



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

"Περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική σύγκριση
των μεθόδων διαχείρισης αστικών στερεών
αποβλήτων: Ενεργειακή αξιοποίηση vs Εναπόθεση σε
ΧΥΤΑ - Η περίπτωση του Δήμου Δεσκάτης του Νομού
Γρεβενών"

Κυριακή Ι. Εταιρίδου
MSc Περιβαλλοντολόγος

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Αθήνα, Απρίλιος 2011

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Χρ. Κορωναίος

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Καθηγητής Κ. Κουτσόπουλος
Αν. Καθηγητής Χρ. Κορωναίος
Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην ανάδειξη των ζητημάτων αλλά και των προοπτικών που προκύπτουν από την ενεργειακή αξιοποίηση των στερεών αποβλήτων, με τη χρήση θερμικής επεξεργασίας, στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα στο Δήμο Δεσκάτης του Νομού Γρεβενών. Ωστόσο, μολονότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μια πολύ μεγάλη συζήτηση σχετικά με την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, αυτή δε θα πρέπει να θεωρείται ως μια αυταπόδεικτη αναγκαιότητα, καθώς οι επικριτές της αντιπαραθέτουν ποικίλα επιχειρήματα, όπως η σχετική άνοδος του κόστους επεξεργασίας και τα περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται και με τη δημόσια υγεία. Στον αντίποδα, οι σύγχρονες αντιλήψεις για τη διαχείριση των απορριμμάτων δίνουν έμφαση στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας από τα απορρίμματα, ενώ και η κοινοτική νομοθεσία θεωρεί την εναπόθεση των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ ως επιτρεπόμενη μόνο για τα υπολείμματα θερμικών επεξεργασιών και στην περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο. Ως εκ τούτου, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση υπό το πρίσμα περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων, των μεθόδων διαχείρισης ΑΣΑ και συγκεκριμένα της θερμικής επεξεργασίας και της εναπόθεσης σε ΧΥΤΑ στο Δήμο Δεσκάτης του νομού Γρεβενών.

Στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας περιγράφονται αναλυτικά τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των στερεών απορριμμάτων. Η παραγωγή στερεών απορριμμάτων είναι αναπόφευκτη συνέπεια των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και επομένως η διαχείρισή τους θα εξακολουθήσει να αποτελεί ένα ζητούμενο της τεχνολογίας ενεργειακής αξιοποίησης αλλά και του ελέγχου των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τη διαχείρισή τους. Στα πλαίσια αυτά, εισαγάγετε η έννοια της αξιοποίησης των στερεών απορριμμάτων ως καύσιμη ύλη στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισής τους.

Ακολούθως, παρατίθενται στοιχεία που αποτυπώνουν τόσο την υφιστάμενη παραγωγή, όσο και τη διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, εστιάζοντας στα θέματα των παραγόμενων ποσοτήτων και τη σύσταση των ΑΣΑ, στις εφαρμοζόμενες πρακτικές, μεθόδους και στα έργα διαχείρισης, καθώς και στις εμπειρίες από τα έργα διαχείρισης ΑΣΑ, με έμφαση στις προσπάθειες επεξεργασίας.

Οι μέθοδοι διαχείρισης των ΑΣΑ περιγράφονται αναλυτικά στο τρίτο μέρος. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην πρακτική της εναπόθεσης των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ και στις μεθόδους θερμικής αξιοποίησής τους. Στα πλαίσια της περιγραφής της ταφής ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ, εξετάζονται οι τεχνικές παράμετροι της μεθόδου, καθώς και το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων Δυτικής Μακεδονίας, το οποίο αποτελείται από τον περιφερειακό ΧΥΤΑ και το δίκτυο τοπικών μονάδων διαχείρισης απορριμμάτων. Αντίστοιχα, όσον αφορά στην περιγραφή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, εξετάζονται εκείνες της αποτέφρωσης, της πυρόλυσης και της αεριοποίησης.

Η καταλληλότητα των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ως κύρια λύση διαχείρισης των ΑΣΑ εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, διαφορετικής φύσεως. Στο τέταρτο μέρος της παρούσας εργασίας επιχειρείται η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και βάσει οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων η πλέον κατάλληλη για την περίπτωση επιλογή που εξετάζεται στα πλαίσια της περιοχής μελέτης, τα χαρακτηριστικά της οποίας περιγράφονται στο πέμπτο τμήμα.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και των πιθανών ωφελειών (που συνδέονται κυρίως με την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων) από τα διάφορα στάδια του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων, ενώ επιχειρείται μια κατ' αρχήν ποιοτική και ποσοτική συγκριτική αξιολόγηση των δύο μεθόδων που εξετάζονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η συγκριτική αξιολόγηση γίνεται μεταξύ της μεθόδου θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων που επιλέχθηκε βάσει του τέταρτου κεφαλαίου, δηλαδή της αποτέφρωσης, και της εναπόθεσής τους σε ΧΥΤΑ. Τα ευρήματα αυτής της σύγκρισης αποτελούν αντικείμενο του έβδομου και τελευταίου κεφαλαίου.

ABSTRACT

This dissertation is intended to highlight the issues as well as the perspectives which arise from the energy recovery from solid waste, using thermal treatment, as a part of an integrated solid waste management system in Greece and specifically in the municipality of Deskati in the county of Grevena. Nevertheless, despite the ongoing debate over the last few years over the solid waste treatment method, these should not be considered self evident, as the critics confront a variety of arguments, concerning the relative growth of the treatment cost and the environmental issues which pertain public health issues as well. On the contrary, modern waste management approaches emphasize in the material and energy recovery from the solid waste management, while the EU legislation considers the landfill of waste permissible only for the residues of thermal treatment or in the case of energy recovery from the biogas production. Therefore, this dissertation focuses on the comparison of solid waste management techniques, specifically land filling versus thermal treatment, using environmental, financial and social criteria, in the municipality of Deskati in the county of Grevena.

The first chapter of this study introduces in detail the qualitative and quantitative characteristics of solid waste. Solid waste production is an inevitable consequence of human activities and therefore solid waste management consists a key issue for both the energy treatment technologies and the control methods of their environmental financial and social impacts that arise from their management. Details about the current production of solid waste, and the waste management methods currently existing both in Greece and the EU, are discussed in the second chapter, which focuses in issues such as the quantities and the composition of the produced solid waste, the contemporary methods used for their management and the required infrastructure, as well as the experience gained from waste treatment techniques worldwide.

Solid waste treatment methods are described in detail in the third chapter, giving emphasis in land filling and the thermal treatment methods of Incineration, pyrolysis and gasification. As far as it concerns land filling, technical issues of the method are discussed in this chapter, which also contains the description of the integrated solid waste management system of Western Macedonia.

The suitability of thermal treatment methods as the main choice for a solid waste management system depends on a variety of different environmental, financial and social parameters. The fourth chapter attempts to assess the impacts of thermal treatment methods in the parameters mentioned above, in order to choose the suitable method for the examined area. The examined area is presented in detail in the fifth chapter.

An overview of both the main impacts and the benefits, of the examined solid waste management methods, during their different stages, is attempted in the sixth chapter, in order to compare land

filling with incineration, which is the selected thermal treatment method according to the chapter four analysis. The conclusions from this comparison are presented in chapter seven.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	10
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	11
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	13
1.1 Θεμελιώδεις ορισμοί.....	13
1.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των ΑΣΑ	13
1.2.1 Ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ.....	13
1.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ.....	14
1.3 Χαρακτηριστικά των ΑΣΑ.....	15
1.4 ΑΣΑ ως καύσιμη ύλη.....	17
1.5 Η αναγκαιότητα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των ΑΣΑ	21
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ	24
2.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	24
2.1.1 Παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα.....	24
2.1.2 Σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα.....	26
2.1.3 Εφαρμοζόμενες πρακτικές διαχείρισης στην Ελλάδα	30
2.1.3.1 Έργα υποδομής για τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων	30
2.1.3.2 Ανακύκλωση και διαχείριση ειδικών ρευμάτων αποβλήτων	32
2.1.4 Εμπειρίες από τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα	34
2.1.4.1 Ζητήματα σχεδιασμού	34
2.1.4.2 Ζητήματα σχετικά με τους ΧΥΤΑ	34
2.1.4.3 Ζητήματα σχετικά με τις μονάδες επεξεργασίας.....	35
2.2 Η κατάσταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	37
2.2.1 Παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	37
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	42
3.1 Χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).....	42
3.1.1 Γενικές αρχές και στοιχεία των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων	42
3.1.2 Νομικό καθεστώς των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.....	43
3.1.3 Δομή και τρόποι απόθεσης στους ΧΥΤΑ.....	46

3.1.4 Παρουσίαση του ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμάτων περιφέρειας (ΟΣΔΑ) Δυτικής Μακεδονίας.....	48
3.1.4.1 Περιγραφή μεθόδου διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στη Δυτική Μακεδονία.....	48
3.1.4.2 Περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας.....	52
3.2 Μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....	54
3.2.1 Κομποστοποίηση.....	54
3.2.2 Αναερόβια επεξεργασία.....	57
3.3 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....	59
3.3.1 Αποτέφρωση – Καύση.....	61
3.3.1.1 Γενικά στοιχεία.....	61
3.3.1.2 Είδη μονάδων αποτέφρωσης.....	61
3.3.1.3 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	68
3.3.1.4 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας.....	69
3.3.2 Πυρόλυση.....	71
3.3.2.1 Γενικά στοιχεία – Περιγραφή της μεθόδου.....	71
3.3.2.2 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	73
3.3.2.3 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας.....	73
3.3.3 Αεριοποίηση.....	74
3.3.3.1 Γενικά στοιχεία – Περιγραφή της μεθόδου.....	74
3.3.3.2 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	75
3.3.3.3 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας.....	76
4. ΑΝΑΛΥΣΗ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΑ.....	77
4.1 Γενικές αρχές και στοιχεία επιλογής βέλτιστης τεχνολογίας.....	77
4.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	78
4.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.....	78
4.2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μεθόδου της αποτέφρωσης.....	80
4.2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων της Πυρόλυσης και της Αεριοποίησης.....	82
4.3 Οικονομικές παράμετροι των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.....	84
4.4 Σύγκριση διαθέσιμων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.....	85
5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	88
5.1 Γενικά στοιχεία.....	88
5.2 Υφιστάμενη κατάσταση περιοχής μελέτης.....	90
5.2.1 Κλιματολογικά-βιοκλιματικά στοιχεία.....	90
5.2.2 Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά.....	90
5.2.3 Γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά.....	90

5.2.4 Φυσικά οικοσυστήματα.....	91
5.2.4.1 Ειδικές φυσικές περιοχές.....	92
5.2.4.2 Ειδικές φυσικές περιοχές.....	93
5.2.5 Ανθρωπογενές περιβάλλον	93
5.2.5.1 Χρήσεις γης.....	93
5.2.5.2 Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον.....	94
5.2.6 Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον – Τεχνικές υποδομές.....	94
5.2.6.1 Απασχόληση.....	95
5.2.6.2 Συγκοινωνίες	96
5.2.6.3 Δίκτυα Κοινής Ωφέλειας.....	97
6 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΥΤΑ	104
6.1 Γενικές αρχές συγκριτικής αξιολόγησης.....	104
6.2.Εκπομπές αέριων ρύπων - Παραγωγή βιοαερίου.....	105
6.2.1 Εκπομπές αέριων ρύπων και παραγωγή βιοαερίου από ΧΥΤΑ.....	105
6.2.2 Εκπομπές αέριων ρύπων από μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ	107
6.3 Παραγωγή βιοαερίου και φαινόμενο του θερμοκηπίου	113
6.4 Δημιουργία οσμών.....	129
6.5 Εκπομπές σκόνης	131
6.6 Ατυχήματα-Πυρκαγιές.	132
6.7 Παραγωγή στραγγισμάτων	133
6.8 Επιπτώσεις στην γλωρίδα και την πανίδα της περιοχής	140
6.9 Κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον.....	141
6.9.1 Εξοικονόμηση γης.....	141
6.9.2 Επιπτώσεις στην φυσιογνωμία της περιοχής	142
6.9.3. Ανακύκλωση και ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων	143
6.9.4 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) – Μελέτη περίπτωσης ο περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας	143
6.9.4.1 Κόστος ταφής των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ	144
6.9.4.2 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ	146
6.9.4.3 Μονάδα καύσης ΑΣΑ στο Δήμο Δεσκάτης, Ν. Γρεβενών στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας	149
6.10 Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων σύγκρισης.....	150
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	154
8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	157

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1-1: Μεταβολή της συνολικής παραγόμενης ποσότητας και της μοναδιαίας παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα την περίοδο 1991-2001	25
Σχήμα 2.1-2: Μέση κατά βάρος σύνθεση ΑΣΑ στην Ελλάδα, 1997	26
Σχήμα 2.1-3: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας από το 1985 έως το 1992	28
Σχήμα 2.1-4: Κάλυψη της χώρας από έργα ΧΥΤΑ	31
Σχήμα 2.1-5: Αριθμός και κατάσταση ΧΑΑΑ σε πανελλαδικό επίπεδο έως το 2004.	33
Σχήμα 2.2-1: Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) κατά τα έτη 1995-2003	37
Σχήμα 2.2-2: Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) τα έτη 1995 και 2003 στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης	38
Σχήμα 2.2-3: Διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25 κατά τα έτη 1995 2003 (σε εκατομμύρια τόνους).	39
Σχήμα 2.2-4: Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002	39
Σχήμα 2.2-5: Ποσοστιαία σύνθεση στερεών αποβλήτων που παράγονται σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002.	40
Σχήμα 2.2-6: Παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας σε κιλά ανά κάτοικο στις χώρες μέλη της ΕΕ -15	41
Σχήμα 3.1-1: Μέθοδος απόθεσης με τη μέθοδο της ράμπας	46
Σχήμα 3.1-2: Σταθμός μεταφόρτωσης	48
Σχήμα 3.1-3: Χωροθέτηση πάγων υποδομών ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας	50
Σχήμα 3.1-4: Container μεταφοράς απορριμμάτων.	51
Σχήμα 3.1-5: Περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας	53
Σχήμα 3.3-1: Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες	63
Σχήμα 3.3-2: Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου και κάθετη τομή αυτού	64
Σχήμα 3.3-3: Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης	65
Σχήμα 3.3-4: τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	67
Σχήμα 3.3-5: Διάγραμμα ροής μιας τυπικής εγκατάστασης αποτέφρωσης αστικών απορριμμάτων	67
Σχήμα 3.3-6: Χάρτης με τις μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ στην Ευρώπη το 2006 και συνολικές ποσότητες που αποτεφρώθηκαν το 2004	68
Σχήμα 3.3-7: Ποσοστό αποτέφρωσης απορριμμάτων στην ΕΕ	69
Σχήμα 3.3-8: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης	71
Σχήμα 3.3-9: Υποσυστήματα πυρολυτικού αντιδραστήρα	72
Σχήμα 3.3-10: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης	74
Σχήμα 5.1-1: Ο Νομός Γρεβενών.	88
Σχήμα 5.2-1: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου	91
Σχήμα 5.2-2: Κατανομή απασχόλησης κατά τομέα (2001)	96
Σχήμα 6.2-1: Μείωση εκπομπών διοξινών στις ΗΠΑ	109
Σχήμα 6.2-2: Πηγές εκπομπών διοξινών στις ΗΠΑ	109
Σχήμα 6.2-3: Μείωση των εκπομπών υδραργύρου από εγκαταστάσεις ΕΑΑ	110
Σχήμα 6.3-1: Προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας για διαφορετικές εκτιμήσεις των μελλοντικών επιπέδων συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου (έγχρωμες ζώνες)	113
Σχήμα 6.3-2: Εξέλιξη παγκόσμιων εκπομπών CO ₂ από την χρήση ορυκτών καυσίμων για την περίοδο 1950-2006 (σε εκατομμύρια τόνους)	115
Σχήμα 6.3-3: Ποσοστιαία % συμμετοχή των διαφόρων τομέων στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (εξαιρουμένου του τομέα ΧΓΑΧΓΔ) για το έτος 2004	118
Σχήμα 6.3-4: Εκπομπές CO ₂ ανά τομέα (σε Mt) για την περίοδο 1990 – 2004 (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ)	120
Σχήμα 6.3-5: Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 1990-2006 σε σχέση με το στόχο του 2020	125
Σχήμα 6.3-6: Εκπομπή CO ₂ κατά την παραγωγή ενέργειας από την καύση διαφορετικών καυσίμων.	126
Σχήμα 6.7-1: Γενικευμένο υδατικό ισοζύγιο σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. (μετά την τελική επικάλυψη)	138
Σχήμα 6.9-1: Μείωση του βάρους των στερεών απορριμμάτων μετά από την επεξεργασία σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας.	141

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.4-1	Στοιχεία ανάλυσης διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων	17
Πίνακας 1.4-2	Περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε μέταλλα	18
Πίνακας 1.4-3	Θερμογόνος δύναμη και ενεργειακά στοιχεία στα Ελληνικά οικιακά απορρίμματα	19
Πίνακας 2.1-1	Ποσότητες στερεών αποβλήτων ανά κατηγορία	25
Πίνακας 2.1-2	Σύνθεση των αποβλήτων συσκευασίας και ποσοστό ανακύκλωσης στην Ελλάδα -1999	27
Πίνακας 2.1-3	Μεταβολή της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ της Αττικής κατά την περίοδο 1982-1997 και εκτίμηση για το 2005.	28
Πίνακας 2.1-4	Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ (% κβ) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας κατά την περίοδο 1982-2004	29
Πίνακας 2.1-5	Παραγωγή και ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασίας - 2001	33
Πίνακας 2.1.6	Εκτιμώμενο κόστος ταφής για μη-επικίνδυνα απόβλητα σε διάφορες χώρες της ΕΕ.	36
Πίνακας 3.1-1	Κριτήρια επιλογής θέσεων ΧΥΤΑ	44
Πίνακας 3.3-1	Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ	60
Πίνακας 4.2-1	Πηγές εκπομπής διοξινών στις ΗΠΑ την περίοδο 1987-2000	78
Πίνακας 4.2-2	Αέριες εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση των απορριμμάτων (Kg/yr)	82
Πίνακας 5.1-1	Γενικά στοιχεία Δήμου Δεσκάτης	89
Πίνακας 5.2-1	Κατανομή χρήσεων γης στο Ν. Γρεβενών	94
Πίνακας 5.2-2:	Πληθυσμιακή εξέλιξη περιοχής μελέτης	95
Πίνακας 5.2-3:	Σύνθεση απασχόλησης στην περιοχή μελέτης	95
Πίνακας 5.2-4	Υποδομές ύδρευσης	97
Πίνακας 5.2-5	Υποδομές αποχέτευσης	98
Πίνακας 5.2-6	Υπό αδειοδότηση εγκαταστάσεις ΑΠΕ στο Νομό Γρεβενών	99
Πίνακας 5.2-7:	Παραγωγή σύμμεικτων ΑΣΑ ανά ΟΤΑ και ΣΜΑ	101
Πίνακας 5.2-8:	Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στην Περιφέρεια Δυτ. Μακεδονίας	103
Πίνακας 6.2-1	Σύνθεση και βασικά χαρακτηριστικά βιοαερίου	106
Πίνακας 6.2-2	Πηγές εκπομπών διοξινών/φουρανίων στις ΗΠΑ, σε g TEQ	110
Πίνακας 6.2-3	Εκπομπές από εγκαταστάσεις ΕΑΑ	110
Πίνακας 6.2-4	Μέσες τιμές εκπομπών ρύπων από δέκα μονάδες ΕΑΑ στις ΗΠΑ	111
Πίνακας 6.2-5	Αέριες εκπομπές των υποψηφίων του βραβείου WTERT για το 2006	112
Πίνακας 6.3 -1	Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα (σε Kt CO ₂ eq) για την περίοδο 1990-2004	116
Πίνακας 6.3 -2	Συνολικές εκπομπές στην Ελλάδα (σε Kt CO ₂ eq) ανά τομέα για την περίοδο 1990-2004	117
Πίνακας 6.3 -3:	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ισοδύναμους Mt CO ₂ ανά κράτος-μέλος της Ε.Ε. και σύγκριση με τους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008-2012	121
Πίνακας 6.3 -4:	Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα (σε Gg CO ₂ eq) για την περίοδο 1990-2006	123
Πίνακας 6.3 -5:	Συνολικές εκπομπές στην Ελλάδα (σε Gg CO ₂ eq) ανά τομέα για την περίοδο 1990-2006	124
Πίνακας 6.3 -6:	Εγκαταστάσεις ΕΑΑ και παραγωγής ενέργειας – Σύγκριση αερίων εκπομπών ανά MWh	128
Πίνακας 6.3 -7:	Εκπομπές από ταφή 1 εκατομμυρίου τόνων ΑΣΑ (100 m ³ βιοαερίου/τόνο, για σύγχρονο ΧΥΤΑ ισχύει το 25-% των ακολούθων τιμών)	128
Πίνακας 6.7-1:	Σύνθεση στραγγισμάτων σε μικρής και μεγάλης ηλικίας Χ.Υ.Τ.Α. (mg/l)	134
Πίνακας 6.7-2:	Περιεκτικότητα στραγγισμάτων σε ρυπαντές	136
Πίνακας 6.9-1:	Ποσοστά ανακύκλωσης σε κοινότητες με μονάδες ΕΑΑ σε σύγκριση με το συνολικό μέσο ποσοστό ανακύκλωσης στις ΗΠΑ	143
Πίνακας 6.9-2	Εκτιμώμενο κόστος ταφής για μη-επικίνδυνα απόβλητα σε διάφορες χώρες της ΕΕ.	145
Πίνακας 6.9-3:	Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.	147
Πίνακας: 6.9-4	Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη	147
Πίνακας 6.9-5:	Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη	148
Πίνακας 6.9-6	Ποσότητες & Στοιχεία Κόστους Αποτέφρωσης για το 2005 από Εγκατεστημένες μονάδες αποτέφρωσης με παραγωγή ενέργειας από ΑΣΑ στην Ευρώπη σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις κρατών.	148
Πίνακας 6.10-1	Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων σύγκρισης των μεθόδων της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων και της εναπόθεσης τους σε ΧΥΤΑ.	150

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
ΑΘ	Αέρια Θερμοκηπίου
ΑΘΔ	Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη
ΑΠΕ	Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΒΑΑ	Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα
CEWEP	Confederation of Waste-to-Energy Plants
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΕΑΑ	Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΙΑ	Energy Information Administration
ΕΟΑΕ	Εγνατία Οδός Α.Ε.
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΕΣΔΚΝΑ	Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής
ΕΡΑ	Environmental Protection Agency
ΕΣΥΕ	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας
ΘΕ	Θερμική Επεξεργασία
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ΚΘΔ	Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΕΑ	Μονάδας Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης
ΜΒΕ	Μηχανική ή/και Βιολογική Επεξεργασία
ΜΠΑ	Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων
Μ.Ο.	Μονάδες Οσμής
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΟΣΔΑ	Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Απορριμμάτων
ΠΑΘΕ	Οδικός Αξονας Πατρών-Αθήνας-Θεσσαλονίκης-Ευζώνων
RDF	Refused Derived Fuel
ΡΠΑ	Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων
SCI	Sites of Community Importance
Σ.Κ.Ο	Συγκέντρωση Κατωφλίου Οσμής
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
SPA	Special Protection Areas
SRF	Solid Recovered Fuel
ΤΕΔΚ	Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων
ΤΚΑ	Τοπικά Κέντρα Ανακύκλωσης
ΤΜΔΑ	Τοπικές Μονάδες Διαχείρισης Απορριμμάτων
ΤΜΠΑ	Τεχνική Μελέτη Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης
ΥΗΕ	Υδροηλεκτρικό Έργο
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΥΤ	Υγειονομική Ταφή
ΧΑΔΑ	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
ΧΓΑΧΓΑ	Χρήσεις γης, αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονία
ΧΥΤ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής
ΧΥΤΑ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
WTERT	Waste to Energy Research and Technology

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, μελετητές και ερευνητές ασχολούνται με τις προοπτικές της ενεργειακής αξιοποίησης των στερεών αποβλήτων, με τη χρήση μονάδων αποτέφρωσης σε νομαρχιακό και περιφερειακό επίπεδο στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα. Κατά την τελευταία δεκαετία έχει ανοίξει δημόσια ο διάλογος για την εφαρμογή, σε πραγματικές συνθήκες πλέον, μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, ωστόσο επί του παρόντος δε λειτουργεί στη χώρα κάποια μονάδα θερμικής επεξεργασίας.

Σήμερα δυο μοντέλα άμεσης θερμικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων προωθούνται κυρίως στην Ελλάδα. Η αποτέφρωση ΑΣΑ (mass fired) και η παραγωγή και αποτέφρωση απορριμματογενών καυσίμων (RDF ή SRF). Το πρώτο μοντέλο της αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων, το οποίο βρίσκει μεγαλύτερη εφαρμογή στις πλέον αναπτυγμένες χώρες της ΕΕ. Οι πρώτες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης ΑΣΑ κατασκευάστηκαν στην Ευρώπη πριν 100 χρόνια, ενώ το 1996 παγκοσμίως απαρτιθούσαν 2.400 εγκαταστάσεις σε λειτουργία και 150 υπό κατασκευή, ενώ σήμερα περισσότερες από 400 μονάδες μαζικής καύσης βρίσκονται σε λειτουργία στην Ευρώπη και μέχρι το 2012 θα προστεθούν 100 νέες.

Η χρήση της θερμικής αξιοποίησης στη διαχείριση απορριμμάτων, εκτός από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς καθορίζεται επίσης από οικονομικούς περιορισμούς, τις διαμορφούμενες νομοθετικές και πολιτικές τάσεις, τις προτεραιότητες των αρμόδιων φορέων καθώς και από το τρέχον και προβλεπόμενο ενεργειακό περιβάλλον. Επίσης, η μέθοδος θερμικής επεξεργασίας που τελικά θα εφαρμοσθεί εξαρτάται, εκτός των προαναφερόμενων παραγόντων και από το είδος των αποβλήτων που πρόκειται να επεξεργασθούν, την προέλευση τους, τα χαρακτηριστικά τους και τη σύστασή τους. Καθώς τα διάφορα επιμέρους κλάσματα των απορριμμάτων παρουσιάζουν υψηλή θερμογόνο δύναμη και η διάθεσή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση, οι σύγχρονες τάσεις της διαχείρισης σε παγκόσμιο επίπεδο, κινούνται προς την κατεύθυνση της ανάκτησης ενέργειας. Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, η διάθεση των ανεπεξέργαστων στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής αποτελεί την τελευταία εναλλακτική λύση, καθώς συνεπάγεται σπατάλη πόρων, οι οποίοι θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν. Παράλληλα η διάθεση σε ταφή ανεπεξέργαστων στερεών αποβλήτων δεν επιτρέπεται και από το κοινοτικό και ελληνικό θεσμικό πλαίσιο από το 1999 και το 2002 αντίστοιχα.

Συχνά, η θερμική επεξεργασία θεωρείται λαθεμένα ανταγωνιστική της ανακύκλωσης, ωστόσο λειτουργεί συμπληρωματικά, καθώς στοχεύει στα υπολείμματα των κέντρων διαλογής και στα υλικά, τα οποία δε δύνανται να ανακυκλωθούν και σε όλες τις περιπτώσεις έπεται χρονικά και λειτουργικά της ανακύκλωσης. Η σχετική Κοινοτική νομοθεσία δίνει έμφαση στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας από τα απορρίμματα και θεωρεί την εναπόθεση των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ ως

επιτρεπόμενη μόνο για τα υπολείμματα θερμικών επεξεργασιών και στην περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο. Ειδικότερα για τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε το 1988 τις πρώτες Οδηγίες για νέες και υπάρχουσες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων (Οδηγίες 88/609/ΕΟΚ, 89/369/ΕΟΚ, 89/429/ΕΟΚ και 94/67/ΕΚ). Σήμερα εφαρμόζονται σε ευρεία κλίμακα οι συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων (καύση αποβλήτων) με την τάση να αντικατασταθούν από διάφορες καινοτόμες. Η ανάπτυξη των τελευταίων έχει ως βασικό στόχο την κάλυψη των αναγκών, την ικανοποίηση ποικίλων απαιτήσεων και περιορισμών και την ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα. Η λειτουργία των καινοτόμων βρίσκεται κατά το πλείστο σε πιλοτικό στάδιο, με κάποιες από αυτές να έχουν υιοθετηθεί επιτυχώς για την επεξεργασία διαφόρων αποβλήτων.

Τον Νοέμβριο του 2008 δημοσιεύτηκε η νέα οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου για τα απόβλητα, η οποία προτείνει πολλές αλλαγές που θα αλλάξουν τον τρόπο διαχείρισης αποβλήτων στην ΕΕ. Μεταξύ των άλλων σύμφωνα με την νέα ιεράρχηση της ΕΕ για τη διαχείριση των αποβλήτων, η ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα είναι πλέον προτιμότερη στην ιεράρχηση από την τελική τους διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής. Εν κατακλείδι η ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ αποτελεί ουσιαστικό συστατικό ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων, εξετάζοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης εφαρμογής με γνώμονα την αειφορία του συστήματος και με βάση τις κυρίαρχες επιλογές του κυρίου των έργων. Με βάση τα παραπάνω και καθώς διερευνάται όλο και περισσότερο το θέμα της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας (Waste To Energy) στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, και πιο συγκεκριμένα στο Δήμο Δεσκάτης του Νομού Γρεβενών, ως βιώσιμη λύση για την επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η μελέτη εστιάζεται στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά του μεγαλύτερου μέρους της Ελληνικής επικράτειας.

Για το λόγο αυτό έγινε αρχικά βιβλιογραφική ανασκόπηση των σύγχρονων τεχνολογιών, των χαρακτηριστικών τους, των τελικών προϊόντων τους, καθώς και στοιχείων που αφορούν σε κόστος κατασκευής και λειτουργίας των μονάδων. Επίσης σε κάθε περίπτωση εξετάστηκε ποιες μονάδες υπάρχουν επί του παρόντος σε λειτουργία στις ΗΠΑ και στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ποια αποτελέσματα προκύπτουν από τη λειτουργία τους.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Θεμελιώδεις ορισμοί

Στην παρούσα παράγραφο παρατίθενται ορισμοί για τις θεμελιώδεις έννοιες που αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας [25].

Στερεά Απόβλητα είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία, κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχο τους ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους. Είναι τα στέρεα υλικά που ανακύπτουν ως παραπροϊόντα από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών, των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των εμπορικών εγκαταστάσεων κλπ. Είναι αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει να απαλλαγεί.

Διαχείριση Αποβλήτων είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης, επεξεργασίας, αξιοποίησης, επαναχρησιμοποίησης ή τελικής διάθεσης σε φυσικούς αποδεκτές .

Αστικά Στερεά Απόβλητα είναι τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών, των εμπορικών δραστηριοτήτων, των καθαρισμών οδών και άλλων κοινόχρηστων χώρων. Τα Αστικά Στερεά Απόβλητα αναφέρονται και ως Δημοτικά Στερεά Απόβλητα. Στην Οδηγία 1999/31/EK ως αστικά απόβλητα ορίζονται τα οικιακά απόβλητα καθώς και αλλά απόβλητα, τα οποία λόγω φύσης ή σύνθεσης, είναι παρόμοια με τα οικιακά.

Παραγωγός είναι κάθε πρόσωπο φυσικό ή νομικό, του οποίου η δραστηριότητα παρήγαγε απόβλητα ή κάθε πρόσωπο που έχει πραγματοποιήσει εργασίες προεπεξεργασίας, ανάμιξης ή άλλες οι οποίες οδηγούν σε μεταβολή της φύσης ή της σύνθεσης των αποβλήτων αυτών.

Επεξεργασία είναι η εφαρμογή ή ο συνδυασμός φυσικών, χημικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων έτσι ώστε να περιορίζεται ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητες τους, να διευκολύνεται ο χειρισμός τους και να επιτυγχάνεται η ανάκτηση υλικών ή ενέργειας.

Αξιοποίηση είναι κάθε εργασία ανακύκλωσης ή και ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα απόβλητα.

1.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των ΑΣΑ

1.2.1 Ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ ποικίλουν μεταξύ περιοχών και πόλεων, από χρόνο σε χρόνο, αλλά και από μήνα σε μήνα. Οι ποσότητες που παράγονται ανά περίοδο σε μια περιοχή όπως και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι τα πλέον βασικά. Τα χαρακτηριστικότερα μεγέθη που περιγράφουν

την ποσοτική ανάλυση είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και ο αντίστοιχος Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ) [13].

Η ΜΠΑ εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα (kg/day) κυρίως διότι με βάση την τιμή αυτή μπορούν να εκτιμηθούν περιοδικές ποσότητες για διάφορα μεγέθη πληθυσμών και για διάφορες διάρκειες χρονικών περιόδων [76].

Ο ΡΠΑ εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την ΜΠΑ με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ΡΠΑ είναι η πληθυσμιακή πυκνότητα, οι πληθυσμιακές διακυμάνσεις, οι εποχές του χρόνου, η συχνότητα συλλογής, το οικονομικό, κοινωνικό, πολιτισμικό, μορφωτικό επίπεδο, η ηλικία των καταναλωτών, ο όγκος και τα είδη κάδων και η εφαρμογή και άλλων δυνατοτήτων διάθεσης [76].

Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στέρεων Απόβλητων (2003), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών απόβλητων ετησίως που περιλαμβάνουν κυρίως τα απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες, καθώς και ένα μέρος των στερεών απόβλητων που παράγονται από εμπορικές δραστηριότητες [86].

Διαχρονικά, παρατηρείται τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής αστικών απόβλητων, λόγω της ανάπτυξης των μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος και κυρίως της ανόδου του βιοτικού επιπέδου με αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών. Λαμβάνοντας υπόψη τα πληθυσμιακά στοιχεία της χώρας, προκύπτει ότι η μέση παραγωγή ανά κάτοικο ανέρχεται σε 1,14 kg/ημέρα με βάση τα στοιχεία του έτους 2001 [11].

Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα όσον αφορά στα ΑΣΑ θα εξεταστεί διεξοδικά στην αντίστοιχη παράγραφο του κεφαλαίου 2 που θα ακολουθήσει.

