [13].

Πίνακας 4.7: Γεωγραφική κατανομή ΚΔΑΥ [13].

Περιφέρεια	Προβλεπόμενα από ΠΕΣΔΑ	Υφιστάμενα	Υπό υλοποίηση	Προτεινόμενα για χρηματοδότηση
Β. Αιγαίου	3	0	0	3
Ιονίων Νήσων	4	2	0	2
Κρήτης	2	2	0	
Ν. Αιγαίου	11	0	1	10

Παρατηρείται ότι τα μοναδικά ΚΔΑΥ σε νησιωτικές περιοχές είναι στην Κρήτη, και στη Περιφέρεια Ιονίων Νήσων, ενώ υπό υλοποίηση βρίσκεται το ΚΔΑΥ στην περιφέρεια του Ν. Αιγαίου.

4.1.3 Ο Περιφερειακός σχεδιασμός της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου

Η διαχείριση των απορριμμάτων και η μέθοδος διάθεσής τους αποτελεί ένα βασικό ελλειμματικό χαρακτηριστικό που γίνεται περισσότερο αντιληπτό στις περιοχές και τις εποχές μεγάλης συγκέντρωσης τουριστών. Στη συνέχεια πραγματοποιείται συνοπτική παρουσίαση των προβλέψεων του Περιφερειακού σχεδιασμού για το Νοτίο Αιγαίο [13].

Βιοαποδομήσιμα (BAA) Αστικά Στερεά Απόβλητα

Η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, εξαιτίας της πολύ μικρής συνεισφοράς στο σύνολο των (εθνικών) στόχων και κυρίως εξαιτίας της μεγάλης γεωγραφικής διασποράς που παρατηρείται στην παραγωγή των Α.Σ.Α λειτουργεί μόνο υποστηρικτικά και μόνο κατά το τελευταίο έτος των στόχων (2020). Υπολογίζεται η κατασκευή 3 μονάδων επεξεργασίας, στα νησιά Σύρο, Σαντορίνη και Ρόδο.

Ο στόχος αυτός της επεξεργασίας 65.000 τόνων ΒΑΑ στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου το 2020 είναι ο ελάχιστος στόχος, με την επίτευξη του οποίου η Ελλάδα ανταποκρίνεται στις υποχρεώσεις της κοινοτικής οδηγίας 99/31/ΕΚ. Η χρονική αυτή κλιμάκωση του τονάζ της εκτροπής και της γεωγραφικής κατανομής των απαιτούμενων έργων, αποτελούν τις ελάχιστες δεσμεύσεις που η Ελλάδα αναλαμβάνει έναντι της ΕΕ. Οι ελάχιστες δεσμεύσεις έναντι της ΕΕ δεν περιορίζουν την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου μετά τις απαιτούμενες μελέτες και άδειες να προχωρήσει ταχύτερα ή/ και σε μεγαλύτερα τονάζ εκτροπής. Η ταχύτερη υλοποίηση των έργων εκτροπής διευκολύνει την επίτευξη των εθνικών στόχων και θα έχει άμεσα περιβαλλοντικά αποτελέσματα.

Πίνακας 4.8: Ποσοτικοποίηση στόχων για την επεξεργασία ΒΑΑ Ν. Αιγαίου [13].

Έτη	ΒΑΑ (τόνοι)	ΒΑΑ προς επεξεργασία (τόνοι)	ΒΑΑ προς Ταφή (τόνοι)
2010	70.525	25.500	45.000
2013	74.233	45.000	30.000
2020	83.561	65.000	18.600

Υλικά συσκευασίας: Δεν έχει γίνει κατανομή του στόχου από Εθνικό επίπεδο σε Περιφερειακά. Με τις ίδιες παραδοχές που έγιναν για το βιοαποδομήσιμο τμήμα των ΑΣΑ το ποσοστό συμμετοχής της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου στο συνολικό Εθνικό προκύπτει 2,30%.

Μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα

Σχετικά με τα μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα δεν υπάρχουν ποσοτικοί στόχοι ούτε σε εθνικό επίπεδο, ισχύουν όμως οι γενικές κατευθύνσεις ως προς τη διαχείρισή τους, κυρίως με συμμετοχή σε συλλογικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ή με την ίδρυση συστημάτων ατομικής εναλλακτικής διαχείρισης.

Επικίνδυνα απόβλητα

Για τα επικίνδυνα απόβλητα θα εφαρμόζεται ο Εθνικός Σχεδιασμός για τα Επικίνδυνα Απόβλητα και οι ειδικότερες προδιαγραφές. Για την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου έχουν προβλεφθεί 16 διαχειριστικές ενότητες για το Νομό Δωδεκανήσου και 22 διαχειριστικές ενότητες για το Νομό Κυκλάδων. Για τις διαχειριστικές ενότητες Χάλκης, Ψερίμου, Κάσου, Κουφονησίου, Σχοινούσας, Δονούσας, Ηρακλειάς, έχει επιλεγεί η κατασκευή ΣΜΑ για τη μεταφορά των απορριμμάτων από Χάλκη σε Ρόδο, από Ψέριμο σε Κάλυμνο, από Κάσο σε Κάρπαθο και από Κουφονήσι, Σχοινούσα, Δονούσα, Ηρακλειά σε Νάξο, ενώ για τις υπόλοιπες προβλέπεται η κατασκευή ΧΥΤΑ.

Η συνεχής προσπάθεια της τοπικής αυτοδιοίκησης για τη σταδιακή εξάλειψη των χώρων ανεξέλεγκτης απόρριψης σκουπιδιών (Χ.Α.Δ.Α.), έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή μείωση του αριθμού τους (περίπου 150 το 1999). Παράλληλα λειτουργούν περισσότεροι από 30 χώροι ελεγχόμενης διάθεσης (ΧΕΔΑ) σε διάφορα νησιά.

Πίνακας 4.9: Υφιστάμενοι, Υπό υλοποίηση και Προβλεπόμενοι ΧΥΤΑ για την Περιφέρεια Ν. Αιγαίου [13].

Υφιστάμενοι ΧΥΤΑ	<u>Μεγάλοι ΧΥΤΑ:</u> Βόρειας Ρόδου, Κίμωλος, Λειψοί, Τήλος, Αγαθονήσι, Ανάφη, Μεγίστη
Υπό υλοποίηση ΧΥΤΑ	<u>Μεγάλοι ΧΥΤΑ:</u> Πάρος-Αντίπαρος, Αμοργός, Αστυπάλαια, Κάλυμνος,

	Κύθνος, Κως, Μύκονος, Νότιας Ρόδου, Σέριφος, Σύρος*, Φολέγανδρος, Κάρπαθος
	<u>Μικροί ΧΥΤΑ:</u> Πάτμος, Ίος, Κάσος, Νίσυρος, Σύμη, Χάλκη
Προβλεπόμενοι ΧΥΤΑ	<u>Μεγάλοι ΧΥΤΑ:</u> Άνδρος, Θήρα, Κέα, Λέρος, Μήλος, Νάξος-Μικρές Κυκλάδες, Σίφνος, Τήνος
	<u>Μικροί ΧΥΤΑ:</u> Σίκινος, Ψέριμος Κουφονήσι, Δονούσα, Ηρακλεία, Σχοινούσα

* Στον ΧΥΤΑ της Σύρου που είναι υπό υλοποίηση κατασκευάζεται ξεχωριστό κύτταρο για αδρανή. Στην μελέτη του ΠΕΣΔΑ προτείνονται 1 ΧΥΤΑ ΑΔΡΑΝΩΝ / 1 ΧΥΤΑ ΑΣΤΙΚΩΝ

Προτεινόμενοι ΣΜΑ : Δονούσα, Ηρακλεία, Κουφονήσι, Σχοινούσα (Εναλλακτικά 4 Μικροί ΧΥΤΑ - εκτίμηση κόστους = 4,8 εκ. ευρώ)

Μονάδες Μηχανικής Επεξεργασίας & Λιπασματοποίησης: Στη μελέτη του ΠΕΣΔΑ προτείνονται 3 μονάδες στα νησιά Σύρο, Σαντορίνη και Ρόδο. Εκτιμάται κόστος 3 εκ. ανά μονάδα

ΚΔΑΥ

Υφιστάμενα: Ρόδος

Προτεινόμενα: Κως, Κάλυμνος, Λέρος, Κάρπαθος, Νάξος, Σύρος, Μύκονος, Σαντορίνη, Άνδρος, Κέα

Τέλος να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κάποια πρόβλεψη με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία σε ότι αφορά στην δημιουργία Μονάδων Ενεργειακής Αξιοποίησης.

4.1.4 Διαχειριστική ενότητα Νάξου

Η Νάξος είναι το μεγαλύτερο νησί των Κυκλάδων, στο Αιγαίο Πέλαγος. Ο περίπλους της είναι 44 ναυτικά μίλια και η έκτασή της φθάνει τα 428 τ.χλμ. Βρίσκεται ακριβώς στο

κέντρο του Αιγαίου, στις ανατολικές Κυκλάδες έχοντας προς Β. τη Μύκονο, Α. τη Δονούσα, ΝΑ. την Αμοργό, προς Ν. την Ίο και Δ. τη Πάρο.

Γεωλογικά η Νάξος αποτελεί ένα πλούσιο γεωλογικό πάρκο από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα μη αξιοποιήσιμο ακόμη. Τα πετρώματα αυτά είναι κυρίως κρυσταλλοπαγείς σχιστόλιθοι, γνεύσιοι και μάρμαρα σε εναλλασσόμενα στρώματα με όγκους γρανίτη, κοντά σχετικά στη πόλη της Νάξου και στο ΒΔ. τμήμα της νήσου.

Η Νάξος σήμερα διοικητικά χωρίζεται σε δύο κύριους δήμους. Τον Δήμο της πόλεως Νάξου (Χώρας) και τον Δήμο Δρυμαλίας (Χαλκείου ή Τραγαίας). Ο Δήμος Νάξου περιλαμβάνει 11 δημοτικά διαμερίσματα στα οποία και υπάγονται 30 χωριά και οικισμοί, κυρίως, γύρω από τη Χώρα Νάξου. Ο Δήμος Δρυμαλίας περιλαμβάνει επίσης 11 δημοτικά διαμερίσματα στα οποία και υπάγονται τα υπόλοιπα 38 χωριά και οικισμοί κυρίως της κεντρικής, ανατολικής, βόρειας και βορειοδυτικής Νάξου.

Ο συνολικός πληθυσμός του νησιού με βάση την απογραφή του 2001 ανέρχεται στους 18188 κατοίκους ενώ ο εκτιμώμενος πληθυσμός της τουριστικής περιόδου ανέρχεται στους 18920 (μέσος).

Πίνακας 4.10: Πληθυσμιακά στοιχεία Νήσου Νάξου [14].

	Μόνιμος Πληθυσμός	Διάρκεια τουριστικής περιόδου	Πρόσθετος μέγιστος πληθυσμός τουριστικής περιόδου
Δήμος Νάξου	11592	180	24765
Δήμος Δρυμαλίας	6801	120	11157
Σύνολο	18393	150	36522

Οι προβλέψεις του ΠΕΣΔΑ

Σύμφωνα με τον υφιστάμενο σχεδιασμό η διαχειριστική ενότητα περιλαμβάνει την νήσο Νάξο και τις Μικρές Κυκλάδες και προβλέπει τα ακόλουθα:

Πίνακας 4.11: Προτεινόμενο διαχειριστικό σχέδιο ΑΣΑ [13, 14]

Νάξος και Μικρές Κυκλάδες	ΧΥΤΑ
Σχοινούσα	ΣΜΑ – Μεταφορά στη Νάξο
Ηρακλειά	ΣΜΑ – Μεταφορά στη Νάξο
Κουφονήσι	ΣΜΑ – Μεταφορά στη Νάξο

Δονούσα	ΣΜΑ – Μεταφορά στη Νάξο
---------	-------------------------

Όπως παρατηρείται για τις Διαχειριστικές ενότητες Σχοινούσας, Ηρακλείας, Κουφονησίου και Δονούσας προβλέπεται σταθμός μεταφόρτωσης και μεταφορά των στερεών αποβλήτων του νησιού στον ΧΥΤΑ Νάξου. Τα στερεά απόβλητα που παράγονται στα εν λόγω νησιά αναμένεται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους να είναι οικιακού τύπου. Τέλος στο νησί της Νάξου, προτείνεται επίσης η κατασκευή Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών.

Ποσοτική ανάλυση απορριμμάτων

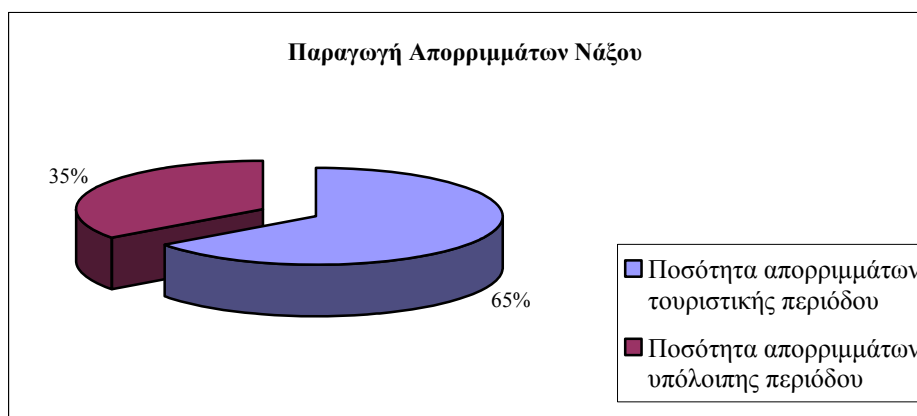
Η Νάξος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της έντονης εποχικής διακύμανσης της παραγωγής των απορριμμάτων των νησιών μεταξύ της θερινής περιόδου και της υπόλοιπης περιόδου του έτους. Έτσι κατά τους θερινούς μήνες η παραγωγή των αποβλήτων φτάνει τους **36,8** τόνους την ημέρα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους μήνες κατά τους οποίους η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων για το νησί αγγίζει μόλις τους **14,2** τόνους.

Πίνακας 4.12: Παραγωγή απορριμμάτων νήσου Νάξου [14].

	Ποσότητα απορριμμάτων τουριστικής περιόδου	Ποσότητα απορριμμάτων υπόλοιπης περιόδου
(τόνοι/χρόνο)	5525	2985
(τόνοι/ημέρα)	36,8	14,2
Διάρκεια περιόδου (ημέρες)	150	210

Πίνακας 4.13: Συντελεστές ολικού βάρους απορριμμάτων ανά ημέρα και άτομο (ολικός πληθυσμός) [14].

Χρονική περίοδος	Συντελεστής (kg / κάτοικο / ημέρα)
Χειμώνας	1,19
Άνοιξη	1,09
Καλοκαίρι	1,04
Φθινόπωρο	1,06
Μέση ετήσια	1,08



Σχήμα 4.5: Παραγωγή απορριμμάτων νησιού

Παρατηρείται ότι το 65% της ποσότητας των απορριμμάτων του νησιού παράγεται κατά τους μήνες της τουριστικής περιόδου. Προφανώς η αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων οφείλεται στην αύξηση του τουριστικού πληθυσμού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες απορριμμάτων ανά δήμο.

Πίνακας 4.14: Παραγωγή απορριμμάτων ανά δήμο [14].

	Διάρκεια τουριστικής περιόδου	Απορρίμματα / έτος τουριστικής περιόδου (τον/έτος)	Απορρίμματα / έτος λοιπού χρόνου (τον)	Απορρίμματα / έτος
Δήμος Νάξου	180	4141	1565	5706
Δήμος Δρυμαλίας	120	1384	1420	2804
Σύνολο	150 (μ.ο)	5525	2985	8510

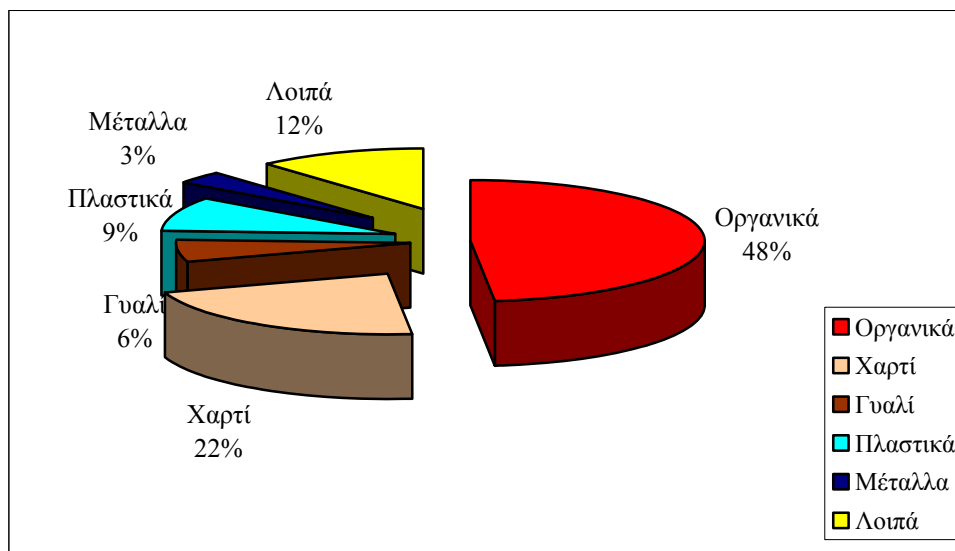
Σύσταση των απορριμμάτων

Ακολούθως παρουσιάζεται η σύσταση των απορριμμάτων για το νησί [14]. Παρατηρείται ότι το ποσοστό των οργανικών είναι της τάξεως του 48,3 % και το συνολικό ποσοστό του χαρτιού παίρνει τιμές της τάξεως του 21,6%. Τα κλάσματα του γυαλιού και του πλαστικού έχουν ποσοστά κοντά στο 6% και 10% αντίστοιχα ενώ τα μέταλλα 3% κατά προσέγγιση.

Πίνακας 4.15: Σύσταση των απορριμμάτων για το νησί της Νάξου [14].

	Ποσοστό %
Υπολείμματα κουζίνας	48,3
Χαρτί τυπωμένο	4,5
χαρτί συσκευασίας	2,1

	Ποσοστό %
Λοιπά χαρτιά	11,3
Χαρτόνι	3,7
Πλαστικό φύλλο	4,4
Πλαστικό PET	1,5
Πλαστικό PVC	0,6
Λοιπά συστατικά	2,9
Αλουμίνιο	1,1
Σιδηρούχα μέταλλα	2,1
Μπαταρίες	0,1
Ύφασμα	1,8
Δέρμα - Λάστιχο	0,8
Ξύλα - Χόρτα ξηρά	2
Αδρανή	3,2
Γυαλί	5,8
Λοιπά	3,8



Σχήμα 4.6: Σύσταση των απορριμμάτων για το νησί της Νάξου

Λαμβάνοντας υπόψη την σύνθεση που έχει ήδη αναφερθεί, υπολογίστηκε το οργανικό κλάσμα, τα καύσιμα και τα ανακυκλώσιμα υλικά που μπορεί να προκύψουν.

Πίνακας 4.16: Οργανικό κλάσμα, καύσιμα και ανακυκλώσιμα Νάξου [14].

Οργανικό κλάσμα	4111	48,3%
Καύσιμο κλάσμα	7149	44%
Ανακυκλώσιμα	3404	40%
Συνολική ποσότητα απορριμμάτων (τον/έτος)	8510	

Άλλα είδη αποβλήτων στην Διαχειριστική Ενότητα

Νοσοκομειακά απορρίμματα:

Τα απορρίμματα των νοσηλευτικών μονάδων μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Απορρίμματα όμοια με τα οικιακά, όπως υλικά συσκευασίας, υπολείμματα μαγειρείου, προϊόντα καθαρισμού χώρων, γραφείων κλπ.
- Απορρίμματα μολυσματικά, όπως απορρίμματα χειρουργείου, μικροβιολογικών, ερευνητικών εργαστηρίων κλπ.
- Άλλα επικίνδυνα απορρίμματα, όπως εύφλεκτα, εκρηκτικά, ραδιενεργά, χημικά φάρμακα, κοφτερά αντικείμενα κλπ.

Οι ποσότητες των επικίνδυνων απορριμμάτων του Κέντρου υγείας Νάξου είναι μικρές. Αυτά συλλέγονται μαζί με τα υπόλοιπα οικιακά απορρίμματα.

Απορρίμματα από το Δημοτικό σφαγείο:

Τα απορρίμματα του δημοτικού σφαγείου, εκτιμώνται σε 50 τόνους ετησίως. Τα απορρίμματα αυτά μπορεί να είναι μολυσματικά αλλά μπορούν να συνυπολογιστούν μαζί με το οργανικό κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Ογκώδη αντικείμενα:

Τα ογκώδη αντικείμενα καθώς και τα κλαδιά και χόρτα που παράγονται λίγες φορές το χρόνο από τις δενδροκομικές εργασίες στην ευρύτερη περιοχή της Διαχειριστικής Ενότητας εκτιμώνται σε 50 και 10 τόνους ετησίως.