1.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων είναι παράμετρος δυναμική τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Έτσι παρατηρείται το φαινόμενο να υπάρχει διαφοροποίηση εντός ιδίων περιφερειών της χώρας, από νόμο σε νόμο αλλά ακόμη και σε περιοχές της ίδιας πόλης. Επίσης, η σύσταση μπορεί να διαφοροποιείται και χρονικά από έτος σε έτος και από εποχή σε εποχή. Για παράδειγμα, τα ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζουν αύξηση του ποσοστού του οργανικού κλάσματος κατά τους θερινούς μήνες, λόγω της αυξημένης κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών. Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνονθύλευμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιοριστεί πληροφορία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησης τους [5].

Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις παρακάτω ομάδες υλικών.

- Ζυμώσιμα: τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου

- Χαρτί: πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια
- Μέταλλα: σιδηρούχα και μη, όπως το αλουμίνιο
- Γυαλί: Διαχωρίζεται σε λευκό, καφέ, κ.α.
- Πλαστικό: Περιλαμβάνει το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή όλο και αυξάνεται τα τελευταία χρόνια.
- Δέρμα – Ξύλο – Λάστιχο - Ύφασμα: Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- Αδρανή: περιλαμβάνουν χόματα, πέτρες κλπ.
- Λοιπά: Υλικά που δεν μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες.

1.3 Χαρακτηριστικά των ΑΣΑ

Η μελέτη των χαρακτηριστικών των ΑΣΑ, προϋποθέτει τη γνώση της περιεκτικότητας των απορριμμάτων σε διάφορα υλικά και στοιχεία. Συνοπτικά, τα ποιοτικά χαρακτηριστήκα μπορούν να διαχωριστούν στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες [25]:

1. Φυσικά – ανάλογα με την εκατοστιαία φυσική σύσταση κατά βάρος σε ευδιάκριτα υλικά, το μέγεθος ή κατανομή
2. Χημικά – ανάλογα με τη χημική σύσταση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων, καθώς και η περιεκτικότητα τους σε επικίνδυνα συστατικά.
3. Βιολογικά – ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού τους μέσω βιολογικών διεργασιών.
4. Μικροβιολογικά – ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών απόβλητων στην παραγόμενη ποσότητα.

Οι φυσικές μετατροπές που ενδιαφέρουν στη διαχείριση των ΑΣΑ είναι [30]:

- I. Ο διαχωρισμός σε συστατικά για την μετατροπή ενός ανομοιογενούς και ποικιλόμορφου υλικού σε πολλά λιγότερο ποικιλόμορφα και σχεδόν ομοιόμορφα συστατικά.
- II. Η συμπίεση για την αύξηση της αποδοτικότητας.
- III. Ο τεμαχισμός για την διαμόρφωση ενός πιο ομοιόμορφου και πιο κατάλληλου για περαιτέρω επεξεργασία υλικού.

Οι χημικές μετατροπές είναι οι αναφερόμενες ως θερμικές επεξεργασίες, δηλαδή η καύση, η πυρόλυση και η αεριοποίηση, οι οποίες συνεπάγονται αλλαγή κατάστασης που συνοδεύεται από έκλυση ενέργειας. Κύριος στόχος είναι η μείωση του όγκου και η παραγωγή ενέργειας.

Οι κύριες βιολογικές μετατροπές είναι η αερόβια βιοαποδόμηση και η αναερόβια βιοαποδόμηση που έχουν σαν στόχο τη σχετική αδρανοποίηση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, τη μείωση του όγκου και του βάρους, την παραγωγή μεθανίου και εδαφοβελτιωτικού υλικού [22].

Οι θερμικές επεξεργασίες, οι οποίες αποτελούν και αντικείμενο της παρούσας εργασίας, θα αναπτυχθούν διεξοδικά στις αντίστοιχες παραγράφους του κεφαλαίου 3.

1.4 ΑΣΑ ως καύσιμη ύλη

Σε γενικές γραμμές, τα απορρίμματα από την πλευρά της δυνατότητας καύσης τους μπορούν να καταταγούν σε δύο κατηγορίες:

- Τα απορρίμματα που μπορούν να καούν όπως τα ζυμώσιμα υλικά, πλαστικό, χαρτί, ξύλο, ελαστικά, δέρμα, υφάσματα, κ.α.,
- Τα απορρίμματα που δεν καίγονται όπως το γυαλί, τα μέταλλα, τα αδρανή, κ.α.

Ωστόσο, η μάζα των αποβλήτων διακρίνεται από μεγάλη ανομοιογένεια και διακύμανση της αναλογίας σε οργανικά και ανόργανα συστατικά. Το γεγονός αυτό αποτελεί παράγοντα δυσκολίας για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας εγκατάστασης Θερμικής Επεξεργασίας (ΘΕ), για τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας - ενέργειας και των εκπομπών της μονάδας. Οι βασικότερες ιδιότητες των αποβλήτων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους στην καύση είναι οι εξής [25]:

- Η ανώτερη και η κατώτερη θερμογόνος δύναμη.
- Η περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.).
- Η περιεκτικότητα σε τέφρα (% κ.β.).
- Οι πτητικές ύλες (% κ.β.).

Η περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε υγρασία και τέφρα, καθώς και σε καύσιμη ύλη, εξαρτώνται από τη σύσταση των απορριμμάτων, το είδος δηλαδή των διαφόρων υλικών που περιέχονται σε αυτά. Η στοιχειακή ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων παρουσιάζεται στον **Πίνακα 1.4-1**.

Πίνακας 1.4-1: Στοιχεία ανάλυσης διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων.

ΥΛΙΚΑ	C	H	O	N	Cl	S	H ₂ O	Τέφρα
Εφημερίδες	36,62	4,66	31,76	0,11	0,11	0,19	25,00	1,55
Βιβλία/Περιοδικά	32,93	4,64	32,85	0,13	0,13	0,21	16,00	13,13
Υπόλοιπα Χαρτιά	32,41	4,51	29,91	0,61	0,61	0,19	23,00	9,06
Πλαστικά	56,43	7,79	8,05	3,00	3,00	0,29	15,00	8,59
Ελαστικά, Δέρμα	43,09	5,37	11,57	1,34	4,97	1,17	10,00	22,49
Ξύλο	41,20	5,03	34,55	0,24	0,09	0,07	16,00	2,82
Υφάσματα	37,23	5,02	27,11	3,11	0,27	0,28	25,00	1,98
Υπολείμματα Κήπων	23,29	2,93	17,54	0,89	0,13	0,15	45,00	10,07
Υπολείμματα Κουζίνας	17,93	2,55	12,85	1,13	0,38	0,06	60,00	5,10
Μέταλλα	4,31	0,60	3,94	0,05	0,07	0,01	5,00	85,97
Γυαλί/Κεραμικά	0,50	0,07	0,35	0,03	0,01	0,00	2,00	97,04

(Πηγή: 34).

Η συμμετοχή του χαρτιού – χαρτονιού σε βαρέα μέταλλα είναι σχετικά χαμηλή. Οι τοξικές ουσίες προέρχονται από τα πρόσθετα, τα βοηθητικά υλικά και τα τσιμέντα. Τα πρόσθετα υλικά είναι ορυκτά

(καολίνες – πηλός, κλπ.) ή συνθετικά (διοξείδιο του τιτανίου, υδροξείδιο του αλουμινίου, κλπ.). Επίσης χαμηλή είναι και η τιμή του υδραργύρου ο οποίος προέρχεται από τα βοηθητικά υλικά. Το χαρτί – χαρτόνι αποτελεί την κύρια πηγή για το φθόριο και το θείο. Υπολογίζεται ότι το 50% του φθορίου και το 24% του θείου προέρχεται από την ομάδα αυτή των υλικών [34].

Τα πλαστικά αποτελούν την βασική πηγή για το χλώριο, το κάδμιο, θείο, μόλυβδο, φθόριο και υδράργυρο, τα οποία βρίσκονται στους σταθεροποιητές και τα τσιμέντα. Το κάδμιο, όταν χρησιμοποιείται ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων ή υγειονομική ταφή, δεν υπάρχει μεγάλο πρόβλημα στα στραγγίσματα, σε αντίθεση με την καύση όπου π.χ. τα τσιμέντα διασπώνται σε θερμοκρασία 600°C.

Στην κατηγορία των ζυμώσιμων (λαχανικά φρούτα, τροφές) υπάρχουν κυρίως τα βαρέα μέταλλα Cu, Pb, Zn, Cd, Hg.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί όταν αναμιγνύονται τα οικιακά, τα κλαδιά, και τα φύλλα που προέρχονται από κήπους. Οι μεγαλύτερες ποσότητες Zn (25%), F (30%), και S (19%) βρίσκονται στα απορρίμματα αυτής της κατηγορίας [28].

Ο βαθμός εκπομπής των επικίνδυνων ουσιών εξαρτάται από τις συνθήκες καύσης και την κινητικότητα των αερίων. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να προσδιοριστούν εκτός από την σύνθεση των απορριμμάτων, από τη θερμοκρασία και τη λειτουργία της μονάδος. Σε σύγκριση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται στα απορρίμματα στην Ελλάδα με τα απορρίμματα άλλων χωρών, στα Ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζονται χαμηλές τιμές του Pb, Zn και Cu σε αντίθεση με τις υψηλές τιμές στο Cd. Στον **Πίνακα 1.4-2** παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε μέταλλα των διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων.

Πίνακας 1.4-2: Περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε μέταλλα.

Υλικό	Cd	Cu	Fe	Hg	Mn	Na	Pb	Zn
Χαρτί	2	100	2000	0,1	75	1550	125	375
Πλαστικά	14	525	3875	0,4	100	1475	800	975
Ζυμώσιμα	4	575	7025	2	300	3575	900	750
Σκόνες	3	2	12050	0,3	635	2500	550	1125

(Πηγή: 34).

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, συνδέεται με το ποσό θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση τους. Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας ενός υλικού εκφράζεται ως η θερμογόνος δύναμη του υλικού αυτού. Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως ανώτερη (οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε υγρό) και σε κατώτερη (οι υδρατμοί παραμένουν στην αέρια φάση). Η θερμογόνος δύναμη ενός υλικού εξαρτάται από την περιεκτικότητα του στα βασικά καύσιμα στοιχεία, που είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο και σε μικρότερο ποσοστό το θείο.

Σημαντικές παραμέτρους για τη δυνατότητα καύσης ενός υλικού, αποτελούν η περιεκτικότητα του σε υγρασία και τέφρα. Η υγρασία (στην ουσία το νερό) που περιέχονται στα απορρίμματα αποτελεί εμπόδιο για την εύκολη καύση τους επειδή απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας για να απομακρυνθεί ώστε να μπορέσουν τα απορρίμματα να καούν και να αποδώσουν το θερμικό φορτίο που περιέχουν. Από την άλλη, η τέφρα αποτελείται από ανόργανα συστατικά που περιέχονται στα απορρίμματα (μέταλλα, γυαλί και άλλα αδρανή όπως χόμα) τα οποία δε μπορούν να καούν, και επιπρόσθετα θα πρέπει να απομακρυνθούν από το χώρο στον οποίο γίνεται η καύση απορριμμάτων [28].

Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την σχέση:

$$A\Theta\Delta = 80,8C + 344\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25S$$

Όπου:

- **AΘΔ** η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal /Kg)
- **C** η περιεκτικότητα (%) σε άνθρακα,
- **H** η περιεκτικότητα (%) σε υδρογόνο,
- **O** περιεκτικότητα (%) σε οξυγόνο και
- **S** η περιεκτικότητα (%) σε θείο.

Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται αφαιρώντας από την ανώτερη θερμογόνος δύναμη τη λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών:

$$K\Theta\Delta = A\Theta\Delta - 580(H + W)$$

Όπου:

- **KΘΔ** η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/Kg)
- **H** η περιεκτικότητα (%) σε υδρογόνο και
- **W** η περιεκτικότητα (%) σε υγρασία.

Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων, μπορεί επομένως να εκτιμηθεί με βάση τη μέση σύσταση των απορριμμάτων και τη μέση θερμογόνος δύναμη της κάθε κατηγορίας. Έτσι, ο **Πίνακας 1.4-3** δίνει στοιχεία σχετικά με το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων της Ελλάδας.

Πίνακας 1.4-3: Θερμογόνος δύναμη και ενεργειακά στοιχεία στα Ελληνικά οικιακά απορρίμματα.

Υλικά	Περιεκτικότητα % κ.β.	Κατώτερη Κ.Θ.Δ. kcal/kg	Ενέργεια σε 100kg, kcal	Συμμετοχή στην ενέργεια, %
Χαρτί	20,0	3.960	79.300	32,3
Πλαστικά	8,5	7.700	65.450	26,7
Ζυμώσιμα	49,0	1.100	53.900	22,0
Γυαλί	4,5	33	748	-
Μέταλλα	4,5	165	742	-

Δέρμα, Ξύλο, Υφασμα	3,0	4.400	13.20	5,4
Αδρανή	5,0	30	150	-
Υπόλοιπα	5,5	5.770	31.735	12,9

(Πηγή: 28).

Τα απορρίμματα καίγονται όταν η περιεκτικότητά τους σε νερό δεν ξεπερνά το 50%, η περιεκτικότητά σε τέφρα το 60% και η καύσιμη ύλη να είναι τουλάχιστον 25%, δηλαδή όταν η κατώτερη θερμογόνο δύναμη τους είναι 3.350kJ/kg.

1.5 Η αναγκαιότητα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των ΑΣΑ

Η παραγωγή αποβλήτων είναι στοιχείο του συνόλου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, δηλαδή συμπυκνωμένη εργασία, ενέργεια και φυσικοί πόροι υπό τη μορφή προϊόντων που εξάντλησαν τον κύκλο ζωής τους. Όμως η εξάντληση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος σημαίνει ότι απώλεσε την αξία του στη συγκεκριμένη μορφή – οι φυσικοί πόροι, η ενέργεια και η εργασία που απαιτήθηκαν για να κατασκευαστεί το συγκεκριμένο προϊόν εξακολουθούν να είναι συμπυκνωμένα εντός του αποβλήτου. Στις λεγόμενες αναπτυγμένες χώρες, οι ερευνητές γρήγορα διαπίστωσαν ότι η δημιουργία εκατομμυρίων νέων προϊόντων κάθε χρόνο και η άνοδος της κατανάλωσης δημιουργούν δύο παράλληλες τάσεις. Από τη μια αυξάνουν εκθετικά τις ποσότητες στερεών αποβλήτων και από την άλλη πολλαπλασιάζουν, επίσης εκθετικά, την ποικιλία και διαφοροποίησή τους.

Τη δεκαετία 1991-2001, στην Ελλάδα υπήρξε μια αύξηση των οικιακών αποβλήτων (επομένως και των βιοαποδομήσιμων) που κυμαινόταν από 2 έως 4% ανά έτος. Αν συνεχιστούν τέτοιοι ρυθμοί, τότε θα είναι πολύ δύσκολο και πάρα πολύ ακριβό να εξασφαλιστεί, έστω περιβαλλοντικά, ασφαλής διαχείριση των οικιακών αποβλήτων. Για το λόγο αυτό, η επιστήμη της διαχείρισης αποβλήτων προσεγγίζει όλο και περισσότερο την διαχείριση των πόρων και στοχεύει στην όσο γίνεται μεγαλύτερη αξιοποίηση των πόρων που βρίσκονται συμπυκνωμένοι στα απόβλητα [22].

Στον πυρήνα της στρατηγικής για τα απόβλητα βρίσκεται η απαίτηση:

- Μείωσης της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων.
- Αύξησης της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών ή/και ενέργειας.
- Μείωσης των βιοαποδομήσιμων που οδηγούνται προς ταφή.

Ωστόσο, αναγνωρίζεται ότι οι δυνατότητες μείωσης των αποβλήτων, ειδικά στα αστικά κέντρα, είναι πρακτικά περιορισμένες, λόγω του ότι η παραγωγή τους σχετίζεται άμεσα με τις καταναλωτικές και διατροφικές συνήθειες, η αλλαγή των οποίων δεν μπορεί να οριοθετηθεί αποκλειστικά στα ζητήματα της παραγωγής αποβλήτων [68]. Αυτό σημαίνει ότι προσπαθώντας να επιτευχθούν συνθήκες μείωσης του όγκου των αποβλήτων, οποιαδήποτε λύση βασίζεται στην απλή διάθεση των αποβλήτων χωρίς επεξεργασία, μείωση όγκου και επικινδυνότητας δεν μπορεί να είναι μόνιμη, ούτε και αποτελεσματική. Ο παράγοντας αυτός είναι που δημιουργεί συνεχώς νέα αδιέξοδα στη διαχείριση των αποβλήτων στα μεγάλα αστικά κέντρα, τα οποία παράγουν πολύ μεγάλες ποσότητες σε πολύ μικρό χώρο. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, η αναζήτηση καινούριων και ολοένα πιο αποτελεσματικών μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων που να υπερβαίνουν τους χώρους ταφής, αποτελεί μόνιμο στοιχείο των ερευνητικών και επιστημονικών αναζητήσεων τα τελευταία χρόνια.

Το παραπάνω πλαίσιο έχει φέρει στο προσκήνιο την αναγκαιότητα Συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων. Η βασική αρχή πίσω από την παραπάνω έννοια, είναι η εκτροπή (diversion) όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας απορριμμάτων από την τελική, αναπόφευκτη

διάθεση στο έδαφος, σύμφωνα με μία ποικιλία οικονομικών, περιβαλλοντικών, τεχνολογικών, πολιτικών και κοινωνικών κριτηρίων. Για το σκοπό αυτό, αναπτύσσεται μία ολόκληρη ιεραρχία διαχείρισης. Κάθε Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων είναι εκ φύσεως σύνθετο, καθώς εμπεριέχει διαφορετικά αλληλοσυνδεόμενα προβλήματα, ενώ καλείται να ανταποκριθεί σε συχνά αντικρουόμενους αντικειμενικούς σκοπούς και στόχους.

Οι δυναμικές ενέργειες που περιλαμβάνει ένα Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, ακολουθούν μία ιεραρχική δομή, η οποία χαρακτηρίζεται αρχικά ως διαδοχικά αποκλειστική, καθώς [22]:

- Στο επίπεδο 1 (μεταφόρτωση) τα απορρίμματα συμπιέζονται για μείωση του όγκου τους.
- Στο επίπεδο 2 (επεξεργασία, μετασχηματισμός και ανάκτηση όρων σε Μονάδες Ανάκτησης Υλικών ή/και Κομποστοποίησης και Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας) τα απορρίμματα υπόκεινται σε διεργασίες που αποσκοπούν στην εκτροπή τους από το επίπεδο 3.
- Στο επίπεδο 3 (Τελική Διάθεση σε ΧΥΤΑ) αποτίθεται στη γη οτιδήποτε δεν κατέστη δυνατόν να ανακτηθεί στο επίπεδο 2.

Το σύνολο των δυναμικών ενεργειών ανάκτησης πόρων από τα απορρίμματα απαρτίζεται από:

- Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ),
- Μηχανική ή/και Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ),
- Θερμική Επεξεργασία (ΘΕ) και
- Υγειονομική Ταφή (ΥΤ).

Η Θερμική Επεξεργασία, λαμβάνουσα χώρα σε αντίστοιχες Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας, μπορεί περαιτέρω να διαχωριστεί στην «συμβατική» καύση ή αποτέφρωση (πλέον - σύμφωνα με Κοινοτικές Οδηγίες - μόνον με ανάκτηση ενέργειας) και σε ορισμένες υπό εξέλιξη ή μεταβατικές τεχνολογίες.

Η Μηχανική & Βιολογική Επεξεργασία μπορεί να διαχωριστεί περαιτέρω, ανάλογα με τα παραγόμενα/ανακτώμενα υλικά, που μπορεί να είναι: απλά βιοσταθεροποιημένα απορρίμματα, εδαφοβελτιωτικό ή "κομπόστ" (compost), πιστοποιημένα καύσιμα (όπως το βιοαέριο, το RDF-Refused Derived Fuel, το SRF-Solid Recovered Fuel), δευτερογενείς πρώτες ύλες.

Η Υγειονομική Ταφή μπορεί και αυτή να διαχωριστεί ανάλογα με ορισμένα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της (ύπαρξη στεγάνωσης πυθμένα, πρόβλεψη αξιοποίησης βιοαερίου, δυνατότητα επεξεργασίας εκχυλισμάτων, κλπ.).

Η Διαλογή στην Πηγή περιλαμβάνει επίσης, διάφορους συνδυασμούς ανάλογα με το είδος των προδιαλεγόμενων υλικών και το εφαρμοζόμενο σύστημα συλλογής.

Οι παραπάνω δυναμικές δράσεις δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες, δηλαδή μπορούν (και στα πλαίσια ενός Συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων συχνά ενδείκνυται) να

συνδυαστούν μεταξύ τους. Η υπολανθάνουσα ιδέα είναι ότι μία ικανοποιητική λύση ενός προβλήματος διαχείρισης απορριμμάτων θα περιλαμβάνει κανονικά περισσότερες από μία εκ των παραπάνω δυναμικών ενεργειών, υπό την έννοια ότι κάθε μέθοδος εμφανίζει ταυτόχρονα ισχυρά και ασθενή σημεία:

Η Υγειονομική Ταφή εξακολουθεί να αποτελεί σήμερα (παγκοσμίως, σχεδόν ολοκληρωτικά) την οικονομικότερη μέθοδο διάθεσης, αλλά συνεπάγεται σπατάλη πόρων (με μοναδική δυνατότητα ανάκτησης αυτή της ενεργειακής μέσω της αξιοποίησης του βιοαερίου), ενώ συναντώνται διαρκώς αυξανόμενα προβλήματα εξεύρεσης νέων ΧΥΤΑ, λόγω μη διαθεσιμότητας γης αλλά και κοινωνικών αντιδράσεων.

Οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας εκπέμπουν επικίνδυνους ρύπους και συνοδεύονται από υψηλά κόστη επένδυσης, αλλά η λειτουργία τους αποδεικνύεται συχνά οικονομικά αποδοτική (μικρές ανάγκες σε γη, χαμηλό κόστος συλλογής απορριμμάτων, ενεργειακή ανάκτηση) και διαχειριστικά επικερδής στο βαθμό που μπορεί να καλύψει τα κόστη διαχείρισης άλλων εγκαταστάσεων διαχείρισης απορριμμάτων.

Οι Μονάδες Μηχανικής ή/και Βιολογικής Επεξεργασίας διακρίνονται από μέτρια κόστη επένδυσης, τα οποία ελαττώνονται - λόγω του προδιαγραφόμενου μικρού μεγέθους της εγκατάστασης - ακόμη περισσότερο στην περίπτωση που δίνεται έμφαση στην παραγωγή βελτιωτικού εδάφους, εξαιτίας της δυσκολίας απορρόφησης του προϊόντος.

Τόσο οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας, όσο και οι Μονάδες Μηχανικής – Βιολογικής Επεξεργασίας δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς την παρουσία ΧΥΤΑ, στον οποίο θα οδηγούνται τα (ποσοτικά δραστικά ελαττωμένα) στερεά τους κατάλοιπα.

Η Διαλογή στην Πηγή δεν μπορεί να αποτελέσει αυτόρκτη επιλογή, καθώς συνδέεται με σχετικά χαμηλά ποσοστά μείωσης της συνολικής προκύπτουσας ποσότητας των απορριμμάτων.

2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

2.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η αποτύπωση της υφιστάμενης διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα, εστιάζεται στα θέματα της διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ). Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται δεδομένα, για το σύνολο της χώρας, που αφορούν :

- Στις παραγόμενες ποσότητες και τη σύσταση των ΑΣΑ.
- Στις εφαρμοζόμενες πρακτικές, μεθόδους και τα έργα διαχείρισης.
- Στις εμπειρίες από τα έργα διαχείρισης ΑΣΑ, με έμφαση στις προσπάθειες επεξεργασίας.

2.1.1 Παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα

Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα ιστορικά δεδομένα σχετικά με την εξέλιξη των ποσοτήτων των διαφόρων κατηγοριών αποβλήτων είναι ιδιαίτερα περιορισμένα και δεν θεωρούνται ιδιαίτερα αξιόπιστα διότι δεν βασίζονται σε συστηματικά προγράμματα μετρήσεων και αναλύσεις ζυγολογιών. Για τα ΑΣΑ υπάρχουν σποραδικές μετρήσεις, κυρίως σε μεγάλα αστικά κέντρα και εκτιμήσεις των υπόλοιπων στοιχείων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαθέσιμα στοιχεία για αυτή την κατηγορία αποβλήτων.

Στον **Πίνακα 2.1-1** που ακολουθεί παρατίθενται επίσημα στοιχεία σε ό,τι αφορά στην παραγωγή στερεών αποβλήτων διαφόρων κατηγοριών, βάσει εκτιμήσεων και υπολογισμών, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης [22].

Σύμφωνα με στοιχεία του 2001 στην Ελλάδα παράγονται περί τα 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών στερεών αποβλήτων, που περιλαμβάνουν κυρίως τα απόβλητα που προέρχονται από κατοικίες, καθώς και ένα μέρος των στερεών αποβλήτων που παράγονται από εμπορικές δραστηριότητες και συλλέγονται από τους ΟΤΑ [15].

Παρατηρείται τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής αστικών αποβλήτων με το χρόνο, η οποία για την περίοδο 1991-1997 ανήλθε σε περίπου 4% ετησίως. Η αύξηση αυτή μπορεί να αποδοθεί στην ανάπτυξη των μεγάλων αστικών κέντρων, την αύξηση του τουριστικού ρεύματος και κυρίως την αντίστοιχη αύξηση του ΑΕΠ που συνοδεύτηκε από άνοδο του βιοτικού επιπέδου και αύξηση της κατανάλωσης. Η μέση ημερήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων ανά κάτοικο στην Ελλάδα για το 1997 ανέρχεται σε 0,97 kg/κάτοικο, ενώ για το 2001 εκτιμάται σε 1,14 kg/κάτοικο (**Σχήμα 2.1-1**), τιμή που παραμένει κατώτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1,48 kg/κάτοικο/ημέρα [15,35].

Η Περιφέρεια Αττικής παράγει περίπου το 39% της ετήσιας ποσότητας αστικών στερεών αποβλήτων της χώρας, ακολουθούμενη από την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας με ποσοστό 16%, γεγονός που δεν είναι παράδοξο καθώς στους δύο αυτούς νομούς βρίσκονται οι πόλεις της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, αντίστοιχα [35]

Πίνακας 2.1-1: Ποσότητες στερεών αποβλήτων ανά κατηγορία.

Έτος Αναφοράς	Κατηγορία αποβλήτου	Παραγόμενη Ποσότητα, (tn)
2001	Αστικά Στερεά Απόβλητα ¹	4.559.000
2004	Επικίνδυνα Απόβλητα	184.500 (94.000 tn ιστορικά)
2002	Χρησιμοποιημένα Ελαστικά ²	50.000
2002	Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής-ΟΤΚΖ ²	70.000 ^a
2005	Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων - ΑΛΕ ²	85.000
2005	Απόβλητα από Εκσκαφές, Κατασκευές & Κατεδαφίσεις-ΑΕΚΚ ³	5.500.000
2003	Μη Επικίνδυνα Βιομηχανικά ²	20.000.000
2003	Απόβλητα Ηλεκτρικού - Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού-ΑΗΕΕ ²³	175.000
2005	φορητές Ηλεκτρικές Στήλες (μπαταρίες) - Συσσωρευτές ³	39.000
	Νοσοκομειακά απόβλητα	Μη Διαθέσιμο ³
2005	Ιλύες ΕΕΛ ²	415.000

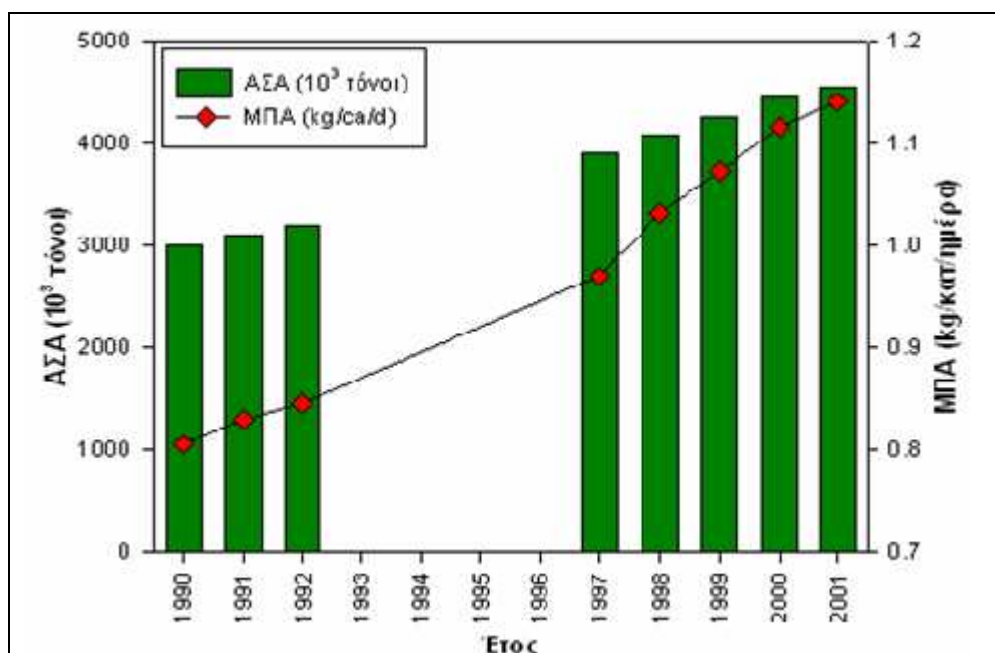
(Πηγή: 22)

α Τεμάχια

1. ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727 - 22.12.2003

2. ΥΠΕΚΑ, επίσημη ιστοσελίδα.

3. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 14312/1302 - 09.06.2000 η ποσότητα των μολυσματικών νοσοκομειακών αποβλήτων ανέρχεται σε 14.000 τον. - με την κατάργηση της εν λόγω ΚΥΑ από την ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003 δεν υπάρχει άλλη επίσημη αναφορά σχετικά με τα νοσοκομειακά απόβλητα.



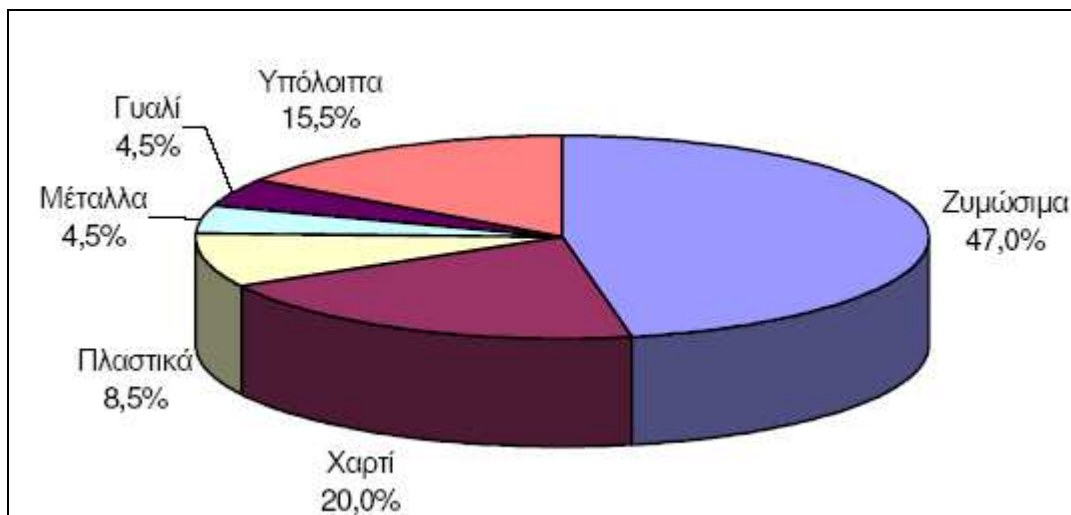
(Πηγή: 22,35).

Σχήμα 2.1-1: Μεταβολή της συνολικής παραγόμενης ποσότητας και της μοναδιαίας παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα την περίοδο 1991-2001.

2.1.2 Σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα

Η γνώση της σύστασης των παραγόμενων ΑΣΑ είναι ιδιαίτερης σημασίας για την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης απορριμμάτων, στο σύνολο τους. Οι ενδεχόμενες μεταβολές στην ποιοτική σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων στην πορεία του χρόνου, περιγράφουν στην πράξη τη μεταστροφή των καταναλωτικών συνηθειών και διαμορφώνουν τις μελλοντικές τάσεις παραγωγής ΑΣΑ. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερης σημασίας για τη χάραξη στρατηγικής διαχείρισης αποβλήτων σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο.

Σε ό,τι αφορά τη σύσταση των ΑΣΑ σε εθνικό επίπεδο τα υπάρχοντα στοιχεία προέρχονται από τον Εθνικό Σχεδιασμό «Ολοκληρωμένης και εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων και αποβλήτων» όπου αναφέρεται η μέση ποιοτική σύσταση των οικιακών αποβλήτων στην Ελλάδα (1997). Η ίδια σύσταση αναφέρεται και στην κείμενη νομοθεσία 50910 (ΦΕΚ 1909/22-12-2003): «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης». Η σύσταση αυτή θεωρείται αντιπροσωπευτική και της σημερινής κατάστασης. Τα δεδομένα αυτά, παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2.1-2** που παρατίθεται στην συνέχεια.



(Πηγή: 15)

Σχήμα 2.1-2: Μέση κατά βάρος σύνθεση ΑΣΑ στην Ελλάδα, 1997.

Τα απορριπτόμενα υλικά συσκευασίας αποτελούν περίπου το 20% κατά βάρος των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ, σύμφωνα με στοιχεία του 1999. Η κατά βάρος σύνθεση των υλικών συσκευασίας στην Ελλάδα, καθώς και το ποσοστό ανακύκλωσης ανά υλικό παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2.1-2** [15,35].

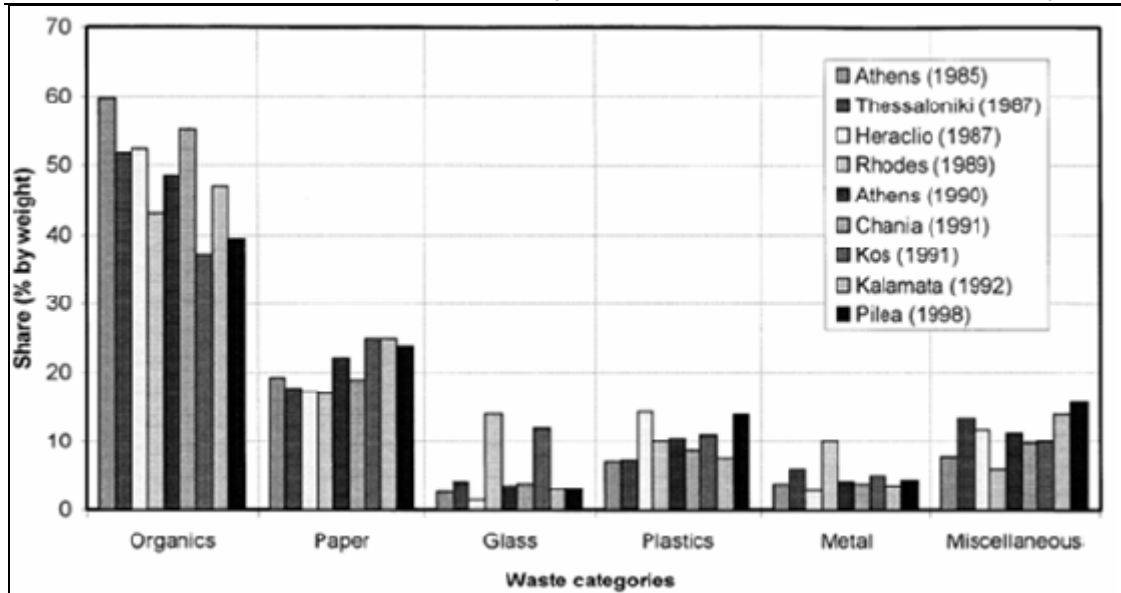
Υλικό	% (κ.β.) στα απόβλητα συσκευασίας	Ανακύκλωση (% κ.β.)
Χαρτί / Χαρτόνι	42	68
Πλαστικά	26	3
Γυαλί	18	24
Μέταλλα	8	9,8
Ξύλο - Λοιπά	6	-

(Πηγή: 15,35)

Τα ειδικά επικίνδυνα απόβλητα που περιέχονται στα απορριπτόμενα ΑΣΑ (στο **Σχήμα 2.1-2** περιλαμβάνονται στην κατηγορία «Υπόλοιπα») περιλαμβάνουν κυρίως φάρμακα, υλικά καθαρισμού, χρώματα-βερνίκια-διαλυτικά, μπαταρίες και φυτοφάρμακα, που είναι είτε οικιακής προέλευσης είτε προέρχονται από διάφορες επαγγελματικές δραστηριότητες (π.χ. γραφεία, εμπορικά καταστήματα κλπ). Η συνολική ποσότητα των αποβλήτων αυτών για το 1997 εκτιμάται περίπου σε 0,12% επί των συνολικά παραγόμενων αστικών αποβλήτων [35].

Αν και η σύσταση που παρουσιάστηκε στο **Σχήμα 2.1-2** είναι γενικά παραδεκτή ως η αντιπροσωπευτικότερη μέση σύσταση των Ελληνικών ΑΣΑ και υιοθετείται ως τέτοια από τους Εθνικούς Σχεδιασμούς, η πραγματική σύσταση των ΑΣΑ στη χώρα παρουσιάζει τόσο γεωγραφική διακύμανση όσο και διαχρονική μεταβολή, με την ποσοστιαία μείωση των ζυμώσιμων και την αντίστοιχη αύξηση των αποβλήτων συσκευασίας και χαρτιού να είναι οι σημαντικότερες τάσεις. Κάποια διαθέσιμα στοιχεία για τη γεωγραφική και χρονική διακύμανση της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2.1-3**. Επιπλέον, η μεταβολή της σύστασης των ΑΣΑ της Αττικής, έτσι όπως έχει μετρηθεί από τον ΕΣΔΚΝΑ, παρουσιάζεται στον **Πίνακα 2.1-3** ενώ στον **Πίνακα 2.1-4** παρουσιάζεται η σύσταση των ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να θεωρηθούν ως ενδεικτικά και δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα, αφού σε πολλές περιπτώσεις έχουν εφαρμοστεί διαφορετικά πρωτόκολλα ανάλυσης και δειγματοληψίας. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται στην έλλειψη ενός εθνικού προτύπου δειγματοληψίας και ανάλυσης ΑΣΑ, καθώς και στην αντίστοιχη έλλειψη ενός εθνικού προγράμματος τακτικών αναλύσεων με κατάλληλη γεωγραφική αντιπροσωπευτικότητα των αγροτικών, ημιαστικών και αστικών περιοχών της χώρας. Επίσης, ελάχιστες είναι και οι στοιχειομετρικές αναλύσεις των ΑΣΑ, καθώς και η μέτρηση του θερμογόνου δυναμικού τους. Αυτές συνήθως περιορίζονται σε περιορισμένης κλίμακας ερευνητικά προγράμματα. Είναι φανερό ότι η έλλειψη αξιόπιστων στοιχείων για τις προαναφερθείσες παραμέτρους δυσχεραίνει το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό εγκαταστάσεων επεξεργασίας ΑΣΑ και εισάγει σημαντική αβεβαιότητα ως προς τα υπολογιζόμενα ισοζύγια μάζας και ενέργειας [22].



(Πηγή: 57).

Σχήμα 2.1-3: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας από το 1985 έως το 1992

Πίνακας 2.1-3: Μεταβολή της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ της Αττικής κατά την περίοδο 1982-1997 και εκτίμηση για το 2005.

Κατηγορία υλικών	1982	1984-85	1990-91	1997	2005 (εκτίμηση)
Ζυμώσιμα	55,76	56,50	48,50	46,50	40,00
Χαρτί / Χαρτόνι	23,28	20,00	22,00	23,44	32,00
Πλαστικά	9,20	7,00	10,50	10,80	13,00
Μέταλλα	4,22	4,00	4,20	3,74	3,50
Γυαλί	2,79	2,70	3,50	3,42	2,50
Υ- Ξ- Λ- Δ		4,30	3,50	4,25	3,20
Λοιπά άκαυστα	1,82	1,00	3,30	3,58	2,50
Διάφορα	2,93	4,50	4,50	4,27	3,30
Σύνολο	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(Πηγή: 1)

Από τον Πίνακα 2.1-4, προκύπτει μια τάση ποσοστιαίας αύξησης του ξηρού κλάσματος (κυρίως συσκευασίες και έντυπο χαρτί) και μιας μικρής ποσοστιαίας μείωσης του οργανικού βιοαποδομήσιμου κλάσματος. Ωστόσο, η ποσοστιαία μείωση κάποιου κλάσματος δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη και τη μείωση της ποσότητάς του σε απόλυτη τιμή σε σχέση με τις προηγούμενες χρονικές περιόδους, καθώς αυξάνεται η συνολική ποσότητα των αποβλήτων, επί της οποίας υπολογίζεται το ποσοστό σύστασης των αποβλήτων, οπότε οποιαδήποτε άλλη παραδοχή θα ήταν αυθαίρετη.

Πίνακας 2.1-4: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ (%κβ) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας κατά την περίοδο 1982-2004.

	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Θεσσαλονίκη (1)	Δήμος Ηρακλείου (1)	Δήμος Ρόδου (1)	Δήμος Κω (1)	Κοινότητες Κω (1)	Δήμος Χανίων (1)
Περίοδος Πληθυσμός	1969 3.500.000	1970 3.500.000	1971 3.500.000	1972 3.500.000	6/83-6/84 3.500.000	6/86-6/87 1.000.000	1987 115.000	9/87-8/88 45.000	1989 15.000	1999 12.000	1990
Ζυμώσιμα	55,3	57,2	57,5	60,9	59	52	52,5	42	37,3	39,8	55,2
Χαρτί	24,4	23,2	23,3	22	19,5	18	17,2	14	24,8	23,5	19,1
Μέταλλα	4,6	4,4	4,2	3,9	4	5	2,8	10	5,4	5,4	3,7
Γυαλί	3,8	3,8	2,6	2,2	2,5	4	1,4	2	12,3	9,6	4
Πλαστικά	7,4	8	10	9,3	7	7	14,3	12	10,9	11,4	8,3
Α-Ξ-Α-Υ	4,5	3,4	2,4	1,7	3,5	8		4	4,6	4,9	3,8
Λοιπά Άκαυστα					4,5	6		16	4,7	5,5	5,9
Διάφορα							11,8				
Σύνολο	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Β Άξονας Ν. Χανίων (1)	Δήμος Νάξου (1)	Κομοτηνή (1)	Ξάνθη (1)	Δήμος Καλαμάτας (1)	Αθήνα ΕΣΔΚΝΑ (2)	Αθήνα ΕΣΔΚΝΑ (2)	Δήμος Πυλαίας, Θεσσ/νίκη (3)	Θεσσ/νίκη (4)	Κρήτη (5)	
Περίοδος Πληθυσμός	1991 50.000	1994	1992-1993	1992-1993	1992 60.000	1991	1997	1998 27.972	1997-1999 1.100.000	2003-2004 400.000	
Ζυμώσιμα	56,4	48,3	67,1	61,2	47	48,5	46,5	41	26,66	39,15	
Χαρτί	18,1	21,6	9,1	15,1	25	22,5	23,4	23	29,21	19,94	
Μέταλλα	3,9	3,4	2,8	3,2	3,5	4,2	2,74	4	4,43	4,95	
Γυαλί	3,5	5,8	1,7	2,1	2,6	3,5	3,41	3	3,61	5,33	
Πλαστικά	8,8	9,4	6,1	7,1	7,4	10	10,8	13	17,9	16,85	
Α-Ξ-Α-Υ	4,1	3,5			6,4	3,5	4,25	6	9,13	5,24	
Λοιπά Άκαυστα	5,2	8			8,1	3,3	3,58	2	4	2,67	
Διάφορα			13,2	11,3		4,5	5,32	8	5,06	5,87	
Σύνολο	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

(Πηγές: 1, 26, 27, 52, 57).

2.1.3 Εφαρμοζόμενες πρακτικές διαχείρισης στην Ελλάδα

Η Ελλάδα βασίζεται ακόμη σχεδόν αποκλειστικά στην εδαφική διάθεση των αποβλήτων, με ένα μικρό ποσοστό (8%) των αποβλήτων να ανακυκλώνονται [15]. Η εδαφική διάθεση αναφέρεται σε ΧΥΤΑ (χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων) αλλά και σε ΧΑΔΑ (χώρους ανεξέλεγκτης ταφής αποβλήτων), αδειοδοτημένους ή μη, που λειτουργούν ακόμη σε αρκετές περιοχές της χώρας.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται αρχικά η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα, σε ό,τι αφορά τα έργα υποδομής και διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων ήτοι χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), μονάδες επεξεργασίας και σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ). Στη συνέχεια, περιγράφεται το τοπίο της ανακύκλωσης και διαχείρισης ειδικών ρευμάτων αποβλήτων στη χώρα και τέλος, παρουσιάζονται τα πιο επικαιροποιημένα στοιχεία που αφορούν την ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων στο σύνολο της χώρας.

2.1.3.1 Έργα υποδομής για τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων

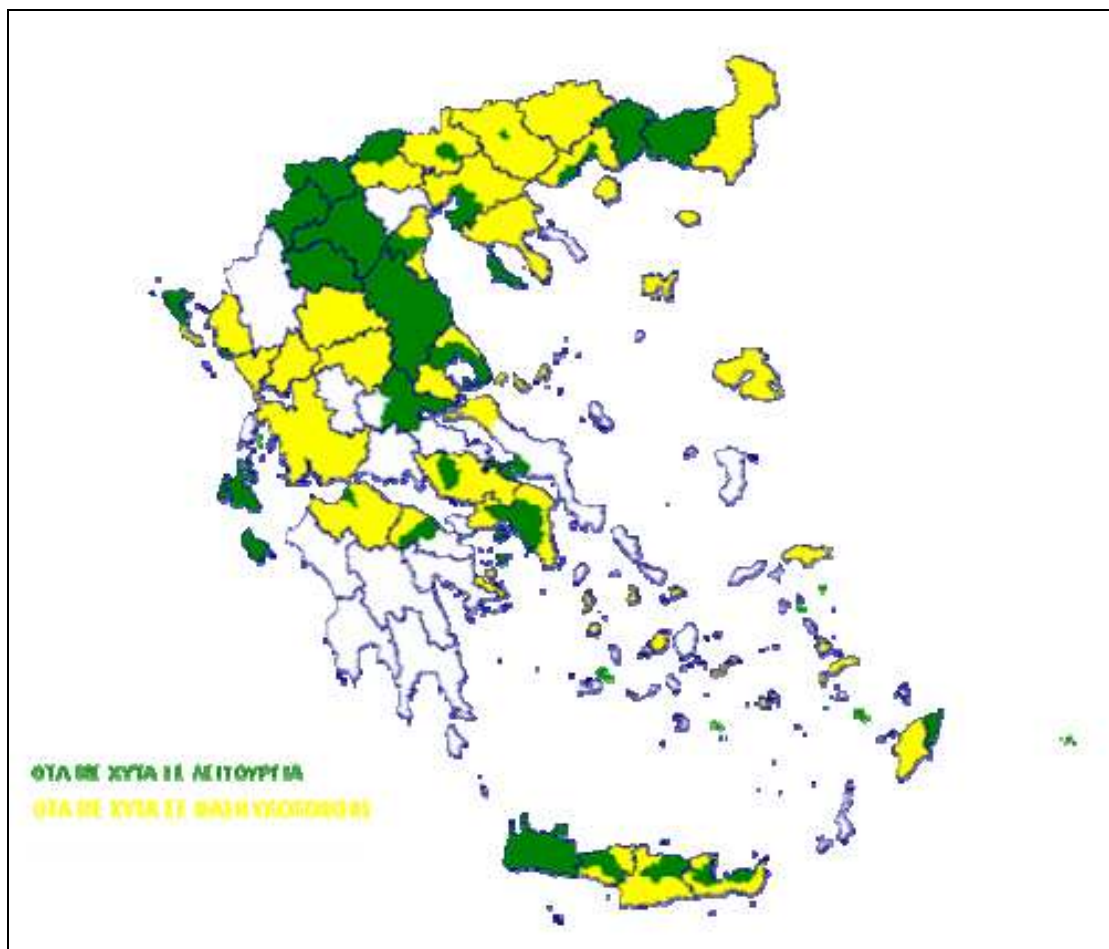
Τα έργα υποδομής που αποτυπώνουν την υφιστάμενη κατάσταση στον ελλαδικό χώρο διακρίνονται σε έργα τελικής διάθεσης, μεταφόρτωσης αλλά και μονάδων επεξεργασίας.

A. ΕΡΓΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ (ΧΥΤΑ)

Τα στοιχεία σε ό,τι αφορά τους ΧΥΤΑ έχουν ως εξής:

Έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν 45 ΧΥΤΑ στο σύνολο της χώρας, καλύπτοντας 318 ΟΤΑ. Στη φάση υλοποίησης βρίσκεται η κατασκευή 56 νέων ΧΥΤΑ (στον αριθμό αυτό συνυπολογίζονται και οι επεκτάσεις υφιστάμενων ΧΥΤΑ) οι οποίοι θα καλύψουν περίπου 670 ΟΤΑ. Υπό σχεδιασμό βρίσκονται έργα κατασκευής ΧΥΤΑ που θα καλύψουν και την υπόλοιπη ηπειρωτική και νησιωτική χώρα. Στο **Σχήμα 2.1-4** φαίνεται η συνολική κάλυψη της χώρας από έργα ΧΥΤΑ [22].

Οι υπό κατασκευή ΧΥΤΑ έχουν δυναμικότητα που φτάνει τα 2.500.000 τόνους/έτος. Συγκρίνοντας την κατάσταση με το έτος 2002 [24] προκύπτει ότι την τριετία 2002-2005 έχουν κατασκευαστεί 10 νέοι ΧΥΤΑ, ενώ μόνο 3 εξ' αυτών βρίσκονται σε λειτουργία. Από γεωγραφική άποψη, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα σημαντικότερα κενά σε ΧΥΤΑ εντοπίζονται σε Πελοπόννησο και Ανατολική Μακεδονία Θράκη.



(Πηγή :22)

Σχήμα 2.1-4: Κάλυψη της χώρας από έργα ΧΥΤΑ

B. ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Σ.Α

Στην Ελλάδα, μέχρι σήμερα, έχουν κατασκευαστεί τρεις μονάδες επεξεργασίας (Καλαμάτα, Αττική (Α. Λιόσια) και Χανιά). Η μονάδα των Χανίων ήδη λειτουργεί και αναμένεται σύντομα η πλήρης λειτουργία και της μονάδας της Αττικής, γεγονός που σε συνδυασμό με μια καλή λειτουργία της μονάδας της Καλαμάτας, μετά την αναβάθμισή της όταν αυτή ολοκληρωθεί, θα οδηγήσει σε ποσοστό εκτροπής των βιοαποδομήσιμων από την ταφή περίπου 12-13% σε επίπεδο χώρας, με ετήσια εγκατεστημένη δυναμικότητα επεξεργασίας της τάξης των 500.000 τόνων ΑΣΑ / έτος: [22].

Σημαντικό στοιχείο είναι ότι υπάρχουν αρκετές μονάδες υπό προετοιμασία (υλοποίηση στο διάστημα 2007-2010) όπως:

- Η μονάδα επεξεργασίας της ΒΔ Θεσσαλονίκης, δυναμικότητας επεξεργασίας της τάξης των 450.000 τόνων / έτος.
- Η μονάδα επεξεργασίας της Δυτικής Μακεδονίας δυναμικότητας 140.000 τόνων / έτος.
- Η μονάδα επεξεργασίας της Πάτρας δυναμικότητας 120.000 τόνων / έτος.
- Η μονάδα επεξεργασίας στο Ηράκλειο Κρήτης, δυναμικότητας 70.000 τόνων / έτος.

- Η μονάδα επεξεργασίας της Ημαθίας, δυναμικότητας 50.000 τόνων / έτος.

Στο βαθμό που τα παραπάνω έργα προχωρήσουν (οι αβεβαιότητες σχετικά με αρκετά από αυτά τα έργα είναι σημαντικές), με την καλή λειτουργία όλων των παραπάνω μονάδων, εκτιμάται ότι η χώρα θα φθάσει σε εγκατεστημένη δυναμικότητα επεξεργασίας της τάξης των 1.300.000 τόνων / έτος και επομένως θα μπορέσει να πετύχει τον στόχο του 2010 σχετικά με την εκτροπή βιοαποδομήσιμων αποβλήτων.

Γ. ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΣΜΑ)

Η υφιστάμενη κατάσταση αναφορικά με τους σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων στο σύνολο της χώρας έχει ως εξής :

- Έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν 6 ΣΜΑ.
- Υπό υλοποίηση βρίσκονται 48 ΣΜΑ σε όλη τη χώρα
- Η λειτουργία των υφιστάμενων ΣΜΑ κρίνεται στο σύνολο της ικανοποιητική προωθώντας έτσι την άρτια, από περιβαλλοντικής και οικονομικής απόψεως, διαχείριση.

2.1.3.2 Ανακύκλωση και διαχείριση ειδικών ρευμάτων αποβλήτων

Στα παραγόμενα ΑΣΑ υπάρχουν σημαντικές ποσότητες ανακτήσιμων και αξιοποιήσιμων υλικών. Από το σύνολο των περίπου 4,6 εκατομμυρίων τόνων ΑΣΑ που παράγονται ετησίως στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι ένα ποσοστό της τάξης του 8% ανακυκλώνεται. Η επί μέρους επιτυγχανόμενη ανακύκλωση-αξιοποίηση των υλικών έχει ως εξής [32]:

- Γυαλί: 33%
- Χαρτί: 29,2%
- Μέταλλα: 24%
- Πλαστικά: 5%

Σημαντικό μέρος από τα ανακυκλώσιμα υλικά αφορά υλικά και απόβλητα συσκευασιών. Στοιχεία για την παραγωγή και ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασίας το 2001 παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2.1-5**.

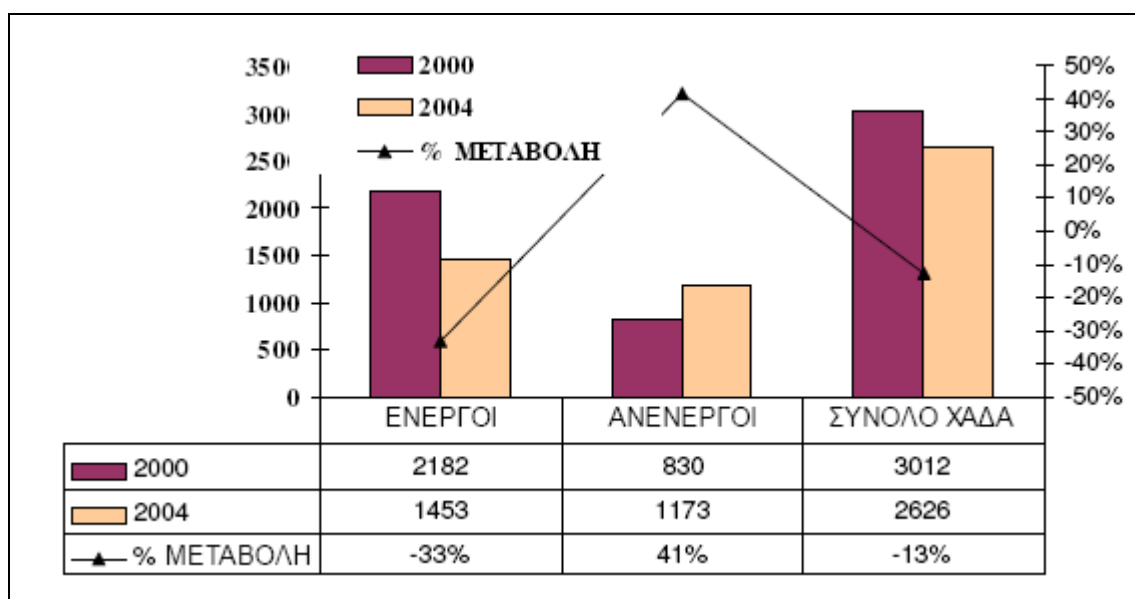
Πίνακας 2.1-5: Παραγωγή και ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασίας - 2001

	Παραγόμενα απόβλητα συσκευασίας	Ανακυκλούμενα	%
Χαρτί και χαρτόνι	374.000	253.000	68
Πλαστικό	270.000	8.000	3
Γυαλί	180.000	44.000	24
Αλουμίνιο	15.500	5.300	36
Άλλα μέταλλα	90.000	5.000	6
Ξύλο	45.000	10.000	22
Σύνολο	974.500	325.300	33

(Πηγή: 94, 97)

2.1.3.3 Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων

Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα σε ό,τι αφορά την ύπαρξη ΧΑΔΑ σε λειτουργία είναι μάλλον απογοητευτική. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (2007) προκύπτει ότι σε πανελλαδικό επίπεδο υφίστανται πάνω από 2.500 ΧΑΔΑ. Από το σύνολο αυτό, άλλοι είναι σε κατάσταση λειτουργίας (ενεργοί) άλλοι είναι ανενεργοί και άλλοι ήδη αποκατεστημένοι. Αναλυτικότερα, τα δεδομένα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1-5.



(Πηγή: 91)

Σχήμα 2.1-5: Αριθμός και κατάσταση ΧΑΔΑ σε πανελλαδικό επίπεδο έως το 2004.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως μέχρι το τέλος Μαρτίου 2006 είχαν εκδοθεί αποφάσεις παύσης λειτουργίας για το 87,6% των υφιστάμενων ΧΑΔΑ και αποφάσεις έγκρισης περιβαλλοντικής αποκατάστασης για το 67,6% των ΧΑΔΑ. Ήδη, με ευθύνη των ΟΤΑ υλοποιούνται έργα αποκατάστασης για το 9,9% των ΧΑΔΑ, ενώ έχουν ενταχθεί σε χρηματοδοτικά προγράμματα έργα αποκατάστασης για το 24,6% αυτών και βρίσκονται υπό ένταξη έργα αποκατάστασης για το

22,7% των χώρων αυτών. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία 15 από τους 2.626 ΧΑΔΑ που καταγράφηκαν το 2004, οι 1.850 έχουν ήδη κλείσει και βρίσκονται σε διάφορα στάδια της διαδικασίας αποκατάστασης [22].

Επίσημα στοιχεία για το βαθμό υλοποίησης των αντίστοιχων μελετών δεν υπάρχουν, αλλά εκτιμάται ότι έχουν εκπονηθεί σχεδόν το 85-90% των ΤΜΠΑ και περί το 45-55% των οριστικών μελετών.

2.1.4 Εμπειρίες από τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα

2.1.4.1 Ζητήματα σχεδιασμού

Η σημερινή κατάσταση όσον αφορά την προετοιμασία και το σχεδιασμό των έργων καθώς και της μετέπειτα λειτουργίας τους παρουσιάζει μια σειρά από σοβαρές αδυναμίες.

Στην Ελλάδα, μέχρι σήμερα, κυριαρχεί μια εσφαλμένη προσέγγιση η οποία έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό της την προσέγγιση του σχεδιασμού μεγάλων δημοσίων έργων στα στερεά απόβλητα και όχι το σχεδιασμό βιώσιμων συστημάτων διαχείρισης, μέρος των οποίων είναι τα απαιτούμενα έργα. Ο αποσπασματικός σχεδιασμός των έργων, αποκομμένων συχνά από το υπόλοιπο σύστημα που θα υπηρετήσουν (ανακύκλωση, ΣΜΑ, μονάδες επεξεργασίας κλπ) οδηγεί πολύ συχνά σε μη βιώσιμα έργα εφόσον το λειτουργικό τους κόστος αντιμετωπίζεται απομονωμένο και όχι ως μέρος του λειτουργικού κόστους ενός συστήματος.

Είναι χαρακτηριστικό το ότι ενώ είναι σαφής η απαίτηση της επεξεργασίας όλων των στερεών αποβλήτων πριν την υγειονομική τους ταφή, οι περισσότεροι Χ.Υ.Τ.Α. σχεδιάζονται χωρίς να υπάρχει η πρόβλεψη μονάδας προεπεξεργασίας ή επεξεργασίας των αποβλήτων ή άλλου εναλλακτικού συστήματος.

2.1.4.2 Ζητήματα σχετικά με τους ΧΥΤΑ

Ειδικότερα για τους ΧΥΤΑ, έχει εντοπιστεί ότι ο σχεδιασμός τους υπηρετεί κατά κύριο λόγο την εύκολη κατασκευή τους και όχι την εύκολη λειτουργία τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κατασκευάζονται έργα μη λειτουργικά, τα οποία σε συνδυασμό με την ανεπαρκή συγκρότηση και τους ελάχιστους οικονομικούς πόρους των φορέων διαχείρισης, σταδιακά φθίνουν [24].

Επιπλέον, δεν έχει γίνει αξιοσημείωτη πρόοδος στο θέμα της υιοθέτησης των κριτηρίων αποδοχής αποβλήτων που προβλέπει η 99/31 (απόφαση 2003/33/ΕΚ). Όπως προέκυψε από σχετική μελέτη [53] στη χώρα μας δεν γίνεται τίποτε πέρα από ένα χονδρικό και δειγματοληπτικό οπτικό έλεγχο για την αποδοχή ή μη των εισερχόμενων αποβλήτων. Αυτό οφείλεται τόσο στην απουσία τεχνικών προδιαγραφών για τις συγκεκριμένες διαδικασίες (θέμα που χάνεται μεταξύ ΕΕ και κρατικών αρμοδιοτήτων) όσο και στο ότι δεν υπάρχουν υποδομές, αλλά κυρίως επαρκής χρηματοδότηση,

στελέχωση και η απαιτούμενη εκπαίδευση του προσωπικού για τη διενέργεια των ελέγχων που προβλέπει η 99/31.

Στην ίδια μελέτη διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι Χ.Υ.Τ.Α. στην Ελλάδα δεν πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις λειτουργίας προκειμένου να τους χορηγηθεί άδεια λειτουργίας βάσει των προδιαγραφών που ορίζονται στην οδηγία 99/31 και την ΚΥΑ 29407/02.

2.1.4.3 Ζητήματα σχετικά με τις μονάδες επεξεργασίας

Και οι τρεις κατασκευασμένες μονάδες είναι εγκαταστάσεις Μηχανικής - Βιολογικής Επεξεργασίας οι οποίες αποτελούνται από μηχανική διαλογή - ανάκτηση υλικών και αερόβια βιολογική επεξεργασία (κομποστοποίηση) του οργανικού κλάσματος, το οποίο κάθε άλλο παρά «καθαρό» είναι. Αυτό έχει συχνά ως αποτέλεσμα να διατίθεται όλο το ζυμωμένο κλάσμα στους ΧΥΤΑ, γεγονός που μειώνει δραστικά τις δυνατότητες μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή και βρίσκεται σε αντίθεση με την απαίτηση μείωσης της ταφής των βιοαποδομήσιμων.

Και στα έργα επεξεργασίας κυριάρχησε η αποσπασματική προσέγγιση. Η εμπειρία τόσο από το έργο της Αθήνας (παραγωγή RDF χωρίς εξασφάλιση της διάθεσης του) όσο και από αυτό της Καλαμάτας (λειτουργία μονάδας επεξεργασίας χωρίς έλεγχο εισερχομένων αποβλήτων και χωρίς ΧΥΤΑ) επιβεβαιώνουν [23]:

- Ο σχεδιασμός μιας μονάδας επεξεργασίας πρέπει να γίνεται με κριτήριο τη θέση της στο συνολικό σύστημα διαχείρισης.
- Η διάθεση των δευτερογενών προϊόντων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων πρέπει να αντιμετωπίζεται πριν την κατασκευή των σχετικών έργων, ως αναπόσπαστο τμήμα του σχεδιασμού και όχι μετά από αυτή.
- Η καλή λειτουργία μιας μονάδας επεξεργασίας αποτελεί τεχνολογικά σύνθετο έργο και προϋποθέτει σημαντική τεχνογνωσία για όλο τον κύκλο του έργου.
- Οι μονάδες επεξεργασίας, ακόμα και όταν είναι σχετικά απλές, απαιτούν τεχνογνωσία και συντονισμό υψηλού επιπέδου για μία αποτελεσματική λειτουργία, κάτι που σημαίνει ότι η λειτουργία τους με την άμεση συμμετοχή του κατασκευαστή τους (αν όχι με την ανάθεση της πλήρους λειτουργίας σε αυτόν) είναι απολύτως απαραίτητη.

Αποδεικνύεται επίσης ότι ο σχεδιασμός των μονάδων επεξεργασίας χωρίς συγκεκριμένα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία για τα απόβλητα, επομένως χωρίς την υλοποίηση ενός σχετικά ακριβούς αλλά απολύτως απαραίτητου προγράμματος μετρήσεων και αναλύσεων αποβλήτων, εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους αστοχίας.

2.1.4.4 Το κόστος της τοφής

Ο υπολογισμός του πραγματικού κόστους ταφής είναι απαραίτητος προκειμένου να αποτιμηθεί η οικονομική επιβάρυνση που φέρνει η Οδηγία 99/31 στους ΧΥΤΑ, αλλά και η σύγκριση του

κόστους ταφής με το κόστος επεξεργασίας. Αυτό που συνήθως θεωρείται ως κόστος ταφής στην Ελλάδα δεν λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ταφή, την μείωση της αξίας της γης που ο ΧΥΤΑ συνεπάγεται, αλλά ούτε καν τις απαιτήσεις πλήρους κοστολόγησης των παρεχόμενων υπηρεσιών. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι σε κανέναν ΧΥΤΑ στην Ελλάδα δεν κοστολογείται [22]:

- Το κόστος των έργων αποκατάστασης και μεταφροντίδας
- Το κόστος κατασκευής του νέου ΧΥΤΑ, που θα αντικαταστήσει τον υπάρχοντα μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής του.
- Το κόστος της ασφάλισης του έργου ή ισοδύναμης χρηματο-οικονομικής εγγύησης που πρέπει να πληρώνεται σε ετήσια βάση από το φορέα διαχείρισης.

Έχει υπολογιστεί [14] ότι το πραγματικό οικονομικό κόστος της ταφής είναι τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό που υπολογίζουν οι φορείς διαχείρισης.

Επομένως, από την άποψη της υλοποίησης της 99/31, ο σημερινός μη αντιπροσωπευτικός προσδιορισμός του κόστους ταφής οδηγεί σε αδικαιολόγητα χαμηλά τέλη ταφής, με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό φραγμό στις προσπάθειες προώθησης σχεδίων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, εφόσον η πλασματική σύγκριση του τέλους επεξεργασίας με τα τέλη ταφής που σήμερα χρεώνονται προκαλεί συχνά δέος. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές κοστολογίου μεταξύ ταφής και επεξεργασίας είναι μικρότερες από τις αρχικά εκτιμώμενες, παραμένοντας βέβαια σημαντικές.

Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 2.1-6**, το κόστος ταφής στην Ελλάδα είναι από τα χαμηλότερα στην Ευρώπη.

Πίνακας 2.1.6: Εκτιμώμενο κόστος ταφής για μη-επικίνδυνα απόβλητα σε διάφορες χώρες της ΕΕ.