Τοξικά, επικίνδυνα και μολυσματικά απορρίμματα που προέρχονται από μικρές βιοτεχνίες ή επαγγελματικούς χώρους καθώς και από τις κατοικίες:

Πρόκειται για απόβλητα που σήμερα καταλήγουν είτε στα αστικά απορρίμματα είτε στην αποχέτευση, με δυσμενείς για το περιβάλλον επιπτώσεις. Έχει εκτιμηθεί ότι η ποσότητα αυτή είναι περίπου 1 kg ανά κάτοικο, δηλαδή περίπου 18 τόνοι ετησίως.

Απορρίμματα από γεωργικές δραστηριότητες:

Αφορά σε πολύ μικρές ποσότητες και συμπεριλαμβάνονται κυρίως τα άδεια κουτιά από τα φυτοφάρμακα.

Από τα πρατήρια βενζίνης:

Ως τέτοια απορρίμματα χαρακτηρίζονται τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, κενές συσκευασίες, μολυβδόυχος λάσπη από τον κατά αραιά διαστήματα καθαρισμό των δεξαμενών. Με βάση εκτιμήσεις που έγιναν για την περιοχή των νησιών του Αιγαίου, οι ποσότητες των επικίνδυνων απορριμμάτων από τα πρατήρια βενζίνης και συνεργεία στην περιοχή της Νάξου ανέρχονται σε 500 τόνους ετησίως.

Λάσπες από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων:

Στο νησί υπάρχουν δύο μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, μία στο Φιλότι που εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 5000 κατοίκων και μία υπό κατασκευή στη Χώρα που θα εξυπηρετεί ισοδύναμο πληθυσμό 40000 κατοίκων. Οι παραγόμενες λάσπες και τα εσχαρίσματα είναι περίπου 1530 τόνοι/έτος.

Συνοπτικά οι εκτιμήσεις των παραγόμενων στερεών αποβλήτων άλλων κατηγοριών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.17: Είδη αποβλήτων νησιού [14].

Δραστηριότητα	Ποσότητα
Γεωργικές	16.826 τόνοι/έτος
Κτηνοτροφικές	121.377 τόνοι /έτος
Οικοδομικές	780 τόνοι /έτος
Λάσπες - εσχαρίσματα	1.530 τόνοι /έτος

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων της Νάξου

Ακολουθώς παραθέτονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων της Νάξου [14]. Παρατηρείται ότι το ποσοστό της υγρασίας είναι της τάξεως του 34,5 %

και ο λόγος C/N παίρνει την τιμή 37. Κατά συνέπεια οι θερμικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιοποίηση των απορριμμάτων του νησιού, αφού απαιτούν υγρασία <50% και C/N>30 [3].

Πίνακας 4.18: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων Νάξου [14].

Παράμετροι	Ποσοστά
Υγρασία	34,8 %
Τέφρα	3,6 %
Άνθρακας οργανικός	22,2 %
Άζωτο ολικό	0,6 %
Θείο	1169 mg/kg
Χλώριο	1801,3 mg/kg
Χρώμιο	34,6 mg/kg
Νικέλιο	28,2 mg/kg
Χαλκός	78,1 mg/kg
Κάδμιο	1 mg/kg
Ψευδάργυρος	107,3 mg/kg
Μόλυβδος	24,2 mg/kg

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ELECTRE I

Υπάρχουν αρκετά πολύπλοκα και πολύπλευρα προβλήματα, στα οποία δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια μονόπλευρη και μονοδιάστατη ανάλυση. Χρειάζεται δηλαδή να ληφθούν υπόψη πολλά κριτήρια για να εξαχθεί η βέλτιστη λύση. Σε τέτοιες περιπτώσεις προτείνεται η χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία είναι μία συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων που προκύπτουν από διαφορετικούς ή/και αντικρουόμενους στόχους. Η ικανοποίηση των στόχων αυτών δεν είναι πάντα πλήρης. Είναι απαραίτητος ένας συμβιβασμός των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων. Πρέπει δηλαδή ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης (ο αποφασίζων) να επιλέξει τον ή τους στόχους, τους οποίους επιθυμεί να μεγιστοποιήσει, αλλά και τις αντισταθμιστικές απώλειες που είναι διατεθειμένος να αποδεχθεί ως προς τους υπόλοιπους στόχους [15,16,17,33].

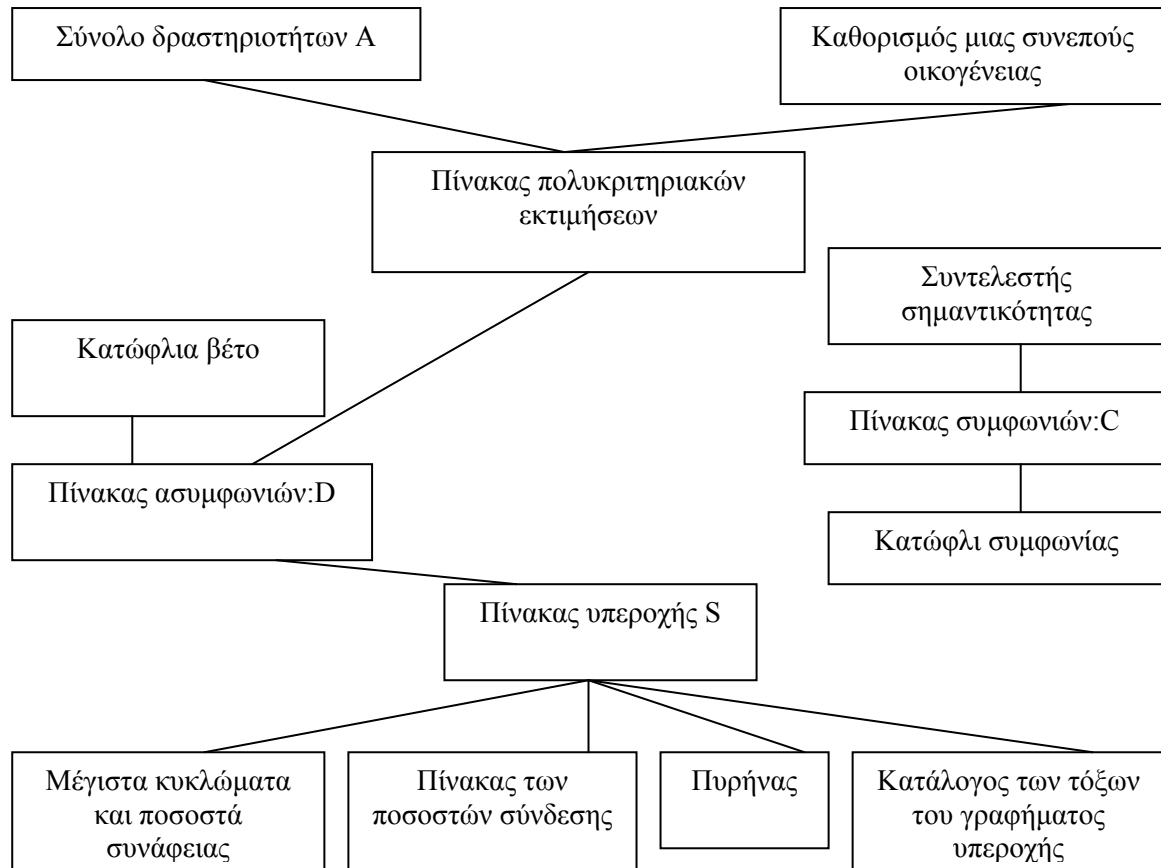
Μερικά χαρακτηριστικά σημεία της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι τα εξής:

- Ορίζουμε την μήτρα αξιολόγησης που περιλαμβάνει ένα σύνολο διακριτών επιλογών, ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης, όπου σε κάθε ένα έχει δοθεί ένας συντελεστής βαρύτητας.
- Στην συνέχεια ιεραρχούμε το σύνολο των λύσεων και προσδιορίζουμε την «βέλτιστη» λύση.
- Επίσης, κάποιες φορές προσπαθούμε να ανάγουμε το πρόβλημα σε μονοκριτηριακό, όπου το ένα κριτήριο εκφράζει τη συνολική χρησιμότητα της επιλογής.

4.2.1 Η μέθοδος ELECTRE I

Η μοντελοποίηση των προτιμήσεων μέσω της μεθόδου ELECTRE I είναι σχεσιακή. Οι δράσεις συγκρίνονται ανά ζεύγη, γεγονός το οποίο επιτρέπει τη μοντελοποίηση μιας και επί πλέον ρεαλιστικής σχέσης μεταξύ των δραστηριοτήτων. Κατασκευάζεται ο πίνακας πολυκριτηρίων εκτιμήσεων (ποσοτικών ή και ποιοτικών), με τη βοήθεια των ελέγχων συμφωνίας και ασυμφωνίας.

Σκοπός είναι η παραγωγή ενός πυρήνα επιλογών Π , όπου για κάθε επιλογή b που δεν ανήκει στον πυρήνα Π , υπάρχει μια επιλογή a που ανήκει στον πυρήνα τέτοια ώστε να ισχύει a επικρατεί του b .



Σχήμα: Λογικό διάγραμμα της μεθόδου Electre I

Αναλυτικότερα, για την κατασκευή του πίνακα ορίζω μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων $\{C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n\}$. Για να χαρακτηρίσουμε μια οικογένεια κριτηρίων συνεπή τα κριτήρια πρέπει να υπακούουν στις εξής αρχές: μονοτονία, επάρκεια, μη πλεονασμός.

Μονοτονία: Αν για δύο δραστηριότητες a, b ισχύει $g_i(a) = g_j(b)$, $\forall i \neq j$ και $g_j(a) > g_j(b)$, τότε η δραστηριότητα a προτιμάται από τη b .

Επάρκεια: Αν για δύο δραστηριότητες a, b ισχύει $g_i(a) = g_i(b)$, $\forall i = 1, 2, \dots, n$, τότε η a είναι ισοδύναμη με τη b , δηλαδή, δεν απουσιάζει κανένα από τα κριτήρια απόφασης. Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει δύο δράσεις a, b ενώ έχουν ίσες επιδόσεις σε όλα τα κριτήρια, να είναι τέτοιες που μία να προτιμάται από την άλλη.

Μη πλεονασμός: Η διαγραφή ενός κριτηρίου g_i από το σύνολο των κριτηρίων είναι ικανή να αναιρέσει μία από τις προηγούμενες δύο συνθήκες για κάποιο ζεύγος δραστηριοτήτων.

Στη συνέχεια ορίζουμε τα βάρη των κριτηρίων $\{W_1, W_2, \dots, W_j, \dots, W_n\}$ και συντάσσουμε τον πίνακα βαθμολογίας.

Για να πραγματοποιήσουμε τον έλεγχο συμφωνίας υπολογίζουμε τον δείκτη συμφωνίας:

$$C(a, b) = \frac{1}{W} \sum_{g_j(a) \geq g_j(b)} w_j \text{ όπου } W = \sum_{j=1}^n w_j.$$

Ο δείκτης C είναι μέτρο του ποσοστού των κριτηρίων που συμφωνούν ότι η a επικρατεί της b . Ισχύει $0 \leq C \leq 1$.

Για τον έλεγχο ασυμφωνίας υπολογίζουμε το δείκτη ασυμφωνίας $D(a, b)$.

Ισχύει $D(a, b) = 0$ αν $g_j(a) \geq g_j(b) \forall j$

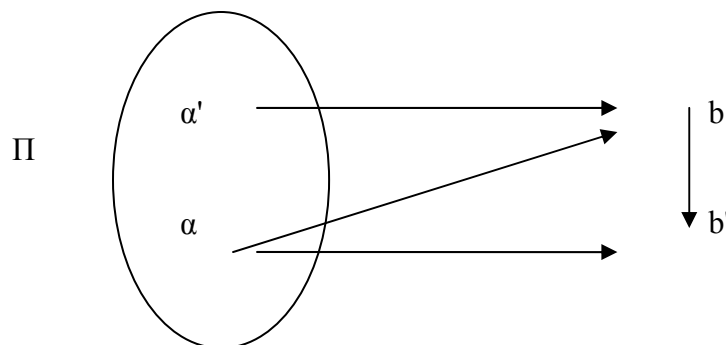
διαφορετικά $D(a, b) = \frac{1}{\delta} \max_j (g_j(b) - g_j(a))$ όπου $\delta = \max_{c, d, i} (g_j(c) - g_j(d))$. Και

πάλι ισχύει ότι $0 \leq D \leq 1$.

Η σχέση επικράτησης είναι $aSb \Leftrightarrow C(a, b) \geq \hat{c}$ και $D(a, b) \leq \hat{d}$ όπου \hat{c} το κατώφλι συμφωνίας και \hat{d} το κατώφλι ασυμφωνίας.

Κατασκευάζουμε τον πυρήνα ως εξής:

1. Για κάθε $b \in A - \Pi, \exists \alpha \in \Pi$ για το οποίο aSb
2. Για κάθε $a \in \Pi, \exists \alpha' \in \Pi$, όπου το a δεν επικρατεί του α' και το α' δεν επικρατεί του a



Το πλήθος των μελών του πυρήνα μειώνεται καθώς το \hat{c} μειώνεται από το 1 και το \hat{d} αυξάνει από το 0 [15,16,17,33].

4.2.2 Παρουσίαση βασικών χαρακτηριστικών μεθόδων θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων

Όλες οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας οδηγούν στην εκτροπή σημαντικού τμήματος των μικτών αποβλήτων (οργανικό και καύσιμο κλάσμα) από τις διαδικασίες τελικής διάθεσης με συνέπεια τη μείωση του κόστους διάθεσης των υπολειμμάτων. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της επιβάρυνσης των χώρων τελικής διάθεσης σε ποσότητες αποβλήτων με συνέπεια την αύξηση της διάρκειας ζωής τους και την μείωση των σχετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η αποτέφρωση αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας, μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία τόσο μικτών αποβλήτων όσο και αποβλήτων που έχουν υποστεί προ-διαχωρισμό. Βασικός στόχος της διεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των αποβλήτων με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά ενέργειας. Η ενέργεια η οποία παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, παραγωγή ατμού και για ηλεκτρισμό.

Σε ότι αφορά τα μειονεκτήματα της μεθόδου θα πρέπει να σημειωθεί ότι, πρόκειται για μια διεργασία η οποία έχει εφαρμογή για μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων - 1300 τον/ημέρα - και ως εκ τούτου παρουσιάζει την ανάγκη μεγάλων εγκαταστάσεων για την εφαρμογή της. Το γεγονός αυτό αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή της μεθόδου σε περιοχές των οποίων η παραγωγή των αποβλήτων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και οι οποίες δεν μπορούν να διαθέσουν μεγάλες εκτάσεις για την διαχείριση των απορριμμάτων τους.

Σημαντικά είναι τα περιβαλλοντικά ζητήματα τα οποία ανακύπτουν με βασικότερο εξ αυτών τις αέριες εκπομπές που προκύπτουν από την αποτέφρωση. Απαιτείται η απομακρυνση τόσο των σωματιδίων ιπτάμενης τέφρας όσο και των άλλων αέριων ρύπων (διοξίνες, φουράνια). Να σημειωθεί ότι η ιπτάμενη τέφρα χρήζει ιδιαίτερης διαχείρισης λόγω της τοξικότητάς της. Τα στερεά απόβλητα τα οποία προκύπτουν δεν είναι επικίνδυνα και μπορούν να οδηγηθούν σε ταφή, ωστόσο αποτελούν αρκετά σημαντικό ποσοστό του αρχικού βάρους των αποβλήτων (περίπου 15-20%).

Σε ότι αφορά στην πυρόλυση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θερμική επεξεργασία τόσο μικτών όσο και προδιαχωρισμένων αποβλήτων. Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες

σχετικά χαμηλές (450-600 °C) απουσία αέρα και οδηγεί στο διαχωρισμό των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα, σε αέρια και στερεά κλάσματα. Τα αέρια αποτελούνται κυρίως από H₂, CH₄, CO, CO₂ με προφανή την ανάγκη για ύπαρξη αντιρρυπαντικών συστημάτων ελέγχου των εκπομπών.

Το στερεό υπόλειμμα το οποίο προκύπτει από τη διεργασία αποτελείται από σχεδόν καθαρό άνθρακα που συσσωματώνεται με τα αδρανή συστατικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα και έχει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί με πολλαπλές χρήσεις (κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα) ή και ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πυρόλυση επεξεργάζεται μικρές ποσότητες αποβλήτων και κατά συνέπεια παρουσιάζει μικρού μεγέθους εγκαταστάσεις, ενώ είναι μια μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί για περιπτώσεις κατά τις οποίες η μεταφορά των αποβλήτων δεν είναι εφικτή, (νοσοκομεία, πλοία, απομονωμένες κοινότητες).

Η αεριοποίηση όπως και η πυρόλυση μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία όλων των στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των επικινδύνων. Τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων μετατρέπονται σε Αέριο Σύνθεσης (syngas) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ανόργανα συστατικά των αποβλήτων τήκονται και υαλοποιούνται σε ένα σταθερό, ομογενοποιημένο στερεό υλικό (slag), που χαρακτηρίζεται από υψηλή πυκνότητα, το οποίο επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως υλικό κατασκευών σε μορφή πλακών ή με τη μορφή πετρώματος μικρού όγκου. Η ποσότητα του στερεού υπολείμματος είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ποσότητα των επεξεργαζόμενων αποβλήτων (<3%).

Φυσικά και σε αυτή την θερμική διεργασία υπάρχει η ανάγκη για ύπαρξη αντιρρυπαντικών συστημάτων ελέγχου αερίων εκπομπών, όμως τα συστήματα αυτά είναι πολύ πιο απλά από ότι στην περίπτωση της διεργασίας της αποτέφρωσης.

Ένα εκ των σημαντικότερων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας της αεριοποίησης είναι το γεγονός ότι μπορεί να επεξεργαστεί όλα τα είδη των αποβλήτων. Επιπροσθέτως, μπορεί να έχει εφαρμογή για μικρές ποσότητες αποβλήτων, ενώ απαιτούνται μικρές εκτάσεις για τις εγκαταστάσεις της. Τέλος, σε ότι αφορά στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποτελέσματα της μεθόδου, αυτά κρίνονται ιδιαίτερα θετικά.

Η τεχνολογία πλάσματος χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια μεμονωμένα για την αδρανοποίηση του υπολείμματος από τις μονάδες συμβατικής καύσης αλλά και την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων, όπως νοσοκομειακά και βιομηχανικά. Την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και την ενεργειακή αξιοποίηση όλων των ειδών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων.

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.

Μια μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων βασιζόμενη στην τεχνολογία πλάσματος αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: α) το κύριο σύστημα πλάσματος, το σύστημα καθαρισμού του πρωτογενούς αερίου σύνθεσης και γ) το σύστημα ανάκτησης ενέργειας. Στο κύριο σύστημα πλάσματος λαμβάνει χώρα μετατροπή του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων σε αέριο σύνθεσης με βάση αντιδράσεις αεριοποίησης ενώ το ανόργανο κλάσμα των αποβλήτων μετατρέπεται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών σε υαλώδες υλικό.

Ωστόσο, σημαντικό μειονέκτημα της της τεχνολογίας πλάσματος αποτελεί το γεγονός της περιορισμένης εμπειρίας που παρουσιάζει στον τομέα της αξιοποίησης των αστικών στερεών αποβλήτων καθώς υπάρχει μικρός αριθμός εμπορικών εγκαταστάσεων της μεθόδου. Επίσης σε ότι αφορά το κόστος της επεξεργασίας, πρόκειται συγκριτικά για μια «ακριβή» μέθοδο.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά των θερμικών μεθόδων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων. Να σημειωθεί ότι τα στοιχεία τα οποία παραθέτονται για τις χωρητικότητες της Πυρόλυσης, της

Αεριοποίησης και της Αεριοποίησης Πλάσματος έχουν προκύψει από την συγκέντρωση δεδομένων από διάφορες εγκαταστάσεις για κάθε μέθοδο και θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

Πίνακας 4.19: Σύγκριση Θερμικών Μεθόδων Επεξεργασίας ΑΣΑ [34,37,39].