Χώρα	Κόστος (€/τόνο)
Αυστρία	50-150
Βέλγιο (Φλαμανδία)	116
Δανία	110
Φινλανδία	30-121
Γερμανία	123
Ελλάδα	8-35
Ιρλανδία	120-240
Ιταλία	90-110
Λουξεμβούργο	50
Ολλανδία	58
Πορτογαλία	26
Ισπανία	12
Σουηδία	70-90
Ηνωμένο Βασίλειο	21

(Πηγή: 91)

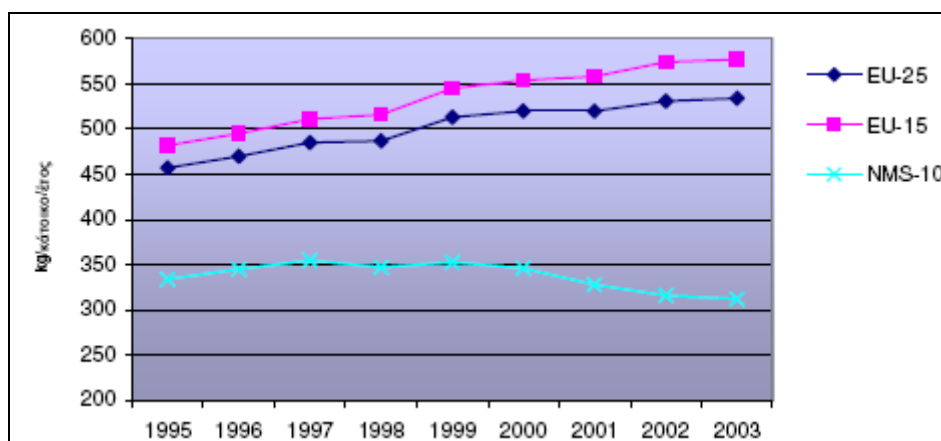
2.2 Η κατάσταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται συνοπτικά η κατάσταση της διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25, με βάση τις εκθέσεις των κρατών-μελών προς την Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και τη βάση δεδομένων της Eurostat. Τα δεδομένα της Eurostat που αφορούν τα ΑΣΑ περιλαμβάνουν τα οικιακά απόβλητα και απόβλητα από το εμπόριο (παρόμοια με τα οικιακά), τις μικρές επιχειρήσεις, τα γραφεία, τα δημόσια ιδρύματα και οργανισμούς κλπ. Οι ποσότητες και η σύνθεση των αστικών στερεών αποβλήτων διαφοροποιούνται διαχρονικά και γεωγραφικά, καθώς εξαρτώνται από τα εκάστοτε κοινωνικοοικονομικά και καταναλωτικά χαρακτηριστικά των κρατών/μελών.

2.2.1 Παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ανά κάτοικο παραγωγή των κρατών μελών της Ευρώπης των 15 είναι υψηλότερη από αυτή των νέων μελών, 577 kg/κάτοικο/έτος έναντι 312 kg/κάτοικο/έτος, στα παλαιά και τα νέα κράτη μέλη αντίστοιχα. Στο **Σχήμα 2.2-1** παρουσιάζεται η κατά κεφαλή παραγωγή των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25 από το 1995 ως το 2003.

Επίσης η κατά κεφαλή παραγωγή ΑΣΑ στα νέα κράτη-μέλη (NMS-10) παρουσιάζει μια μείωση μετά το 1999. Η συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην ΕΕ-25 αυξήθηκε κατά περίπου 2% ετησίως, από 204 εκατομμύρια τόνους (457 kg/κάτοικο/έτος) το 1995 σε 243 εκατομμύρια τόνους (534 kg/κάτοικο/έτος) το 2003.



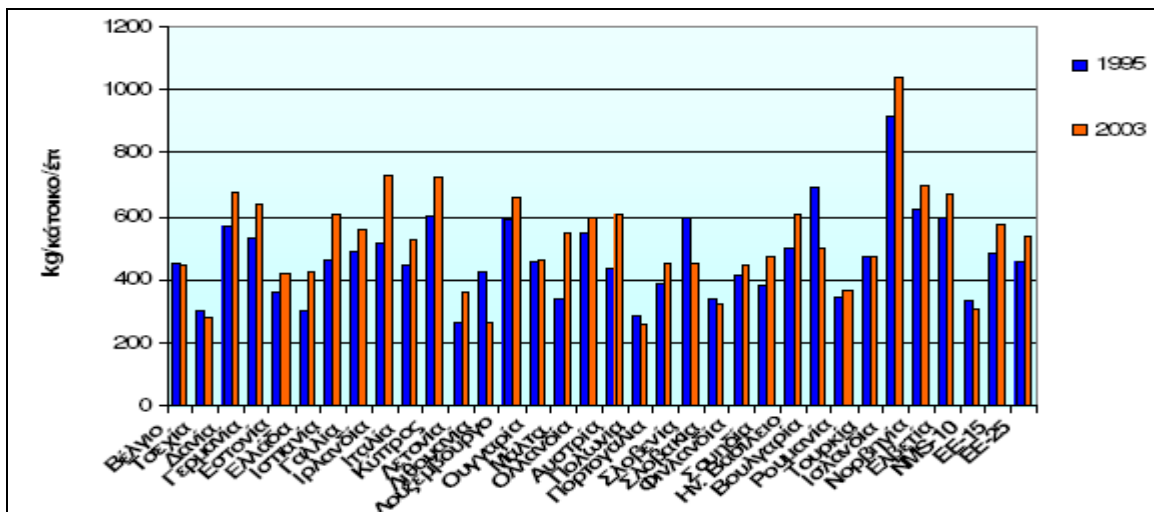
(Πηγή: 45)

Σχήμα 2.2-1: Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) κατά τα έτη 1995-2003.

Αναλυτικά για κάθε κράτος-μέλος, η συνολική παραγωγή ΑΣΑ το 2003 ποικίλλει αρκετά και κυμαίνεται από 260 kg/κάτοικο στην Πολωνία ως 1.040 kg/κάτοικο στην Ισλανδία, με μέσο όρο για την ΕΕ-15 τα 577 kg/κάτοικο (**Σχήμα 2.2 -2**). Με εξαίρεση το Βέλγιο, όλες οι χώρες της

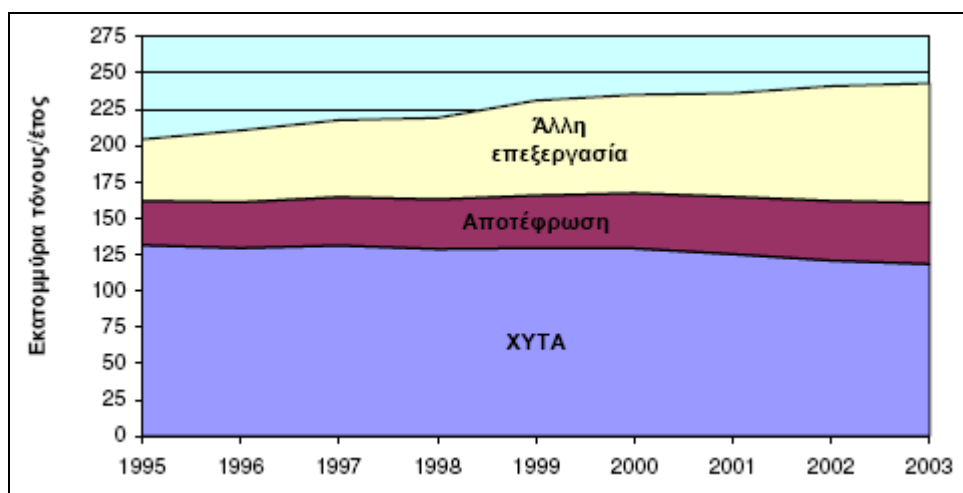
Ευρωπαϊκής Ένωσης των 15 έχουν αυξήσει την παραγωγή τους κατά την περίοδο 1995-2003. Από τα νέα κράτη μέλη, η Βουλγαρία, η Σλοβενία και η Λιθουανία έχουν μειώσει την παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων.

Ωστόσο, σημαντική είναι η διαφοροποίηση και ως προς τις μεθόδους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ΕΕ-25, όπως παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.2-3**. Παρότι η διάθεση των στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) είναι ακόμα η κύρια επιλογή, το ποσοστό της έχει μειωθεί περίπου κατά 10%, από 131,4 εκατομμύρια τόνους το 1995 σε 118,5 εκατομμύρια τόνους το 2003. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του ποσοστού των άλλων μεθόδων επεξεργασίας (ανακύκλωση και αποτέφρωση, δηλαδή θερμική επεξεργασία με ανάκτηση ενέργειας). Το 2003, το 48,8% των στερεών αποβλήτων οδηγήθηκε σε χώρους ταφής, το 17,3% σε μονάδες αποτέφρωσης και το 33,9% ανακυκλώθηκε ή δέχθηκε επεξεργασία με άλλη μέθοδο [22].



(Πηγή: 45)

Σχήμα 2.2 -2: Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) τα έτη 1995 και 2003 στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

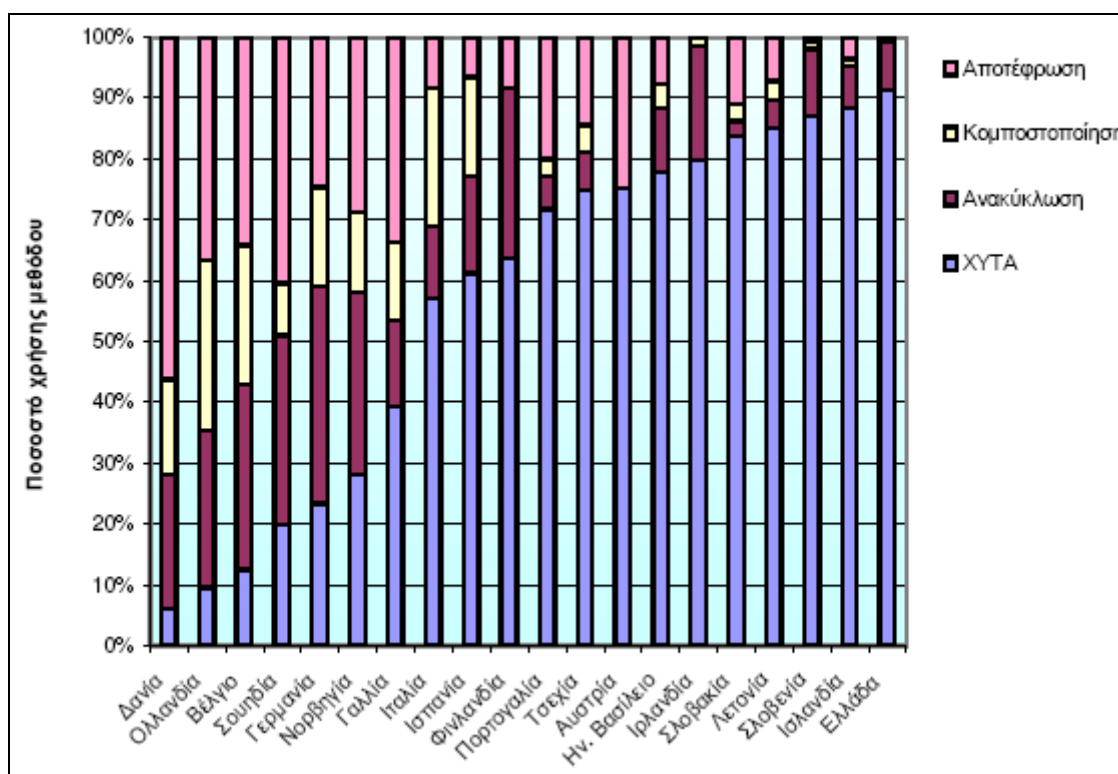


(Πηγή:48)

Σχήμα 2.2-3: Διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25 κατά τα έτη 1995 2003 (σε εκατομμύρια τόνους).

Αναλυτικότερα το ποσοστό εφαρμογής των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το 2002 παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.2-4**. Τα χαμηλότερα ποσοστά διάθεσης των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) επιτυγχάνονται από το Βέλγιο, τη Δανία και την Ολλανδία, όπου το ποσοστό δεν υπερβαίνει το 12% της παραγόμενης ποσότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαχείριση των απορριμμάτων τους στηρίζεται σε ένα συνδυασμό μεθόδων επεξεργασίας (αποτέφρωσης, ανακύκλωσης και κομποστοποίησης). Η Δανία, η Σουηδία και η Ολλανδία χρησιμοποιούν την καύση σε σημαντικό ποσοστό των αποβλήτων τους (σε ποσοστό 56, 41 και 37% αντίστοιχα) ενώ η Γερμανία (33%), η Φινλανδία (28%), και το Βέλγιο (32%) χρησιμοποιούν εκτεταμένα την ανακύκλωση (σε ποσοστό 33, 28 και 32% αντίστοιχα). Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες, η Ολλανδία, το Βέλγιο και η Ιταλία χρησιμοποιούν περισσότερο την κομποστοποίηση (σε ποσοστό 28, 22 και 24% αντίστοιχα) [48].

Αντίθετα χώρες όπως η Ελλάδα, η Ιρλανδία η Σλοβακία, η Λετονία, η Σλοβενία, και η Ισλανδία εξακολουθούν να βασίζονται σε μεγάλο ποσοστό (άνω του 80%) στην υγειονομική ταφή, με την Ελλάδα να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό (92%).

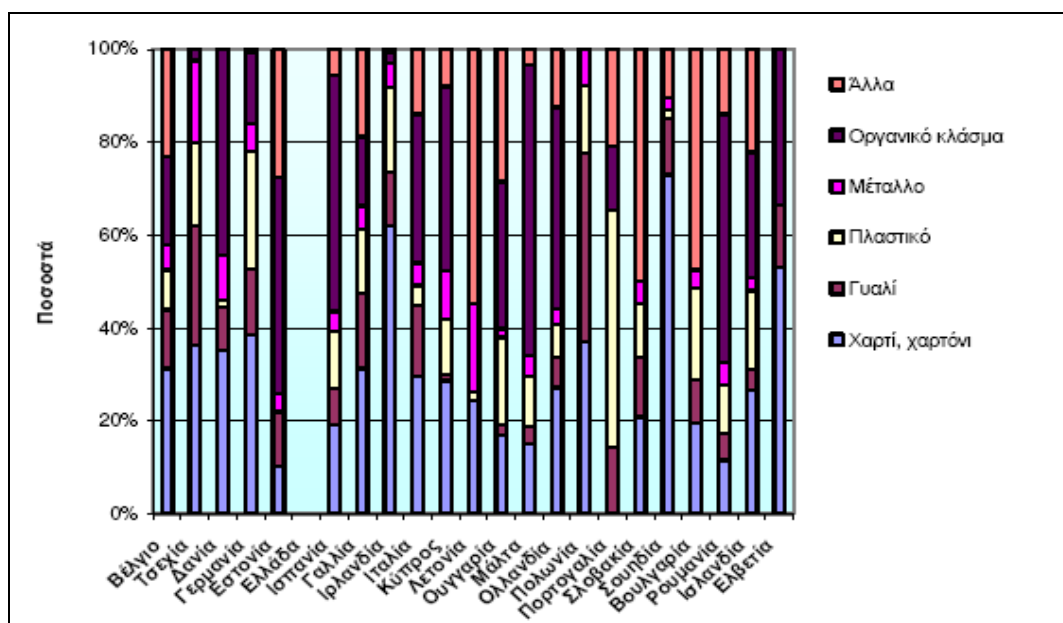


(Πηγή: 48).

Σχήμα 2.2-4: Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002.

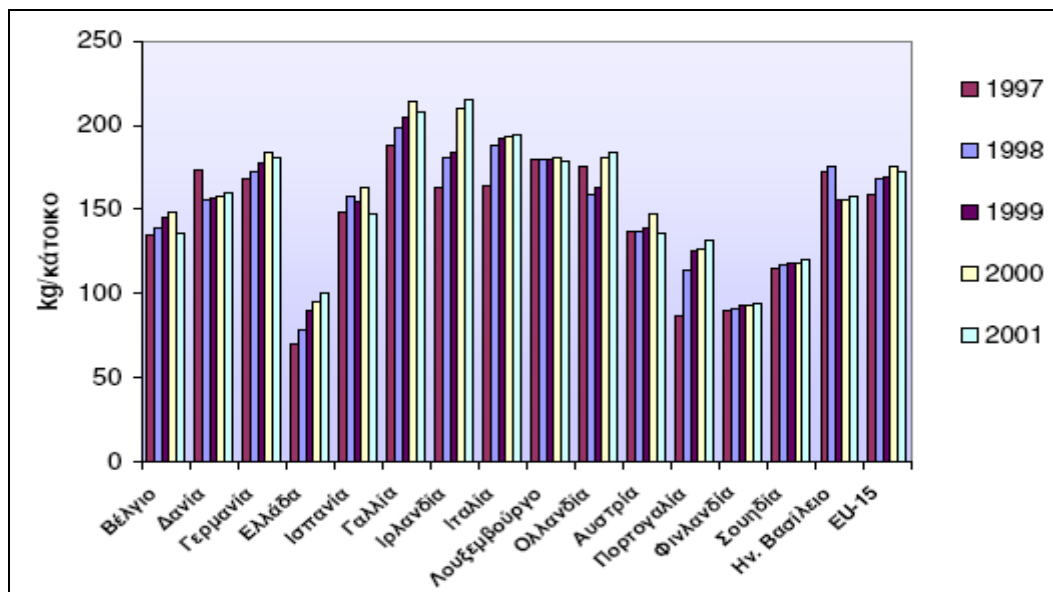
Το **Σχήμα 2.2-5**, αν και ελλιπές (δεν διατίθενται στοιχεία για όλες τις χώρες-μέλη), δίνει μια αντιπροσωπευτική εικόνα αναφορικά με τη σύνθεση των παραγόμενων απορριμμάτων στην Ευρώπη. Όπως παρατηρείται, τα οργανικά απόβλητα και το χαρτί αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων ΑΣΑ. Η Ελλάδα δεν συμπεριλαμβάνεται λόγω έλλειψης στοιχείων όπως άλλωστε επισημάνθηκε προηγουμένα. Από τη σύνθεση που προαναφέρθηκε, τα πλαστικά, το γυαλί, τα μέταλλα και το χαρτί είναι τα τέσσερα κύρια υλικά των απορριμμάτων συσκευασίας. Σύμφωνα με το **Σχήμα 2.2-6** μεταξύ 1997 και 2001, το σύνολο των απορριμμάτων συσκευασίας αυξήθηκε κατά 7% στην ΕΕ-15. Το 2000-2001 η συνολική ποσότητα μειώθηκε ελαφρώς, κυρίως λόγω μείωσης κατά 12 % στην Ισπανία [12].

Οι ποσότητες απορριμμάτων συσκευασίας (**Σχήμα 2.2-6**) διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των χωρών, σε μεγάλο βαθμό και λόγω των διαφορετικών μεθοδολογιών υπολογισμού που εφαρμόζονται. Ειδικότερα, ορισμένες χώρες αναφέρουν στοιχεία μόνο για τα τέσσερα βασικά υλικά ενώ άλλες χώρες αναφέρουν στοιχεία για όλες τις συσκευασίες, περιλαμβανομένου του ξύλου, το οποίο αυξάνει σημαντικά το συνολικό καταγραφόμενο βάρος [12, 33]. Η Ελλάδα (και η Φιλανδία) παρουσιάζει τις μικρότερες ποσότητες παραγόμενων απορριμμάτων συσκευασίας, που δεν ξεπερνούν τα 100 kg ανά κάτοικο ετησίως, με τις μεγαλύτερες όμως αυξητικές τάσεις.



(Πηγή: 48)

Σχήμα 2.2-5: Ποσοστιαία σύνθεση στερεών αποβλήτων που παράγονται σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002.



(Πηγή: 48)

Σχήμα 2.2-6: Παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας σε κιλά ανά κάτοικο στις χώρες μέλη της ΕΕ-15

Ένα αυξανόμενο ποσοστό απορριμμάτων συσκευασίας ανακτάται. Οι κύριες μορφές ανάκτησης είναι η ανακύκλωση και η αποτέφρωση για την παραγωγή ενέργειας (Σχήμα 2-12). Το ποσοστό των απορριμμάτων συσκευασίας που ανακυκλώνεται από 46% (27.164.000 τόνους) το 1997 αυξήθηκε στο 53% (36.384.000 τόνους) ενώ το ποσοστό διάθεσης μειώθηκε από το 47% (28.515.000 τόνους) στο 40% (25.740.000 τόνους).

3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

3.1.1 Γενικές αρχές και στοιχεία των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων

Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων αποτελεί μία ολοκληρωμένη, οικονομική, συμβατή με τον εθνικό σχεδιασμό και περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδο διαχείρισης των απορριμμάτων (50% των παγκοσμίως παραγόμενων απορριμμάτων διατίθεται με αυτόν τον τρόπο). Ωστόσο, η λειτουργικότητα των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) εξαρτάται από τα κάτωθι [3]:

- Την ικανή έκταση για να καλύψει τις ανάγκες σε ορισμένο χρονικό διάστημα.
- Την εύκολη πρόσβαση.
- Τη μικρή απόσταση από τον τόπο παραγωγής και αντιστοίχως συλλογής των απορριμμάτων.
- Την πρόσβαση σε δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος και υδρευτικό δίκτυο.
- Την ύπαρξη υδροφόρων οριζόντων.
- Την ύπαρξη σε μικρή απόσταση υλικού κατάλληλου για επικάλυψη.
- Την καταλληλότητα της τοπογραφίας και την ευστάθεια των πρανών.
- Τις καλές γεωτεχνικές ιδιότητες του χώρου.
- Την τεκτονική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής.
- Τη σεισμικότητα.
- Την πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρικών απορροών.

Σε συνέχεια των παραπάνω, η σωστή εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί τα εξής [4]:

- Χωροθέτηση κατάλληλου χώρου.
- Καθημερινή συμπίεση και επικάλυψη των αποτιθέμενων απορριμμάτων.
- Έλεγχο και συλλογή του παραγόμενου στραγγίσματος.
- Απομάκρυνση του παραγόμενου βιοαέριου.
- Αποκατάσταση του χώρου μετά το τέλος των εργασιών απόθεσης (~25 έτη).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τους ΧΥΤΑ σχετίζονται με τα ακόλουθα [22]:

- Παραγωγή διασταλαζόντων υγρών και πιθανή ρύπανση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων και του εδάφους.
- Ρύπανση επιφανειακών νερών.
- Εκπομπή αερίων (CH₄, CO₂, SO₂, NH₃, H₂S κ.ά).

- Εμφάνιση διαφόρων ζωικών ειδών (ποντίκια, έντομα, πτηνά).
- Επιπτώσεις στην πανίδα και ειδικά σε ευαίσθητα φυτά και δένδρα.
- Αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος και αισθητική όχληση.
- Δυσοσμία, σκόνη, διασπορά μικρών αντικειμένων με τον άνεμο.
- Θόρυβοι από τη λειτουργία μηχανημάτων μεταφοράς και συμπίεσης.
- Κίνδυνοι ανάφλεξης.
- Κίνδυνος κατολίσθησης.
- Κίνδυνος καθίζησης και διάβρωσης του υλικού επικάλυψης.

Για να κατανοηθούν οι μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον αναφέρουμε ότι, η αυτανάφλεξη της χωματερής στην περιοχή Ταγαράδων Θεσσαλονίκης τον Ιούλιο του 2006, είχε ως αποτέλεσμα την εκπομπή διοξινών στο περιβάλλον, που ανιχνεύθηκαν στο έδαφος και τα ζώα σε απόσταση 3-5km για χρονικό διάστημα 10-15 ημερών.

3.1.2 Νομικό καθεστώς των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων

Η διαδικασία έγκρισης και έκδοσης άδειας λειτουργίας ΧΥΤΑ καθορίζεται από την υφιστάμενη νομοθεσία και είναι η κάτωθι:

- Καταγραφή των υποψήφιων χώρων.
- Συγκρότηση από τον Νομάρχη γνωμοδοτικής επιτροπής.
- Σύνταξη μελέτης προέγκρισης χωροθέτησης.
- Εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).
- Απόφαση έγκρισης μελέτης περιβαλλοντικών όρων.
- Εκπόνησης τεχνικής μελέτης κατασκευής.
- Κατασκευή του ΧΥΤΑ και άδεια λειτουργίας.

Η κοινοτική οδηγία 1991/156/EU θέτει τις βάσεις για την αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων, δίνοντας έμφαση στη μείωση αυτών στην πηγή παραγωγής και στην υγειονομική ταφή. Η οδηγία 99/31/EU θέτει τα «τεχνικά πρότυπα υγειονομικής ταφής» για όλη τη διάρκεια ζωής ενός ΧΥΤΑ.

Η ελληνική νομοθεσία που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, καθώς και τα κριτήρια επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων καθορίζεται από τις:

1. ΚΥΑ 50910/2727 (ΦΕΚ 1909/22-12-2003) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης». Περιλαμβάνει τις κατηγορίες αποβλήτων και τις τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης των περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

2. ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572B/16-12-2002) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων».
3. ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016 Β/17-11-97) «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων». Περιλαμβάνει το πλαίσιο τεχνικών προδιαγραφών διαχείρισης στερεών αποβλήτων, τους όρους και τα κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων.
4. ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 358B'/17-5-1996) «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την οδηγία 75/422/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1975». Ορίζει τις διαδικασίες για την έγκριση της λειτουργίας ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων.
5. ΚΥΑ 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678B'/25-10-1990) «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μ.Π.Ε. και λοιπές συναφείς διατάξεις σύμφωνα με τον Ν.1650/1986». Αναφέρεται στις Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σε ΧΥΤΑ.
6. Νόμος 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α'/18-10-86) «Για την προστασία του περιβάλλοντος».

Σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων δεν γίνονται δεκτά τα ακόλουθα απόβλητα:

- Υγρά απόβλητα.
- Απόβλητα που είναι διαβρωτικά, εκρηκτικά, οξειδωτικά ή εύφλεκτα.
- Απόβλητα νοσοκομείων και συναφή που είναι μολυσματικά.
- Ολόκληρα ή τεμαχισμένα μεταχειρισμένα ελαστικά αυτοκινήτων.
- Απόβλητα που εκπέμπουν ενοχλητικές οσμές.
- Χημικά απόβλητα που έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνα.

Πρέπει να τονιστεί ότι σύμφωνα με την νομοθεσία που διέπει τη διαχείριση των αποβλήτων, επιβάλλεται ο περιορισμός τόσο της ποσότητας όσο και του επικίνδυνου χαρακτήρα των απορριμμάτων που προορίζονται για υγειονομική ταφή. Οι πρόσφατες προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης επιτάσσουν τον διαχωρισμό και την ειδική επεξεργασία των επικίνδυνων απορριμμάτων όπως, τα ραδιενεργά, τα νοσοκομειακά, τα ελαστικά αυτοκινήτων, οι μπαταρίες, τοξικά στερεά απόβλητα, κ.ά.. Επίσης η οδηγία 199/31/ΕΚ της Ε.Ε. επιτάσσει ότι στους ΧΥΤΑ θα πραγματοποιείται διάθεση μόνο των αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία. Τα επικίνδυνα απόβλητα και τα αδρανή διατίθενται σε ειδικούς χώρους.

Κάθε χώρος υγειονομικής ταφής αποβλήτων κατατάσσεται σε: ΧΥΤ μη επικίνδυνων αποβλήτων, ΧΥΤ επικίνδυνων αποβλήτων και ΧΥΤ αδρανών.

Στον **Πίνακα 3.1-1** που παρατίθεται στην συνέχεια παρουσιάζονται τα κριτήρια για την επιλογή θέσεων ΧΥΤΑ.

Πίνακας 3.1-1: Κριτήρια επιλογής θέσεων ΧΥΤΑ.

Περιοριστικός παράγοντας	Αποκλεισμός ή σοβαρός περιορισμός	Μέτριος περιορισμός	Καθόλου ή μικρός περιορισμός
Κλίση πρανών	>15%	3-15%	< 3%
Επιφανειακές αποθέσεις	Καθαρό αμμοχάλικο οργανική άργιλος	Αμμοχάλικο αναμειγμένο με ιλύ, πάχους <15 m	Ιλύες, άργιλοι
Βάθος υποβάθρου	< 3,5 m	3,5-15 m	> 15 m
Πέτρωμα υποβάθρου	Καρστικά ανθρακικά πετρώματα	Ψαμμίτες ασβεστιτικοί χονδρόκοκκοι	
Πάχος ακόρεστης ζώνης	< 3,5 m	3,5- 7,5 m	> 7,5 m
Απόσταση από:			
Περιοχή υδροληψίας	< 15m	15-350 m	> 350 m
Οριο πλημμύρας κοιλάδας	100 m	100-350 m	>350 m
Υδρόρευμα	100 m	100-350 m >	350 m
Λίμνη	<350 m	-	>350 m
Οδικό δίκτυο	<350 m	-	>350 m
Υγροβιότοπος	<15 m	-	-
Αεροδρόμια	≤3.000 m ή 1500 m	-	-

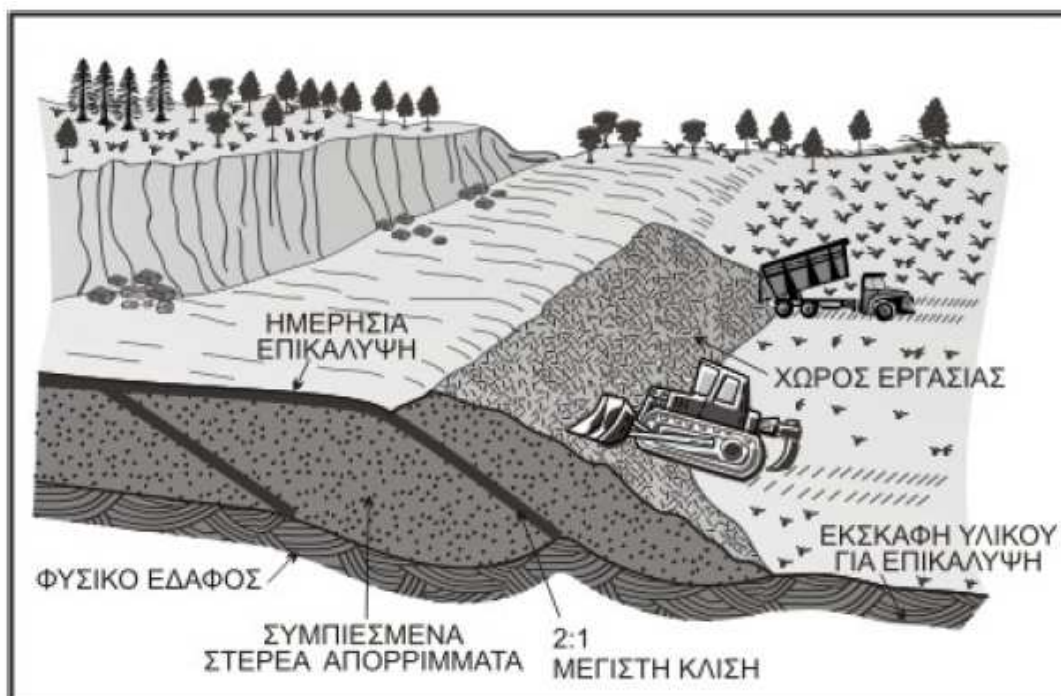
(Πηγή: 17)

3.1.3 Δομή και τρόποι απόθεσης στους ΧΥΤΑ

Η απόθεση των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ γίνεται σε μορφή στρώσεων, οι οποίες συμπιέζονται με τη βοήθεια μηχανημάτων. Κάθε στρώση (ταμπάνι) χωρίζεται σε κελιά (κύτταρα) ημερησίας επικάλυψης, δηλαδή τμήματα στα οποία αποτίθενται η ημερήσια ποσότητα των απορριμμάτων που φθάνουν στον ΧΥΤΑ και στο τέλος της ημέρας επικαλύπτεται με λεπτό στρώμα υλικού για την προστασία από αυτοανάφλεξη, περιορισμό της δυσσομίας, της διείσδυσης νερού και της παρουσίας εντόμων. Το πάχος της ημερησίας επικάλυψης είναι περίπου 0,15m με υλικό αμμώδες ή αμμοχαλικώδες [42].

Διακρίνονται τρεις τρόποι απόθεσης απορριμμάτων [2]:

1) Μέθοδος σε επίπεδες περιοχές. Εφαρμόζεται σε χώρο με επίπεδη μορφολογία. Τα απορρίμματα απλώνονται σε λεπτές λωρίδες και επάλληλα στρώματα και συμπαγοποιούνται. Η απόθεση των απορριμμάτων συνεχίζεται μέχρι το επιθυμητό ύψος του κελιού. Στο τέλος κάθε ημέρας το κελί καλύπτεται με υλικό προσωρινής επικάλυψης (γαιώδη υλικά, πάχους 15 cm). Αν δεν υπάρχουν στην περιοχή δανειοθάλαμοι για υλικό επικάλυψης, τότε εφαρμόζεται μια παραλλαγή της μεθόδου, η μέθοδος της ράμπας (Σχήμα 3.1-1). Στη μέθοδο αυτή ως υλικό επικάλυψης χρησιμοποιείται το υλικό εκσκαφής που λαμβάνεται από τη βάση του επόμενου κελιού. Το μέγιστο ύψος του απορριμματικού ανάγλυφου πρέπει να είναι <20m.



Σχήμα 3.1-1: Μέθοδος απόθεσης με τη μέθοδο της ράμπας [2].

2) Μέθοδος τάφρων. Εφαρμόζεται σε περιοχές όπου υπάρχει μεγάλο πάχος υλικού επικάλυψης, κάτω από το χώρο απόθεσης και υψηλός υδροφόρος ορίζοντας. Η απόθεση των απορριμμάτων

γίνεται μέσα σε τάφρους. Η έναρξη γίνεται με εκσκαφή της πρώτης τάφρου με το υλικό εκσκαφής της οποίας κατασκευάζεται επίχωμα στην πλευρά αντίθετα από το μέτωπο προχώρησης της απόθεσης. Μετά την ολοκλήρωση της απόθεσης στην πρώτη τάφρο, ως υλικό επικάλυψης χρησιμοποιείται το υλικό εκσκαφής της επόμενης τάφρου.

3) Μέθοδος τοπογραφικών ταπεινώσεων. Ενδείκνυται για περιοχές τοπογραφικών ταπεινώσεων όπως, φαράγγια, λατομεία, ρέματα κ.λπ. Ως υλικά επικάλυψης χρησιμοποιούνται υλικά από τα φυσικά πρηνή της περιοχής με αποτέλεσμα και την επιθυμητή ελάττωση των κλίσεων. Σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής παίζει η επιφανειακή αποστράγγιση και η παροχέτευση των επιφανειακών απορροών. Επισημαίνεται η ανάγκη περιφράξης του ΧΥΤΑ με γαλβανισμένους από μορφοσίδηρο πασσάλους, ύψους τουλάχιστον 2,5 m από το έδαφος, σε απόσταση μεταξύ τους 3 m, στερεωμένους σε μπετόν και συρματόπλεγμα με αντηρίδα. Για λόγους οπτικής και ηχητικής απομόνωσης του ΧΥΤΑ κατασκευάζεται εσωτερικά της περιφράξης περιμετρική δενδροφύτευση. Επιπλέον σε ΧΥΤΑ που γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις κατασκευάζεται και αντιπυρική ζώνη ελάχιστου πλάτους 8 m και γίνεται εξοπλισμός με δεξαμενές πυρόσβεσης, συσκευών πυρόσβεσης και αποθήκες εδαφικού υλικού.