	Αποτέφρωση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αεριοποίηση Πλάσματος
Τόνοι / ημέρα	> 250	15 - 400	5- 530	6 - 274
Προϊόντα	<u>Ενέργεια:</u> 540 kWh/τόνο**	<u>Ενέργεια:</u> 450-530 kWh/τόνο* Στερεό υπόλειμμα	Αέριο Σύνθεσης Slag <u>Ενέργεια:</u> 400-650 kWh/τόνο*	Αέριο Σύνθεσης Slag <u>Ενέργεια:</u> 400-1250 kWh/τόνο*
Είδη ΣΑ	Μικτά αποβλήτα	Μικτά αποβλήτα (Επικίνδυνα, Νοσοκομειακά)	Μικτά αποβλήτα (Επικίνδυνα, Νοσοκομειακά)	Μικτά αποβλήτα (Επικίνδυνα, Νοσοκομειακά)
Περιορισμοί	Πολύπλοκα Αντιρρυπαντικά Συστήματα Μεγάλες Εγκαταστάσεις	Περιορισμένη εμπειρία	Ανάγκη ύπαρξης αντιρρυπαντικών συστημάτων αερίων εκπομπών	Περιορισμένη εμπειρία Αυξημένο κόστος επεξεργασίας
Δυνατότητες	Μείωση όγκου προς ταφή Ανάκτηση ενέργειας	Επεξεργάζεται μικρές ποσότητες αποβλήτων Μικρές Εγκαταστάσεις	Εμπειρία στον τομέα επεξεργασίας ΑΣΑ Μικρές Εγκαταστάσεις Σημαντική παραγωγή ενέργειας	Μεγάλο ποσοστό εκτροπής από υγειονομική ταφή

** [34], * [37], [39]

4.2.3 Καθορισμός προβλήματος για την περιοχή μελέτης

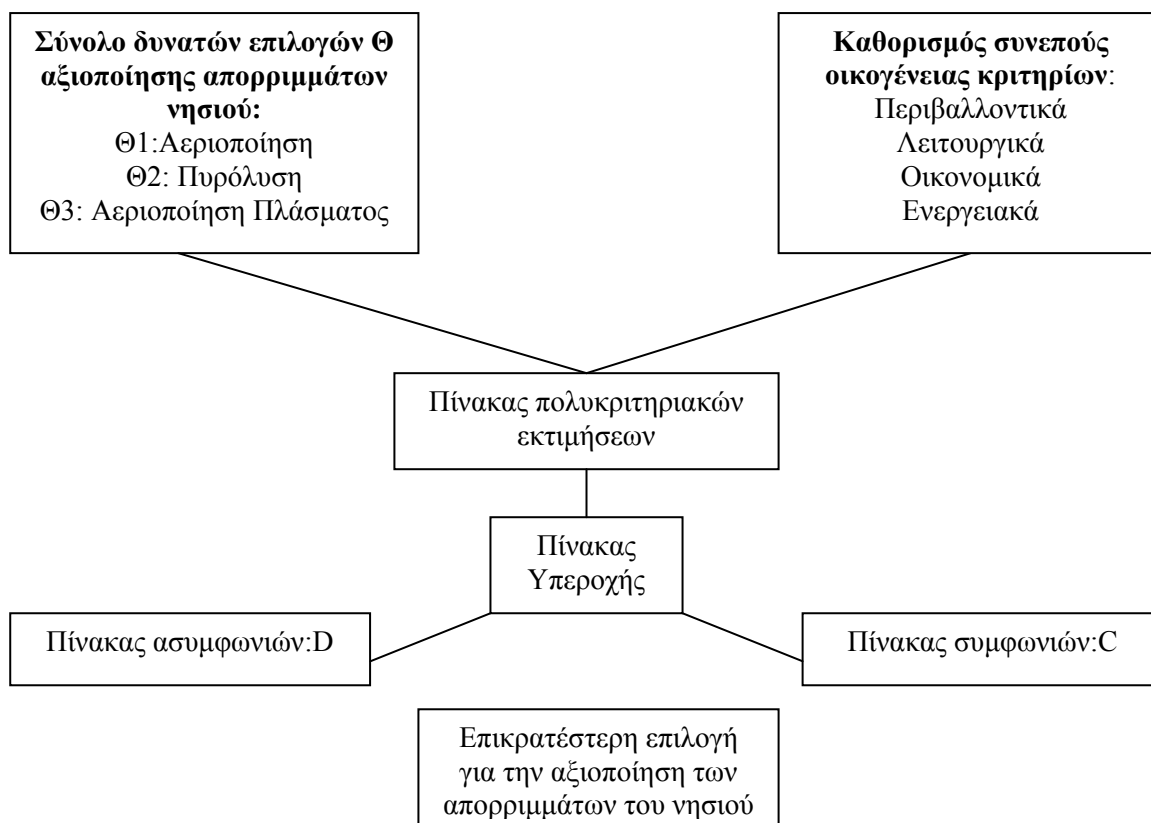
Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρεί η μέθοδος αξιοποίησης των απορριμμάτων για την νησιωτική περιοχή της Νάξου, βάσει των στοιχείων που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, συνοψίζονται στα εξής:

- Η μέγιστη παραγωγή των απορριμμάτων της Νάξου είναι 37 τόνους την ημέρα κατά την τουριστική περίοδο. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός ότι οι εγκαταστάσεις Αποτέφρωσης επεξεργάζονται ποσότητες άνω των 250 τόνων ημερησίως, γίνεται προφανές ότι η μέθοδος της καύσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την συγκεκριμένη νησιωτική περιοχή, καθώς απαιτεί μακράν μεγαλύτερες ποσότητες εισροής απορριμμάτων.
- Ο πληθυσμός παρουσιάζει έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, γεγονός που επηρεάζει βέβαια την ποσότητα αλλά και τη σύσταση των αποβλήτων. Η παραγωγή των αποβλήτων στο νησί αυξάνεται σημαντικά κατά τις τουριστικές περιόδους φτάνοντας τους 37 τόνους την ημέρα σε αντίθεση με την υπόλοιπη περίοδο που είναι μόλις 14 τόνους ημερησίως. Κατά συνέπεια υπάρχει ανάγκη για εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας τα οποία να μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτή την εποχική διακύμανση. Τόσο οι μέθοδοι Αεριοποίησης και Αεριοποίησης Πλάσματος όσο και η μέθοδος της Πυρόλυσης μπορούν να αντιμετωπίσουν το ζήτημα της διακύμανσης της παραγωγής των αποβλήτων αν θεωρηθεί μέγιστη χωρητικότητα εγκατάστασης στο νησί 40 τόνους/ημέρα.
- Σημαντικό παράγοντα συνιστά επίσης και η εμπειρία την οποία παρουσιάζει η κάθε μέθοδος στον τομέα της αξιοποίησης των απορριμμάτων και δει σε ότι αφορά στην εμπειρία λειτουργίας εγκαταστάσεων μικρής χωρητικότητας. Η ύπαρξη του παραγοντα αυτού, εκτός των άλλων, θα λειτουργήσει θετικά ώστε να δημιουργηθεί κλίμα αποδοχής για την λειτουργία της εγκατάστασης από τους κατοίκους της περιοχής.
- Η διαθεσιμότητα των εκτάσεων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι περιορισμένη. Απαιτείται με άλλα λόγια η χρησιμοποίηση για την επεξεργασία των αποβλήτων όσο το δυνατόν μικρότερης έκτασης.
- Σοβαρό ζήτημα για την πλειοψηφία των νησιωτικών περιοχών αποτελεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους οι οποίες φυσικά επιτείνονται κατά τις τουριστικές περιόδους που παρουσιάζουν αιχμές στην ζήτηση. Ως εκ

τούτου κρίνεται απαραίτητη η εύρεση λύσεων για την *ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων* του νησιού. Οι λύσεις αυτές είναι σημαντικό να ευνοούν την ενεργειακή ανεξάρτηση του νησιού από την ηπειρωτική χώρα. Κατά συνέπεια μελέτη σχετικά με την συνεισφορά που μπορούν να έχουν οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων σε όρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα.

- Τέλος να σημειωθεί ότι οι νησιωτικές περιοχές συνιστούν ευαίσθητα οικοσυστήματα τα οποία ούτως ή άλλως πρέπει να τυγχάνουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης σε ότι αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζουν. Σε αυτό το πλαίσιο, δεν θα πρέπει να παραληφθεί η μελέτη των εκπομπών που προκύπτουν από τις εγκαταστάσεις αξιοποίησης των αποβλήτων κάθε μεθόδου

Βάση των παραπάνω το λογικό διάγραμμα της μεθόδου Electre I για την υπό μελέτη περιοχή διαμορφώνεται ως εξής:



Σχήμα 4.7: Λογικό διάγραμμα της μεθόδου Electre I για την υπό μελέτη περιοχή

4.2.4 Κριτήρια Αξιολόγησης

Τα κριτήρια τα οποία μελετήθηκαν για την παρούσα αξιολόγηση κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Περιβαλλοντικά κριτήρια: ΚΠ

ΚΠ1: Χαμηλότερες αέριες εκπομπές

- PM
- HCl
- NO_x
- SO_x
- Hg

ΚΠ2: Παρουσία βαρέων μετάλλων στο στερεό υπόλειμμα

- Cd
- Pb

ΚΠ3: Συμφωνία με την περιβαλλοντική νομοθεσία

- Αερίων εκπομπών
- Στερεού υπολείμματος

ΚΠ4: Οπτική όχληση που προκαλείται από τις εγκαταστάσεις για κάθε μέθοδο

Λειτουργικά κριτήρια: ΚΛ

ΚΛ1: Εμπειρία εγκατάστασης

- Αριθμός εμπορικών μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων (όλα τα είδη των αποβλήτων)
- Εμπειρία στην επεξεργασία αστικών αποβλήτων

ΚΛ2: Χωρητικότητα εγκατάστασης

- Αριθμός υφιστάμενων εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται μικρές ποσότητες ΑΣΑ (<40 τον/ημέρα)
- Ποσοστό υφιστάμενων εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται μικρές ποσότητες ΑΣΑ (<40 τον/ημέρα)

ΚΛ3: Ευελιξία στις αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας των αποβλήτων

ΚΛ4: Απαίτηση έκτασης εγκατάστασης

Οικονομικά κριτήρια: ΚΟ

ΚΟ1: Κόστος Επεξεργασίας

ΚΟ2: Κεφαλαιουχικό Κόστος

ΚΟ3: Ανταποδοτικά τέλη

- Κέρδη από ανάκτηση υλικών και ενέργειας

Ανάκτηση υλικών και ενέργειας: ΚΕ

ΚΕ1: Ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που ανακτάται

ΚΕ2: Ποσοστό απορριμμάτων που εκτρέπεται από την Υγειονομική Ταφή (κατά βάρος)

Περιβαλλοντικά κριτήρια

Για να γίνει εφικτή η σύγκριση των θερμικών μεθόδων σε ότι αφορά στην περιβαλλοντική τους συμπεριφορά, συγκεντρώθηκαν στοιχεία για τις εκπομπές ποικίλων εγκαταστάσεων πυρόλυσης και αεριοποίησης που επεξεργάζονται αστικά στερεά απόβλητα. Όλα τα στοιχεία των εκπομπών παρουσιάζονται σε mg/Nm³, εκτός από τις συγκεντρώσεις διοξινών και φουρανίων οι οποίες μετρώνται σε ng/Nm³. Οι αέριες εκπομπές για τις οποίες συγκεντρώθηκαν στοιχεία και οι οποίες αξιολογήθηκαν είναι:

- PM
- HCl
- NO_x
- SO_x
- Hg
- Διοξίνες – φουράνια (ng/Nm³)

Ακολούθως παραθέτονται οι εγκαταστάσεις Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος που αξιολογήθηκαν καθώς και τα στοιχεία αερίων εκπομπών της κάθε εγκατάστασης.

Πίνακας 4.20: Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης Πλάσματος [35,38].

Εγκατάσταση	Μέθοδος
OE, Heanam, Korea	Αεριοποίηση
OE Gangjin, Korea	Αεριοποίηση
OE Bosung, Korea	Αεριοποίηση
OE Pyungshan, Korea	Αεριοποίηση
OE Harchon, Korea	Αεριοποίηση

Εγκατάσταση	Μέθοδος
EbaraTwinRec	Αεριοποίηση
Nippon Steel, Kazusa	Αεριοποίηση
Brightstar	Αεριοποίηση
Compact Power	Αεριοποίηση
Thermoselect Kawasaki	Αεριοποίηση
Thermoselect, Nagasaki	Αεριοποίηση
TPS	Αεριοποίηση
Energos	Αεριοποίηση
GEM	Πυρόλυση
IES	Πυρόλυση
Mitsui R21, Toyohashi	Πυρόλυση
Mitsui Babcock	Πυρόλυση
Thide-Eddith	Πυρόλυση
Von Roll RCP	Πυρόλυση
Thide	Πυρόλυση
Serpac	Πυρόλυση
PKA	Πυρόλυση
Entech Renewable Ene	Πυρόλυση
TechTrade	Πυρόλυση
Technip	Πυρόλυση
InEnTec	Αεριοποίηση Πλάσματος
InEnTec	Αεριοποίηση Πλάσματος
Plasco Energy	Αεριοποίηση Πλάσματος
Utashinai, Westinghouse	Αεριοποίηση Πλάσματος
Pyrogenesis	Αεριοποίηση Πλάσματος

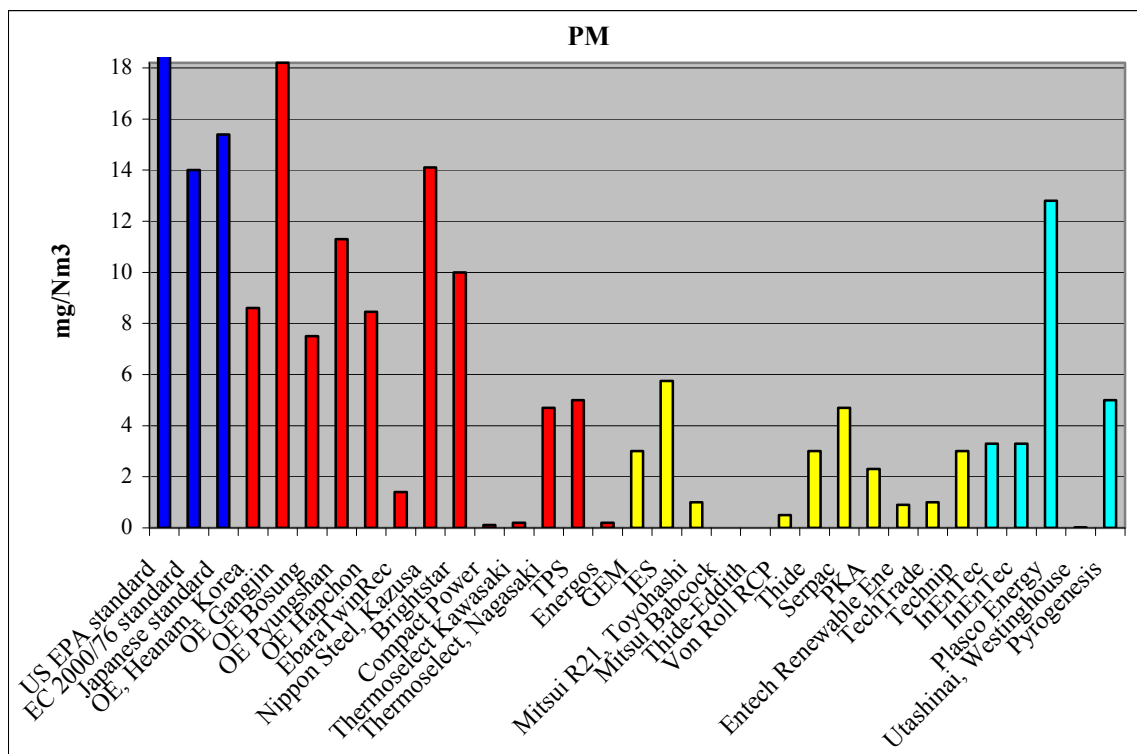
Πίνακας 4.21: Αέριες εκπομπές εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm³ εκτός εάν αναφέρεται άλλη μονάδα), [35,38].

	PM	HCl	NO _x	SO _x	Hg	Dioxins / Furans (ng/Nm ³)
US EPA standard	20	40,6	308	85,7	50	13
EC 2000/76 standard	14	14	281	70	14	0,14
Japanese standard	15,4	126	320	225		0,14
OE, Heanam, Korea	8,6	27,4	105	37,5	0,007	0,0561
OE Gangjin, Korea	18,2	27,4	115	30,3	0,007	0,0561
OE Bosung, Korea	7,5	25,3	59	18,7	0,007	0,0983
OE Pyungshan, Korea	11,3	21,1	77,2	41,1	0,007	0,0281
OE Hapchon, Korea	8,45	23,2	84,2	29,9	0,007	0,0562
EbaraTwinRec	1,4	2	41	4	0,007	0,000072
Nippon Steel, Kazusa	14,1	12,5	31,2	21,9	0	0,045
Brightstar	10	1	68	0,1	0	0,0331
Compact Power	0,11	0	26,49	3,37	0	0
Thermoselect Kawasaki	0,2	0,2	10	1	0,007	0,02

	PM	HCl	NOx	SOx	Hg	Dioxins / Furans (ng/Nm ³)
Thermoselect, Nagasaki	4,7	11,6	0	0	0	0,025
TPS	5	1,1	250	10	0,03	0,013
Energos	0,2	4,48	70,25	17,5		0,014
GEM	3	4	262	79	0	0,02
IES	5,75	0	129	0,44	0	0,000581
Mitsui R21, Toyohashi	1	55,8	82,8	25,9	0	0,0045
Mitsui Babcock	0	31	35	10	0	0,005
Thide-Eddith	0	30	470	200	0	0
Von Roll RCP	0,5	0,5	50	1,5	0,001	0,01
Thide	3	10	0	4	0	0,01
Serpac	4,7	3,3	120	2,8	0,05	0,02
PKA	2,3	2,3	54	7,7	0,002	0,02
Entech Renewable Ene	0,899		37,525	51,358	0,005	0,02
TechTrade	1	0,5	10	5	0,006	0,01
Technip	3	5	180	5	0,2	0,001
InEnTec	3,3	2,7	162		0,00067	0,067
InEnTec	3,3	6,6	74	0	0,0002	0,000013
Plasco Energy	12,8	3,1	150	26	0,0002	0,009245
Utashinai, Westinghouse	0,01	30	50	20		0,01
Pyrogenesis	5	0	100			0

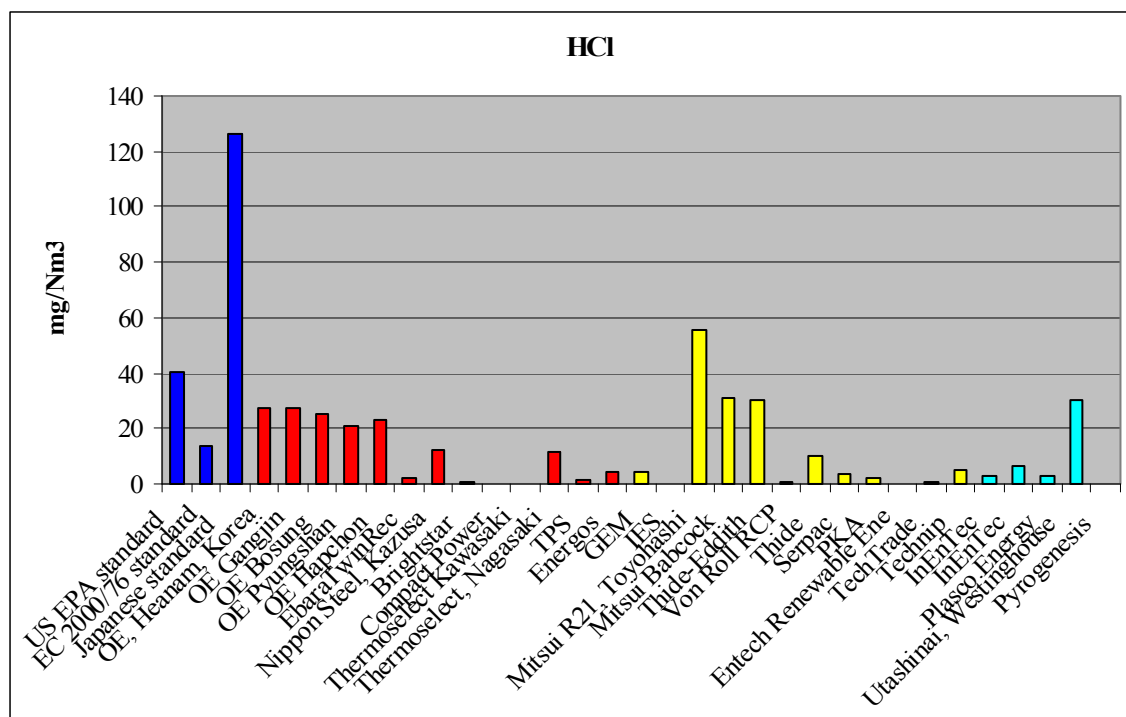
Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα διαγράμματα για κάθε αέριο ρυπαντή ξεχωριστά ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με την «περιβαλλοντική επίδοση» κάθε μεθόδου. Σε αυτό το σημείο η σύγκριση θα περιοριστεί στην εξαγωγή ποιοτικών συμπερασμάτων. Ο τρόπος βαθμολόγησης των περιβαλλοντικών κριτηρίων - ο οποίος θα οδηγήσει επί της ουσίας και στην ποσοτικοποίηση των συμπερασμάτων - παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα της μελέτης.

	Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης
	Εγκαταστάσεις Πυρόλυσης
	Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης Πλάσματος
	Όρια Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας



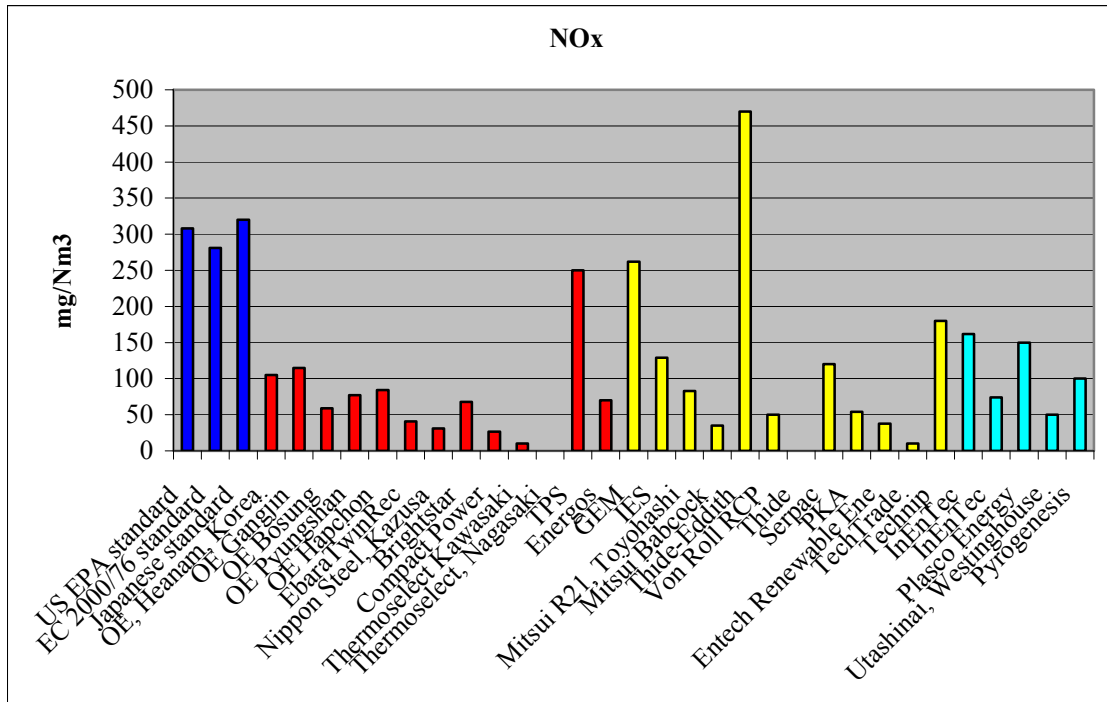
Σχήμα 4.8 Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm³)

Η μεγαλύτερη τιμή για την παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζεται στις αέριες εκπομπές της εγκατάστασης OE Gangjin που βρίσκεται στην Κορέα (18,2 mg/Nm³). Ωστόσο η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα ισχύοντα για την εγκατάσταση περιβαλλοντικά όρια (US EPA standard: 20 mg/Nm³). Παρατηρείται επίσης ότι οι εγκαταστάσεις πυρόλυσης είναι αυτές που παρουσιάζουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στις αέριες εκπομπές.

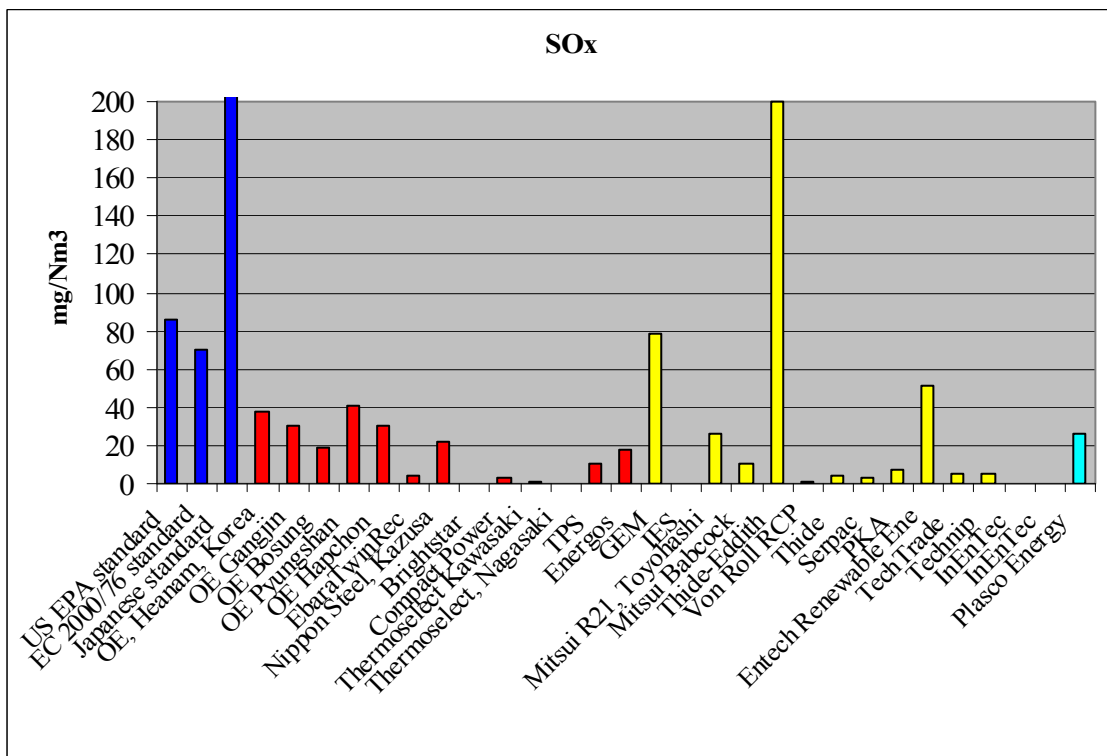


Σχήμα 4.9 Συγκεντρώσεις HCl εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm³)

Η μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης HCl εμφανίζεται στις αέριες εκπομπές της εγκατάστασης πυρόλυσης Mitsui R21, στην πόλη Toyohashi της Ιαπωνίας (55,8 mg/Nm³). Ωστόσο η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα ισχύοντα για την χώρα περιβαλλοντικά όρια (Japanese standard: 126 mg/Nm³). Συγκριτικά, παρατηρείται ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις HCl εμφανίζονται κατά κύριο λόγο σε εγκαταστάσεις πυρόλυσης και ακολούθως στις εγκαταστάσεις αεριοποίησης και αεριοποίησης πλάσματος.



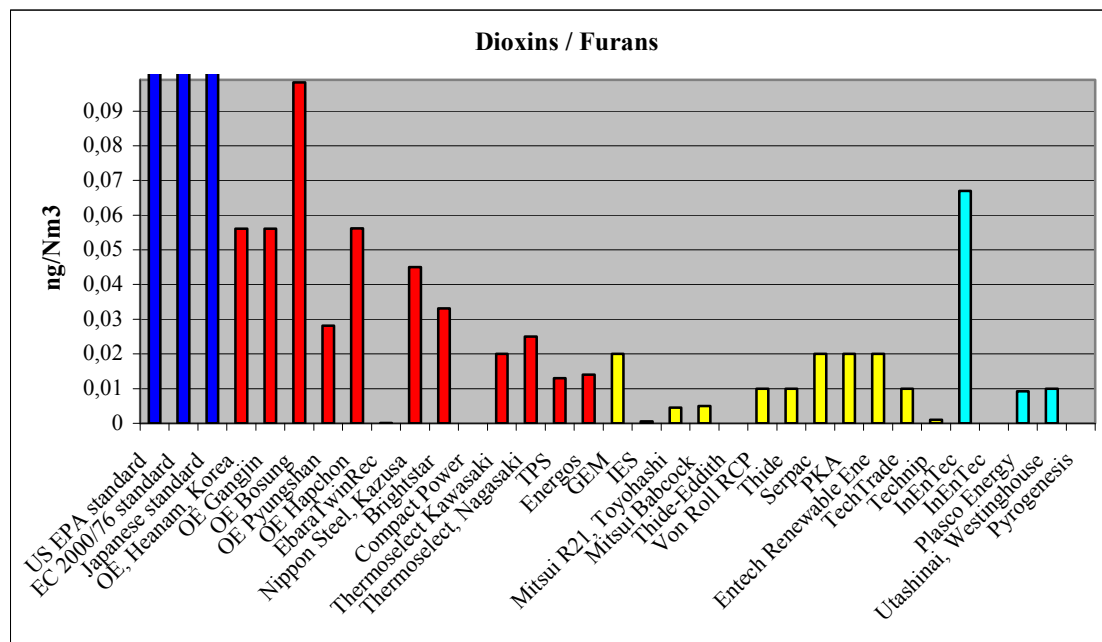
Σχήμα 4.10 Συγκεντρώσεις NOx εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm3)



Σχήμα 4.11 Συγκεντρώσεις SOx εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm3)

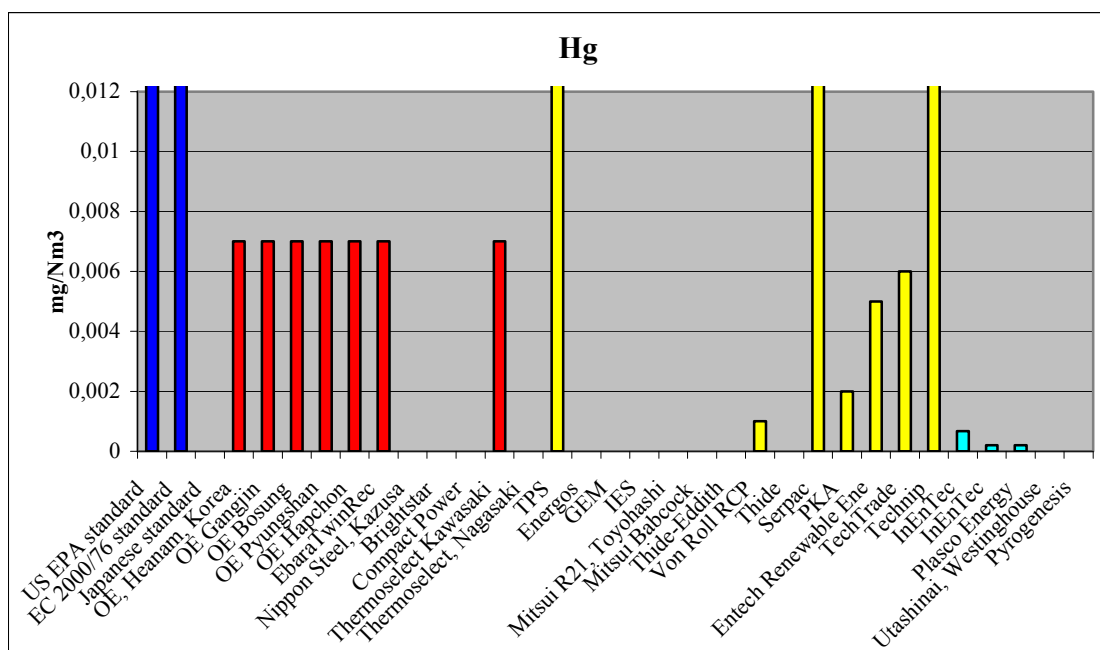
Σε ότι αφορά στις εκπομπές NOx και SOx εκείνο το οποίο παρατηρείται είναι ότι η εγκατάσταση Thide-Eddith υπερβαίνει κατά πολύ τα ισχύοντα από τη νομοθεσία όρια

και στις δύο περιπτώσεις. Προκύπτει επίσης από την ανάλυση των διαγραμμάτων ότι οι εγκαταστάσεις αεριοποίησης παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές NOx και SOx εν συγκρίσει με τις εγκαταστάσεις πυρόλυσης και αεριοποίησης πλάσματος.



Σχήμα 4.12 Συγκεντρώσεις διοξινών και τα φουρανίων εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (ng/Nm³)

Η μεγαλύτερη τιμή για τις συγκεντρώσεις διοξινών και τα φουρανίων εμφανίζεται για την εγκατάσταση αεριοποίησης OE Bosung στην Κορέα. Η τιμή αυτή είναι της τάξεως των 0,0983 ng/Nm³ και βρίσκεται εντός των ορίων που προβλέπονται από την νομοθεσία. Τέλος να σημειωθεί ότι, οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις διοξινών και φουρανίων εμφανίζονται κυρίως σε εγκαταστάσεις πυρόλυσης.



Σχήμα 4.13 Συγκεντρώσεις Hg εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/Nm³)

Το όριο της νομοθεσίας για την παρουσία Hg είναι 14 mg/Nm³, ωστόσο επιλέχθηκε πολύ μικρότερο όριο στο διάγραμμα ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ των θερμικών μεθόδων. Είναι προφανές ότι η παρουσία Hg στις αέριες εκπομπές είναι σε ίχνη για το σύνολο των υπό μελέτη εγκαταστάσεων.

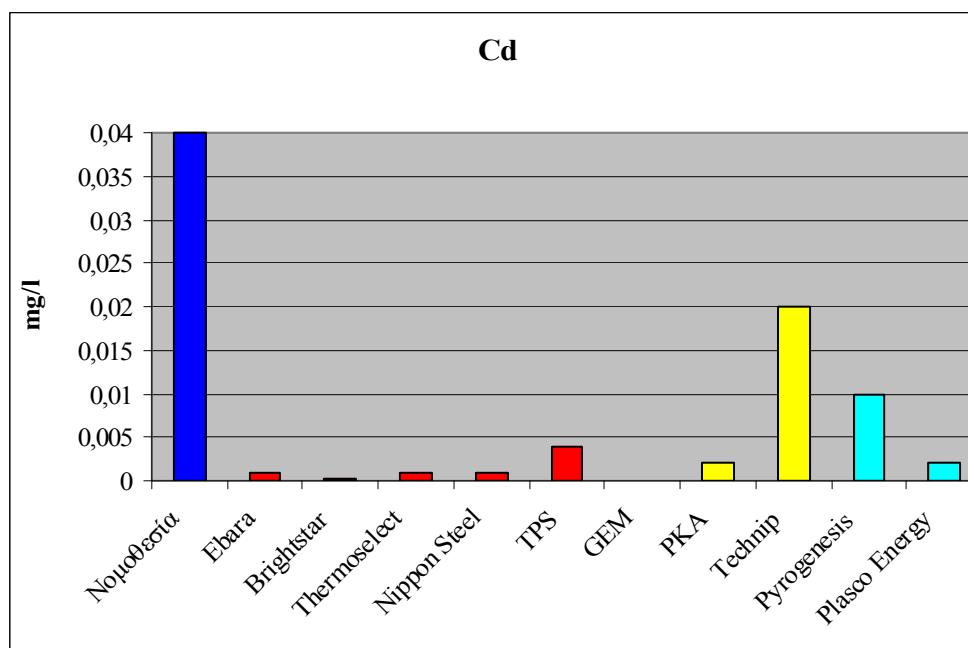
Παρουσία βαρέων μετάλλων στο στερεό υπόλειμμα

Ακολούθως μελετήθηκε η παρουσία βαρέων μετάλλων (Cd, Pb), στο στερεό υπόλειμμα των διεργασιών (slag). Χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα ελέγχων εκχυλισιμότητας των εγκαταστάσεων που παραθέτονται στη συνέχεια.

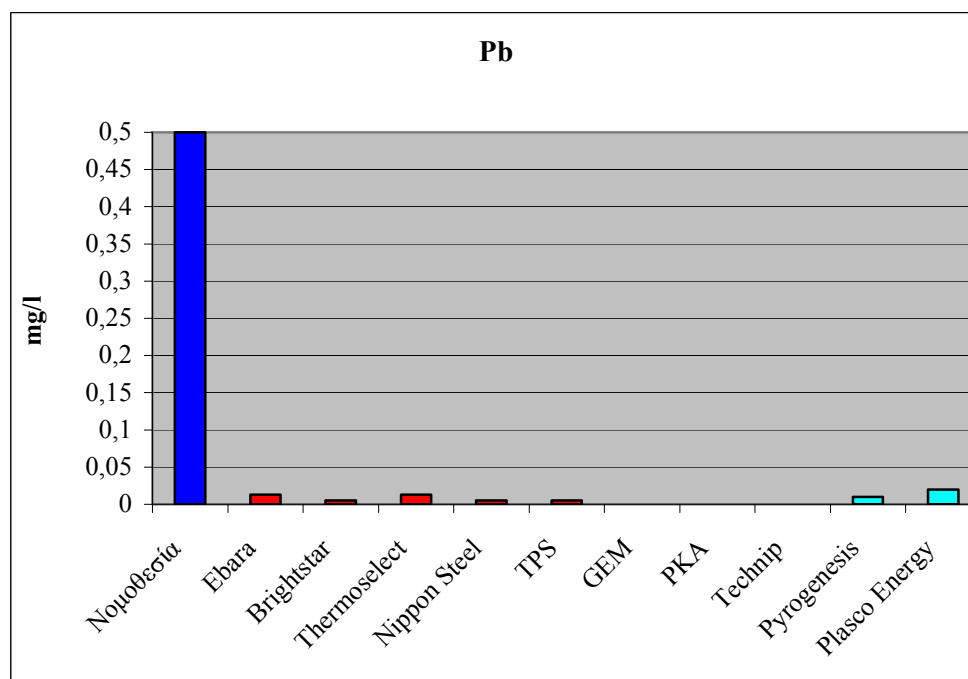
Πίνακας 4.22: Επίπεδα εκχυλισιμότητας Cd, Pb (mg/l) [21,38].

		Cd	Pb
Ευρωπαϊκή Νομοθεσία	Blue	0,04	0,5
Ebara	Red	0,001	0,013
Brightstar	Red	0,0002	0,0051
Thermoselect	Red	0,001	0,013
Nippon Steel	Red	0,001	0,005
TPS	Red	0,004	0,005
GEM	Yellow	0	0
PKA	Yellow	0,002	0
Technip	Yellow	0,02	0
Pyrogenesis	Cyan	0,01	0,01

		Cd	Pb
Plasco Energy		0,002	0,02



Σχήμα 4.14 Συγκεντρώσεις Cd εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/l)



Σχήμα 4.15 Συγκεντρώσεις Pb εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος (mg/l)

Παρατηρείται ότι καμμία από τις υπό μελέτη εγκαταστάσεις δεν παρουσιάζει συγκεντρώσεις Pb και Cd οι οποίες να υπερβαίνουν τα όρια τα οποία προβλέπονται από την νομοθεσία.

Οικονομικά Κριτήρια

Η σύγκριση του κόστους των τεχνολογιών αξιοποίησης ΑΣΑ έγινε με βάση πληροφορίες που παρέχονται από συγκεκριμένους προμηθευτές εταιρειών αεριοποίησης, πυρόλυσης και αεριοποίησης πλάσματος [Conversion Technology Evaluation Report, Los Angeles, 2005].

Σε ότι αφορά το νησί της Νάξου, όπως έχει προαναφερθεί, η μέγιστη χωρητικότητα της εγκατάστασης επεξεργασίας απορριμμάτων θα πρέπει να είναι της τάξεως των 40 τόνων την ημέρα. Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι δεν κατέσται δυνατό να συγκεντρωθούν οικονομικά δεδομένα εγκαταστάσεων αυτής της χωρητικότητας. Ωστόσο όλα τα κόστη μετατράπηκαν σε \$ / τόνο αποβλήτου ετησίως ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ των εγκαταστάσεων. Εκτός αυτού για να μπορέσουν να εξαχθούν όσο το δυνατόν ασφαλέστερα συμπεράσματα για τα κόστη που αφορούν στην κάθε μέθοδο, οι χωρητικότητες οι οποίες επιλέχθηκαν - κατά πλειοψηφία - είναι της τάξεως των 100 τόνων την ημέρα.

Αξιολογήθηκαν για κάθε εγκατάσταση: το κεφαλαιουχικό κόστος, τα ανταποδοτικά τέλη από την πώληση ενέργειας και το κόστος επεξεργασίας. Το κόστος της επεξεργασίας ανά τόνου αποβλήτου εμπεριέχει τόσο το κεφαλαιουχικό κόστος και τα ανταποδοτικά τέλη, όσο και το λειτουργικό κόστος της κάθε εγκατάστασης.