Σε κάθε ΧΥΤΑ προβλέπεται οι εξής εγκαταστάσεις:

- Χώρος αναμονής απορριμματοφόρων.
- Ζυγιστήριο.
- Χώρος εκφόρτωσης για δειγματοληψία (οπτικός-μακροσκοπικός έλεγχος).
- Εγκατάσταση έκπλυσης των τροχών των απορριμματοφόρων.
- Οικίσκος ελέγχου.
- Αποθήκη υλικών απαραίτητων για την ασφαλή λειτουργία του ΧΥΤΑ.

Εντός του ΧΥΤΑ κι ανάλογα με το μέγεθός του μπορούν να κατασκευασθούν:

- Συνεργείο για συντήρηση και επισκευή των οχημάτων.
- Χώρος καθαρισμού των οχημάτων και μηχανημάτων.
- Τάφρος με ανυψωτικό μηχανισμό.

3.1.4 Παρουσίαση του ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμάτων περιφέρειας (ΟΣΔΑ) Δυτικής Μακεδονίας

3.1.4.1 Περιγραφή μεθόδου διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στη Δυτική Μακεδονία.

Στην παρούσα φάση λειτουργίας του το ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας αποτελείται από τον περιφερειακό ΧΥΤΑ και το δίκτυο τοπικών μονάδων διαχείρισης απορριμμάτων εντός των οποίων έχουν ήδη κατασκευαστεί οι υποδομές μεταφόρτωσης.

Συγκεκριμένα, η ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε. υλοποιεί τη μεταφόρτωση και την υγειονομική ταφή των αστικών – οικιακών στερεών αποβλήτων των 61 ΟΤΑ της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράφεται στις ακόλουθες παραγράφους [9,82].

Μεταφόρτωση: Τα απορριμματοφόρα κατά την είσοδο τους στους σταθμούς μεταφόρτωσης (Σχήμα 3.1-2), ζυγίζονται και στη συνέχεια αδειάζουν το περιεχόμενο τους εντός των ημιρυμουλκούμενων οχημάτων μέσω των χοανών φόρτωσης, οι οποίες πλένονται σε καθημερινή βάση μετά το τέλος της ημερήσιας βάρδιας. Οι ΣΜΑ είναι κινητοί σταθμοί, δηλαδή η «συσκευασία» των απορριμμάτων γίνεται χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων συμπίεσης, αλλά με την απ' ευθείας εκφόρτωση και συμπίεση τους σε ειδικά ημιρυμουλκούμενα οχήματα (συρμοί) τα οποία φέρουν ενσωματωμένο σύστημα συμπίεσης. Οι συρμοί μεταφόρτωσης τοποθετούνται σε σημείο τέτοιο ώστε η θύρα φόρτωσης, η οποία βρίσκεται στην οροφή της υπερκατασκευής, να βρίσκεται ακριβώς κάτω από την χοάνη. Έτσι, τα απορριμματοφόρα μπορούν να αδειάζουν συνεχώς τα απορρίμματα μέσα στην χοάνη, αφού ο μηχανισμός συμπίεσης είναι τέτοιος ώστε η φόρτωση να είναι συνεχής. Σε κάθε εξερχόμενο όχημα παραδίδεται το απόκομμα του ζυγολογίου σε χειρόγραφη ή ηλεκτρονική μορφή, το οποίο υπογράφει ότι παρέλαβε ο οδηγός του απορριμματοφόρου.



(Πηγή: 82)

Σχήμα 3.1-2 Σταθμός μεταφόρτωσης.

Δίκτυο Μεταφόρτωσης: Η συγκέντρωση του συνόλου των απορριμμάτων που παράγονται στην Περιφέρεια πραγματοποιείται σε μια κεντροβαρική θέση, στην οποία χωροθετούνται οι Κεντρικές Εγκαταστάσεις Ολοκληρωμένης Διαχείρισης του Συστήματος (Μονάδα Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης και Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων). Οι ανάγκες σε τοπικό επίπεδο καλύπτονται από τις τοπικές μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων (ΤΜΔΑ), ένα δίκτυο εννέα εγκαταστάσεων όπου χωροθετούνται οι υποδομές μεταφόρτωσης (σταθμοί μεταφόρτωσης απορριμμάτων, ΣΜΑ) και ανακύκλωσης (τοπικά κέντρα ανακύκλωσης, ΤΚΑ), μέσω των οποίων το σύνολο των απορριμμάτων μεταφέρεται στις κεντρικές εγκαταστάσεις ολοκληρωμένης διαχείρισης. Οι εννέα ΣΜΑ κατανέμονται σε τρία υπερτοπικά συστήματα μεταφόρτωσης, καθένα από τα οποία λειτουργεί με κέντρο ένα κόμβο ΣΜΑ (Κοζάνη, Πτολεμαΐδα, Καστοριά). Οι κομβικοί ΣΜΑ είναι έδρες του κινητού εξοπλισμού μεταφόρτωσης και των κατά τόπους οδηγών και τρακτόρων, καθώς και βάσεις εξυπηρέτησης των υπόλοιπων έξι εγκαταστάσεων (Σέρβια, Σιάτιστα, Τσοτύλι, Γρεβενά, Φλώρινα, Αμύνταιο, Γρεβενά,) οι οποίες χαρακτηρίζονται ως δορυφορικές των κομβικών ΣΜΑ.. Στο **Σχήμα 3.1-3** δίδεται η χωροθέτηση των πάγιων υποδομών του ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας.

Για τις ανάγκες του συστήματος μεταφόρτωσης της Δυτικής Μακεδονίας, η ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε. διαθέτει (με χρηματοδότηση από το Ταμείο Συνοχής II) 24 ημιρυμουλκούμενα οχήματα με ενσωματωμένο σύστημα αυτοσυμπίεσης των 56 m³ και 14 τράκτορες για την μεταφορά των συρμών αυτών από τους σταθμούς μεταφόρτωσης στον ΧΥΤΑ και αντίστροφα. Επιπλέον, διαθέτει 2 οχήματα μεταφοράς κιβωταμάξων με ενσωματωμένη υπερκατασκευή τύπου γάντζου και 5 κλειστά containers 50 m³ για τη μεταφόρτωση των ΑΣΑ στο ΣΜΑ Κοζάνης ο οποίος διαθέτει σταθερή πρέσα.



(Πηγή: 82)

Σχήμα 3.1-3: Χωροθέτηση πάγιων υποδομών ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας.

Μεταφορά: Μετά την διαδικασία μεταφόρτωσης, τα containers (ή ημιρυμουλκούμενα) (Σχήμα 3.1-4), φορτώνονται σε ελκυστήρες με σύστημα συρμού οχημάτων για τη μεταφορά και εναπόθεση των απορριμμάτων στο χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) Δυτικής Μακεδονίας. Οι συρμοί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ενός μόνο container, αποσπώμενου εκ του πλαισίου, χωρητικότητας 56 m³, με ενσωματωμένο σύστημα συμπίεσης και μηχανισμό οριζόντιας εξώθησης του φορτίου, μέσω υδραυλικού τηλεσκοπικού κυλίνδρου με φορείο πλάκας εξώθησης.



(Πηγή: 82)

Σχήμα 3.1-4: Container μεταφοράς απορριμμάτων.

Διάθεση: Όλα τα απορρίμματα που εισέρχονται στο χώρο ταφής υφίστανται την διαδικασία της ζύγισης, η οποία περιλαμβάνει τη ζύγιση πριν την απόρριψη και την αυτόματη εξαγωγή του καθαρού βάρους (έχοντας καταγραφμένο το απόβαρο στη μονάδα ζύγισης). Έκαστο φορτίο αποβλήτων που παραδίδεται στο ΧΥΤΑ ελέγχεται οπτικά πριν και μετά την εκφόρτωση. Παράλληλα ελέγχονται τα προβλεπόμενα συνοδευτικά έγγραφα.

Η επιλεγείσα μέθοδος τελικής διάθεσης είναι η «Υγειονομική Ταφή» που νοείται σαν η διαδικασία με την οποία τα απορρίμματα που μεταφέρονται για διάθεση διαστρώνονται σε στρώσεις, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο υλικό επικάλυψης. Αρχικά, οι συρμοί προσεγγίζουν μέσω του εσωτερικού δρομολογίου το μέτωπο εργασίας στο οποίο εκφορτώνουν τα απορρίμματα. Το συμπιεστικό μηχάνημα (compactor) τα προωθεί προς το πρανές – από κάτω προς τα πάνω – και κατόπιν τα επικαλύπτει με χώμα το οποίο μεταφέρεται με τον φορτωτή από διπλανό χώρο στον οποίο βρίσκεται προσωρινά αποθηκευμένο. Κατά την επικάλυψη διαμορφώνεται και η ανάλογη κλίση που απαιτείται για την πορεία των εργασιών. Η νέο- δημιουργηθείσα επιφάνεια αποτελεί το επίπεδο στο οποίο εκφορτώνονται τα νέα προσκομιζόμενα απορρίμματα για να ακολουθήσει πάλι η ίδια διαδικασία.

Η κάλυψη των απορριμμάτων γίνεται καθημερινά, με εξαίρεση το μέτωπο πρανές το οποίο καλύπτεται στο τέλος της εβδομάδας, επειδή αυτής της διάρκειας έκθεση των απορριμμάτων δεν έχει επιπτώσεις στην λειτουργική εμφάνιση του ΧΥΤΑ. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται «ταμπάνια» μέσα στο προκαθορισμένο Α κύτταρο του ΧΥΤΑ.

3.1.4.2 Περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας

Ο ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας, η λειτουργία του οποίου ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2005, δημοπρατήθηκε τον Απρίλιο του 2002 και η κατασκευή του (η οποία ξεκίνησε στα μέσα του 2003) ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2005. Το κόστος κατασκευής του ανήλθε στα 3,4 εκατ. ευρώ και καλύφθηκε εξ' ολοκλήρου από το Ταμείο Συνοχής ΙΙ. Στα έργα υποδομής συμπεριλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις της βιολογικής επεξεργασίας των στραγγισμάτων, το στεγανοποιημένο κύτταρο χωρητικότητας 600.000 m³., το σύστημα ελεγχόμενης καύσης του βιοαερίου, τα έργα διαχείρισης των όμβριων, η αντιπυρική ζώνη, οι κτιριακές υποδομές στην είσοδο του συγκροτήματος (κτίριο διοίκησης, ζυγιστήριο, συνεργείο βαρέων οχημάτων, σταθμός ανεφοδιασμού καυσίμων), το εσωτερικό οδικό δίκτυο κλπ.

Εντούτοις, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΙΑΔΥΜΑ ΑΕ το επενδυτικό κόστος για το ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας ανήλθε σε 19,5 εκατ. €. Πιο συγκεκριμένα, το επενδυτικό κόστος ανήλθε στα 2,5 εκατ. € για τις υποδομές μεταφόρτωσης, στα 5 εκατ. € για την κατασκευή του ΧΥΤΑ (με την αποπεράτωση του δεύτερου κυττάρου τον Δεκέμβριο του 2006) και στα 12 εκατ. € για προμήθειες εξοπλισμού.

Ο Περιφερειακός ΧΥΤΑ, δυναμικότητας 120.000 tn/έτος, πρόκειται να καλύψει τις ανάγκες των εξήντα ένα ΟΤΑ της Δυτικής Μακεδονίας για περίπου 15 χρόνια, καθώς η λειτουργία της μονάδας μηχανικής επεξεργασίας και αξιοποίησης αναμένεται να επιμηκύνει τη διάρκεια χρήσης του μέχρι το 2020, τουλάχιστον [9,82].

Ο ΧΥΤΑ χωροθετείται εντός του λιγνιτικού κέντρου Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, μέσα στο νότιο πεδίο (πλησίον του οικισμού Κόμανου). Η συνολική έκτασή του είναι 327.000 m²., ενώ η εναπόθεση των απορριμμάτων γίνεται σε δύο ορθογωνικές λεκάνες με τη μέθοδο των κυψελών. Όπως προαναφέρθηκε, η διάρκεια ζωής των δύο κυττάρων εκτιμάται σε 15 χρόνια (με δεδομένη τη λειτουργία της μονάδας μηχανικής επεξεργασίας & αξιοποίησης - ΜΕΑ των ΑΣΑ). Η εναπόθεση απορριμμάτων θα συνεχιστεί και πέραν της στάθμης του φυσικού εδάφους, υπό λοφώδη μορφή κατά 10 m περίπου. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός του ΧΥΤΑ δίνει τη δυνατότητα ενοποίησης των δύο κυττάρων, όσο και την περαιτέρω καθ' ύψος (μέχρι 10-12 m) ανάπτυξή του. Η συνολική χωρητικότητα του ΧΥΤΑ (Α & Β κύτταρο) προσδιορίζεται σε 1.300.000 m³ απορριμμάτων, ενώ η χωρητικότητα του Α κυττάρου είναι περίπου 520.000 m³. Χωρίς τη λειτουργία της ΜΕΑ, εκτιμάται ότι η διάρκεια ζωής των δυο κυττάρων θα είναι περίπου 8 χρόνια [9,82].

Για τη λειτουργία του ΧΥΤΑ, η ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε. διαθέτει 2 συμπιεστές απορριμμάτων, 1 ερπυστριοφόρο φορτωτή και 1 τριαξονικό φορτηγό. Η μονάδα ΜΕΑ, ετήσιας δυναμικότητας 150.000 τόνων, συμβάλει στην μεγιστοποίηση της ανάκτησης ανακυκλώσιμων υλικών και στον υπερδιπλασιασμό της διάρκειας χρήσης του ΧΥΤΑ.

Συνοπτικά ο Περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας (Σχήμα 3.1-5) αποτελείται από τα κάτωθι [82]:

- Τα δύο κύτταρα υγειονομικής ταφής.
- Την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Στραγγισμάτων.
- Τη μονάδα καύσης βιοαερίου.
- Τις βοηθητικές εγκαταστάσεις (κτίριο διοίκησης, ζυγιστήριο, συνεργείο συντήρησης).



(Πηγή: 82)

Σχήμα 3.1-5 Περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας.

3.2 Μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα. Στην κατηγορία αυτή ανήκει μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων, πολλά στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Επιπλέον, σε ότι αφορά τα μη βιοαποδομήσιμα υλικά που εισέρχονται σε μια μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, αυτά θα ληφθούν αναλλοίωτα στην έξοδό της. Αναφορικά με αστικά απόβλητα τέτοια υλικά περιλαμβάνουν προσμείξεις ξένων σωμάτων (γυαλί και πλαστικό φιλμ) καθώς και μη βιοαποδομήσιμους ρύπους, μη ορατούς μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, που ανιχνεύονται όμως στο τελικό προϊόν, υποβαθμίζοντας την αξία του και περιορίζοντας τις δυνατότητες χρήσης του [84].

Διακρίνονται δύο βασικές μορφές βιοεπεξεργασίας οργανικών αποβλήτων [22]:

- η **κομποστοποίηση** (αερόβια, θερμοφιλή βιο-οξειδωση), η οποία οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου εδαφοβελτιωτικού, το κομπόστ, και
- η **αναερόβια χώνευση**, η οποία οδηγεί στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου υπολείμματος, το οποίο μετά από περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση μπορεί να μετατραπεί σε κομποστ και να έχει ανάλογες χρήσεις.

Και οι δύο παραπάνω μέθοδοι βιοεπεξεργασίας βασίζονται στη δράση μικροοργανισμών. Πρόκειται λοιπόν για βιολογικά συστήματα, τα οποία ρυθμίζονται από κάποιες βιολογικές αρχές που καθορίζουν το μέγιστο δυνατό ρυθμό αναπαραγωγής των μικροοργανισμών και διάσπασης των αποβλήτων [58].

Η δυνατότητα επιστροφής των οργανικών υλικών στο έδαφος αποτελεί το βασικότερο πλεονέκτημα των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας. Ωστόσο, απαραίτητη προϋπόθεση για την αξιοποίηση του οργανικού μέρους των αποβλήτων είναι η τήρηση υψηλών ποιοτικών προδιαγραφών που να διασφαλίζουν τόσο την ανθρώπινη υγεία όσο και την προστασία του περιβάλλοντος [21].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι δυο βασικές μορφές βιοεπεξεργασίας οργανικών αποβλήτων.

3.2.1 Κομποστοποίηση

Κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη (ως προς τον αερισμό, την υγρασία, το λόγο C/N, το pH και τη θερμοκρασία), αερόβια, βιολογική, οξειδωτική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, η οποία λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμοφιλής περιοχής. Κύρια προϊόντα της κομποστοποίησης είναι το νερό, το

CO₂, αλλά κυρίως το κομποστ (compost), το οποίο είναι ένα πλούσιο σε οργανική ουσία υλικό, με υψηλό χουμικό περιεχόμενο [75].

Το compost, εφόσον πληροί τις προβλεπόμενες από τη νομοθεσία ποιοτικές προδιαγραφές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό, κυρίως για αμμώδη, αργιλώδη, όξινα, πορώδη και ασβεστώδη εδάφη, ή ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοφίλτρο, ηχομονωτικό υλικό, για αναπλάσεις τοπίων, για αποκατάσταση λατομείων, για έλεγχο της διάβρωσης πρανών, κ.λ.π. Τέλος, αν δεν προβλέπεται άλλη χρήση για το compost, τότε αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ημερήσιων κελιών του ΧΥΤΑ, οπότε και δεν έχει σημασία η ποιότητά του, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται και μείωση των ποσοτήτων ΑΣΑ που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ [59].

Τα συστήματα κομποστοποίησης διακρίνονται σε ανοιχτά (βραδείας βιοαποδόμησης), κλειστά (ταχείας βιοαποδόμησης) και σε μεικτά [25].

Στα ανοιχτά συστήματα η κομποστοποίηση πραγματοποιείται στην ύπαιθρο ή σε ημικλειστά κτίρια. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από τον τρόπο αερισμού του υποστρώματος και διακρίνονται σε συστήματα με [22, 25]:

- **Δυναμικές συνθήκες αερισμού.** Στην περίπτωση δυναμικού αερισμού έχουμε είτε εμφύσηση αέρα, είτε αναρρόφηση, ή εναλλαγή των δύο.
- **Στατικές συνθήκες αερισμού.** Εδώ ο αερισμός γίνεται με προδιαγεγραμμένη περιοδική ανάδευση του υποστρώματος, το οποίο έχει τοποθετηθεί σε διάφορους γεωμετρικούς σχηματισμούς ύψους μέχρι 2,5 m, σε κανάλια ή ελεύθερα. Ο επιλεγόμενος σχηματισμός εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, το σύστημα ανάδευσης καθώς και τη συχνότητα ανάδευσης. Ο αναγκαίος χρόνος παραμονής κυμαίνεται από 3-4 εβδομάδες, ενώ για την ωρίμανση χρειάζονται επιπλέον 4-6 εβδομάδες.

Στα κλειστά συστήματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από δυναμικό αερισμό, με ή χωρίς ανάδευση, επιτυγχάνεται η ταχύτερη βιοχημική σταθεροποίηση του οργανικού υλικού, η καλύτερη ποιότητα των χαρακτηριστικών του, ενώ παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου και περιορισμού των οσμών. Στα συστήματα αυτά ο αναγκαίος χρόνος παραμονής ποικίλει ανάλογα με την τεχνολογία από 7-14 ημέρες, ενώ για την ωρίμανση χρειάζονται 4-12 εβδομάδες [22, 25].

Οι βασικοί τύποι κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης είναι [43]:

- οι κάθετοι αντιδραστήρες, οι οποίοι είτε αποτελούνται από ένα συνεχές κάθετο σύστημα χωρίς ανάδευση, είτε ένα κάθετο σύστημα με εσωτερικό αναδευτήρα
- τα οριζόντια συστήματα, στα οποία η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε 15-30 ημέρες περίπου και διακρίνονται σε εγκιβωτισμένα συστήματα, σε δεξαμενές, σε τράπεζες κομποστοποίησης ή σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους.

Τέλος, στα μεικτά συστήματα το υλικό παραμένει λίγες μέρες σε κλειστό βιοαντιδραστήρα και στη συνέχεια μεταφέρεται σε ανοιχτό χώρο, όπου αερίζεται με διάφορες μεθόδους αερισμού. Το κόστος και η διάρκεια κυμαίνονται μεταξύ των αντίστοιχων των δύο άλλων συστημάτων [25].

Σε ότι αφορά στα βασικότερα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την κομποστοποίηση, αυτά σχετίζονται με τις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων και των οσμών, κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, την πιθανή ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους από κατά τη χρήση του compost, το θόρυβο, τη διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών και την κατανάλωση ενέργειας [22].

3.2.2 Αναερόβια επεξεργασία

Η αναερόβια επεξεργασία (χώνευση) των ΑΣΑ αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (μείγμα CH_4 CO_2) και ενός υδαρούς υπολείμματος (χωνεμένη ιλύς), το οποίο μπορεί να διατεθεί απ' ευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για τη σταθεροποίησή της και να μετατραπεί σε compost [74]. Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης είναι γνωστή στο χώρο της επεξεργασίας των υγρών λυμάτων, αλλά σχετικά πρόσφατα άρχισε να εφαρμόζεται ως μέθοδος βιοεπεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ [63].

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια διεργασία που λαμβάνει χώρα αυθόρμητα σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως οι ορυζώνες, τα έλη και οι χώροι διάθεσης αποβλήτων. Μπορεί ωστόσο να λάβει χώρα και κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε ειδικές εγκαταστάσεις, με στόχο τη μεγιστοποίηση του παραγόμενου μεθανίου, καθώς και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών προβλημάτων και οχλήσεων (π.χ. διαφυγή μεθανίου, οσμές) [22].

Οι βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την αναερόβια επεξεργασία των ΑΣΑ μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις φάσεις [25, 50]:

Υδρόλυση των πολυμερών οργανικών ενώσεων με τη βοήθεια ενζύμων που εκλύονται από υδρολυτικά βακτήρια και μετατροπή τους σε υδατοδιαλυτά προϊόντα μικρότερου μοριακού βάρους.

- **Ζύμωση** των παραπάνω διαλυτών προϊόντων και μετατροπή τους σε μια ποικιλία ενδιάμεσων προϊόντων, όπως μικρού μήκους οργανικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία.
- **Οξεογένεση**, δηλαδή παραγωγή οξικού οξέος, διοξειδίου του άνθρακα και του υδρογόνου από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια υποχρεωτικά οξεογενών βακτηρίων. Εδώ το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
- **Μεθανιογένεση**, κατά την οποία τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανιογενή βακτήρια.

Συνεπώς, η όλη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από την καλή ισορροπία και συνύπαρξη των παραπάνω ομάδων μικροοργανισμών, καθώς καμία από αυτές δεν μπορεί να λειτουργήσει από μόνη της. Εξαιτίας λοιπόν της αλληλεξάρτησης αυτής, η αναερόβια χώνευση είναι αρκετά πιο ευαίσθητη από και απαιτητική διεργασία σε σχέση με την κομποστοποίηση και απαιτεί ένα υψηλότερο επίπεδο ελέγχου [22].

Άλλες παράμετροι που προσδιορίζουν την απόδοση της αναερόβιας επεξεργασίας των ΑΣΑ είναι η θερμοκρασία, το μέγεθος των σωματιδίων του υποστρώματος, ο λόγος C/N, καθώς και η πιθανή παρουσία τοξικών για τους μικροοργανισμούς ουσιών στο υπόστρωμα [20].

Σε ότι αφορά στα συστήματα αναερόβιας χώνευσης που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, αυτά μπορούν να ταξινομηθούν στη βάση τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών, τα οποία προσδιορίζουν και τον τύπο της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας: i) τη συγκέντρωση στερεών, ii) τη θερμοκρασία, iii) το σύστημα ανάμειξης και iv) τον αριθμό των φάσεων / αντιδραστήρων [50].

Τέλος, αναφορικά με τα βασικότερα περιβαλλοντικά θέματα, όπως και στην περίπτωση της κομποστοποίησης, έτσι και στην αναερόβια χώνευση αυτά αφορούν στις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων και των οσμών, την πιθανή ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους από κατά τη χρήση της χωνεμένης ιλύος, το θόρυβο, τη διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών [49, 50].

3.3 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Η θερμική επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής των απορριμμάτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη έκλυση θερμικής ενέργειας. Οι πλέον βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας, κατηγοριοποιημένες βάσει των απαιτήσεων τους σε αέρα, είναι [22]:

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

Η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ αποσκοπεί κυρίως στην ελάττωση του όγκου τους και τη μετατροπή τους σε λιγότερο επικίνδυνα υλικά, δευτερευόντως δε στην ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου τους, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται και στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/1997 για την «Κατάρτιση Πλαισίου Προδιαγραφών και Γενικών Προγραμμάτων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων». Παράλληλα, έχουν θεσπιστεί ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και την έλεγχο εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και άλλων ειδών αποβλήτων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, που ενδέχεται να παραχθούν κατά την όλη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ.

Βασικές αρχές

Οι βασικές αρχές λειτουργίας και οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται σε όλες τις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, περιλαμβάνουν τις εξής [34]:

- Σταθερές συνθήκες λειτουργίας
- Ευχέρεια προσαρμογής σε απότομες αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας τροφοδοσίας
- Ευελιξία προσαρμογής στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις της σύνθεσης και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου

- Πλήρης έλεγχος των ρύπων στις εκπομπές
- Μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Στον Πίνακα 3.3-1 που ακολουθεί συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, σε σχέση με τις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προϊόντα που προκύπτουν.

Πίνακας 3.3-1: Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ .

	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αποτέφρωση
Συνθήκες Λειτουργίας			
Θερμοκρασία αντίδρασης (°C)	250 - 700	500 – 1.600	800 – 1.450
Πίεση (bar)	1	1 - 45	1
Ατμόσφαιρα	Αδρανής/Άζωτο	Παράγοντας αεριοποίησης, O ₂ , H ₂ O	Αέρας
Στοιχειομετρική αναλογία	0	<1	>1
Προϊόντα			
Αέρια Φάση	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂ , υδρογονάνθρακες	H ₂ , CO, CO ₂ CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Στερεή Φάση	Τέφρα, κώκ	Τέφρα, σκωριά	Τέφρα, σκωριά
Υγρή Φάση	Έλαια πυρόλυσης και νερό		

(Πηγή: 51)

3.3.1 Αποτέφρωση – Καύση

3.3.1.1 Γενικά στοιχεία

Η αποτέφρωση ή πιο κοινά η καύση των στερεών απορριμμάτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, με παρουσία φλόγας, για την οξειδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωσή των απορριμμάτων με το οξυγόνο. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και/ή η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία, είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους [7].

Κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 15-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνονται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων. Ως εκ τούτου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η πλήρης καύση των ΑΣΑ, πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις [28]:

- επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O_2) στην εστία καύσης
- επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασία ανάφλεξης
- σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης – οξυγόνου)
- συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
- συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

3.3.1.2 Είδη μονάδων αποτέφρωσης

Μια εγκατάσταση αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων αποτελείται, στη γενική περίπτωση, από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα [32]:

- Πύλη και ζυγιστήριο για έλεγχο και καταγραφή των εισερχομένων φορτίων Χώρος υποδοχής και προσωρινής αποθήκευσης εισερχομένων ΑΣΑ για ομαλοποίηση της τροφοδοσίας.
- Σύστημα τροφοδοσίας (γερανός, ταινία) προσαρμοσμένο στο ρυθμό λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Εστία αποτέφρωσης με σύστημα εσχάρων ή, σε ειδικές περιπτώσεις, με σύστημα περιστροφικού κλιβάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης. Ειδικός καυστήρας με βοηθητικό καύσιμο κάνει την αρχική ανάφλεξη και εξασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία των απαερίων σε περιπτώσεις που απαιτείται.
- Λέβητας, ο οποίος χρησιμοποιεί τα θερμά απαέρια για παραγωγή ατμού.
- Σύστημα απομάκρυνσης υπολειμμάτων, τα οποία παράγονται από την αποτέφρωση. Η ιπτάμενη τέφρα αποτελεί το 3-8% του αρχικού βάρους των απορριμμάτων και η τέφρα πυθμένα το 15 – 28% [41]. Τα υπολείμματα δημιουργούνται κυρίως στην εσχάρα, απ' όπου με ειδικό σύστημα απάγονται και μεταφέρονται για ψύξη, και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων, απ' όπου συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα.
- Σύστημα ελέγχου εκπομπών, για έλεγχο σωματιδίων, HCl, HF, SO₂, διοξινών και βαρέων μετάλλων.

Τα κυριότερα είδη μονάδων αποτέφρωσης που έχουν αναπτυχθεί, είναι δύο[22]:

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

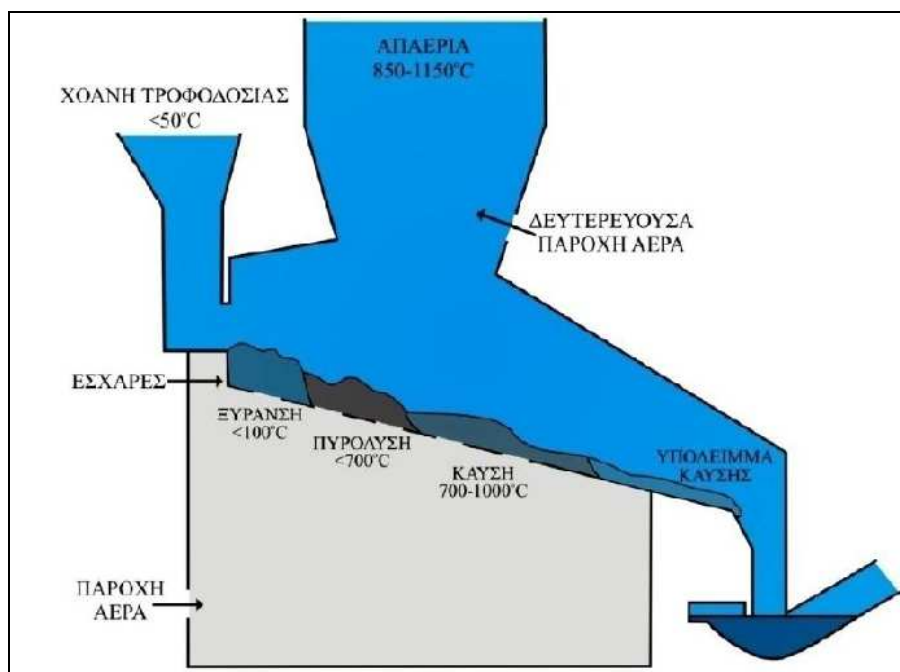
Οι μονάδες τύπου μαζικής καύσης (mass – fired) αποτελούν την πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι τα απορρίμματα εισάγονται χωρίς καμία προεπεξεργασία στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της όλης μονάδας να είναι απλή. Βέβαια, το συγκεκριμένο γεγονός εγκυμονεί και κινδύνους για τη λειτουργία της μονάδας (π.χ. εισαγωγή ογκωδών ή ιδιαίτερα επικίνδυνων αποβλήτων), που αντιμετωπίζονται με την αυστηρή επίβλεψη των εισαγόμενων ΑΣΑ και με τη δυνατότητα χειροκίνητης διακοπής της εισαγωγής τους, όποτε αυτό θεωρηθεί αναγκαίο από τον επιβλέποντα [34].

Το δεύτερο είδος μονάδων αποτέφρωσης χρησιμοποιεί ως υλικό τροφοδοσίας το λεγόμενο RDF, το οποίο ουσιαστικά εκπροσωπεί ένα μίγμα συγκεντρωμένων κλασμάτων των ΑΣΑ, που προκύπτει έπειτα από διαχωρισμό και μπορεί να περιλαμβάνει χαρτί, υφάσματα, δέρμα, ελαστικά, κ.α. [31]. Στόχος είναι το τελικό μίγμα να έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη. Μάλιστα, σύμφωνα με την ΚΥΑ 114218/1997, το RDF θα πρέπει να έχει θερμογόνο δύναμη = 4.000 Kcal/g, υγρασία < 20% και ποσοστό χαρτιού και πλαστικού >95% επί ξηρού βάρους.

Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα σε ειδικούς αποτεφρωτές, των οποίων η δυναμικότητα μπορεί να ποικίλει από 8 έως 25Mg/h [73]. Ο δε τύπος αυτών επίσης ποικίλει, δεδομένου ότι κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη αποτεφρωτών, με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έκαστος. Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αποτεφρωτών είναι: α) ο αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων, β) ο αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου και γ) ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης [34].

Αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων

Στο Σχήμα 3.3 -1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων.



(Πηγή: 22)

Σχήμα 3.3-1: Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες.

Όπως φαίνεται τα βασικά στάδια που περιλαμβάνει κατά τη λειτουργία του ένας αποτεφρωτής με κινούμενες εσχάρες είναι [6]:

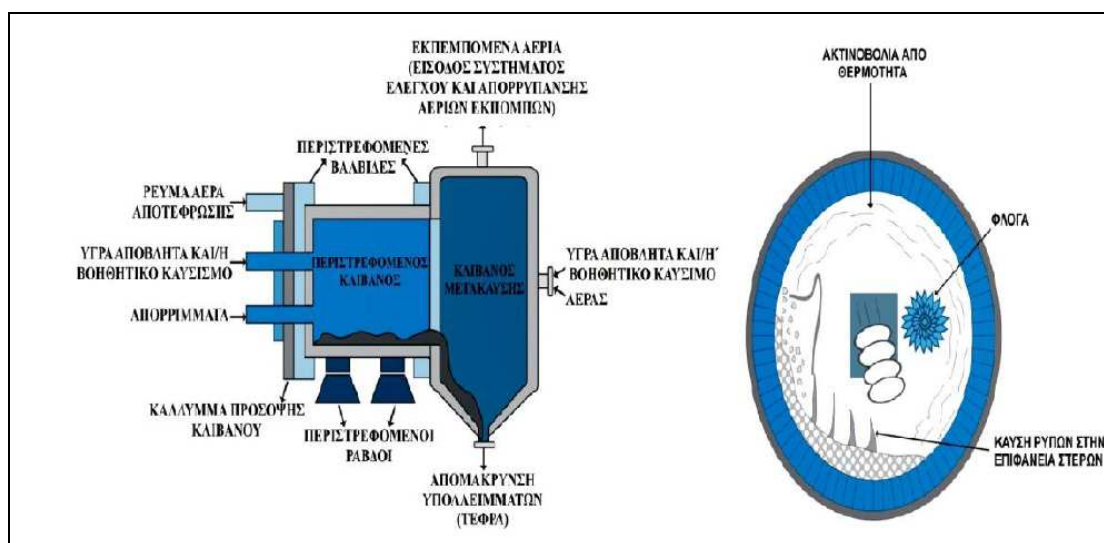
Όπως φαίνεται τα βασικά στάδια που περιλαμβάνει κατά τη λειτουργία του ένας αποτεφρωτής με κινούμενες εσχάρες είναι:

- *Ξήρανση:* Τα εισερχόμενα απορρίμματα λαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα και με συναγωγή από την παροχή θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η εξάτμιση της περιεχόμενης στα απορρίμματα υγρασίας και των πτητικών συστατικών.
- *Πυρόλυση:* Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα περισσότερα πτητικά συστατικά εξατμίζονται.

- *Ανάφλεξη:* Η απαιτούμενη θερμότητα για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης προσδίδεται στα απορρίμματα μέσω της ακτινοβολίας από τη φλόγα και τα τοιχώματα του φλογοθαλάμου.
- *Αεριοποίηση και καύση:* Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί την αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών, που περιέχονται σε αυτά. Ο εναπομένον άνθρακας οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα απαέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της αεριοποίησης.
- *Ολοκλήρωση της καύσης:* Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει ένα αρκετά αδρανοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.

Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου

Ο αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου επεξεργάζεται αποτελεσματικά πολλά είδη απορριμμάτων και ρύπους. Αποτελείται, όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 3.3-2**, από έναν περιστρεφόμενο κλιβανό, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αέριων εκπομπών [34].



(Πηγή: 22

Σχήμα 3.3-2: Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου και κάθετη τομή αυτού.

Βασικές παράμετροι λειτουργίας του αποτεφρωτή περιστρεφόμενου κλιβάνου είναι [34]

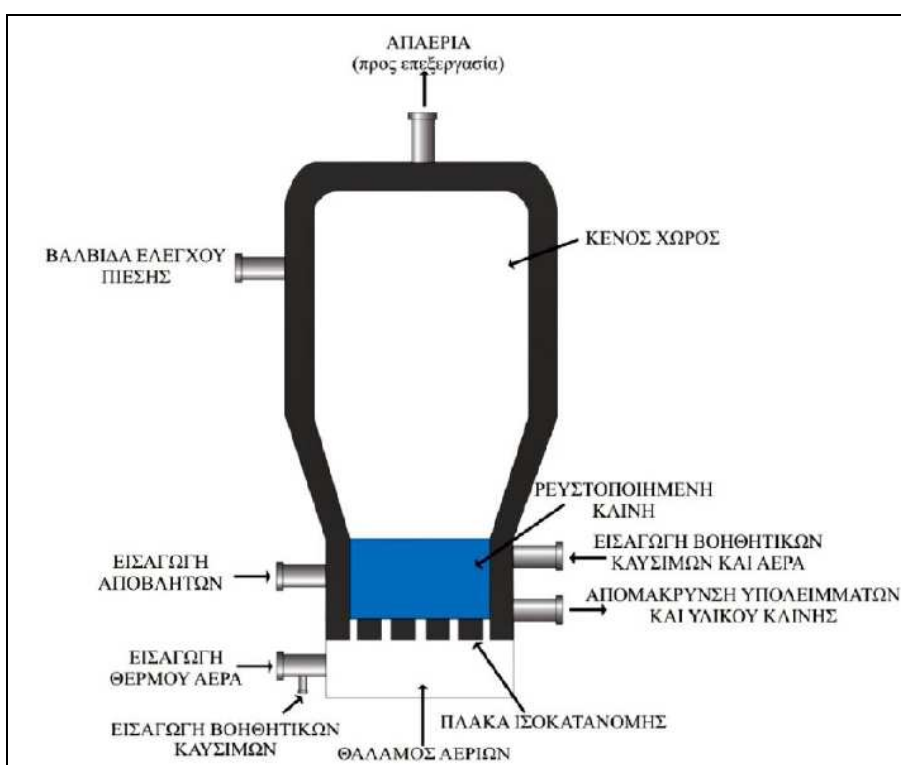
- Η θερμοκρασία εξόδου του περιστροφικού κλιβάνου και του μετακαυστήρα, η οποία πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποτέφρωση των απορριμμάτων
- Η εσωτερική πίεση του κλιβάνου, που πρέπει να είναι αρνητική για την αποφυγή αέριων εκπομπών και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα

- Ο ρυθμός παροχής αέρα (οξυγόνου) και των απορριμμάτων, έτσι ώστε οι συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα να είναι οι βέλτιστες

Ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων καθορίζει το βαθμό ανάμιξης τους εντός του κλιβάνου, δεδομένου ότι αυτός περιστρέφεται, καθώς και το χρόνο επεξεργασίας τους. Η σύσταση των απαερίων της καύσης αποτελεί δείκτη απόδοσης του κλιβάνου και δεδομένου ότι λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου, τα απαέρια θα πρέπει να περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις CO και υδρογονανθράκων και μειωμένες ποσότητες υπολειμμάτων αποτέφρωσης [22, 34].

Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης

Όπως παρουσιάζεται και στο **Σχήμα 3.3-3** που ακολουθεί, ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιεί ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγονται τα απορρίμματα. Κάτω από το στρώμα αυτό διοχετεύεται αέρας με τέτοια παροχή, ώστε ολόκληρη η κλίνη να βρίσκεται σε αιώρηση και σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία ανάφλεξης των υφιστάμενων ρύπων. Το παρεχόμενο οξυγόνο, οι έντονες συνθήκες ανάμιξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και την καταστροφή των οργανικών ρύπων [34].



(Πηγή: 22)

Σχήμα 3.3-3: Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

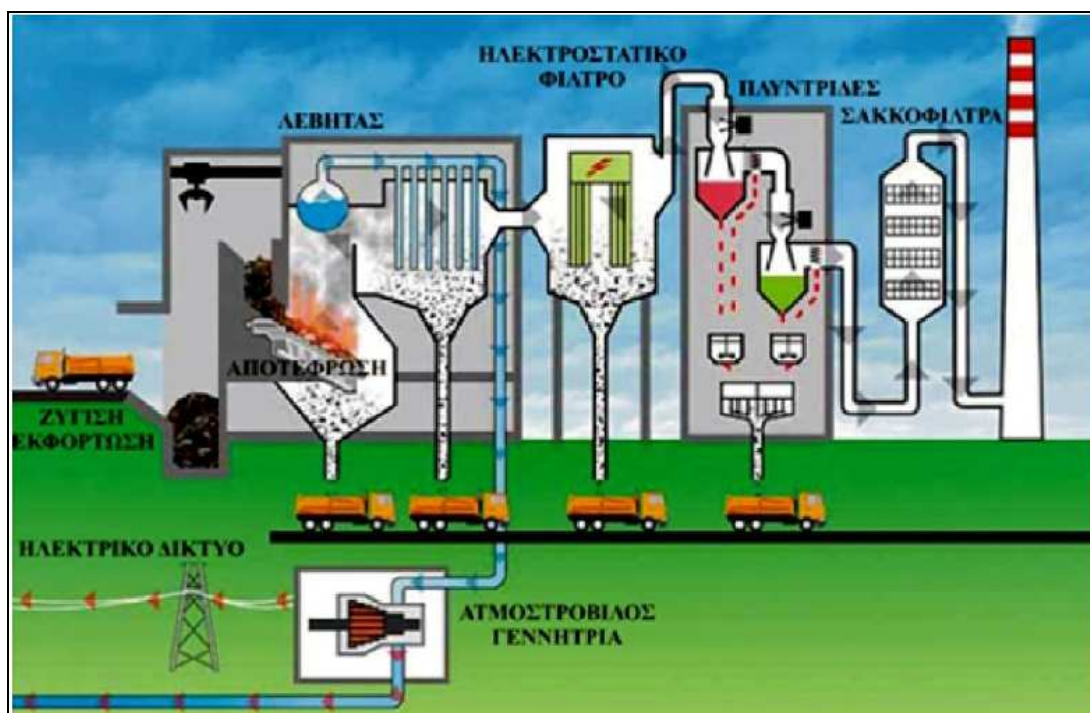
Βασική παράμετρο για το συγκεκριμένο είδος αποτεφρωτών αποτελεί η θερμοκρασία, η οποία ορίζεται σύμφωνα με την τροφοδοσία των απορριμμάτων, των παραγόμενων απαερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750-880 °C, χαμηλότερη σε σχέση με

τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης, γεγονός που οφείλεται στην καλή ανάμιξη του προς επεξεργασία αποβλήτου. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων [6].

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης είναι:

- Αποφυγή εμφάνισης τοπικών διαφορών θερμοκρασίας και επομένως μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, που είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης, λόγω διαφορών θερμοκρασίας.
- Δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης δύσκολων καυσίμων, με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα.
- Αύξηση του βαθμού μετατροπής του καυσίμου και πιο αποδοτική αξιοποίηση του αέρα καύσης, γεγονός που οδηγεί σε μικρότερες απαιτήσεις περίσσειας αέρα (στην προκειμένη περίπτωση περίπου 55% έναντι του συνήθους 100%).

Για την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας και την ανάκτηση ενέργειας, οι σύγχρονοι αποτεφρωτές διαθέτουν ειδικούς λέβητες (boilers), με την βοήθεια των οποίων η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Στην συνέχεια, ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται είτε ως πηγή θέρμανσης, είτε ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση αμοστρόβιλων και γεννητριών. Στο **Σχήμα 3.3-4** που ακολουθεί παρουσιάζεται γραφικά μια ολοκληρωμένη μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [25].

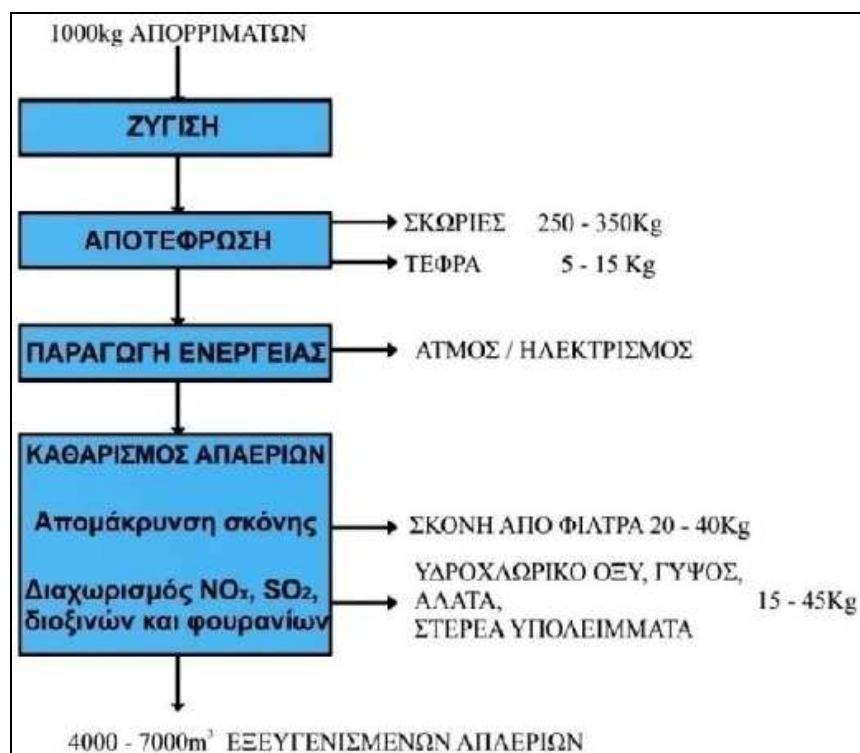


(Πηγή: 41)

Σχήμα 3.3-4: τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης ΑΣΑ αποτελούν οι μονάδες επεξεργασίας των παραγόμενων απαερίων, οι οποίες εκπροσωπούνται από διάφορες διατάξεις, όπως πλυντρίδες, ηλεκτροστατικά φίλτρα, κυκλώνες, σακκόφιλτρα, κ.α., η επιλογή των οποίων βασίζεται στη σύσταση των προς επεξεργασία απαερίων και στα επιτρεπτά όρια εκπομπών της όλης εγκατάστασης [34].

Βάσει των παραπάνω, η διεργασία της αποτέφρωσης των ΑΣΑ περιγράφεται από το διάγραμμα ροής που φαίνεται στο **Σχήμα 3.3-5** που ακολουθεί.



(Πηγή: 22)

Σχήμα 3.3-5: Διάγραμμα ροής μιας τυπικής εγκατάστασης αποτέφρωσης αστικών απορριμμάτων.

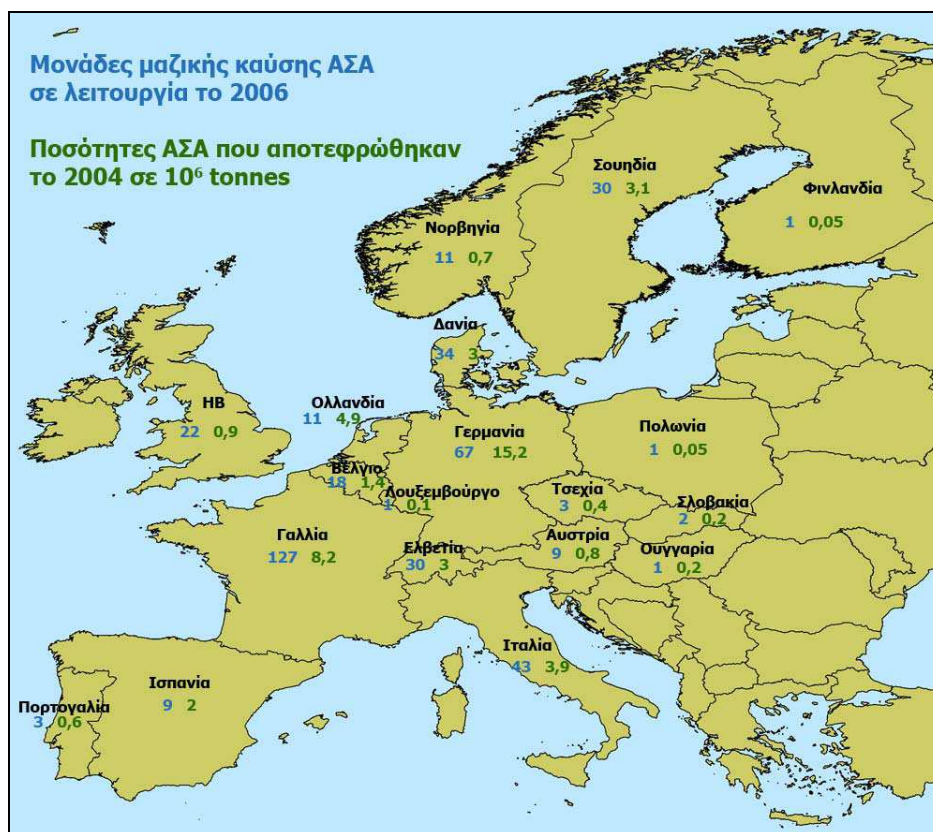
Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι για τον συνολικό έλεγχο της διαδικασίας της αποτέφρωσης, αλλά και των παραγόμενων αέριων ρύπων, κρίνεται αναγκαία η συχνή δειγματοληψία και η ανάλυση της σύστασης των:

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

3.3.1.3 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση

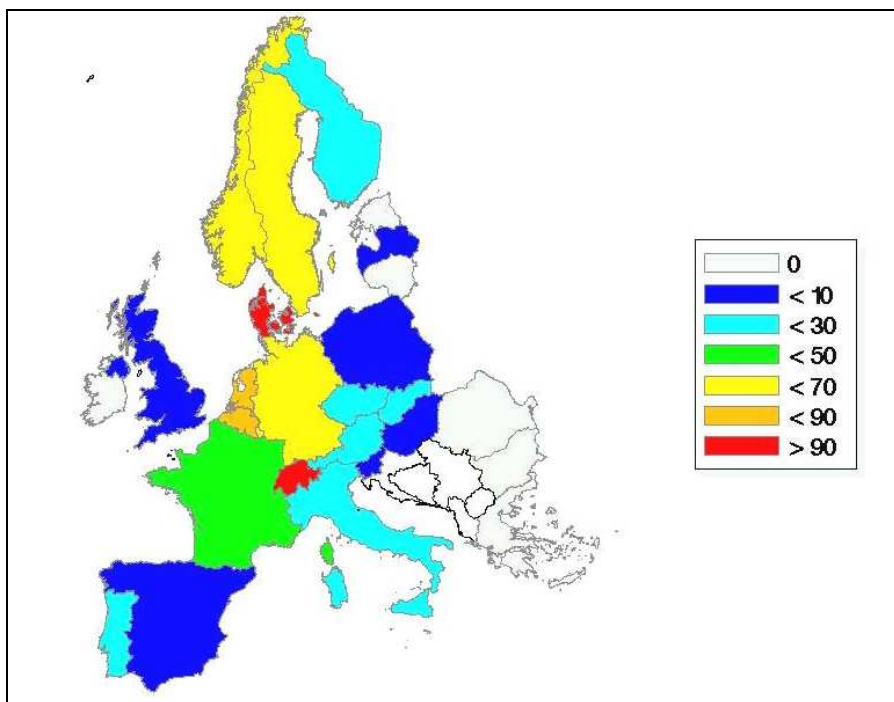
Από τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, αποτέφρωση των ΑΣΑ αποτελεί τη συνηθέστερη επιλογή στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε ποσοστό περίπου 97%, με 422 μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ, σε σύνολο 435 μονάδων θερμικής επεξεργασίας (έτος αναφοράς το 2006). Είναι απολύτως σαφές ότι η αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων αποτελεί μια ευρύτατα διαδεδομένη και εφαρμοσμένη τεχνολογική εφαρμογή σε επίπεδο ΕΕ, η οποία προβλέπεται στο ελληνικό και στο κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο [54].

Στο **Σχήμα 3.3-6** που ακολουθεί, αναγράφονται ο αριθμός των μονάδων αποτέφρωσης αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ, Ελβετία και Νορβηγία και οι ποσότητες που αποτεφρώθηκαν το έτος 2004, ενώ στο **Σχήμα 3.3-7** αναγράφεται το ποσοστό αποτέφρωσης απορριμμάτων στην Ευρώπη.



(Πηγή: 54)

Σχήμα 3.3-6: Χάρτης με τις μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ στην Ευρώπη το 2006 και συνολικές ποσότητες που αποτεφρώθηκαν το 2004.



(Πηγή: 73)

Σχήμα 3.3-7: Ποσοστό αποτέφρωσης απορριμμάτων στην ΕΕ.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι χώρες της ΕΕ με τις περισσότερες μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ είναι η Γαλλία (127), η Γερμανία (67) και η Ιταλία (43). Η κατάταξη αυτή αλλάζει όσον αφορά τις συνολικές ποσότητες ΑΣΑ που οδηγούνται στην αποτέφρωση, με τη Γερμανία το 2004 να έχει αποτεφρώσει περίπου 15,2 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ, τη Γαλλία 8,2 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ και την Ολλανδία με 11 μονάδες, να έχει αποτεφρώσει περίπου 4,9 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ. Όσον αφορά τον περισσότερο διαδεδομένο τύπο αποτεφρωτών, αυτός στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι κινούμενων εσχάρων. Σε πολύ μικρότερο βαθμό απαντώνται αποτεφρωτές περιστρεφόμενου κλιβάνου και σταθερών εσχάρων [22].

3.3.1.4 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Το τελικό κόστος μιας μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Τη δυναμικότητα.
- Το βαθμό απόδοσης της μονάδας.
- Τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων.
- Τις γενικότερες οικονομικές παραμέτρους (κόστος γης, εργατικό κόστος, κόστος πρώτων υλών, κτλ).
- Το κόστος πώλησης της παραγόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής).
- Τη δυνατότητα ανάκτησης και πώλησης υλικών.

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

Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα του 2002, το λειτουργικό κόστος της αποτέφρωσης ΑΣΑ, σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, κυμαίνεται μεταξύ 21 και 326 €/t [37, 54], ενώ οι συνηθέστερες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 70 – 100 €/t. Το μεγάλο αυτό εύρος του κόστους εξαρτάται κυρίως από τον όγκο των απορριμμάτων που οδηγούνται προς αποτέφρωση και από τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των μονάδων αποτέφρωσης, ωστόσο η κατώτερη τιμή των 21 €/t κρίνεται ιδιαίτερα χαμηλή. Για τη Γερμανία, σύμφωνα με πιο πρόσφατα δεδομένα το κόστος αποτέφρωσης ΑΣΑ εκτιμάται σε 100 – 200 €/t [39].

Όσον αφορά στην Ελλάδα, στην περίπτωση κατασκευής μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ, το τέλος πύλης εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται σε 40 €/t [55].

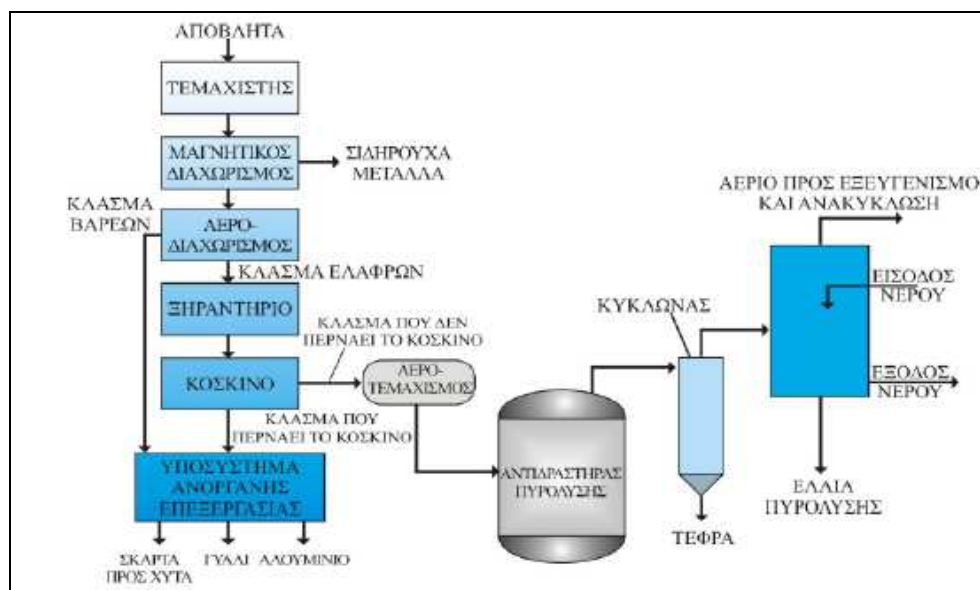
Για σύγκριση, αναφέρεται ότι στις διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, το κόστος για την ταφή των απορριμμάτων κυμαίνεται από 9 έως 164 €/t και για την κομποστοποίηση, από 16 έως 189 €/t (με συνηθείς τιμές περί τα 50 €/t). Στην Ελλάδα το συνολικό κόστος της υγειονομικής ταφής εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 40 – 50 €/t [22].

3.3.2 Πυρόλυση

3.3.2.1 Γενικά στοιχεία – Περιγραφή της μεθόδου

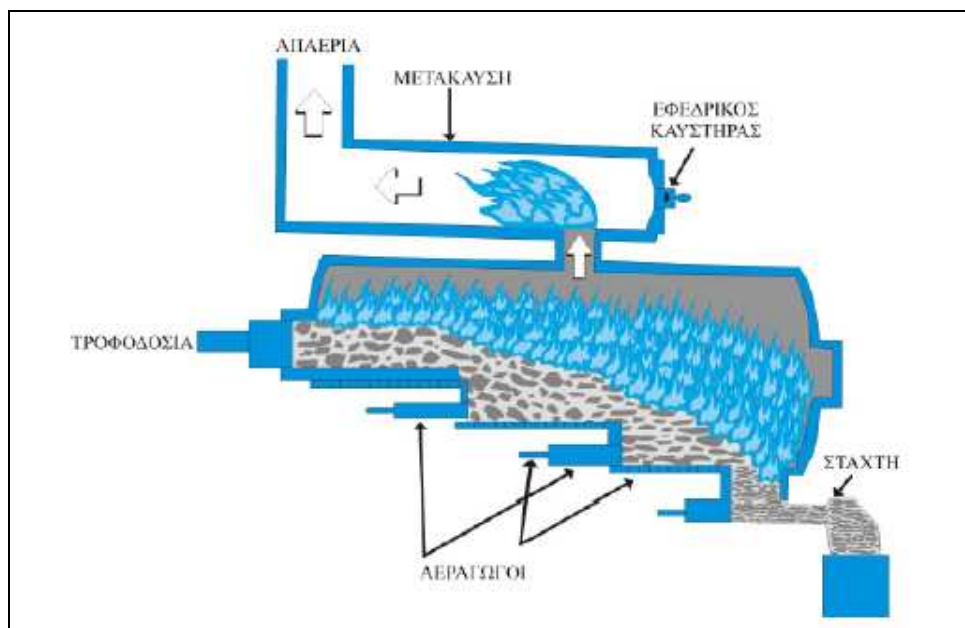
Πυρόλυση είναι η διαδικασία αποδόμησης των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, απουσία (ή παρουσία ελαχίστου) οξυγόνου. Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ τα τελευταία 20-30 χρόνια. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της [22].

Κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης, τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ατσάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση αποτέφρωσή τους. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη αποτέφρωση των προς επεξεργασία απορριμμάτων [38]. Στο **Σχήμα 3.3-8** απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης και στο **Σχήμα 3.3-9** τα υποσυστήματα ενός πυρολυτικού αντιδραστήρα.



(Πηγή: 6)

Σχήμα 3.3-8: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης.



(Πηγή: 6)

Σχήμα 3.3-9 Υποσυστήματα πυρολυτικού αντιδραστήρα.

Η πυρόλυση σε χαμηλές θερμοκρασίες παράγει υγρό καύσιμο. Με την μέθοδο αυτή το απόβλητο τεμαχίζεται σε διάσταση μικρότερη των 50 mm, κατόπιν γίνεται διαχωρισμός με αέρα του οργανικού κλάσματος και ξήρανση σε ξηραντήριο αέρα. Το οργανικό κλάσμα κοσκινίζεται, περνά από σφαιρόμυλο για περαιτέρω μείωση μεγέθους σε κάτω των 3 mm, και τέλος πυρολύεται σε αντιδραστήρα υπό ατμοσφαιρική πίεση. Το στερεό απόβλητο μετατρέπεται σε ιξώδες υγρό στους 500°C [22, 32].

Άλλη παραλλαγή της πυρόλυσης περιλαμβάνει διάσπαση του οργανικού κλάσματος σε θερμοκρασία 1400-1500 °C απουσία O₂, σε αέριο καύσιμο (syngas, 35% CO, 35% H₂, 20% CO₂, 10% N₂ κλπ), το οποίο στην συνέχεια οξειδώνεται θερμικά, καθαρίζεται από στερεά και χρησιμοποιείται σε ατμολέβητα για παραγωγή ατμού και στην συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ατμοστρόβιλου, ή απευθείας σε Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) με ηλεκτρογεννήτρια [32, 34].

Το στερεό υποπροϊόν που παράγεται (είδος τέφρας), είτε χρησιμοποιείται στην κάλυψη ΧΥΤΥ, είτε σε διάφορες εμπορικές εφαρμογές ανάλογα με την σύνθεση και επεξεργασία του.

Τα προϊόντα της πυρόλυσης είναι στερεά, υγρά και αέρια και η σύστασή τους εξαρτάται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας, όπως τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στον πυρολυτικό θάλαμο. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την πυρόλυση αστικών στερεών αποβλήτων κυμαίνεται από 100 έως 900 °C και οι συνολικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα επηρεάζονται άμεσα από αυτήν. Το ενεργειακό περιεχόμενο των παραγόμενων αερίων κυμαίνεται μεταξύ 12,5 και 46,0 MJ/m³ [40]. Για την εφαρμογή της διεργασίας της

πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.ά.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό τους κλάσμα [22, 34].

Στην περίπτωση που η πυρόλυση πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου 500°C), στα αερίδια υπάρχουν και αρωματικές ενώσεις και φαινόλες. Για το λόγο αυτό, τις περισσότερες φορές η πυρόλυση συνδυάζεται με τη διεργασία της αποτέφρωσης των παραγόμενων αερίων σε υψηλές θερμοκρασίες [22, 32].

Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται σημαντικά από τη σύσταση των αποβλήτων, τις συνθήκες θέρμανσης, τη θερμοκρασία πυρόλυσης και το χρόνο αντίδρασης. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα [22].

3.3.2.2 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στην ΕΕ μια μονάδα πυρόλυσης ΑΣΑ βρίσκεται στο Burgau της Γερμανίας, με έτος έναρξης λειτουργίας της το 1984 και θεωρητική δυναμικότητα της μονάδας 3 t/h. Παρόλα αυτά στην Ιαπωνία υπάρχουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά για πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων της, σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών [38, 54].

3.3.2.3 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας

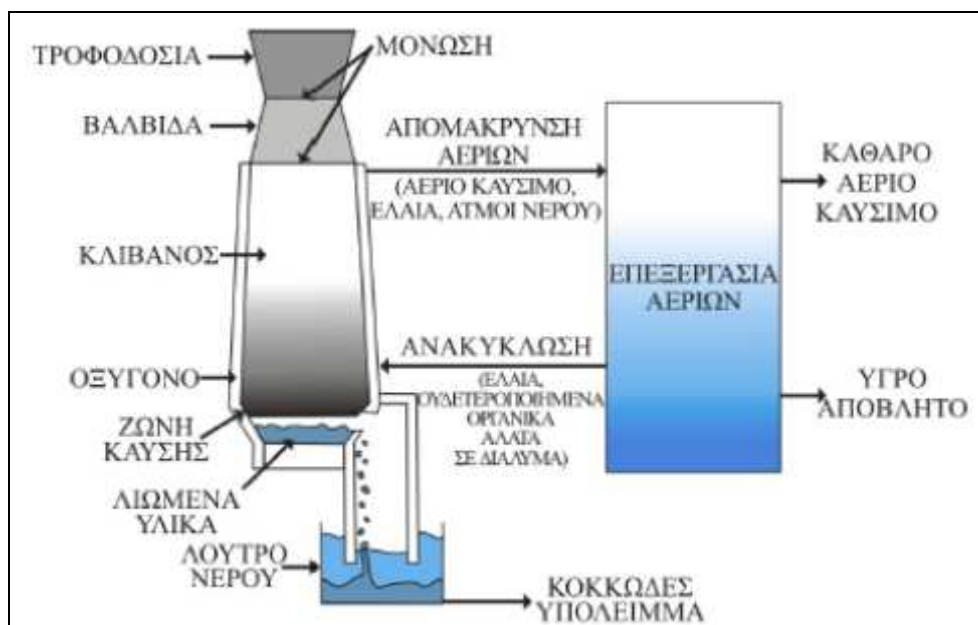
Λόγω της απουσίας μονάδων πυρόλυσης στην ΕΕ, υπάρχει έλλειψη αξιόπιστων δεδομένων για τη λειτουργία τους. Ως λύση προτείνεται η εξαγωγή συμπερασμάτων από δεδομένα πιλοτικών σταθμών πυρόλυσης, τα οποία ωστόσο δεν μπορούν να θεωρηθούν εγγυημένα. Παράλληλα υπάρχει και έλλειψη στοιχείων ότι η τεχνολογία αυτή είναι οικονομικά βιώσιμη, καθώς δεν είναι εφικτό να συγκριθούν με οικονομικές εκτιμήσεις από διαφορετικές πηγές [65].

3.3.3 Αεριοποίηση

3.3.3.1 Γενικά στοιχεία – Περιγραφή της μεθόδου

Η αεριοποίηση αποτελεί μια επίσης σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Αν και εφαρμόζεται με επιτυχία στη χημική βιομηχανία για αρκετές δεκαετίες, η αεριοποίηση των ΑΣΑ παρουσίασε δυσκολίες λόγω του χαμηλού θερμικού περιεχομένου τους και των μεταβολών της σύνθεσής τους. Για το λόγο αυτό οι προσπάθειες επικεντρώνονται τα τελευταία χρόνια στην αεριοποίηση απορριμματογενών καυσίμων, που έχουν μεγαλύτερο θερμικό περιεχόμενο και σταθερότερες ιδιότητες [22].

Η αεριοποίηση περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καυσίμων αερίων, μέσω μερικής οξείδωσής του σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500 °C) [38]. Στο **Σχήμα 3.3-10** απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης.



Σχήμα 3.3-10 Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης[6]

Η αεριοποίηση αποτελεί θεωρητικά, το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης, κατά το οποίο το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 800°C, παρουσία περιορισμένων (μη στοιχειομετρικών) ποσοτήτων οξυγόνου. Η ομοιότητα της αεριοποίησης με την πυρόλυση είναι ότι τα απορρίμματα μετατρέπονται σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, ωστόσο η κύρια διαφορά τους μπορεί να συνοψιστεί ως εξής [36]:

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

- Η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό,

διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Στόχος της αεριοποίησης είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου αποτελούμενου από CO, H₂ και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο. Η ταχύτητα και η πορεία της αντίδρασης αεριοποίησης, καθώς και η σύσταση των παραγόμενων προϊόντων εξαρτώνται από [22, 34]:

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

Τα παραγόμενα αερία εξαρτώνται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αερίου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται στα 0,35 MJ/m³. Η τυπική του σύσταση είναι: 10% CO₂, 20% CO, 15% H₂, 2% CH₄ και 53% N₂. Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου προϊόντος αυξάνεται στα 0,7 MJ/m³. Στην περίπτωση αυτή η τυπική του σύσταση του είναι: 14% CO₂, 50% CO, 30% H₂, 4% CH₄, 1% C_xH_y και 1% N₂ [22].