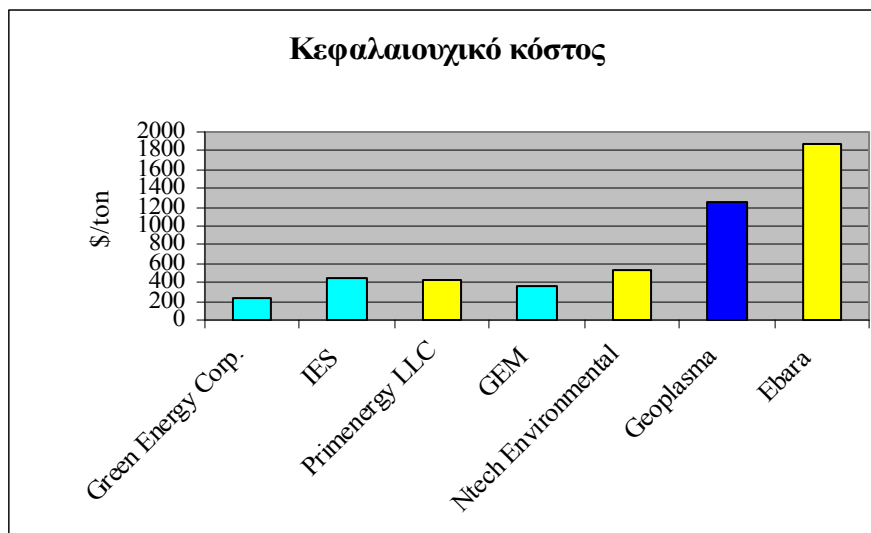
Για να συγκριθούν τα παραπάνω οικονομικά δεδομένα έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Διάθεση του τελικού στερεού υπολείμματος είναι 50 \$ ανά τόνο.
- Ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στην εγκατάσταση: 60 \$ / MWh.
- Οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης ανέρχονται στο 3% ετησίως.
- Κτίρια και βελτιώσεις τοποθεσίας, αποσβένονται με ετήσιο επιτόκιο 6% και χρόνο απόσβεσης πάνω από 20 χρόνια.
- Ο εξοπλισμός, αποσβένεται με επιτόκιο 6% για περίοδο 7 ετών.
- Η Ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους προμηθευτές πωλείται στη τιμή των 0,045 \$ / kWh. [36]

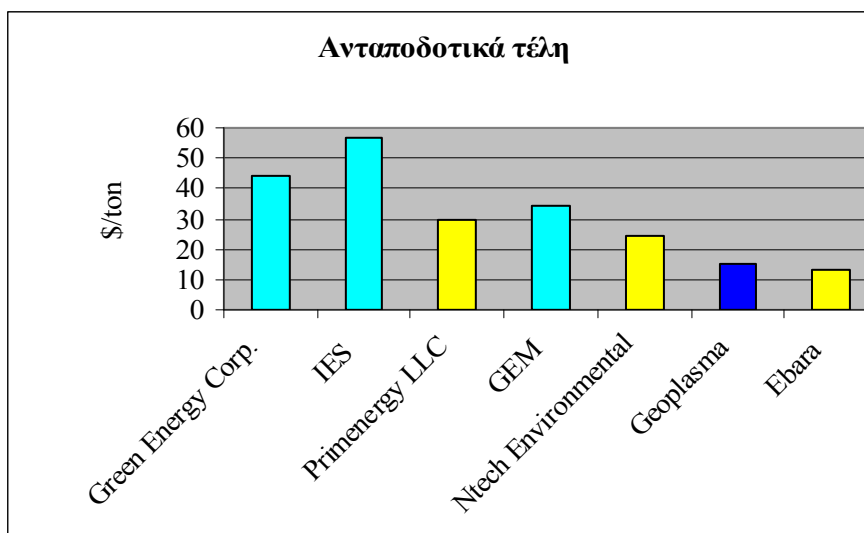
Πίνακας 4.23: Οικονομικά δεδομένα εγκαταστάσεων Θερμικής Αξιοποίησης ΑΣΑ [36].

	Τόνοι/ημέρα	Κεφαλαιουχικό κόστος (\$)	Ανταποδοτικά τέλη (\$)	Κόστος επεξεργασίας (\$/τον)
Primenergy LLC	100	15,500,000 430,6 (\$/τον)	1,067,900 29,7 (\$/τον)	87.00
Ntech Environmental	100	19,356,500 537,7 (\$/τον)	869,400 24,2 (\$/τον)	129.00
Ebara	70	47,490,000 1867 (\$/τον)	327,865 13,1 (\$/τον)	289.00
GEM America, Inc.	100	13,215,317 367,7 (\$/τον)	1,244,340 34,56 (\$/τον)	105.00
International Environmental Solution (IES)	147	23,225,500 438,7 (\$/τον)	3,004,282 56,8 (\$/τον)	61.00
Green Energy Corporation	120	10,250,000 237,3 (\$/τον)	1,908,000 44,17 (\$/τον)	45.00
Geoplasma LLC	100	45,190,000 1255 (\$/τον)	540,000 15 (\$/τον)	172.00

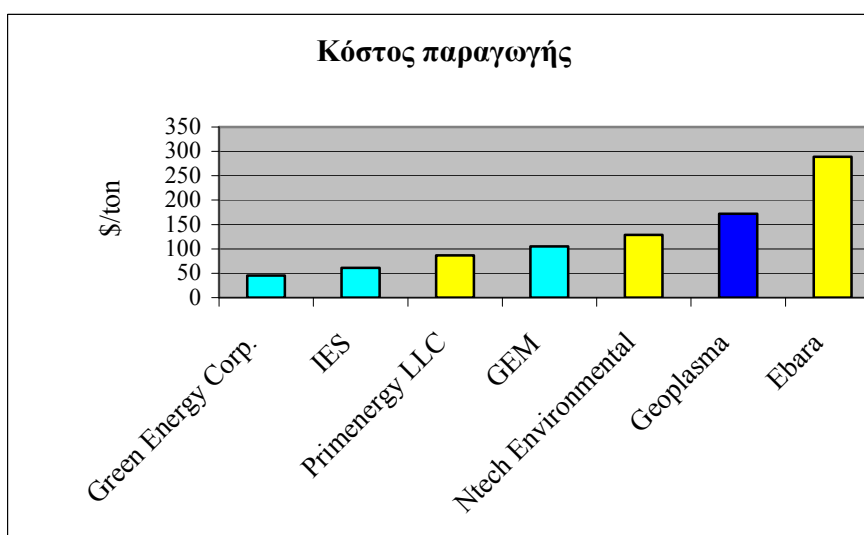
	Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης
	Εγκαταστάσεις Πυρόλυσης
	Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης Πλάσματος



Σχήμα 4.16: Κεφαλαιουχικό κόστος εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος



Σχήμα 4.17: Ανταποδοτικά τέλη εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος



Σχήμα 4.18: Κόστος παραγωγής εγκαταστάσεων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης πλάσματος

Το κόστος επεξεργασίας θεωρείται για την παρούσα αξιολόγηση η οικονομική παράμετρος με την μεγαλύτερη βαρύτητα. Επί της ουσίας αυτό το μέγεθος παρουσιάζει το συνολικό κόστος της επεξεργασίας ενός τόνου αποβλήτου για κάθε εγκατάσταση. Να σημειωθεί ότι οι εγκαταστάσεις «Ebara» και «Green Energy Corporation» αποκλείστηκαν της τελικής αξιολόγησης καθώς όπως προκύπτει και από το διάγραμμα, εμφανίζουν τις δύο ακραίες τιμές κόστους επεξεργασίας (μεγαλύτερη και χαμηλότερη τιμή αντίστοιχα).

Λειτουργικά Κριτήρια

1) Εμπειρία Μεθόδου

Για να στοιχειοθετηθούν συμπεράσματα ως προς την εμπειρία της κάθε μεθόδου στον χώρο της επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων μελετήθηκαν:

- Ο αριθμός των υφιστάμενων εμπορικών εγκαταστάσεων αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων.
- Το ποσοστό των παραπάνω εγκαταστάσεων επί του συνόλου των υφιστάμενων εγκαταστάσεων της κάθε μεθόδου ανεξάρτητα από το είδος των προς επεξεργασία αποβλήτων.

Υφιστάμενες εμπορικές εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων για κάθε μέθοδο

Ο αριθμός των υφιστάμενων εμπορικών εγκαταστάσεων για την επεξεργασία των απορριμμάτων αποτελεί απόδειξη της εμπειρίας που εμφανίζει η κάθε μέθοδος στον τομέα αυτό. Η μεγάλη πλειοψηφία των εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας αποτελείται από εγκαταστάσεις αεριοποίησης, ακολουθούν οι εγκαταστάσεις πυρόλυσης ενώ περιορισμένος είναι ο αριθμός των εγκαταστάσεων αεριοποίησης πλάσματος.

Πίνακας 4.24: Εμπορικές μονάδες Αεριοποίησης ΑΣΑ ανά τον κόσμο [35, 38].

Τοποθεσία	Έτος Έναρξης	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Narumi Clean System, Nagoya, JP, Nippon Steel	2009	530
Kawaguchi City, Japan Ebara	2002	420
Ibaraki #2, Osaka Pref., Japan Nippon Steel	1996	300
Ishihaya, Nagasaki Pref., Japan Thermoselect/JFE	2005	300
Goyang City, Republic of Korea Nippon St./Posco E&C	2009	300
Kagawa, Japan Hitachi-Zosen	2004	300
Ansbach, Germany Thermoselect	2004	240
Nagareyama, Japan Ebara	2004	207
Yangsan City, Republic of Korea Nippon Steel	2007	200
Ube City, Japan Ebara	2002	198
Sakata Area Clean Union, Japan Ebara	2002	196
Shiga Area Clean Union, Japan Ebara	2007	180
Chuno Union, Japan Ebara	2003	168
Ishikawa, Japan Hitachi-Zosen	2003	160

Τοποθεσία	Έτος Έναρξης	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Ibaraki #3, Osaka Pref., Japan Nippon Steel	1999	150
Nara, Japan Hitachi-Zosen	2001	150
Mutsu, Aomori Prefecture, JP, Thermoselect/Mitsubish	2003	140
Fukuroi City, Shizuoka Pref., JapaNippon Steel	2008	132
Kagawa Prefecture #1, Japan Nippon Steel	1997	130
Iryu Health Facilities Adm., Japan Nippon Steel	1997	120
Tokushima, Tokushia Pref., Japan Thermoselect/JFE	2005	120
Takizawa Village, Iwate Pref., JapNippon Steel	2002	100
Forus, Norway, Energos	2002	100
Minden, Germany, Energos	2002	100
Hurum, Norway, Energos	2001	99
Sarpsborg, Norway, Energos	2001	99
Averoy, Norway, Energos	2000	93
Minami-Shinshu, Japan Ebara	2003	93
Seino Environmental, Japan Nippon Steel	2004	90
Isle of Wight, UK, Energos	2008	82
Kagawa Prefecture #2, Japan Nippon Steel	2002	65
Nagasaki, Japan Hitachi-Zosen	2003	58
Gifu, Japan Hitachi-Zosen	1998	33
Ranheim, Norway Energos	1998	27
Bosung II, South Korea OE Gasification	2006	25
Heanam, South Korea OE Gasification	2003	25
Gangjin, South Korea OE Gasification	2006	25
Bristol, UK, Compact Power	2002	25
Bosung I, South Korea OE Gasification	2001	20
Pyungshan, South Korea OE Gasification	2007	20
Hapchon, South Korea OE Gasification	2007	20
Sherbrooke, Quebec, Canada Enerkem	2003	5

Πίνακας 4.25: Εμπορικές μονάδες Πυρόλυσης ΑΣΑ ανά τον κόσμο [35, 38].

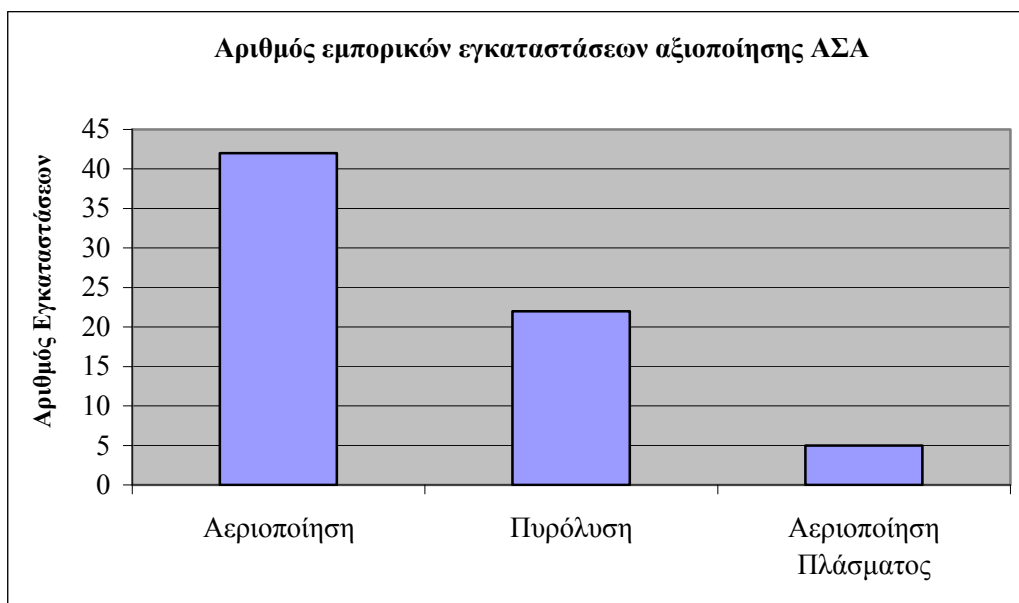
Τοποθεσία	Έτος Έναρξης	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Toyohashi City, Japan Mitsui R-21	2002	400
Hamm, Germany Techtrade	2002	353
Koga Seibu, Japan Mitsui R-21	2003	260
Yame Seibu, Japan Mitsui R-21	2000	220
Nishiiburi, Japan Mitsui R-21	2003	210
Izumo, Japan Thide Environment	2003	195
Kyoboku Regional, Japan Mitsui R-21	2003	160
Burgau, Germany Technip/Waste Gen	1988	154
International Environmental Solution (IES)		147
Ebetsu City, Japan Mitsui R-21	2002	140
Green Energy Corporation		120
GEM America, Inc.		100
Korea Entech Renewable Ene	2006	60
Hong Kong Entech Renewable Ene	1990	58

Τοποθεσία	Έτος Έναρξης	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Genting/Sri Layang, Malaysia Entech Renewable Ene	1998	60
P.N.G. Entech Renewable Ene	2003	40
Romoland, California, USA IES	2007	40
Chung Gung Municipality, Taiwan Entech Renewable Ene	1991	30
Korea Entech Renewable Ene	2003	30
Australia Entech Renewable Ene	1996	15
Indonesia Entech Renewable Ene	1998	15
Chung Gung Municipality, Taiwan Entech Renewable Ene	1992	15

Πίνακας 4.26: Εμπορικές μονάδες Αεριοποίησης Πλάσματος ανά τον κόσμο [38].

Τοποθεσία	Έτος	Είδος αποβλήτου	Δυναμικότητα (τόνοι/ημέρα)
Utashinai, Ιαπωνία Hitachi Metals	2004	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	274
Ottawa, Καναδάς, Plasco Energy	2008	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	100
Geoplasma, ΗΠΑ		Αστικά Στερεά Απορρίμματα	100
Richland, ΗΠΑ, InEnTech, LLC	2005	Αστικά Στερεά Απορρίμματα	25
Mihama-Mikata, Ιαπωνία, Hitachi Metals	2002	Αστικά Στερεά Απορρίμματα & Λάσπη	24
Kinuura, Ιαπωνία	1995	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	50
Shimonozeki, Ιαπωνία	2002	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	41
Kakogawa, Ιαπωνία	2003	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	30
Imizu, Ιαπωνία	2002	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	12
Cenon – Bordeaux, Γαλλία	1998	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	10
Maizuru, Ιαπωνία	2003	Στάχτη από Αστικά Στερεά Απορρίμματα	6

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των εμπορικών μονάδων αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης Πλάσματος. Είναι προφανές ότι η εν λόγω σύγκριση καταδεικνύει την Αεριοποίηση ως την μέθοδο με την μεγαλύτερη εμπειρία στο πεδίο της επεξεργασίας των απορριμμάτων.



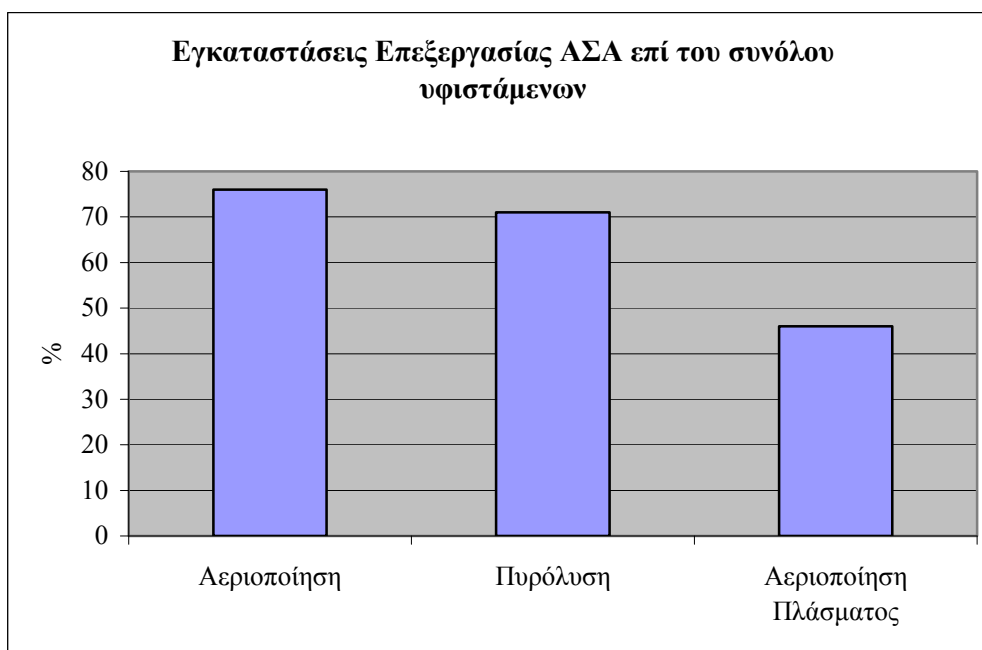
Σχήμα 4.19: Αριθμός μονάδων αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης Πλάσματος

Ποσοστό εγκαταστάσεων ΑΣΑ επί του συνόλου των υφιστάμενων

Η δεύτερη παράμετρος η οποία μελετήθηκε είναι το ποσοστό των εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται μόνο αστικά στερεά απόβλητα, επί του συνόλου των υφιστάμενων εμπορικών εγκαταστάσεων για κάθε θερμική μέθοδο. Οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων οι οποίες εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά είναι αυτές της αεριοποίησης και της πυρόλυσης ενώ ελάχιστες είναι επί του παρόντος οι εγκαταστάσεις αεριοποίησης πλάσματος που επεξεργάζονται αστικά στερεά απόβλητα σε εμπορική κλίμακα.

Πίνακας 4.27: Ποσοστό εγκαταστάσεων ΑΣΑ επί του συνόλου υφιστάμενων [35].