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους όπως είναι η καύση για την παραγωγή ατμού, η τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η κίνηση του αεροστροβίλου και η ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο, η τροφοδοσία του δικτύου αερίου πόλης, καθώς και η τροφοδοσία σε βιομηχανία για απ' ευθείας καύση σε εστία [34].

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με του ενεργού άνθρακα του εμπορίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού, που προορίζεται για διάφορες χρήσεις [32, 34].

3.3.3.2 Μονάδες σε λειτουργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Μία εγκατάσταση αεριοποίησης RDF ιδρύθηκε τη δεκαετία του 1990 στην Greve-en-Chianti της Ιταλίας, η οποία ωστόσο έκλεισε σύντομα, λόγω λειτουργικών προβλημάτων. Επίσης ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που τροφοδοτείται εν μέρει από μονάδα αεριοποίησης στη Φινλανδία, αεριοποιεί κυρίως συμβατικά βιοκαύσιμα, στα οποία προστίθεται ένα ποσοστό απορριμματογενών καυσίμων [46]. Μέχρι το 2006, στην Ευρώπη υπήρχαν 2 μονάδες

αεριοποίησης ΑΣΑ στη Νορβηγία [54], ενώ το καλοκαίρι του 2008 κατασκευάστηκε μια ακόμη μονάδα στο νησί Wight στο Ηνωμένο Βασίλειο [65].

3.3.3.3 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας

Όπως και στην περίπτωση των μονάδων πυρόλυσης, έτσι και στις μονάδες αεριοποίησης, δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή οικονομικά στοιχεία που αφορούν στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας τους. Επιπροσθέτως ούτε τα θεωρητικά δεδομένα που δίδονται από τις κατασκευάστριες εταιρείες είναι εύκολο να επαληθευτούν [65].

4. ΑΝΑΛΥΣΗ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΑ

4.1 Γενικές αρχές και στοιχεία επιλογής βέλτιστης τεχνολογίας

Η καταλληλότητα των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ως κύρια λύση διαχείρισης των ΑΣΑ μιας πόλης ή μιας χώρας εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, διαφορετικής φύσεως. Μεταξύ αυτών των παραμέτρων διακρίνονται πολιτικοί στόχοι / πρακτικές, γεωγραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά, σύσταση και ιδιότητες παραγόμενων απορριμμάτων, οικονομικές απαιτήσεις, καθώς και απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης των αναγκαίων εγκαταστάσεων.

Ένα από τα βασικότερα κριτήρια αξιολόγησης των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παγκοσμίως αποτελεί το υφιστάμενο πολιτικό και νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης αυτών. Οι τελευταίες υπάρχουσες οδηγίες και κανονισμοί, τόσο στην Ευρώπη, όσο και σε άλλες χώρες του εξωτερικού συγκλίνουν στην υιοθέτηση και προώθηση της ακόλουθης ιεραρχίας των στόχων μιας ορθής πρακτικής διαχείρισης ΑΣΑ: **Πρόληψη → Εναπαρησιμοποίηση → Ανακύκλωση → Επεξεργασία → Ανάκτηση ενέργειας → Τελική διάθεση** [64].

Όπως έχει αποδειχθεί, η ερμηνεία της παραπάνω ιεραρχίας σε σχέση με τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ ποικίλει. Αρκετοί είναι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι οι συγκεκριμένες μέθοδοι συμβάλλουν στην αξιοποίηση των ΑΣΑ μέσω της ανάκτησης ενέργειας και στη μείωση των απορριμμάτων, που τελικά καταλήγουν σε ΧΥΤ, με τρόπο γρήγορο, αποδοτικό και αρκετά φιλικό προς το περιβάλλον.

Ως εκ τούτου, η κάθε χώρα, η κάθε πόλη και ο κάθε αρμόδιος φορέας καλείται να επιλέξει τις παραμέτρους της εφαρμογής αυτών, βασιζόμενος κατά κύριο λόγο σε τοπικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και τεχνικοοικονομικές παραμέτρους.

Από τη βιβλιογραφική διερεύνηση των τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων υπήρξε μια πλειάδα κριτηρίων για την αξιολόγηση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, όπως το εύρος δυναμικότητας των τεχνολογιών, στην κατώτερη θερμογόνο δύναμη των προς επεξεργασία ΑΣΑ, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την ίδια κατανάλωση, την ποσότητα προς τελική διάθεση, το κόστος επεξεργασίας και το κόστος διαχείρισης τεφρών.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, επιχειρείται να αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και βάσει οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων να επιλεγεί η πλέον κατάλληλη για την περίπτωση που εξετάζεται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

4.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

4.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται να δημιουργούν αρκετά σημαντικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία περιέχονται τόσο στα αερίδια, όσο και στα υγρά και στερεά απόβλητα που παράγουν. Τα συγκεκριμένα φορτία αποτελούν το κυριότερο μειονέκτημα των μεθόδων αυτών, το οποίο ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό για τη μη ευρεία εφαρμογή τους, τουλάχιστον στην Ελλάδα.

Ειδικά, όσον αναφορά στις αέριες εκπομπές από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, στα τέλη της δεκαετίας του 80 η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) τις παρουσίαζε ως υπεύθυνες για την παρουσία του μεγαλύτερου μέρους των ποσοτήτων διοξινών και φουρανίων, καθώς επίσης και υδραργύρου, στην ατμόσφαιρα [70]. Στον **Πίνακα 4.2-1** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τις κυριότερες πηγές εκπομπής διοξινών στην Αμερική, όπου την πρώτη θέση καταλαμβάνουν (για το έτος 1987) οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Ωστόσο, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση [60]. Το εν λόγω γεγονός επιβεβαιώνεται από την σύγκριση παλαιών και νεότερων στοιχείων εκπομπών επικίνδυνων αέριων ρύπων (όπως διοξινών) από εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Πιο συγκεκριμένα, η Αμερικανική EPA δημοσίευσε στοιχεία σύμφωνα με τα οποία οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις παράγουν 2.800MW ηλεκτρικής ενέργειας, με λιγότερες εκπομπές από σχεδόν οποιαδήποτε άλλη δυνατή μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού [64].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι ρύποι που παράγονται από τις προαναφερόμενες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

Πίνακας 4.2-1: Πηγές εκπομπής διοξινών στις ΗΠΑ την περίοδο 1987-2000

Καταγεγραμμένες πηγές διοξινών	Εκπομπές 1987 (gr TEQ - %)		Εκπομπές 1995 (gr TEQ - %)		Εκτιμήσεις 2002 (gr TEQ - %)	
Εγκαταστάσεις Θ.Ε.Α. με παραγωγή ενέργειας	8.877	63,42%	1.250	38,76%	12	1,08%
Καύση σκουπιδιών σε κήπους	604	4,31%	6,28	19,47%	628	56,78%
Αποτέφρωση ιατρικών αποβλήτων	2.590	18,50%	488	15,13%	7	0,63%
Δευτερογενής χύτευση χαλκού	983	7,02%	271	8,40%	3	0,27%
Κλίβανοι τσιμέντου (επικίνδυνα απόβλητα)	117,9	0,84%	156,1	4,84%	25	2,26%
Λάσπη υπονόμων	76,6	0,55%	76,6	2,38%	76	6,87%
Οικιακή καύση ξυλείας	89,6	0,64%	62,8	1,95%	62	5,61%

Εγκαταστάσεις καύσης άνθρακα	50,8	0,36%	60,1	1,86%	60	5,42%
Φορτηγά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο	27,8	0,20%	35,5	1,10%	35	3,16%
Δευτερογενής χύτευση αλουμινίου	16,3	0,12%	29,1	0,90%	29	2,62%
Συμπύκνωση μεταλλεύματος σιδήρου	32,7	0,23%	28	0,87%	27	2,44%
Βιομηχανική καύση ξυλείας	26,4	0,19%	27,6	0,86%	27	2,44%
Εργοστάσια καθαρισμού χαρτοπολτού (νερό)	356	2,54%	19,5	0,60%	15	1,36%
Λοιπές διεργασίες / εγκαταστάσεις	99,7	0,71%	77,3	2,40%	100	9,04%
ΣΥΝΟΛΟ	13.848	100%	3.132	100%	1.006	100%

(Πηγή: 16)

4.2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μεθόδου της αποτέφρωσης

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

A. Αέρια. Κατά την καύση των απορριμμάτων εκλύονται στην ατμόσφαιρα τυπικά προϊόντα καύσης (CO , CO_2 , H_2O , NO_x , SO_2), άζωτο, οξυγόνο, σωματίδια σκόνης, ιπτάμενη τέφρα και άλλες ενώσεις των οποίων η παραγωγή εξαρτάται από τη σύσταση των απορριμμάτων, όπως HCl , πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες και φουράνια, αιθάλη, VOC (Volatile Organic Compounds). Κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου $(4-5) \times 10^3 \text{ m}^3$ απαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα απαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C [36].

Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι γνωστά καρκινογόνα που έχουν την ικανότητα να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς. Η ύπαρξη τους στα απαέρια οφείλεται [8]:

- Σε διοξίνες και φουράνια, που υπάρχουν ήδη στα απορρίμματα.
- Στην παραγωγή τους στην αέρια φάση στους $500 - 700^\circ\text{C}$, λόγω συμύκνωσης (coalescence) οργανικών μορίων με δότες χλωρίου, όπως χλωριούχα άλατα, PVC και HCl .
- Στην παραγωγή τους μέσω αντιδράσεων στερεής φάσης κάτω από τους 500°C πάνω σε σωματίδια.

Εκτός από τις διοξίνες και τα φουράνια, το βενζόλιο, οι φαινόλες, οι PAHs, το βενζοπυρένιο και τα χλωριωμένα οργανικά είναι επίσης ιδιαίτερες τοξικές και καρκινογόνες ενώσεις.

Από τα βαρέα μέταλλα, που περιέχονται στις αέριες εκπομπές, τα Cd, Cr, Hg και Pb είναι ιδιαίτερες τοξικά. Άλλα μέταλλα όπως τα Cu, Pt, και Ni, είναι λιγότερο τοξικά, αλλά δρουν ως καταλύτες για πολύπλοκες αντιδράσεις στα απαέρια, παράγοντας διοξίνες.

Ως προς τα αέρια του θερμοκηπίου και ιδιαίτερος το CO_2 , οι παραγόμενες εκπομπές είναι αρκετά σημαντικές, δεδομένου ότι στα απορρίμματα περιέχεται περίπου 25% κ.β. άνθρακα, ο οποίος κατά την καύση του δημιουργεί περίπου 1 τόνο CO_2 ανά τόνο απορριμμάτων [8].

Τέλος η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Το επίπεδο διοξινών και φουρανίων κυμαίνεται από ppt έως ppb.

B. Υγρά. Τα υγρά απόβλητα, που παράγονται κατά την καύση των απορριμμάτων, προέρχονται από την επεξεργασία των απαερίων (π.χ. πλυντρίδες) και την απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων.

Τα μεν πρώτα συνήθως περιέχουν βαρέα μέταλλα, όπως Pb, Cd, Hg, Zn, As, κ.α., ενώ τα δεύτερα περιέχουν κυρίως άλατα και άκαυστα οργανικά. Είναι έντονα αλκαλικά και περιέχουν και πολλά αιωρούμενα σωματίδια και βαρέα μέταλλα [8].

Γ. Στερεά. Περιέχουν γενικώς τους ίδιους ρύπους με τις αέριες εκπομπές, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες και συγκεντρώσεις. Στο στερεό υπόλειμμα περιέχονται μέταλλα, ενώ μια τυπική

σύσταση αυτών είναι 45 – 60% SiO_2 , 5 – 10% ενώσεις Ca και Al_2O_3 , 3 – 15% Fe_2O_3 και μικρότερα ποσοστά Mg, Na και K.

Όσον αφορά στις οργανικές ενώσεις, που περιέχονται στα στερεά υπολείμματα της καύσης, οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι λίγες, εκτός από την περίπτωση διοξινών και φουρανίων. Είναι πάντως γνωστό ότι δεν διαλυτοποιούνται σε νερό και δεν πρέπει να διατίθενται μαζί με οργανικούς διαλύτες [8].

4.2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεθόδων της Πυρόλυσης και της Αεριοποίησης

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

A. Αέρια. Πλούσια σε υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, κ.α. (ανάλογα με την αρχική σύσταση των απορριμμάτων), τα οποία χρησιμοποιούνται περαιτέρω ως καύσιμο,

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

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

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

Οι μέθοδοι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου – αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων. Ακόμη, σημαντικό είναι το γεγονός ότι στις διεργασίες αυτές ένας μεγάλος αριθμός ρύπων (π.χ. θείο, βαρέα μέταλλα, κ.α.) παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο, πολλές φορές περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης [95].

Ανεξάρτητα από τις εκλυόμενες ποσότητες, πολλά από τα αέρια συστατικά των απαερίων, που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, είναι κοινά. Σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάζονται σε έκθεση της Greenpeace [88], οι διεργασίες της αποτέφρωσης και της αεριοποίησης ΑΣΑ παράγουν ορισμένους κοινούς ρύπους σε διαφορετική μεν ποσότητα (Πίνακας 4.2-2), χωρίς όμως κάποια από αυτές να υπερτερεί σημαντικά στο σύνολο της στην προστασία της ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Πίνακας 4.2-2: Αέρια εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση των απορριμμάτων (Kg/yr).

Ρύπος	Καύση	Αεριοποίηση	%διαφορά αεριοποίησης σε σχέση με καύση
Διοξίνες / φουράνια	0,027	0,050	+85%
Υδράργυρος	92,6	92,6	0%
Μόλυβδος	50	46,8 -	-6,4%
Διοξείδιο του θείου	57.335	53.524 -	-6,7%
Οξειδία αζώτου	40.930	52.364	+28%
Μονοξείδιο του άνθρακα	7.673	4.955 -	-35,4%

(Πηγή: 37)

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

4.3 Οικονομικές παράμετροι των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτει μια πλειάδα κριτηρίων για την αξιολόγηση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, που αφορούν τις οικονομικές παραμέτρους των τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων.

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, οι διαθέσιμες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όσον αφορά στις παραμέτρους οικονομίας και απόδοσης τους, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά ως εξής [22]:

- Οι εμπορικές εφαρμογές των τεχνολογικών της αεριοποίησης και της πυρόλυσης για την επεξεργασία των υπολειμμάτων των δημοτικών στερεών αποβλήτων δεν είναι διαδεδομένες στην Ευρώπη. Ο κίνδυνος της χρήσης των καινοτόμων τεχνολογιών είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της χρήσης των συμβατικών μεθόδων.
- Ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης των συμβατικών μονάδων της αποτέφρωσης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των καινοτόμων μονάδων στην περίπτωση της ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τη θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων.
- Όσον αφορά στο κόστος επεξεργασίας, η πολυπλοκότητα της κατασκευής των καινοτόμων μονάδων τις καθιστά 'ακριβότερες' από τις μονάδες συμβατικής αποτέφρωσης.
- Το εύρος της δυναμικότητας των μονάδων αεριοποίησης και πυρόλυσης είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των μονάδων αποτέφρωσης.

Συνεπώς, οι καινοτόμες μονάδες δεν μπορούν να λειτουργήσουν ανταγωνιστικά των συμβατικών μονάδων ως προς το κριτήριο της οικονομίας κλίμακας.

4.4 Σύγκριση διαθέσιμων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

Οι διαθέσιμες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, όπως παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εκάστη. Στην παρούσα παράγραφο συνοψίζονται αυτά τα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να προκύψει η καταλληλότερη μέθοδος στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Η κλασική αποτέφρωση παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της δραστηκής μείωσης του όγκου των απορριμμάτων. Είναι μια τεχνολογία σχετικά απλή, με πολλές εμπορικές εφαρμογές, η οποία όμως απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή διότι [25]:

- Απορρίμματα με υψηλή υγρασία δύναται να επιφέρουν αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων ρύπων, λόγω δυσκολίας έναρξης της διαδικασίας και ανάγκης πολλών προσπαθειών έναρξης (start-up) της μονάδας,
- Τα απορρίμματα περιέχουν επιβλαβείς ουσίες, που μπορεί να περιέλθουν στα αερία, όπως π.χ. βαρέα μέταλλα.
- Οι χημικές ουσίες, που υπάρχουν στα απορρίμματα, σχηματίζουν διοξίνες κατά την καύση, ή μετά από αυτήν, κατά την ψύξη των αερίων σε θερμοκρασία 200-450°C.
- Παράγεται μικρό μέρος επικίνδυνου στερεού υπολείμματος, που απαιτεί ιδιαίτερη διαχείριση και επεξεργασία.

Βάσει αυτών, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει λάβει ιδιαίτερα αρνητικά σχόλια στο παρελθόν, παρόλο που τα αναγκαία συστήματα ελέγχου και επεξεργασίας των αερίων έχουν εξελιχθεί τεχνολογικά και εγγυώνται τήρηση των νομοθετικών ορίων εκπομπών, σε κατάσταση συνεχούς λειτουργίας.

Όσον αφορά στις μονάδες τύπου RDF-fired, παρουσιάζουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με την κλασική αποτέφρωση, τα οποία περιλαμβάνουν [22]:

- Ευκολότερη ένταξη σε δίκτυο διανομής ενέργειας, καθώς το RDF έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη (σε σχέση με τα μη επεξεργασμένα απορρίμματα) και πολύ μικρότερες διακυμάνσεις ενεργειακού περιεχομένου.
- Εύκολο έλεγχο της μονάδας.
- Μικρότερο αναγκαίο χώρο, σε σχέση με μια μονάδα mass-fired.
- Δυνατότητα απομάκρυνσης συγκεκριμένων κλασμάτων ΑΣΑ, όπως τα πλαστικά, τα μέταλλα κ.α., τα οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία επικινδύνων ρύπων, που μεταφέρονται με τα αέρια της μονάδας αποτέφρωσης, μέσω της προεπεξεργασίας των απορριμμάτων για την παραγωγή RDF.

Τέλος, η αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη ουσιαστικά αποτελεί βελτίωση της 'κλασικής' τεχνολογίας της αποτέφρωσης, καθώς εγγυάται καλύτερη καύση και έλεγχο των εκπομπών.

Σε ότι αφορά τις τεχνολογίες πυρόλυσης και αεριοποίησης, αυτές είναι ακόμη νέες στο χώρο επεξεργασίας ΑΣΑ και όχι ιδιαίτερα δοκιμασμένες. Τονίζεται ότι η αεριοποίηση και η πυρόλυση αποτελούν και αυτές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα κατά την καύση, ανάλογα με την παροχή αέρα και δεν αποτελούν μία άγνωστη ιδέα. Στο χώρο όμως των απορριμμάτων δε φαίνεται να έχουν βρει ακόμη ευρεία αποδοχή, αν και από τεχνολογικής άποψης παρουσιάζουν ενδιαφέρον, καθώς αποτελούν μία καλή εναλλακτική πρόταση έναντι της αποτέφρωσης.

Από περιβαλλοντική άποψη, η «κλασική» αποτέφρωση τύπου mass-fired υστερεί έναντι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, διότι [25]:

- Η αεριοποίηση και η πυρόλυση αναπτύχθηκαν με στόχο την παραγωγή, όσο το δυνατόν λιγότερων δευτερογενών απόβλητων, τα οποία θα μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας, είτε να ανακυκλωθούν.
- Στη μέθοδο της αεριοποίησης το αέριο προϊόν έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη 150 Btu/ft³.
- Στην μέθοδο της αποτέφρωσης και της πυρόλυσης οι αέριες εκπομπές έχουν τιμές 5.000 m³/ton και 700 m³/ton, αντίστοιχα.
- Τα υγρά και τα στερεά απόβλητα, που προέρχονται από την πυρόλυση/αεριοποίηση, μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά, σε αντίθεση με τα απόβλητα της αποτέφρωσης.
- Η πίεση για (ανακύκλωση των απορριμμάτων οδήγησε στην ανάγκη ανακύκλωσης της τέφρας και των στερεών υπολειμμάτων. Επειδή όμως τα υπολείμματα αντιπροσωπεύουν το 30% της κατά βάρος σύστασης των απορριμμάτων, πριν την επεξεργασία τους και μέρος της τέφρας έχει χαρακτηριστικά επικινδύνων αποβλήτων, η τελική διάθεση της γίνεται ως «επικίνδυνο απόβλητο». Έτσι το κόστος διάθεσης των στερεών υπολειμμάτων μετά από την αποτέφρωση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το κόστος διάθεσης των υπολειμμάτων από τις μονάδες πυρόλυσης και αεριοποίησης.

Όσον αφορά στο μερίδιο της αγοράς και στην εμπειρία από την εφαρμογή τεχνολογιών σε άλλες χώρες, προκύπτει ότι η "κλασική" αποτέφρωση τύπου mass-fired υπερτερεί έναντι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, διότι [22,25]:

- Σύμφωνα με στοιχεία του 2000, αναφέρεται η ύπαρξη 110 μονάδων που λειτουργούν παγκοσμίως, κατασκευασμένες από 41 εταιρίες και εγκατεστημένες σε 22 χώρες. Οι προβλέψεις αναφέρουν αύξηση των εγκατεστημένων μονάδων σε 400 στην επόμενη δεκαετία. Οι 110 μονάδες περιλαμβάνουν, τόσο μονάδες που δέχονται απορρίμματα, όσο και μονάδες που επεξεργάζονται σχετικά ομογενοποιημένα ΑΣΑ. Αντίθετα, οι εμπορικού

τύπου μονάδες αποτέφρωσης υπερβαίνουν τις 1.000 (ο αριθμός αυτός αφορά σε μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων τύπου mass-fired).

- Μέχρι τώρα η εμπειρία έχει δείξει πολύ καλά αποτελέσματα στην επεξεργασία βιομάζας με αεριοποίηση (37% των εγκατεστημένων μονάδων), καθώς και ελαστικών με πυρόλυση (30% των εγκατεστημένων μονάδων). Αντίθετα, η εμπειρία από την επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ είναι μικρή (19% των εγκατεστημένων μονάδων πυρόλυσης και 12% των μονάδων αεριοποίησης).
- Παράγοντες, όπως η ανομοιογένεια των φυσικών χαρακτηριστικών, η ασάφεια και η έλλειψη στοιχείων για τη σύσταση των ΑΣΑ και οι εποχικές διακυμάνσεις στην εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ, συχνά υποτιμώνται από τους κατασκευαστές τέτοιων τεχνολογιών, παρόλο που αποτελούν ιδιαίτερα καθοριστική παράμετρο.
- Λόγω του ότι πρόκειται για σχετικά νέες τεχνολογίες, η επεξεργασία ΑΣΑ με την εγκατάσταση μονάδων πυρόλυσης και μονάδων αεριοποίησης αποτελεί ένα πείραμα, η επιτυχία του οποίου δεν είναι δεδομένη.

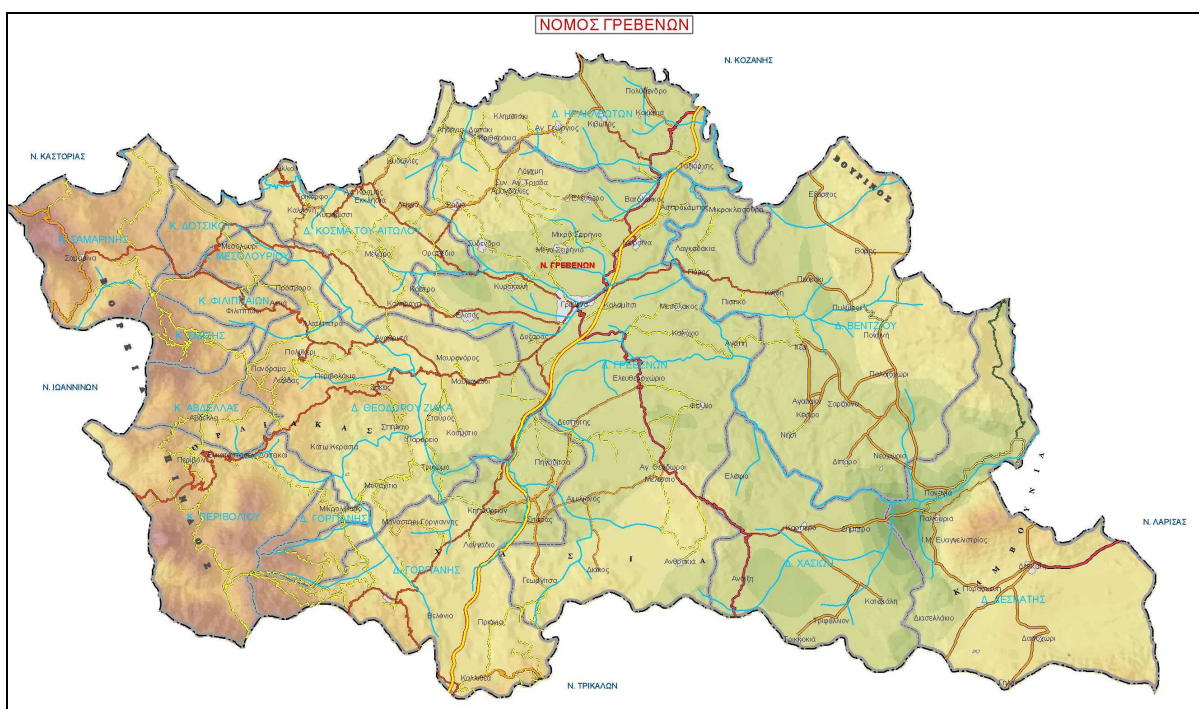
Συμπερασματικά, για λόγους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς (οι οποίοι αναλύθηκαν εκτεταμένα στις άνωθι παραγράφους), και λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής (τα οποία παρουσιάζονται διεξοδικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί, όσο και το επίπεδο τεχνογνωσίας και ανάπτυξης της χώρας, επιλέχθηκε η μέθοδος της καύσης για να εφαρμοστεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Γενικά στοιχεία

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Δήμος Δεσκάτης του Νομού Γρεβενών.

Ο Νομός Γρεβενών (**Σχήμα 5.1-1**) βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας και συνορεύει βόρεια-βορειοανατολικά με το Νομό Κοζάνης, βορειοδυτικά με το Νομό Καστοριάς, ανατολικά με το Νομό Λάρισας, νότια με το Νομό Τρικάλων και Δυτικά με το Νομό Ιωαννίνων [89].



(Πηγή: 89)

Σχήμα 5.1-1: Ο Νομός Γρεβενών.

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω **Σχήμα**, ο Δήμος Δεσκάτης καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα του Νομού Γρεβενών και συνορεύει δυτικά με το Δήμο Χασίων, βορειοδυτικά με το Δήμο Βέντζιου, ανατολικά με το νομό Λάρισας και νότια με το νομό Τρικάλων.

Ο Δήμος Δεσκάτης καταλαμβάνει με 269 Km² το 11,7% της συνολικής έκτασης του Νομού, ενώ ο πληθυσμός του, ο οποίος σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2001 ανέρχεται σε 5.066 κατοίκους, αντιπροσωπεύει το 13,3% του συνολικού πληθυσμού του Νομού [93].

Πίνακας 5.1-1: Γενικά στοιχεία Δήμου Δεσκάτης.

Δ/Κ	ΔΔ/ ΚΔ	Έκταση (Km ²)	Πληθυσμός 2001	Πληθυσμιακή Πυκνότητα	Χαρακτηρισμός
Δεσκάτης	Δασοχώρι	21,10	205	9,72	Ορεινή
	Δεσκάτη	126,40	4.187	33,13	Ορεινή
	Παλιουριά	34,00	412	12,12	Ορεινή
	Παναγιά	67,60	121	1,79	Ορεινή
	Παρασκευή	19,90	141	7,09	Ορεινή
Σύνολο Δ. Δεσκάτης		269,0	5.066	18,8	-
Νομός		2.291,0	37.947	16,6	-
Περιφέρεια		9.451,0	301.522	31,9	-
Χώρα		131.957,0	10.964.020	83,1	-

(Πηγή: 93)

5.2 Υφιστάμενη κατάσταση περιοχής μελέτης

5.2.1 Κλιματολογικά-βιοκλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής μελέτης όπως και ολόκληρου του Νομού Γρεβενών είναι ηπειρωτικό με ψυχρούς και υγρούς χειμώνες και σύντομα ζεστά καλοκαίρια. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με θερμοκρασία $0,7^{\circ}\text{C}$, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα επικρατούν βόρειοι άνεμοι, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τις χαμηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο αριθμό ημερών παγετού.

Πιο συγκεκριμένα, το δυτικό τμήμα του Νομού έχει ημιαλπικό κλίμα και σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή βροχοπτώσεων (άνω των 950mm), ενώ το κλίμα του βορειοανατολικού τμήματος του νομού είναι μεσευρωπαϊκό, με ανομοιόμορφη κατανομή βροχοπτώσεων και ξηρή περίοδο. Τέλος σε ότι αφορά το ανατολικό και νότιο (περιοχή μελέτης) τμήμα του νομού, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό, με χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα, δροσερό καλοκαίρι και βροχοπτώσεις ανομοιόμορφης κατανομής[10].

5.2.2 Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά

Ο Νομός Γρεβενών είναι κατ' εξοχήν ορεινός. Η συνολική του έκταση (2.290 Km^2) κατανέμεται σε ορεινή ζώνη έκτασης $1.268,3 \text{ Km}^2$ (55,36%) σε ημιορεινή ζώνη έκτασης $864,5 \text{ Km}^2$ (37,74%) και σε πεδινή ζώνη έκτασης 158 Km^2 (6,90%).

Το ανάγλυφό του εδάφους του νομού χαρακτηρίζεται από πολλές κορυφές, όπως είναι οι κορυφές του Βούρινου, των Καμβουνίων, των Χασίων και της Βόρειας Πίνδου, όπου και βρίσκονται οι ψηλότερες κορυφές του νομού.

Ο Δήμος Δεσκάτης βρίσκεται στα νοτιοανατολικά όρια του νομού, στη νότια πλευρά των Καμβουνίων και σε υψόμετρο 850 μέτρων και είναι στο σύνολό του ορεινός δήμος. Το όρος Καβούνια βρίσκεται στα σύνορα του Νομού Γρεβενών με το Νομό Κοζάνης, πάνω από τη Δεσκάτη, ενώ οι ψηλότερες κορυφές του είναι η Βουνάσια με υψόμετρο 1.615m, ο Προφήτης Ηλίας με υψόμετρο 1.055m, και το Μαυρολίθαρο με υψόμετρο 1.363m [89].

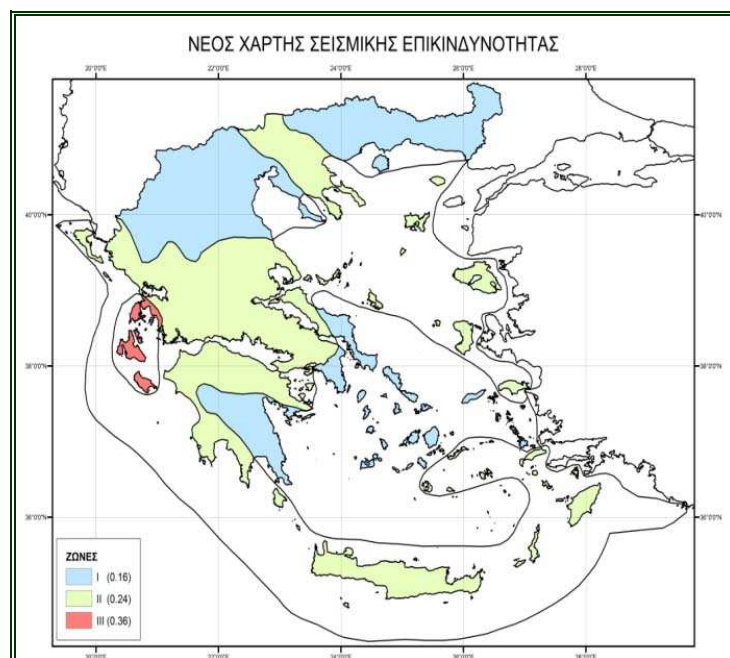
5.2.3 Γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά

Από γεωλογικής απόψεως ο Νομός Γρεβενών εντάσσεται στις παρακάτω ζώνες [29]:

- Πλειστοκαινικά ιζήματα (Μάργες, άργιλος, άμμος, κροκαλοπαγή), η οποία αναπτύσσεται μεταξύ του Δήμου Γρεβενών και των βορείων ορίων του νομού.
- Ιζήματα Μεσοελληνικής Αύλακας. Η ζώνη αυτή διασχίζει το νομό από ΒΔ προς ΝΑ

- Νεογενή Ιζήματα (Λιμναίες αποθέσεις από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλο και ανώτερο ηώκαινο απορριμμάτων κροκαλοπαγή, μάργες, ψαμμίτες). Η ζώνη αυτή αναπτύσσεται στην περιοχή Καρπερού.
- Πετρώματα Αλικών Σειρών, τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως ασβεστόλιθους και βρίσκονται ΒΔ στα όρια επαφής του φλύσχη της Πίνδου.
- Πετρώματα Σειράς Πίνδου. εντοπίζονται στα δυτικά όρια του νομού.

Σεισμικότητα. Η περιοχή του νομού Γρεβενών εντάσσεται, σύμφωνα με το Χάρτη Ζωνών Σεισμικότητας, στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας (I), η οποία στο γενικό της πλαίσιο χαρακτηρίζεται από σεισμική επιτάχυνση $a=0,16$. Παρόλα αυτά όμως, στις 13/05/1995 σημειώθηκε στην περιοχή ισχυρός σεισμός 6,6 R με καταστρεπτικές συνέπειες [29].



(Πηγή: 29)

Σχήμα 5.2-1: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου

5.2.4 Φυσικά οικοσυστήματα

Το μεγαλύτερο τμήμα του Ν. Γρεβενών αποτελείται από ημιορεινές εκτάσεις με κύριο χαρακτηριστικό την ύπαρξη εκτεταμένων δρυοδασών. Κατά θέσεις παρατηρούνται συστάδες μαύρης πεύκης, σε αμιγή μορφή (μικρή έκταση στα δυτικά της περιοχής) και σε μίξη με τα διάφορα είδη δρύος. Παρατηρούνται επίσης, μικρά τμήματα τα οποία καλύπτονται από χορτολίβαδα, κυρίως στις κορυφές των ορεινών όγκων και στα μεγαλύτερα υψόμετρα, καθώς και μικρές εκτάσεις με ρεματική βλάστηση σε στενές λωρίδες κατά μήκος των ρεμάτων και ποταμών (Βενέτικος) της περιοχής [29].