	Ποσοστό εγκαταστάσεων επεξεργασίας ΑΣΑ επί του συνόλου των υφιστάμενων εγκαταστάσεων κάθε μεθόδου
Αεριοποίηση	76 %
Πυρόλυση	71 %
Αεριοποίηση Πλάσματος	46 %



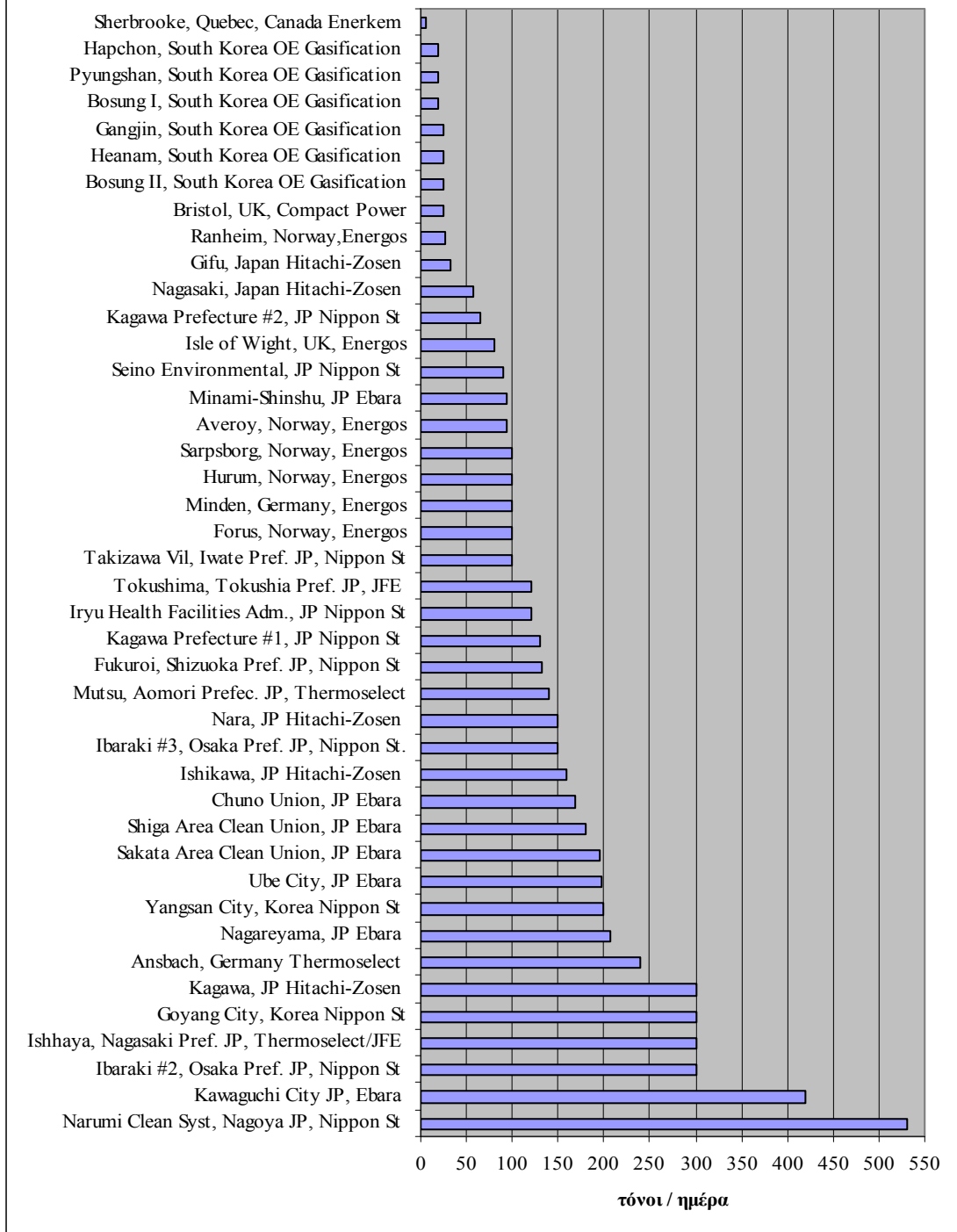
Σχήμα 4.20: Ποσοστό εγκαταστάσεων ΑΣΑ επί του συνόλου υφιστάμενων

2) Χωρητικότητα εγκατάστασης

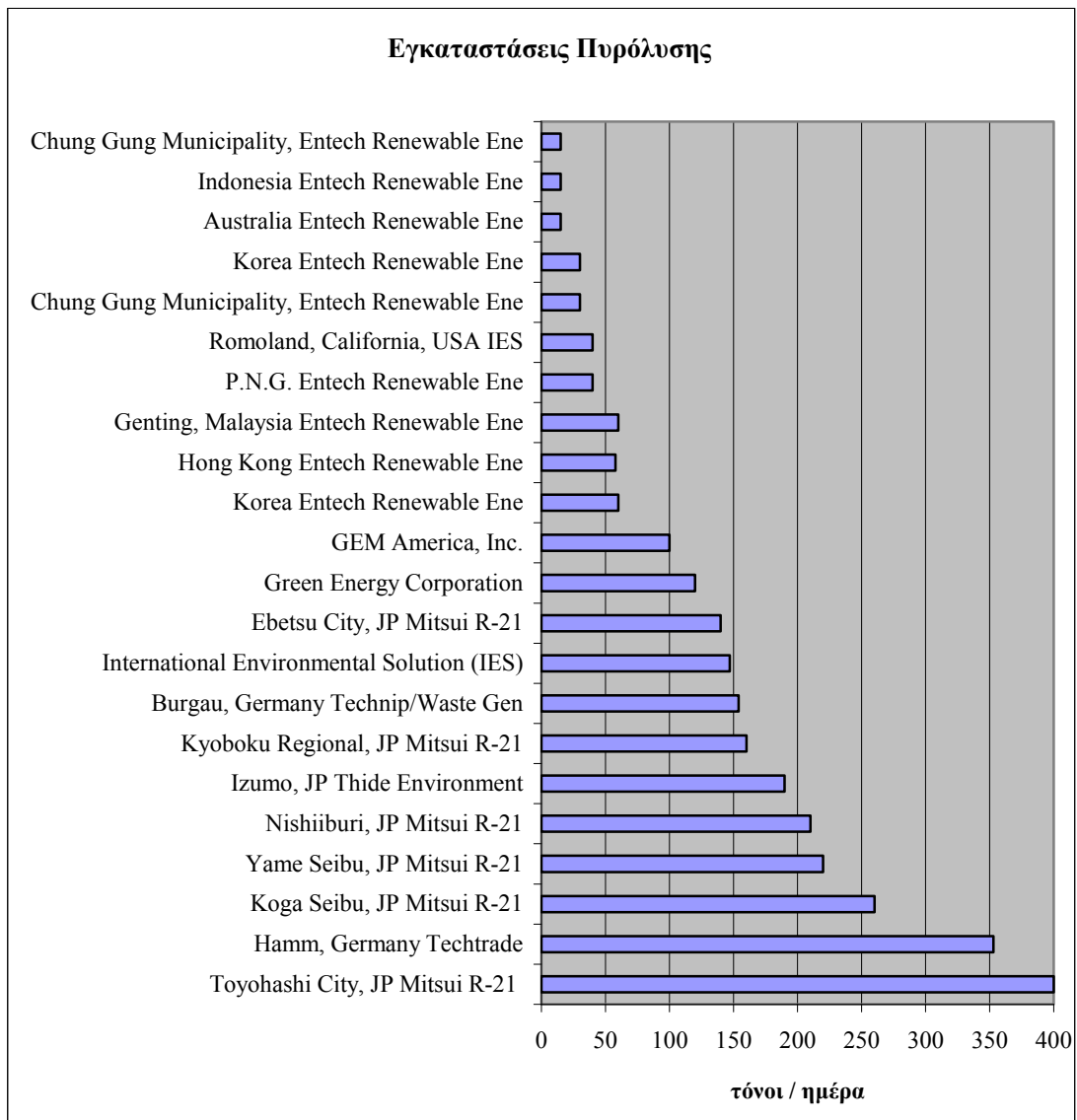
Το πεδίο ενδιαφέροντος της παρούσας σύγκρισης είναι οι εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας. Το νησί της Νάξου παρουσιάζει παραγωγή αποβλήτων περίπου 14 τόνους ημερησίως κατά τη διάρκεια της μη τουριστικής περιόδου, ενώ κατά τους τουριστικούς μήνες η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων αγγίζει τους 37 τόνους. Επομένως θα πρέπει να διερευνηθεί η εμπειρία των υπό μελέτη μεθόδων για εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας. Για το σκοπό αυτό κριτήριο αξιολόγησης αποτέλεσε ο αριθμός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων κάθε μεθόδου για χωρητικότητες **μικρότερες των 40 τόνων** την ημέρα.

Αρχικά παρουσιάζονται διαγράμματα που απεικονίζουν τις χωρητικότητες όλων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ΑΣΑ (Αεριοποίησης, Πυρόλυσης και Αεριοποίησης Πλάσματος).

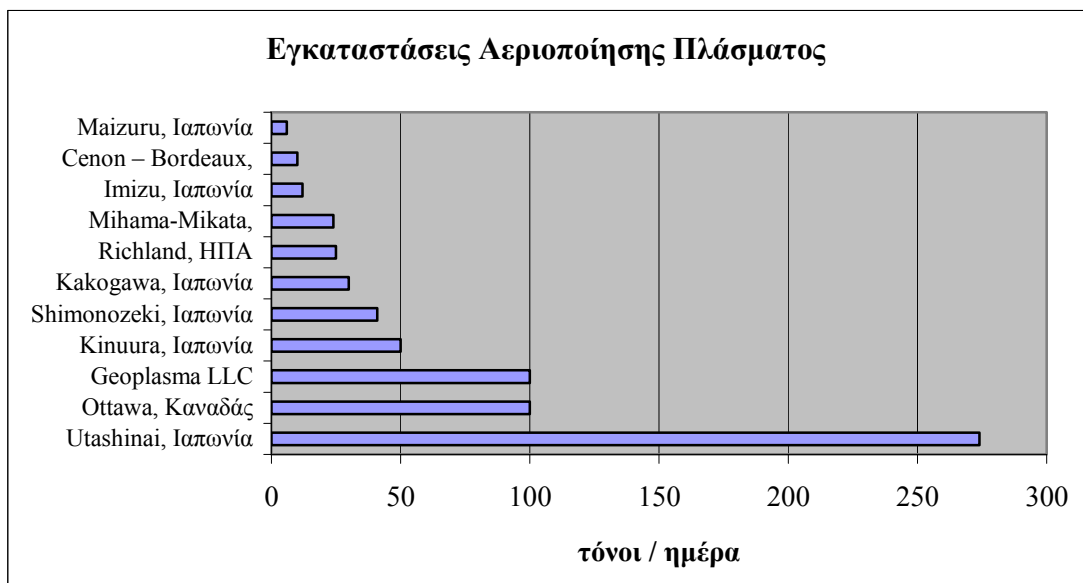
Εγκαταστάσεις Αεριοποίησης



Σχήμα 4.21: Χωρητικότητες εγκαταστάσεων Αεριοποίησης



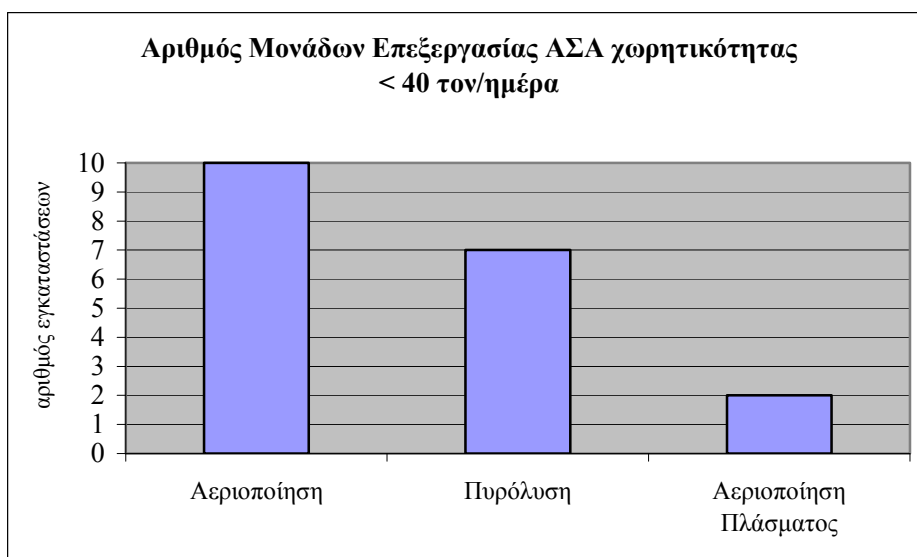
Σχήμα 4.22: Χωρητικότητες εγκαταστάσεων Πυρόλυσης



Σχήμα 4.23: Χωρητικότητες εγκαταστάσεων Αεριοποίησης Πλάσματος

Πίνακας 4.28: Εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας [35,38].

Εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας (< 40 τον/ημέρα)	Χωρητικότητα (τον/ημέρα)
Αεριοποίησης	
Gifu, Japan Hitachi-Zosen	33
Ranheim, Norway Energos	27
Bosung II, South Korea OE Gasification	25
Heanam, South Korea OE Gasification	25
Gangjin, South Korea OE Gasification	25
Bristol, UK, Compact Power	25
Bosung I, South Korea OE Gasification	20
Pyungshan, South Korea OE Gasification	20
Hapchon, South Korea OE Gasification	20
Sherbrooke, Quebec, Canada Enerkem	5
Πυρόλυσης	
P.N.G. Entech Renewable Ene	40
Romoland, California, USA IES	40
Chung Gung Municipality, Taiwan Entech Renewable Ene	30
Korea Entech Renewable Ene	30
Australia Entech Renewable Ene	15
Indonesia Entech Renewable Ene	15
Chung Gung Municipality, Taiwan Entech Renewable Ene	15
Αεριοποίησης Πλάσματος	
Richland, ΗΠΑ, InEnTech, LLC	25
Mihama-Mikata, Ιαπωνία, Hitachi Metals	24



Σχήμα 4.24: Εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας

Έκταση εγκατάστασης

Η έκταση των εγκαταστάσεων πυρόλυσης και αεριοποίησης για τις δυναμικότητες που αποτελούν το πεδίο ενδιαφέροντος της αξιολόγησης, είναι πολύ μικρή (< 5 στρεμμάτων). Ως εκ τούτου η ανάλυση δεδομένων σχετικά με τις εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι εγκαταστάσεις της κάθε μεθόδου, δεν θα οδηγούσε σε κάποιο αποτέλεσμα το οποίο να δικαιολογεί διαφορετική βαθμολόγηση για κάποια από τις μεθόδους. Κατά συνέπεια και οι τρεις μέθοδοι θεωρούνται το ίδιο κατάλληλες για την εφαρμογή τους στο νησί σε ότι αφορά στην έκταση την οποία απαιτούν.

Ευελιξία ως προς το είδος των προς επεξεργασία απορριμμάτων

Οι τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας παρουσιάζουν ευελιξία ως προς το είδος των αποβλήτων που μπορούν να επεξεργαστούν. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία για την επεξεργασία όλων των στερεών αποβλήτων τόσο των επικινδύνων, όσο και των νοσοκομειακών αποβλήτων. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την υπό μελέτη περιοχή καθώς ανάμεσα στις πηγές των αποβλήτων του νησιού συμπεριλαμβάνονται και νοσοκομειακά απόβλητα τα οποία επί του παρόντος πρέπει να μεταφέρονται στην ηπειρωτική χώρα.

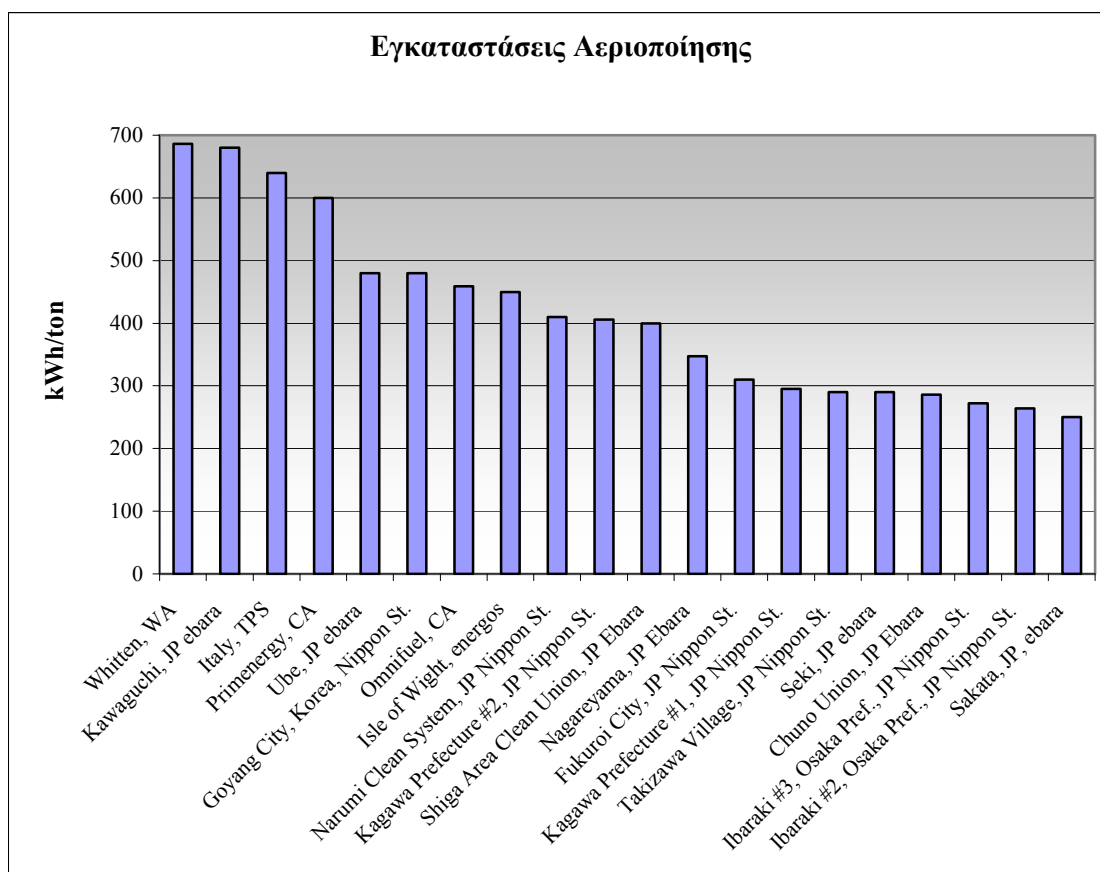
Ενεργειακά Κριτήρια

Αναμφίβολα, τα ιδιαίτερα ενεργειακά χαρακτηριστικά των νησιών καθιστούν την οικογένεια αυτή των κριτηρίων ιδιαίτερα σημαντική. Οι έντονες εποχιακές αιχμές και υφέσεις στην κατανάλωση οι αιφνίδιες αλλαγές στη ζήτηση η εποχιακή φύση του τουρισμού και το γεγονός ότι αυτός χρειάζεται υπηρεσίες που είναι εξεζητημένες για τον ντόπιο πληθυσμό, όσο προσαρμοσμένος κι αν είναι ο πληθυσμός στις υπηρεσίες αυτές, αντιπροσωπεύουν ένα σοβαρό ζήτημα για την παροχή ενέργειας. Ως εκ τούτου κρίνεται απαραίτητο να διεξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την συνεισφορά που μπορούν να έχουν οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων σε όρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Για τις εγκαταστάσεις αεριοποίησης και πυρόλυσης αστικών στερεών αποβλήτων που παρουσιάζονται ακολούθως, παραθέτονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά τόνο αποβλήτου που επεξεργάζονται.

Πίνακας 4.29: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Αεριοποίησης (kWh/τόνο), [35, 38, 49, 52, 53].

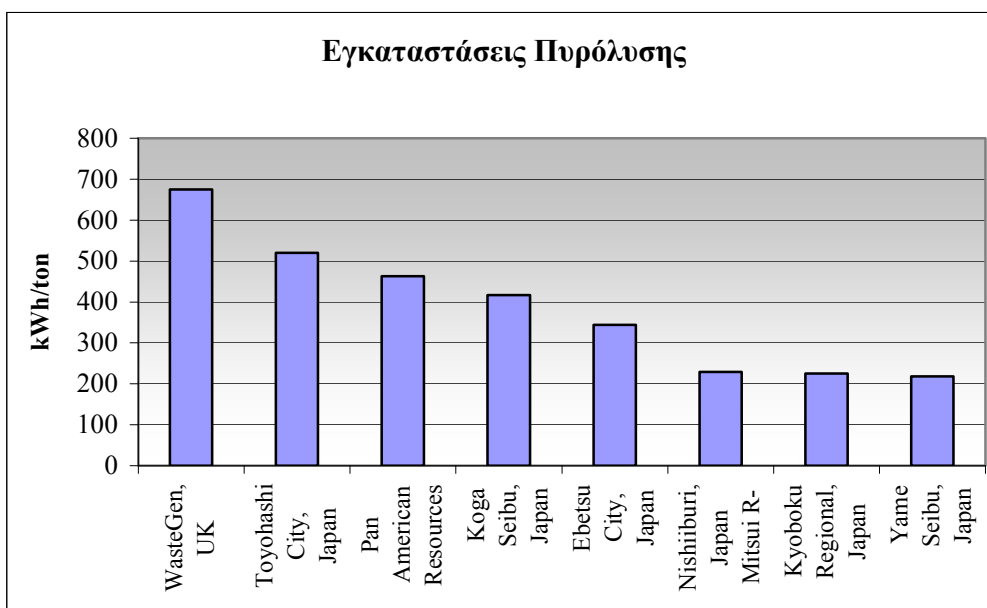
Εγκατάσταση	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh/τόνο)
Whitten, WA	686
Kawaguchi, JP ebara	680
Italy, TPS	640
Primenergy, CA	600
Ube, JP ebara	480
Goyang City, Korea, Nippon St.	480
Omnifuel, CA	459
Isle of Wight, energos	450
Narumi Clean System, JP Nippon St.	410
Kagawa Prefecture #2, JP Nippon St.	406
Shiga Area Clean Union, JP Ebara	400
Nagareyama, JP Ebara	347
Fukuroi City, JP Nippon St.	310
Kagawa Prefecture #1, JP Nippon St.	295
Takizawa Village, JP Nippon St.	290
Seki, JP ebara	290
Chuno Union, JP Ebara	286
Ibaraki #3, Osaka Pref., JP Nippon St.	272
Ibaraki #2, Osaka Pref., JP Nippon St.	264
Sakata, JP, ebara	250



Σχήμα 4.25: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Αεριοποίησης (kWh/τόνο)

Πίνακας 4.30: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Πυρόλυσης (kWh/τόνο), [35, 38].

Εγκατάσταση	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh/τόνο)
WasteGen, UK	675
Toyohashi City, Japan Mitsui R-21	520
Pan American Resources	463
Koga Seibu, Japan Mitsui R-21	417
Ebetsu City, Japan Mitsui R-21	344
Nishiiburi, Japan Mitsui R-21	229
Kyoboku Regional, Japan Mitsui R-21	225
Yame Seibu, Japan Mitsui R-21	218



Σχήμα 4.26: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεων Πυρόλυσης (kWh/τόνο)

Να σημειωθεί ότι για εγκαταστάσεις αεριοποίησης πλάσματος, δεν κατέστη δυνατόν να συγκεντρωθούν στοιχεία συγκεκριμένων εγκαταστάσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση στοιχεία τα οποία παρουσιάστηκαν στο Συμβούλιο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων της Καλιφόρνιας (CIWMB) το 2008, η παραγωγή ενέργειας μέσω της αεριοποίησης πλάσματος μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 1250 kWh/ton (Πίνακας 4.31). Ωστόσο η τιμή αυτή προϋποθέτει προεπεξεργασία των αποβλήτων, επίσης στα απόβλητα συμπεριλαμβάνονται και ελαστικά τα οποία αυξάνουν σημαντικά την θερμογόνο δύναμη των προς αξιοποίηση αποβλήτων. Κατά συνέπεια η τιμή αυτή μπορεί να ληφθεί υπ' όψιν μόνο ως θεωρητικό δεδομένο. Για τις ανάγκες της παρούσας αξιολόγησης θα θεωρηθεί ότι η μέθοδος πλάσματος έχει την ίδια ενεργειακή απόδοση με την μέθοδο της αεριοποίησης [37].

Πίνακας 4.31: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θερμικών μεθόδων [37].

Αεριοποίηση	400-650 kWh/τόνο
Πυρόλυση	450-530 kWh/τόνο
Αεριοποίηση Πλάσματος	400-1250 kWh/τόνο

Παρατηρείται ότι τόσο τα στοιχεία τα οποία συγκεντρώθηκαν για την ενεργειακή απόδοση διαφόρων εγκαταστάσεων αεριοποίησης και πυρόλυσης, όσο και τα

στοιχεία του Συμβουλίου Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων της Καλιφόρνιας (CIWMB), συμφωνούν ως προς το ότι η αεριοποίηση υπερέρχει - σε μικρό βαθμό - της πυρόλυσης όσον αφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων.

Ποσοστό αξιοποίησης απορριμμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το ποσοστό των απορριμμάτων το οποίο αξιοποιείται (ενέργεια, slag) για κάθε μέθοδο. Πρόκειται για κριτήριο βαρύνουσας σημασίας καθώς σχετίζεται άμεσα με την εκτροπή των απορριμμάτων από την υγειονομική ταφή. Όπως έχει αναλυθεί στην προηγούμενη ενότητα, η αποφόρτιση των ΧΥΤΑ αποτελεί πρωτεύων ζήτημα για τα ελληνικά νησιά.

Πίνακας 4.32: Ρυθμός αξιοποίησης απορριμμάτων (κατά βάρος), [37].

Αεριοποίηση	94-100%
Πυρόλυση	72-95%
Αεριοποίηση Πλάσματος	95-100%

4.2.5 Εφαρμογή της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I

Καθορισμός βαρύτητας κριτηρίων

Πίνακας 4.33: Βάρη Κριτηρίων

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Σ.Β. %
Περιβαλλοντικά κριτήρια	20
α) Αέριες Εκπομπές	60
PM	16,6
HCL	16,6
NOx	16,6
SOx	16,6
dioxins / furans	16,6
Hg	16,6
β) Παρουσία Βαρέων Μετάλλων στο slag	20
Cd	50
Pb	50
γ) Συμφωνία με την περιβαλλοντική νομοθεσία	15
αερίων εκπομπών	50
slag	50

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Σ.Β. %
δ) Οπτική όχληση εγκατάστασης	5
Οπτική όχληση εγκατάστασης	100
Ανάκτηση υλικών και ενέργειας	30
α) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	50
Παραγωγή εγκαταστάσεων (άνω όριο)	100
β) Ποσοστό μετατροπής (diversion rate)	50
Ποσοστό μετατροπής	100
Λειτουργικά κριτήρια	30
α) Εμπειρία μεθόδου	30
Αριθμός εμπορικών εγκαταστάσεων	50
Ποσοστό εγκαταστάσεων ασα	50
β) Χωρητικότητα Εγκατάστασης	40
Αριθμός εγκαταστάσεων < 40 τον/ημέρα	100
γ) Έκταση περιοχής	10
δ) Ευελιξία μεθόδου	20
Είδος αποβλήτων	50
Ποσότητα αποβλήτων	50
Οικονομικά κριτήρια	20
α) Κεφαλαιουχικό κόστος	25
β) Ανταποδοτικά τέλη	25
γ) Κόστος επεξεργασίας	50

Η μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στους τομείς της ανάκτησης υλικών και ενέργειας καθώς επίσης και στην οικογένεια των λειτουργικών κριτηρίων η οποία περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία σχετίζονται με την εμπειρία της μεθόδου και την χωρητικότητα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας απορριμμάτων. Ως εκ τούτου δεν μπορούν παρά να αποτελέσουν τομείς προτεραιότητας για την λήψη αποφάσεων για την αξιοποίηση των αποβλήτων στην υπό μελέτη περιοχή.

Βαθμολόγηση Κριτηρίων

Ακολούθως παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο βαθμολογήθηκαν τα κριτήρια τα οποία αξιολογήθηκαν.

Περιβαλλοντικά Κριτήρια

Ως κατώτερο όριο βαθμολογίας (χαμηλότερη βαθμολογία) θεωρήθηκε το όριο που θέτεται από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία [2000/76/EK] το οποίο είναι και το αυστηρότερο σε ότι αφορά τις εκπομπές εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας

αποβλήτων. Η βαθμολογία δόθηκε για κάθε εγκατάσταση ξεχωριστά και ακολούθως υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε αέριο ρυπαντή ξεχωριστά.

Πίνακας 4.34: Κλάσεις βαθμολογίας αερίων εκπομπών

Βαθμός	PM (mg/Nm ³)	HCl (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	SO _x (mg/Nm ³)	Διοξίνες – Φουράνια (ng/Nm ³)
10	[0, 1.4)	[0, 1.4)	[0, 28)	[0, 7)	[0, 0.14)
9	[1.4, 2.8)	[1.4, 2.8)	[28, 56)	[7, 14)	[0.14, 0.28)
8	[2.8, 4.2)	[2.8, 4.2)	[56, 84)	[14, 21)	[0.28, 0.42)
7	[4.2, 5.6)	[4.2, 5.6)	[84, 112)	[21, 28)	[0.42, 0.56)
6	[5.6, 7)	[5.6, 7)	[112, 140)	[28, 35)	[0.56, 0.7)
5	[7, 8.4)	[7, 8.4)	[140, 168)	[35, 42)	[0.7, 0.84)
4	[8.4, 9.8)	[8.4, 9.8)	[168, 196)	[42, 49)	[0.84, 0.98)
3	[9.8, 11.2)	[9.8, 11.2)	[196, 224)	[49, 56)	[0.98, 0.112)
2	[11.2, 12.6)	[11.2, 12.6)	[224, 252)	[56, 63)	[0.112, 0.126)
1	[12.6, 14)	[12.6, 14)	[252, 280)	[63, 70)	[0.126, 0.14)

Πίνακας 4.35: Κλάσεις βαθμολογίας της παρουσίας Cd και Pb στο slag

Βαθμός	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
10	[0, 0.004)	[0, 0.05)
9	[0.004, 0.008)	[0.05, 0.1)
8	[0.008, 0.012)	[0.1, 0.15)
7	[0.012, 0.016)	[0.15, 0.2)
6	[0.016, 0.2)	[0.02, 0.25)
5	[0.2, 0.024)	[0.25, 0.3)
4	[0.024, 0.028)	[0.3, 0.35)
3	[0.028, 0.032)	[0.35, 0.4)
2	[0.032, 0.036)	[0.4, 0.45)
1	[0.036, 0.04)	[0.45, 0.5)

Οικονομικά Κριτήρια

Όσον αφορά στα οικονομικά κριτήρια, για το κεφαλαιουχικό κόστος και το κόστος επεξεργασίας, υψηλότερη βαθμολογία δόθηκε στις εγκαταστάσεις που παρουσίασαν τα χαμηλότερα κόστη ενώ για τα ανταποδοτικά τέλη η υψηλότερη βαθμολογία δόθηκε στην εγκατάσταση με την υψηλότερη τιμή για αυτό το μέγεθος.

Πίνακας 4.36: Κλάσεις βαθμολογίας οικονομικών κριτηρίων

Βαθμός	Κεφαλαιουχικό κόστος (\$/τον)	Ανταποδοτικά τέλη (\$/τον)	Κόστος επεξεργασίας (\$/τον)
10	[0, 187)	[60, 54)	[0, 30)

Βαθμός	Κεφαλαιουχικό κόστος (\$/τον)	Ανταποδοτικά τέλη (\$/τον)	Κόστος επεξεργασίας (\$/τον)
9	[187, 374)	[54, 48)	[30, 60)
8	[374, 561)	[48, 42)	[60, 90)
7	[561, 748)	[42, 36)	[90, 120)
6	[748, 935)	[36, 30)	[120, 150)
5	[935, 1122)	[30, 24)	[150, 180)
4	[1122, 1309)	[24, 18)	[180, 210)
3	[1309, 1496)	[18, 12)	[210, 240)
2	[1496, 1683)	[12, 6)	[240, 270)
1	[1683, 1870)	[6, 0)	[270, 300)

Λειτουργικά Κριτήρια

Υφιστάμενες εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ για κάθε μέθοδο:

Την υψηλότερη βαθμολογία παίρνει η θερμική μέθοδος με τις περισσότερες εμπορικές μονάδες αξιοποίησης ΑΣΑ

Πίνακας 4.37: Κλάσεις βαθμολογίας

Βαθμός	Αριθμός εγκαταστάσεων αξιοποίησης ΑΣΑ
10	[>40)
9	[40, 36)
8	[36, 32)
7	[32, 28)
6	[28, 24)
5	[24, 20)
4	[20, 16)
3	[16, 12)
2	[12, 8)
1	[8, 0)

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Πίνακας 4.38: Κλάσεις βαθμολογίας

Βαθμός	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/ton)
10	[700, 630)
9	[630, 560)
8	[560, 490)
7	[490, 420)
6	[420, 350)
5	[350, 280)
4	[280, 210)
3	[210, 140)
2	[140, 70)

Βαθμός	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/ton)
1	[70, 0)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η τελική βαθμολογία που δόθηκε για τα κριτήρια βάση των στοιχείων που αναλύθηκαν στην παρούσα ενότητα και σύμφωνα με τις κλάσεις βαθμολογίας που παρουσιάστηκαν.

Πίνακας 4.39: Τελική Βαθμολογία Κριτηρίων

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Σ.Β. %	Αεριοποίηση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση Πλάσματος
Περιβαλλοντικά κριτήρια	20			
α) Αέριες Εκπομπές	60			
PM	16,6	6	9	7
HCL	16,6	2	1	4
NOx	16,6	8	6	7
SOx	16,6	8	6	8
dioxins / furans	16,6	10	10	10
Hg	16,6	10	10	10
β) Παρουσία Βαρέων Μετάλλων στο slag	20			
Cd	50	10	9	9
Pb	50	10	10	10
γ) Συμφωνία με την περιβαλλοντική νομοθεσία	15			
αερίων εκπομπών	50	9	8	9
slag	50	10	10	10
δ) Οπτική όχληση εγκατάστασης	5			
Οπτική όχληση εγκατάστασης	100	10	10	10
		7,88	7,35	7,98
Ανάκτηση υλικών και ενέργειας	30			
α) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	50			
Παραγωγή εγκαταστάσεων (άνω όριο)	100	9	8	9
β) Ποσοστό μετατροπής (diversion rate)	50			
Ποσοστό μετατροπής	100	9	8	9
		9	8	9
Λειτουργικά κριτήρια	30			
α) Εμπειρία μεθόδου	30			
Αριθμός εμπορικών εγκαταστάσεων	50	10	5	2
Ποσοστό εγκαταστάσεων ασα	50	8	7	5
β) Χωρητικότητα Εγκατάστασης	40			
Αριθμός εγκαταστάσεων < 40 τον/ημέρα	100	10	7	2
γ) Έκταση περιοχής	10	10	10	10
δ) Ευελιξία μεθόδου	20			
Είδος αποβλήτων	50	10	10	10
Ποσότητα αποβλήτων	50	10	10	10
		9,7	7,6	4,85
Οικονομικά κριτήρια	20			

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Σ.Β. %	Αεριοποίηση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση Πλάσματος
α) Κεφαλαιουχικό κόστος	25	8	9	4
β) Ανταποδοτικά τέλη	25	5	8	5
γ) Κόστος επεξεργασίας	50	7	8	5
		6,75	8,25	4,75

Παρατηρείται ότι η μέθοδος της Αεριοποίησης παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία στα λειτουργικά κριτήρια ενώ ισοβαμεί στην πρώτη θέση με την Αεριοποίηση πλάσματος σε ότι αφορά τα ενεργειακά κριτήρια. Στις υπόλοιπες οικογένειες κριτηρίων συγκεντρώνει την δεύτερη υψηλότερη βαθμολογία.

Η Πυρόλυση συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία στα οικονομικά κριτήρια και την δεύτερη καλύτερη βαθμολογία στα λειτουργικά κριτήρια. Ενώ στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά κριτήρια είναι η μέθοδος η οποία συγκεντρώνει την χαμηλότερη βαθμολογία.

Τέλος η Τεχνολογία Πλάσματος παρουσιάζει την υψηλότερη βαθμολογία στην οικογένεια των περιβαλλοντικών κριτηρίων με ελάχιστη διαφορά από την Αεριοποίηση και βρίσκεται στην πρώτη θέση της βαθμολογίας για τα ενεργειακά κριτήρια μαζί με την Αεριοποίηση, ενώ εμφανίζει σημαντικά χαμηλότερη βαθμολογία στα οικονομικά και στα λειτουργικά κριτήρια.

Η πρώτη ανάγνωση των αποτελεσμάτων της βαθμολογίας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Αεριοποίηση είναι η μέθοδος η οποία υπερέχει των άλλων δύο στην πλειοψηφία των κριτηρίων τα οποία αναλύονται με σκοπό να αξιολογηθεί η καταλληλότητα της κάθε μεθόδου αξιοποίησης των απορριμμάτων της υπό μελέτη περιοχής.

Ακολούθως θα πρέπει να αποδειχθεί αυτό το συμπέρασμα και μέσω της επίλυσης της μεθόδου ELECTRE I. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ο Πίνακας Υπεροχής της αξιολόγησης ο οποίος περιλαμβάνει την συγκεντρωτική βαθμολογία για κάθε οικογένεια κριτηρίων, καθώς και οι Πίνακες Συμφωνίας και Ασυμφωνίας:

Πίνακας Υπεροχής

Κριτήριο	ΚΠ	ΚΕ	ΚΛ	ΚΟ
Βάρος	2	3	3	2
Μέθοδος				
Θ1	7,88	9	9,7	6,75
Θ2	7,35	8	7,6	8,25
Θ3	7,98	9	4,85	4,75

Θ1: Αεριοποίηση, Θ2: Πυρόλυση, Θ3: Αεριοποίηση Πλάσματος

Για να πραγματοποιήσουμε τον έλεγχο συμφωνίας υπολογίζουμε τον δείκτη

συμφωνίας: $C(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{g_j(a) \geq g_j(b)} w_j$ όπου $W = \sum_{j=1}^n w_j$. Ισχύει ότι $0 \leq C \leq 1$.

Πίνακας Συμφωνίας

C			
	Θ1	Θ2	Θ3
Θ1	-	0,8	0,8
Θ2	0,2	-	0,5
Θ3	0,5	0,5	-

Για τον έλεγχο ασυμφωνίας υπολογίζουμε το δείκτη ασυμφωνίας $D(a,b)$.

Ισχύει $D(a,b) = 0$ αν $g_j(a) \geq g_j(b) \forall j$

διαφορετικά $D(a,b) = \frac{1}{\delta} \max_j (g_j(b) - g_j(a))$ όπου $\delta = \max_{c,d,i} (g_j(c) - g_j(d))$.

Ισχύει ότι $0 \leq D \leq 1$.

Πίνακας Ασυμφωνίας

D			
	Θ1	Θ2	Θ3
Θ1	-	0,31	0,03
Θ2	0,43	-	0,20
Θ3	0,98	0,71	-

$$\delta = 4,95$$

Κατασκευή Πηρόνα

Η σχέση επικράτησης είναι $aSb \Leftrightarrow C(a,b) \geq \hat{c}$ και $D(a,b) \leq \hat{d}$ όπου \hat{c} το κατώφλι συμφωνίας και \hat{d} το κατώφλι ασυμφωνίας.

Το πλήθος των μελών του πυρήνα μειώνεται καθώς το \hat{c} μειώνεται από το 1 και το \hat{d} αυξάνει από το 0.

Για $c=0,8$ και $d=0,03 \rightarrow \Theta1 \ S \ \Theta3 \rightarrow \Theta= [\Theta1, \Theta2]$

$\Theta1$ επικτατεί της $\Theta3$

Για $c=0,8$ και $d=0,31 \rightarrow \Theta1 \ S \ \Theta2 \rightarrow \Theta= [\Theta1]$

$\Theta1$ επικτατεί της $\Theta2$

Ως εκ τούτου προκύπτει μέσω της εφαρμογής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ότι καταλληλότερη μέθοδος για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι η Αεριοποίηση [$\Theta1$].

Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η Αεριοποίηση ήταν η μέθοδος η οποία συγκέντρωσε τις υψηλότερες βαθμολογίες για τα ενεργειακά και λειτουργικά κριτήρια τα οποία έχουν και την μεγαλύτερη βαρύτητα για το νησί της Νάξου. Είναι η μέθοδος η οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη εμπειρία σε εγκαταστάσεις αξιοποίησης ΑΣΑ και το σημαντικότερο, σε εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας. Ταυτόχρονα έχει σημαντική παραγωγή ενέργειας, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για μια νησιωτική περιοχή η οποία αναζητά λύσεις ενεργειακής αυτονομίας και ανεξαρτησίας από την ηπειρωτική χώρα. Επιπλέον η εκτροπή των απορριμμάτων από την υγειονομική ταφή, είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος για την Διαχειριστική ενότητα της Νάξου η οποία επί του παρόντος δεν διαθέτει ακόμη Χώρο Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ).

Σε ότι αφορά στην Πυρόλυση θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός της καλής απόδοσης της μεθόδου στα λειτουργικά κριτήρια - δεύτερη καλύτερη βαθμολογία - αλλά και της υψηλότερης βαθμολογίας την οποία συγκέντρωσε στα οικονομικά κριτήρια. Είναι μια μέθοδος η οποία επίσης βρίσκει εφαρμογή για μικρές ποσότητες απορριμμάτων και θα μπορούσε να λειτουργήσει συνδυαστικά με την Αεριοποίηση για την αξιοποίηση των αποβλήτων του νησιού.

Τέλος η τεχνολογία πλάσματος παρά την πολύ καλή περιβαλλοντική της συμπεριφορά, υστερεί σημαντικά σε ότι αφορά την εμπειρία την οποία παρουσιάζει τόσο για την επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων εν γένει, όσο και για την επεξεργασία μικρών ποσοτήτων απορριμμάτων που είναι και ο καθοριστικός

παράγοντας για το νησί το οποίο μελετάται. Επιπροσθέτως από οικονομικής απόψεως είναι η πιο «ακριβή» μέθοδος εκ των τριών.

Θα πρέπει ωστόσο να καταστεί σαφές ότι η πρόταση της μεθόδου της Αεριοποίησης για την υπό μελέτη νησιωτική περιοχή θα πρέπει να αποτελεί μέρος ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού ο οποίος θα περιλαμβάνει εκτός της αξιοποίησης των αποβλήτων και την προώθηση των τομέων της πρόληψης και της ανακύκλωσης με απώτερο στόχο πάντα την μείωση στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό των υπολειμμάτων προς τελική διάθεση.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας υπήρξε η αξιολόγηση των θερμικών μεθόδων για την επεξεργασία των απορριμμάτων της Νάξου. Για την επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας για την αξιοποίηση των απορριμμάτων του νησιού κρίθηκε απαραίτητο να μελετηθούν τα ειδικά χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης ώστε να αναδειχθούν τα σημεία εκείνα στα οποία θα πρέπει να δοθεί βαρύτητα κατά την πορεία της αξιολόγησης. Εργαλείο της αξιολόγησης αποτέλεσε η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I.

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την εκπόνηση της μελέτης παρουσιάζονται ακολούθως.

Σε ότι αφορά στις μεθόδους Θερμικής Επεξεργασίας των απορριμμάτων:

Αποτέφρωση:

- αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας,
- μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία τόσο μικτών αποβλήτων όσο και αποβλήτων που έχουν υποστεί προ-διαχωρισμό,
- στόχος της διεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των αποβλήτων με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της περιεχόμενης σε αυτά ενέργειας.
- η ενέργεια η οποία παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, παραγωγή ατμού και για ηλεκτρισμό,
- έχει εφαρμογή για μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων, > 250 τον/ημέρα, και ως εκ τούτου παρουσιάζει την ανάγκη μεγάλων εγκαταστάσεων για την εφαρμογή της, γεγονός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την εφαρμογή της μεθόδου σε περιοχές των οποίων η παραγωγή των αποβλήτων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (νησιά),
- τα στερεά απόβλητα τα οποία προκύπτουν δεν είναι επικίνδυνα και μπορούν να οδηγηθούν σε ταφή, ωστόσο αποτελούν αρκετά σημαντικό ποσοστό του αρχικού βάρους των αποβλήτων (περίπου 15-20%).

Πυρόλυση:

- μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θερμική επεξεργασία τόσο μικτών όσο και προδιαχωρισμένων αποβλήτων.

- αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες σχετικά χαμηλές (450-600 °C) απουσία αέρα και οδηγεί στο διαχωρισμό των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα, σε αέρια και στερεά κλάσματα,
- το στερεό υπόλειμμα το οποίο προκύπτει από τη διεργασία αποτελείται από σχεδόν καθαρό άνθρακα που συσσωματώνεται με τα αδρανή συστατικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα και έχει την δυνατότητα να αξιοποιηθεί με πολλαπλές χρήσεις (κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα) ή και ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας,
- επεξεργάζεται μικρές ποσότητες αποβλήτων και κατά συνέπεια παρουσιάζει μικρού μεγέθους εγκαταστάσεις.

Αεριοποίηση

- μπορεί να εφαρμοσθεί για την επεξεργασία όλων των στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των επικινδύνων.
- τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων μετατρέπονται σε Αέριο Σύνθεσης (syngas) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ τα ανόργανα συστατικά των αποβλήτων τήκονται και υαλοποιούνται σε ένα σταθερό, ομογενοποιημένο στερεό υλικό (slag), που χαρακτηρίζεται από υψηλή πυκνότητα, το οποίο επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως υλικό κατασκευών σε μορφή πλακών ή με τη μορφή πετρώματος μικρού όγκου,
- η ποσότητα του στερεού υπολείμματος είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ποσότητα των επεξεργαζόμενων αποβλήτων (<3%),
- μπορεί να έχει εφαρμογή για μικρές ποσότητες αποβλήτων, ενώ απαιτούνται μικρές εκτάσεις για τις εγκαταστάσεις της,
- σε ότι αφορά στα περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποτελέσματα της μεθόδου, αυτά κρίνονται ιδιαίτερα θετικά.

Αεριοποίηση πλάσματος

- χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια μεμονωμένα για την αδρανοποίηση του υπολείμματος από τις μονάδες συμβατικής καύσης αλλά και την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων, όπως νοσοκομειακά και βιομηχανικά ενώ την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος

- για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και την ενεργειακή αξιοποίηση όλων των ειδών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων,
- σημαντικό μειονέκτημα της της τεχνολογίας πλάσματος αποτελεί το γεγονός της περιορισμένης εμπειρίας που παρουσιάζει στον τομέα της αξιοποίησης των αστικών στερεών αποβλήτων καθώς υπάρχει μικρός αριθμός εμπορικών εγκαταστάσεων της μεθόδου,
 - τέλος σε ότι αφορά στο κόστος της μεθόδου, να σημειωθεί ότι συγκριτικά πρόκειται για μια «ακριβή» μέθοδο.

Σε ότι αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση της Διαχείρισης των Αποβλήτων στην περιφέρεια Ν. Αιγαίου και στην διαχειριστική ενότητα της Ναξου:

- Στις περισσότερες των περιπτώσεων, η μεγαλύτερη ποσότητα των απορριμμάτων για τα νησιά της περιφέρειας παράγεται κατά την τουριστική περίοδο. Συγκεκριμένα, επί του συνόλου των νησιών για τα οποία συγκεντρώθηκαν στοιχεία για την παραγωγή των αποβλήτων τους, προκύπτει ότι το 51% των απορριμμάτων παράγονται κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου.
- Η διαφορετικότητα των ειδών των στερεών αποβλήτων στα νησιά αποτελεί μία ακόμη παράμετρο η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης των αποβλήτων σε αυτές τις περιοχές. Στις νησιωτικές περιοχές παρουσιάζονται και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και απόβλητα ειδικής φύσεως όπως είναι τα γεωργικά – κτηνοτροφικά και τα νοσοκομειακά. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η πλειοψηφία των νησιών δεν έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας των νοσοκομειακών και των επικίνδυνων αποβλήτων.

Διαχειριστική ενότητα Ναξου

- Η Νάξος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της έντονης εποχικής διακύμανσης της παραγωγής των απορριμμάτων των νησιών μεταξύ της τουριστικής περιόδου και της υπόλοιπης περιόδου του έτους. Έτσι κατά τους τουριστικούς μήνες η παραγωγή των αποβλήτων φτάνει τους **36,8** τόνους την ημέρα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους μήνες κατά τους οποίους η ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων για το νησί αγγίζει μόλις τους **14,2** τόνους.

Παρατηρείται ότι το 65% της ποσότητας των απορριμμάτων του νησιού παράγεται κατά τους μήνες της τουριστικής περιόδου.

- Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός ότι οι εγκαταστάσεις Αποτέφρωσης επεξεργάζονται κατά μέσο όρο ποσότητες μεγαλύτερες των 250 τόνων ημερησίως, γίνεται προφανές ότι η μέθοδος της καύσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την συγκεκριμένη νησιωτική περιοχή, καθώς απαιτεί μακράν μεγαλύτερες ποσότητες εισροής απορριμμάτων.
- Υπάρχει ανάγκη για εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας τα οποία να μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτή την εποχική διακύμανση. Τόσο οι μέθοδοι Αεριοποίησης και Αεριοποίησης Πλάσματος όσο και η μέθοδος της Πυρόλυσης μπορούν να αντιμετωπίσουν το ζήτημα της διακύμανσης της παραγωγής των αποβλήτων αν θεωρηθεί μέγιστη χωρητικότητα εγκατάστασης στο νησί 40 τόνους/ημέρα.
- Σημαντικός παράγοντας για την λήψη αποφάσεων σχετικά με την αξιοποίηση των αποβλήτων στο νησί, συνιστά επίσης και η εμπειρία την οποία παρουσιάζει η κάθε μέθοδος στον τομέα της αξιοποίησης των απορριμμάτων και δει σε ότι αφορά στην εμπειρία λειτουργίας εγκαταστάσεων μικρής χωρητικότητας.
- Η διαθεσιμότητα των εκτάσεων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι περιορισμένη. Απαιτείται με άλλα λόγια η χρησιμοποίηση για την επεξεργασία των αποβλήτων όσο το δυνατόν μικρότερης έκτασης.
- Κρίνεται απαραίτητη η εύρεση λύσεων για την *ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων* του νησιού. Οι λύσεις αυτές είναι σημαντικό να ευνοούν την ενεργειακή *απεξάρτηση* του νησιού από την ηπειρωτική χώρα. Κατά συνέπεια μελέτη σχετικά με την συνεισφορά που μπορούν να έχουν οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων σε όρους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα.

Αποτελέσματα Μεθόδου Πολυκριτηριακής Ανάλυσης:

Τα κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: περιβαλλοντικά κριτήρια, λειτουργικά κριτήρια, ενεργειακά κριτήρια και οικονομικά κριτήρια.

Μέσω της εφαρμογής της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης ELECTRE I προέκυψε ότι καταλληλότερη μέθοδος για την αξιοποίηση των απορριμμάτων της εν λόγω νησιωτικής περιοχής είναι η Αεριοποίηση.

- Η Αεριοποίηση είναι η μέθοδος η οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη εμπειρία σε εγκαταστάσεις αξιοποίησης ΑΣΑ και - το σημαντικότερο - σε εγκαταστάσεις μικρής χωρητικότητας. Ταυτόχρονα έχει σημαντική παραγωγή ενέργειας, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για μια νησιωτική περιοχή η οποία αναζητά λύσεις ενεργειακής αυτονομίας και ανεξαρτησίας από την ηπειρωτική χώρα. Επιπλέον η εκτροπή των απορριμμάτων από την υγειονομική ταφή, είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος για την Διαχειριστική ενότητα της Νάξου η οποία επί του παρόντος δεν διαθέτει ακόμη Χώρο Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ).
- Σε ότι αφορά στην Πυρόλυση θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός της καλής απόδοσης της μεθόδου στα λειτουργικά κριτήρια και στα οικονομικά κριτήρια. Είναι μια μέθοδος η οποία επίσης βρίσκει εφαρμογή για μικρές ποσότητες απορριμμάτων και θα μπορούσε να λειτουργήσει συνδυαστικά με την Αεριοποίηση για την αξιοποίηση των αποβλήτων του νησιού.
- Τέλος η τεχνολογία πλάσματος παρά την πολύ καλή περιβαλλοντική της συμπεριφορά, υστερεί σημαντικά σε ότι αφορά στην εμπειρία την οποία παρουσιάζει τόσο για την επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων εν γένει, όσο και για την επεξεργασία μικρών ποσοτήτων απορριμμάτων που είναι και ο καθοριστικός παράγοντας για το νησί το οποίο μελετάται. Επιπροσθέτως από οικονομικής απόψεως είναι η πιο «ακριβή» μέθοδος εκ των τριών.

Εν κατά κλείδι θα πρέπει να τονιστεί ότι, η διαχείριση των αποβλήτων σε κάθε περιοχή θα πρέπει σχεδιάζεται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της και ταυτόχρονα να καλύπτει τις συγκεκριμένες ανάγκες της περιοχής αυτής. Ωστόσο, είναι βέβαιο πως η εφαρμογή μίας και μόνο μεθόδου δεν μπορεί να επιλύσει το ζήτημα της διαχείρισης των αποβλήτων σε μια περιοχή. Χρειάζεται συνδυασμός μεθόδων στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης το οποίο θα περιλαμβάνει: *ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, επεξεργασία του υπόλοιπου κλάσματος των αποβλήτων μέσω τεχνολογιών οι οποίες μειώνουν σημαντικά την ποσότητα που καταλήγει σε υγειονομική ταφή και ταυτόχρονα παράγουν υλικά που*

μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω και τέλος, *υγειονομική ταφή των υπολειμμάτων* της εν λόγω επεξεργασίας - ΧΥΤΥ.

Όσον αφορά στην νησιωτική περιοχή της Νάξου, και βάση της παρούσας ανάλυσης, το σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων προτείνεται να ακολουθεί τον εξής «συνδυασμό»:

- *Πρόληψη*
- *Ανακύκλωση*
- *Αεριοποίηση μη ανακυκλώσιμου κλάσματος*
- *Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων*

Το σίγουρο είναι ότι, βασική κατεύθυνση κάθε σχεδίου διαχείρισης των αποβλήτων κάθε περιοχής πρέπει να είναι η θεώρηση πως *τα απόβλητα δεν αποτελούν ύλη που απαραίτητα απορρίπτεται, αλλά ύλη που μπορεί να αξιοποιείται.*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Μ. Λοϊζίδου, Α. Ανδρεαδάκης, «Ρύπανση Περιβάλλοντος», ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2008
- (2) Μ. Λοϊζίδου, « Στερεά Απόβλητα », Ε.Μ.Π. Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, 1997
- (3) Χριστόφης Ι. Κορωναίος, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Ε.Μ.Π., Αθήνα 2008
- (4) Ευάγγελος Γιδαράκος, «Ειδικά Θέματα Περιβάλλοντος και Υγείας: Στερεά Απόβλητα: Διαχείριση και Επεξεργασία», Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος», Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2007
- (5) Α. Ανδρεαδάκης, «Διαχείριση στερεών αποβλήτων και ιλύος: Αρχές και μέθοδοι Διαχείρισης στερεών αποβλήτων», ΔΠΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Ε.Μ.Π., Αθήνα 2002
- (6) Α. Κατσίρη, «Διαχείριση στερεών αποβλήτων και ιλύος: Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά απορριμμάτων», ΔΠΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Ε.Μ.Π., Αθήνα 2002
- (7) Α. Ανδρεαδάκης, «Θερμική Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (Α.Σ.Α.) και Ιλύος», ΔΠΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Ε.Μ.Π., Αθήνα 2002.
- (8) Φελεσκούρα Χριστίνα, Παπαϊωάννου Ελένη, , «Σύγχρονες τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων – Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση

- απορριμμάτων», Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Επιβλέπων: Π. Κούκος, Χαλκίδα Μάιος 2004.
- (9) Θωμάς Σπάχος, « Ενεργειακή Ανάλυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας », Α.Π.Θ. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη Ιούλιος 2000.
- (10) Ν.Ι.Θέμελης, Χ. Ι. Κορωνάιος, «Σύγκριση της Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων για Παραγωγή Ενέργειας και της Υγειονομικής Ταφής».
- (11) Αντώνιος Μουντούρης, Επαμεινώνδας Βουτσάς, Κωνσταντίνος Μαγουλάς, Δημήτριος Τασιός, «Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων Με Τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας», Ε.Μ.Π., Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Θερμοδυναμικής και Φαινομένων Μεταφοράς, Αθήνα 2006.
- (12) Νίκος Μπουλαξής, Δρ. Ηλ. Μηχανικός, Συντονιστής μονάδας Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, «Στρατηγικές επιλογές για την ηλεκτροδότηση των νησιών και την αξιοποίηση των ΑΠΕ που διαθέτουν», Συνέδριο IENE – Σύρος 20 & 21 Ιουνίου 2008
- (13) ΥΠΕΧΩΔΕ, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013
- (14) «Μελέτη για την Αναθεώρηση – Τροποποίηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου», Ανάδοχος: Ν. Χατζηνικολάου, Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Νοτίου Αιγαίου, Αθήνα 2005
- (15) Ψαρράς Ι., Πολυκριτηριακά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Σημειώσεις για το μάθημα «Συστήματα Λήψης Αποφάσεων». Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, (2008).

- (16) Ψαρράς Ι., Η Μέθοδος ELECTRE I. Σημειώσεις για το μάθημα «Συστήματα Λήψης Αποφάσεων». Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, (2008).
- (17) Δρ. Μ. Δούμπος (2004), Πολυκριτηριακά Συστήματα Αποφάσεων, Τμήμα μηχανικών παραγωγής και διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (18) Thomas Malkow, « Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal », Waste Management 24 (2004) 53-79.
- (19) Yamada Sumio, Shimizu Masuto, Miyoshi Fumihiko, « Thermoselect Waste Gasification and Reforming Process », JFE GIHO 3 (2004) 20-24.
- (20) G. H. Martin, E. Marty, P. Flament, R. Willemin, « The EDDITH Thermolysis Process, A Ground-Breaking Solution for Clean Treatment of Wastes », Technical report, THIDE Environment company & IFP, France, 1998.
- (21) Performance and Environmental Impact Evaluations of Alternative Waste Conversion Technologies in California, Public Workshop, April 14, 2004
- (22) Bernd Calaminus, R. Stahlberg, « Continuous in-line gasification/ vitrification process for thermal waste treatment: process technology and current status of projects », Waste Management 18 (1998) 547-556.
- (23) E. Gomez, D. Amutha Rania, C.R. Cheeseman, D. Deegan, M. Wise, A.R. Boccaccini, «Thermal Plasma Technology for the treatment of wastes: A critical review», Journal of Hazardous Materials 161 (2009) 614–626. Available at: www.elsevier.com/locate/jhazmat

- (24) K. Moustakas, D. Fatta, S. Malamis, K. Haralambous, M. Loizidou, «Demonstration plasma gasification/vitrification system for effective hazardous waste treatment», *Journal of Hazardous Materials B123* (2005) 120-126.
- (25) J.D Murphy, E. McKeogh, « Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste », *Renewable Energy* 29 (2004) 1043-1057.
- (26) Alexander Klein, «*Gasification: An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes*», Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation School of Engineering and Applied Science, Columbia University, May 2002
- (27) Paolo De Filippis, Carlo Borgianni, Martino Paolucci, Fausto Pochetti, «Prediction of syngas quality for two-stage gasification of selected waste feedstocks», *Waste Management* 24 (2004) 633–639. Available at: www.sciencedirect.com
- (28) Amirhomayoun Saffarzadeh, Takayuki Shimaoka, Yoshinobu Motomura, Koichiro Watanabe, «Petrogenetic characteristics of molten slag from the pyrolysis/melting treatment of MSW», *Waste Management* 29 (2009) 1103–1113. Available at: www.elsevier.com/locate/wasman
- (29) Ken Takamiya, Morihiro Osada ,Hideharu Shibaike and Hirohisa Kajiyama, «Reclamation Waste Treatment Using a Gasification and Melting System», Nippon Steel Engineering Co, Cagliari Italy, 2007.
- (30) Nafsika ZEYGOLIS Project Manager EXERGIA S.A., «Application of WtE Solutions in islands: Opportunities & Considerations».
- (31) 5th Framework Programme of the European Commission, DG-TREN, *Waste Management in Island Communities: Strategy to Integrate Waste-to-Energy Policies*.

- (32) Editorial «Resource and environmental management in islands», *Waste Management* 27 (2007) 325–326. Available at: www.elsevier.com/locate/wasman
- (33) Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus, Έκθεση σχετικά με τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης, πρόγραμμα LIFE
- (34) EFW Technology Overview, The Regional Municipality of Halton, Submitted by Genivar, URS, Ramboll, Jacques Whitford & Deloitte, Ontario, Canada, May 30, 2007
- (35) Evaluation of Emissions from Thermal Conversion Technologies Processing Municipal Solid Waste and Biomass, University of California, Riverside, June 21, 2009
- (36) Conversion Technology Evaluation Report, developed by the Alternative Technology Advisory Subcommittee of the Los Angeles County Solid Waste Management Committee/Integrated Waste Management Task Force, August 2005
- (37) Evaluating Conversion Technology for Municipal Waste Management Presented to CIWMB Sacramento, California, October 2008, Alternative Resources, Inc.
- (38) Theodore S. Pytlar, Jr. Vice President, Dvirka and Bartilucci Consulting Engineers, «*Waste Conversion Technologies: Emergence of a New Option or the Same Old Story?* », Presented at: Federation of New York Solid Waste Associations' Solid Waste & Recycling Conference, May 2007
- (39) Municipal Solid Waste Treatment Technologies and Carbon Finance, World Bank, Carbon Finance Unit, Thailand, Bangkok, January 2008

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- (40) www.ntua.gr/life/plasma/methodologyEN.htm
- (41) www.ntua.gr/life/plasma/UnitDemoEN.htm
- (42) www.ntua.gr/life/plasma/resultsEN.htm
- (43) www.aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm1.pdf
- (44) europa.eu.int
- (45) europa.eu/scadplus/leg/el/lvb/l28072.htm
- (46) europa.eu/scadplus/leg/el/lvb/l28045.htm
- (47) europa.eu/scadplus/leg/el/lvb/l21197.htm
- (48) www.et.gr
- (49) <http://www.energ.co.uk>
- (50) <http://w2es.com>
- (51) <http://www.defra.gov.uk/environment/waste/wip/newtech/index.htm>
- (52) <http://www.thermoselect.com>
- (53) <http://www.ebara.ch>
- (54) www.europeanislands.net

(55) www.iea-biogas.net/anlagelisten/Plantlist_08.pdf

(56) www.ttpl.chemeng.ntua.gr/wte/Pdfs

(57) www.statistics.gr