Το φυσικό περιβάλλον της ανατολικής Πίνδου και των Χασίων συντηρεί πλούσια ζωοπανίδα. Τα σημαντικότερα είδη είναι η καφέ αρκούδα, ο λύκος, ο λίγκαας, το ζαρκάδι, το αγριόγιδο, η βύδρα, ο ασβός, ο λαγός, ο αγριόγατος και το αγριογούρουνο. Σύμφωνα με το "Κόκκινο Βιβλίο" των απειλούμενων σπονδυλόζων της Ελλάδας, η αρκούδα, ο λίγκαας, το αγριοκάτσικο και ο αγριόγατος κινδυνεύουν να εξαφανισθούν.

Εκτός των παραπάνω φυσικών οικοσυστημάτων, ένα μεγάλο τμήμα του νομού αποτελείται από αγροτικές εκτάσεις, εκτατικών καλλιεργειών, κυρίως σιτηρών, στις χαμηλότερες θέσεις σε εδάφη με ομαλές κλίσεις, αλλά και σε διάφορες ήπιες θέσεις, διάσπαρτες ανάμεσα στα δρυοδάση της περιοχής.

Τα φυσικά οικοσυστήματα του νομού Γρεβενών φιλοξενούν πλούσια ζωοπανίδα και αποτελούν επομένως σημαντικούς βιότοπους.

5.2.4.1 Ειδικές φυσικές περιοχές

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών. Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας - (SPA)» για τις ανάγκες της Ορνιθοπανίδας, όπως ορίζει η Οδηγία 79/409/ΕΚ, και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας - (SCI)» όπως ορίζει η Οδηγία 92/43/ΕΚ. Καθώς ο κατάλογος των «Τόπων Κοινοτικής Σημασίας» δεν έχει ακόμα οριστικοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, οι τόποι αυτοί χαρακτηρίζονται ως «Προτεινόμενοι Τόποι Κοινοτικής Σημασίας – (pSCI)» Στο Νομό Γρεβενών, λοιπόν, εντοπίζονται οι εξής περιοχές SPA και pSCI του δικτύου Natura 2000[97]:

- **GR1310001 – Βασιλίτσα pSCI** με έκταση 8012,77 ha
- **G1310003 – Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα) Ευρύτερη Περιοχή pSCI** με έκταση 6838,25 ha
- **G1310002 – Εθνικός Δρυμός Πίνδου SPA** με έκταση 3294,00 ha
- **G1440005 – Ποταμός Πηνειός Αντιχάσια Όρη SPA** με έκταση 55220,00 ha. Η περιοχή αυτή ανήκει στο Νομό Τρικάλων και μόνο ένα εξαιρετικά μικρό τμήμα της βρίσκεται εντός του Νομού Γρεβενών.
- **G1440003 – Αντιχάσια Όρη – Μετέωρα pSCI** με έκταση 60625.03 ha. Ομοίως, η περιοχή αυτή ανήκει στο Νομό Τρικάλων και μόνο ένα εξαιρετικά μικρό τμήμα της βρίσκεται εντός του Νομού Γρεβενών.
- **G1330001 – Όρος Βούρινο (Κορυφή Ασπροβούνι) pSCI** με έκταση 764,05 ha. Στο Νομό Γρεβενών περιλαμβάνεται ένα μικρό τμήμα της περιοχής, κοντά στον οικισμό Έξαρχος
- **G2130002 – Κορυφές Όρους Σμόλικα SPA και pSCI** με έκταση 19975,72 ha
- **G2130004 – Κεντρικό Τμήμα Ζαγοριού pSCI** με έκταση 33114,95 ha

5.2.4.2 Ειδικές φυσικές περιοχές

Στο Νομό Γρεβενών εντοπίζονται άλλες φυσικές περιοχές οι οποίες είναι [79]:

1. Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα) που ιδρύθηκε το 1966 (ΦΕΚ 120/Α/66).

2. Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους του Σπηλαίου που περιλαμβάνει τους οικισμούς Σπήλαιο και Ζιάκα καθώς και τμήμα του Όρλιακα και των φαραγγιών του Βενέτικου (Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, 2002).

3. Καταφύγια Άγριας Ζωής. Στο Νομό Γρεβενών εντοπίζονται επίσης τα εξής Καταφύγια Άγριας Ζωής:

- «**K164 Κίσσαβος (Εξάρχου – Κνίδης – Ποντίνης – Πυλωρών)**» με έκταση 4.000ha (ΦΕΚ 492/Β/76)
- «**K169 Λάριο**» με έκταση 2.305ha (ΦΕΚ 354/12-6-90)
- «**K170 Βάλια Κύρνα (Σαμαρίνας)**» με έκταση 2.100ha (ΦΕΚ 522/Β/86)
- «**K174 Προφ. Ηλίας – Σταυρός (Γρεβενών)**» με έκταση 520ha (ΦΕΚ 447/Β/83)
- «**K182 Ζοβόρδα (Παναγιάς)**» με έκταση 1.695ha (ΦΕΚ 447/Β/83)
- «**K184 Παλιομονάστηρο – Μπατεφούρλο (Περιβολίου)**» με έκταση 1.400ha (ΦΕΚ 522/Β/86)
- «**K185 Σμιξιόματα – Αχυρώνες (Καρπερού – Φελλίου)**», με έκταση 1.700ha (ΦΕΚ 492/Β/76))
- «**K191 Βουνάσια (Παλουριάς)**» με έκταση 1.000ha (ΦΕΚ 407/Β/81)
- «**K195 Ρουσιανή – Κανατσιόλα**» με έκταση 820ha (ΦΕΚ 713/Β/79)
- «**K196 Κυρά Καλή – Τρυπημένη (Μοναστηρίου – Κρασιάς)**» με έκταση 2.600ha (ΦΕΚ 522/Β/86)
- «**K199 Τσουκά Καραλί – Βελόνι (Κρασιάς)**» με έκταση 1.800ha (ΦΕΚ 321/Β/81)
- «**K202 Βρύση Κούτρα – Τρέτιμας (Δασοχωρίου – Δεσκάτης)**» με έκταση 900ha (ΦΕΚ 617/Β/78)
- «**K205 Μέτσοβο – Χρυσοβίτσα – Γρεβενίτιο**» με έκταση 2.300ha (ΦΕΚ 643/Β/94)
- «**K600 Φλαμπουράριο – Βοβούσα**» με έκταση 961ha (ΦΕΚ 594/24-7-86)

5.2.5 Ανθρωπογενές περιβάλλον

5.2.5.1 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης τόσο το νομό Γρεβενών, όσο και στην περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ του 1991 και του 2001, παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.2-1** που ακολουθεί.

Πίνακας 5.2-1: Κατανομή χρήσεων γης στο Ν. Γρεβενών.

	Έκτ Km ²	Καλλιέργειες Αγροαπαύσεις		Βοσκότοποι				Δάση		Υδατικές Εκτάσεις		Οικισμοί		Άλλες	
				Κοιν/Δημοτικοί		Ιδιωτικοί									
		1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001
Χώρα	131.957,4	39.435,9	39.435,9	30.026,1	30.026,1	22.165,4	22.165,4	29.378,1	29.378,1	2.996,0	2.996,0	5.303,2	5.303,2	2.652,8	2.652,8
Περιφέρεια	9.451,6	2.292,7	2.292,7	3.230,9	3.230,9	737,4	737,4	2.472,3	2.472,3	283,6	283,6	207,6	207,6	227,6	227,6
Νομός	2.290,9	454,6	454,6	694,5	694,5	61,3	61,3	994,4	994,4	29,5	29,5	39,0	39,0	17,6	17,6

(Πηγή: 93)

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω Πίνακα, ο Νομός Γρεβενών είναι ένας δασωμένος Νομός καθώς οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν το 43,4% της συνολικής του έκτασης, ενώ σημαντικό ποσοστό των εκτάσεων καλύπτουν και οι βοσκότοποι με 32,99%. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις του νομού συγκεντρώνονται σχεδόν αποκλειστικά στο ανατολικό τμήμα του και καταλαμβάνουν περίπου το 19,84% της συνολικής του έκτασης. Το ποσοστό των οικιστικών χρήσεων στο νομό Γρεβενών είναι περίπου 1,75, ενώ περιορισμένες εκτάσεις (1,3%) καλύπτονται από νερά. Σε ότι αφορά την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, κυριαρχούν οι βοσκότοποι, οι οποίοι καλύπτουν το 42% περίπου της έκτασης, ενώ ακολουθούν οι δασικές και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις που αποτελούν το 26% και 24% αντίστοιχα. Οι υδάτινες εκτάσεις καλύπτουν μόλις το 3% της συνολικής έκτασης της περιφέρειας, ενώ οι οικισμοί καλύπτουν μόλις το 2%.

5.2.5.2 Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον

Ο Νομός Γρεβενών είναι διάσπαρτος από αρχαιολογικούς χώρους. Τα ευρήματα, σε περισσότερες από 300 θέσεις, μαρτυρούν την παρουσία οικισμών από τη νεολιθική έως την ελληνιστική περίοδο, το Βυζάντιο και την Τουρκοκρατία.

Από τα μέχρι σήμερα ευρήματα προκύπτει ότι, γενικά, δεν πρόκειται για οικισμούς με μεγάλη αίγλη. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στην πολεοδομική οργάνωση των οικισμών, την εξέλιξή τους δια μέσου μιας μεγάλης χρονικής περιόδου, και τη συγκρότησή τους κατά ομάδες γύρω από μητροπόλεις.

Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πέτρινα γεφύρια στον ποταμό Βενέτικο που αναδεικνύουν τις πορείες των παραδοσιακών μετακινήσεων στην περιοχή [89].

5.2.6 Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον – Τεχνικές υποδομές

Η εξέλιξη του πληθυσμού στο Δήμο Δεσκάτης, ο οποίος όπως έχει αναφερθεί αποτελεί την περιοχή μελέτης, αλλά και συνολικά του Νομού Γρεβενών από το 1991 έως το 2001 παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2-2.

Πίνακας 5.2-2: Πληθυσμιακή εξέλιξη περιοχής μελέτης .

Δ/Κ	ΔΔ/ ΚΔ	Πληθυσμός 1991	Πληθυσμός 2001	Μεταβολή Πληθυσμού (%)
Δεσκάτης	Δασοχώρι	239	205	-14,2
	Δεσκάτη	4.647	4.187	-9,9
	Παλιουριά	392	412	5,1
	Παναγιά	159	121	-23,9
	Παρασκευή	205	141	-31,2
Σύνολα Δ. Δεσκάτης		5.642	5.066	-10,2
Νομός		36.797	37.947	3,1
Περιφέρεια		292.875	301.522	6,9
Χώρα		10.259.900	10.964.020	3,0

(Πηγή: 93)

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, ο πληθυσμός σε όλα τα Δ.Δ. καθώς και στο σύνολο του Δήμου Δεσκάτης παρουσίασε μείωση, με μοναδική εξαίρεση τον πληθυσμό του Δ.Δ. Παλιουριάς που παρουσίασε αύξηση κατά 5% περίπου. Συνεπώς, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ, κατά τη δεκαετία 1991-2001 ο πληθυσμός του Δ.Δ. Δεσκάτης μειώθηκε κατά 10,2%, σε αντίθεση με τον πληθυσμό του νομού Γρεβενών που αυξήθηκε κατά 3% περίπου [93].

5.2.6.1 Απασχόληση

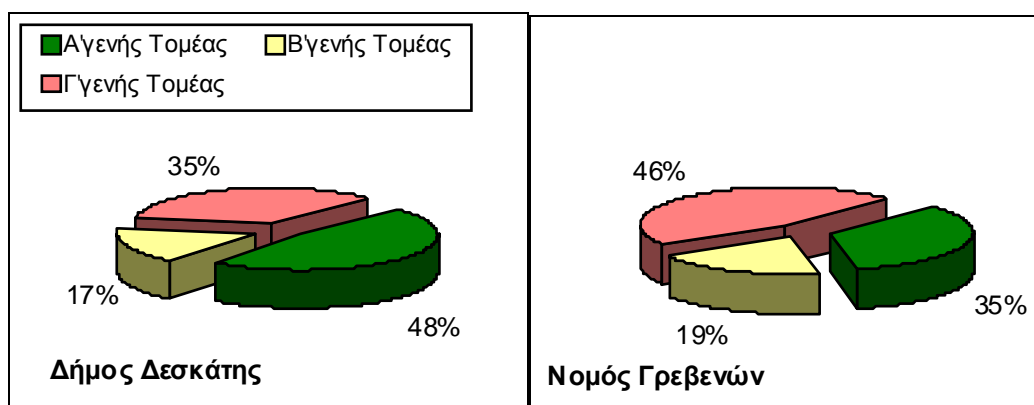
Στον Πίνακα 5.2-3 δίνονται στοιχεία για την απασχόληση των κατοίκων στο Δήμο Δεσκάτης αλλά και στο σύνολο του νομού Γρεβενών, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ, ενώ στο Σχήμα 5.2-2 δίνεται γραφικά η ποσοστιαία κατανομή της απασχόλησης ανά τομέα στο Δήμο Δεσκάτης και στο νομό [93].

Πίνακας 5.2-3: Σύνοψη απασχόλησης στην περιοχή μελέτης.

Δ/Κ	ΔΔ/ ΚΔ	Οικονομικά Ενεργοί	Απασχολούμενοι			Ανεργοί	Ανεργία (%)	
			Σύνολο	Α'γενής τομέας	Β'γενής τομέας			Γ'γενής τομέας
Δεσκάτης	Δασοχώρι	98	92	69	8	14	6	6,1
	Δεσκάτη	1.645	1.384	571	250	532	261	15,9
	Παλιουριά	139	132	93	11	26	7	5
	Παναγιά	26	26	19	3	4	0	0
	Παρασκευή	55	47	37	4	5	8	14,5
Σύνολα Δ. Δεσκάτης		1.963	1.681	789	276	581	282	14,4

Δ/Κ	ΔΔ/ΚΑ	Οικονομικά Ενεργοί	Απασχολούμενοι			Ανεργοί	Ανεργία (%)	
			Σύνολο	Α'γενής τομέας	Β'γενής τομέας			Γ'γενής τομέας
Νομός		12.166	10.497	3.517	1.937	4.734	1.669	13,7
Περιφέρεια		112.246	93.981	18.059	27.808	45.181	18.265	16,3
Χώρα		4.615.470	4.102.091	591.669	892.189	2.401.831	513.379	11,1

(Πηγή: 93)



(Πηγή: 93)

Σχήμα 5.2-2: Κατανομή απασχόλησης κατά τομέα (2001).

Βάση των παραπάνω στοιχείων είναι προφανής ο αγροτικός χαρακτήρας της περιοχής του Δήμου Δεσκάτης, καθώς το 48% του πληθυσμού απασχολείται στον πρωτογενή τομέα και κυρίως στη γεωργία. Ιδιαίτερα αναπτυγμένος εμφανίζεται και ο τριτογενής τομέας, στον οποίο απασχολείται το 35% του πληθυσμού της περιοχής, και κυρίως ο κλάδος του τουρισμού και των υπηρεσιών. Τέλος, λιγότερο αναπτυγμένος εμφανίζεται ο δευτερογενής τομέας στο Δήμο Δεσκάτης, καθώς σε αυτόν απασχολείται μόλις το 17% του πληθυσμού. Σε ότι αφορά στο σύνολο του νομού Γρεβενών, τα δεδομένα μεταβάλλονται λίγο καθώς εδώ κυρίαρχος είναι ο τριτογενής τομέας και κυρίως ο κλάδος των υπηρεσιών και του τουρισμού, στον οποίο και απασχολείται το 46% του πληθυσμού, ενώ στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα απασχολείται το 35% και το 19% του πληθυσμού αντίστοιχα. Τέλος, η ανεργία ανέρχεται στο 14,4% περίπου στο Δήμο Δεσκάτης και στο 13,7% στο νομό Γρεβενών.

5.2.6.2 Συγκοινωνίες

- **Εθνικό Δίκτυο:** Ο Νομός διασχίζεται από τις Εθνική Γρεβενών-Καλαμπάκας με διακλάδωση προς τη Λάρισα. Η οδός Γρεβενά-Καλαμπάκα είναι η κύρια διέξοδος του Νομού προς τη Θεσσαλία και την Αθήνα.

- **Επαρχιακό Δίκτυο:** Φθάνει τα 206 Km, σημαντικό ποσοστό του οποίου έχει προβλήματα βατότητας κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω χιονοπτώσεων ή παγετών, με έμφαση στην ορεινή ζώνη. Τα προβλήματα αντιμετωπίζονται με μηχανοκίνητα μέσα της ΝΑ, καθώς και, όταν απαιτείται, με μίσθωση ιδιωτικών μηχανημάτων ώστε η κυκλοφορία να μη διακόπτεται σχεδόν ποτέ (παρά ορισμένες ώρες ή στη χειρότερη των περιπτώσεων για μία μέρα).
- **Δημοτικό Δίκτυο:** φθάνει τα 157 Km με κυκλοφοριακά προβλήματα ανάλογης υφής με το επαρχιακό δίκτυο. Γενικά, επισημαίνεται ότι αρκετές μέρες την περίοδο Δεκέμβριος – Μάρτιος η κυκλοφορία διεξάγεται με αντιολισθητικές αλυσίδες.
- **Εγνατία Οδός:** Το τμήμα που διασχίζει τη Δυτική Μακεδονία εκτείνεται από την Παναγιά (Περιοχή Καφέ Αρκούδας) μέχρι τον Πολύμυλο και έχει συνολικό μήκος περίπου 110 Km. Στην κυκλοφορία έχουν δοθεί 79 Km και τα υπόλοιπα 31 βρίσκονται υπό κατασκευή (βλ. τμήμα Παναγιά – Γρεβενά). Πρόκειται για το δυσχερέστερο τεχνικά τμήμα με μεγάλο πλήθος σηράγγων και γεφυρών που διασχίζει τον ορεινό όγκο της Πίνδου διατρέχοντας περιοχές γλωρίδας και πανίδας ιδιαίτερης περιβαλλοντικής αξίας ευαισθησίας, με σημαντικότερη τον οικότοπο της καφέ αρκούδας. Για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας στο διάστημα της κατασκευής του υπόψη τμήματος η ΕΟΑΕ βελτίωσε και συντηρεί την υφισταμένη οδό Γρεβενά/Κρανιά/Μηλιά/Μέτσοβο. Το έργο αποτελείται από τον κυρίως αυτοκινητόδρομο Ε65, μήκους 175 Km. περίπου, που θα συνδέει την ΠΑΘΕ (Μαλιακός) με την Εγνατία Οδό (Παναγιά) και από το τμήμα Σκάρφεια - Ράχες της ΠΑΘΕ, μήκους 57 Km [29].

Σιδηροδρομικό δίκτυο και αεροδρόμιο δεν υπάρχει στο νομό Γρεβενών

5.2.6.3 Δίκτυα Κοινής Ωφέλειας

Ύδρευση: Ο Νομός έχει γενικευμένο πρόβλημα επάρκειας νερού, το οποίο εντείνεται το καλοκαίρι εξ αιτίας της έλλειψης ικανοποιητικών ποσοτήτων υπόγειων νερών. Χαρακτηριστικό είναι το μεγάλο πλήθος οικισμών που υδρεύονται από πηγές. Ο Σύνδεσμος Ύδρευσης Γρεβενών εκμεταλλεύεται πηγές από τις οποίες υδρεύεται η πόλη των Γρεβενών και οι περισσότεροι οικισμοί. Οι λοιποί οικισμοί υδρεύονται από Κοινοτικά υδραγωγεία [29].

Πίνακας 5.2-4: Υποδομές ύδρευσης

Δήμοι	Υδραγωγεία	Πηγές	Γεωτρήσεις
Βεντζίου	-	✓	✓
Γρεβενών	✓	-	✓
Δεσκάτης	-	✓	✓
Ηρακλειωτών	-	-	✓
Χασίων	-	✓	✓

(Πηγή: 29)

Αποχέτευση: Όλοι οι οικισμοί του Νομού διαθέτουν αποχετευτικό δίκτυο παντοροϊκού τύπου (ακάθαρτα και όμβρια). Εξαίρεση αποτελούν η πόλη των Γρεβενών και η Δεσκάτη των οποίων τα λύματα οδηγούνται σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων, καθώς και οι οικισμοί των κοινοτήτων του ορεινού όγκου (Σαμαρίνα, Αβδέλλα, Σμίξη) οι οποίοι εξυπηρετούνται με βόθρους [29].

Πίνακας 5.2-5: Υποδομές αποχέτευσης

Δήμοι	Αποχετευτικό Δίκτυο		Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων
	Χωριστικό	Παντοροϊκό	
Βεντζίου	-	✓	-
Γρεβενών	-	✓	✓
Δεσκάτης	-	✓	✓
Ηρακλειωτών	-	✓	-
Χασίων	-	✓	-

(Πηγή: 29)

Ενέργεια: Ο Νομός τροφοδοτείται με ηλεκτρισμό από το ενεργειακό κέντρο Πτολεμαΐδας. Σε περίπτωση αδυναμίας υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης και τροφοδοσίας από το κέντρο διανομής της Αθήνας. Στην πόλη των Γρεβενών υπάρχουν δύο υποσταθμοί της ΔΕΗ, ισχύος 25MW έκαστος [29, 47].

Στο Νομό λειτουργεί ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Περιβολίου (κοινότητα Περιβολίου) ισχύος 3.5 MW. Επίσης, ο Νομός τροφοδοτείται από τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό Διστράτου (κοινότητα Διστράτου Ιωαννίνων) ισχύος 2 MW, ο οποίος ανήκει στο νομό Ιωαννίνων αλλά τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα και το Νομό Γρεβενών. Επίσης σε φάση κατασκευής βρίσκεται το ΥΗΕ Ιλαρίωνα επί του ποταμού Αλιάκμονα, συνολικής ισχύς 157,3 MW, το οποίο είναι ένα λιθόρριπτο φράγμα μέγιστου ύψους 130 m. Το φράγμα του Ιλαρίωνα είναι σημαντικό έργο, πολλαπλού σκοπού, δεδομένου ότι πέραν της σημαντικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εξασφαλίζει την ύδρευση του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης, την άρδευση περιοχών των νομών Κοζάνης και Γρεβενών, καθώς και την περιβαλλοντική αναβάθμιση του δέλτα του ποταμού Αλιάκμονα [29, 92].

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον ιδιωτών για την κατασκευή και λειτουργία μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, όπως προκύπτει και από τα στοιχεία του Πίνακα που ακολουθεί [92].

Πίνακας 5.2-6: Υπό αδειοδότηση εγκαταστάσεις ΑΠΕ στο Νομό Γρεβενών.

	A/A	ΔΗΜΟΣ/ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (MW)
ΑΙΟΛΙΚΑ	1	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ	36,000
	2	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ	14,000
	3	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	22,000
	4	Δ. ΒΕΝΤΖΙΟΥ	14,000
	5	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	18,000
	6	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	10,800
	7	Κ. ΑΒΔΕΛΛΑΣ & ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	32,000
	8	Δ. ΘΕΟΔ. ΖΙΑΚΑ	26,000
	9	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	24,000
	10	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ	24,000
	11	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ	48,000
	12	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ & Κ. ΔΟΤΣΙΚΟΥ	20,000
	13	Κ. ΜΕΣΟΛΟΥΡΙΟΥ	16,000
	14	Κ. ΜΕΣΟΛΟΥΡΙΟΥ	20,000
	15	Δ. ΒΕΤΖΙΟΥ	12,000
Σύνολο ισχύς από αιολικά			336,800
ΒΙΟΜΑΖΑ			
	1	Δ.ΓΡΕΒΕΝΩΝ	14,100
Σύνολο ισχύς από βιομάζα			14,100
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	1	Δ. ΘΕΟΔ. ΖΙΑΚΑ	1,605
	2	Κ. ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	1,280
	3	Κ. ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	0,800
	4	Κ. ΣΑΜΑΡΙΝΑΣ	0,990
	5	Κ. ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	1,000
Σύνολο ισχύς από υδροηλεκτρικά			5,235
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	1	Δ. ΒΕΝΤΖΙΟΥ	0,320
	2	Δ. ΧΑΣΙΩΝ	1,039
	3	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	1,998
	4	Δ. ΔΕΣΚΑΤΗΣ	1,993
	5	Δ. ΒΕΝΤΖΙΟΥ	1,993
	6	Δ. ΧΑΣΙΩΝ	2,229
	7	Δ. ΧΑΣΙΩΝ	0,892
	8	Δ. ΒΕΝΤΖΙΟΥ	5,000
Σύνολο ισχύς από Φωτοβολταϊκά			15,464
Σύνολο ισχύς από ΑΠΕ στο Νομό			371,599

(Πηγή: 92)

Απορρίμματα: Η αποκομιδή απορριμμάτων του Νομού γίνεται από τη ΔΙΑΔΥΜΑ ΑΕ (διαδημοτική επιχείρηση περιφερειακής εμβέλειας στην οποία συμμετέχουν οι ΤΕΔΚ και οι κεντρικοί Δήμοι της Περιφέρειας) με εφαρμογή συστήματος ενιαίας αποκομιδής απορριμμάτων της Περιφέρειας.

Από τον Ιούλιο του 2005, δηλαδή με την έναρξη λειτουργίας του ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας, λειτουργούν στην περιοχή 10 Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (Φλώρινας, Αμυνταίου, Εορδαίας, Κοζάνης, Σερβίων, Σιάτιστας, Βοΐου, Γρεβενών, Δεσκάτης και Καστοριάς). Τα

απορριματοφόρα κάθε ΟΤΑ ζυγίζονται στην είσοδο κάθε ΣΜΑ, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή πλέον μια νέα εκτίμηση για την παραγωγή των απορριμμάτων.

Στον **Πίνακα 5.2-7** παρουσιάζεται η πραγματική παραγωγή σύμμεικτων ΑΣΑ ανά ΟΤΑ με βάση τα στοιχεία από τη λειτουργία του ΟΣΔΑ Δυτ. Μακεδονίας, καθώς και ο πληθυσμός απογραφής και ο εκτιμώμενος πληθυσμός ανά ΟΤΑ και τέλος υπολογίζεται το ρυθμός μεταβολής στην παραγωγή ΑΣΑ τα δύο τελευταία έτη καθώς και ο ρυθμός παραγωγής ΑΣΑ ανά κάτοικο και ΟΤΑ. Η παρουσίαση των στοιχείων γίνεται ανά ΟΤΑ και ανά ομάδες σύμφωνα με τους ΣΜΑ από τους οποίους εξυπηρετούνται.

Επισημαίνεται ότι χρησιμοποιούνται στοιχεία αναφορικά με τις ποσότητες που κατέληξαν στις εγκαταστάσεις του ΟΣΔΑ για τη χρονική περίοδο από τις 1/12/2005 μέχρι 30/11/2007 (2 πλήρη έτη λειτουργία), ενώ τα στοιχεία του πρώτου πενταμήνου (1/7/2005 – 30/11/2005) δεν χρησιμοποιούνται καθώς δεν είχε ακόμη ομαλοποιηθεί η λειτουργία του συστήματος.

Πίνακας 5.2-7: Παραγωγή Σύμμεικτων ΑΣΑ ανά ΟΤΑ και ΣΜΑ

ΥΠΕΡΤΟΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ	ΟΤΑ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ	Πληθυσμός Απογραφής 2001 (ΕΣΥΕ)	Εκτιμώμενος Πληθυσμός	Σύμμεικτα ΑΣΑ 05/12/05 έως 03/12/06 *	Σύμμεικτα ΑΣΑ 05/12/06 έως 03/12/07	Ρυθμός μεταβολής %	Ρυθμός παραγωγής ΑΣΑ (kg/κάτοικο απογραφής/d)	Ρυθμός παραγωγής ΑΣΑ (kg/εκτιμώμενο κάτοικο/d)
ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ	ΣΜΑ ΦΛΩΡΙΝΑΣ	35.793	34.000	14.118	13.978	-1,0%	1,07	1,13
	ΣΜΑ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	18.277	16.300	6.424	6.520	1,5%	0,98	1,10
	ΣΜΑ ΕΟΡΛΑΙΑΣ	47.238	51.000	19.400	19.859	2,3%	1,15	1,07
ΚΟΖΑΝΗΣ	ΣΜΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	68.680	74.400	27.163	28.699	5,4%	1,14	1,06
	ΣΜΑ ΣΕΡΒΙΩΝ	17.657	16.200	4.728	4.977	5,0%	0,77	0,84
	ΣΜΑ ΣΙΑΤΙΣΤΑΣ	14.757	13.500	4.872	4.640	-5,0%	0,86	0,94
	ΣΜΑ ΒΟΪΟΥ	11.393	10.300	3.307	3.337	0,9%	0,80	0,89
	ΣΜΑ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	25.329	23.800	8.825	9.185	3,9%	0,99	1,06
	ΔΗΜΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	15.481	15.500	6.875	7.140	3,7%	1,26	1,26
	ΔΗΜΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΖΙΑΚΑ	2.855	2.400	695	714	2,7%	0,69	0,82
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΣΜΙΞΗΣ	509	400	70	74	5,9%	0,40	0,51
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΦΙΛΙΠΠΙΑΙΩΝ	254	200	60	63	4,8%	0,68	0,86
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	454	400	70	74	4,8%	0,44	0,50
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΜΕΣΟΛΟΥΡΙΟΥ	139	100	20	20	0,0%	0,39	0,55
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΣΑΜΑΡΙΝΗΣ	701	600	170	187	9,0%	0,73	0,85
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΔΟΤΣΙΚΟΥ	187	200	30	30	0,0%	0,44	0,41
	ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΚΟΣΜΑ	1.792	1.500	311	312	0,3%	0,48	0,57
	ΔΗΜΟΣ ΒΕΝΤΖΙΟΥ	2.957	2.500	524	571	8,2%	0,53	0,63
	ΣΜΑ ΔΕΣΚΑΤΗΣ	9.538	8.700	2.578	2.712	4,9%	0,78	0,85
	ΔΗΜΟΣ ΓΟΡΓΙΑΝΗΣ	1.707	1.500	350	382	8,4%	0,61	0,70
	ΔΗΜΟΣ ΧΑΣΙΩΝ	2.317	2.000	498	522	4,6%	0,62	0,72
	ΔΗΜΟΣ ΔΕΣΚΑΤΗΣ	5.066	4.800	1.680	1.758	4,4%	0,95	1,00
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΒΔΕΛΛΑΣ	448	400	50	50	0,0%	0,31	0,34
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	ΣΜΑ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	52.860	52.100	22.614	23.083	2,0%	1,20	1,21
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ		301.522	300.300	114.027	116.989	2,5%	1,06	1,07

(Πηγή: 9)

Βάση των παραπάνω στοιχείων συμπεραίνουμε ότι ο ρυθμός αύξησης των ΑΣΑ τα δύο πρώτα χρόνια λειτουργίας του ΟΣΔΑ Δυτ. Μακεδονίας (από τις 1/12/2005 μέχρι 30/11/2007) είναι κατά μέσο όρο 2,5%. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό στην πραγματικότητα θα είναι σαφώς μικρότερο (περίπου 1,5%), καθώς το πρώτο έτος λειτουργίας του ΟΣΔΑ ορισμένοι ΟΤΑ δεν χρησιμοποίησαν πλήρως τις εγκαταστάσεις του συστήματος, κυρίως για οικονομικούς λόγους. Σε ότι αφορά στο Δήμο Δεσκάτης, την ίδια χρονική περίοδο, η παραγωγή των ΑΣΑ αυξήθηκε κατά 4,4%.

Επιπλέον, η κατά κεφαλήν παραγωγή των ΑΣΑ στην πηγή για τους κατοίκους της Δυτ. Μακεδονίας υπολογίζεται σε 1,07 kg/κάτοικο/d, ενώ αντίστοιχα για το Δήμο Δεσκάτης υπολογίζεται σε 1,00 kg/κάτοικο/d. Τέλος, αναφορικά με την εποχική διακύμανση στην παραγωγή των ΑΣΑ, αυτή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες εξάρσεις. Είναι αυξημένη κατά τους θερινούς μήνες και ελαττώνεται κατά τους χειμερινούς, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται σημαντικές αιχμές.

Από την άλλη πλευρά, σε ότι αφορά στην ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων, αυτή είναι μια παράμετρος δυναμική, τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Έτσι παρατηρείται διαφοροποίηση εντός ιδίων Περιφερειών της χώρας, από Νομό σε Νομό αλλά ακόμη και σε περιοχές της ίδιας πόλης. Επιπλέον, η σύσταση των απορριμμάτων ενδέχεται να διαφοροποιείται και χρονικά από έτος σε έτος και από εποχή σε εποχή, ακόμη και από ημέρα σε ημέρα της ίδιας εβδομάδας. Αυτό συμβαίνει γιατί η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων εξαρτάται από παράγοντες όπως το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων, οι διατροφικές συνήθειες, καθώς και το σύνολο των προτιμήσεων των δραστηριοτήτων.

Η ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε. σχεδίασε και εφαρμόζει από τον Οκτώβριο του 2005 τακτικές αναλύσεις των ΑΣΑ που καταλήγουν στον περιφερειακό ΧΥΤΑ.

Η δειγματοληψία σχεδιάστηκε και πραγματοποιείται με βάση τις διεθνείς προδιαγραφές όπως αυτές αποτυπώνονται στο πρότυπο ASTM D5231-92/2003 “Standard Test Method for Determination of the Composition of unprocessed Solid Waste”, και τον κανονισμό RCRA (Waste Sampling Draft Guidance, EPA530-D-02-002). Επιλέχτηκε η μέθοδος δειγματοληψίας στην τελική διάθεση με προσομοίωση του στατιστικού μοντέλου της Ομοιόμορφης Τυχαίας Δειγματοληψίας (Random Uniform Sampling).

Αντικείμενο δειγματοληψίας αποτελεί η συλλογή δεδομένων για περίπου το 50% της ημερήσιας εισερχόμενης ποσότητας στο ΧΥΤΑ. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις 7 περιόδους δειγματοληψίας (περίπου 160 δείγματα) αφορούν μέχρι στιγμή το 5% της συνολικής εισροής. Ο αρχικός όγκος του ημερησίου δείγματος και ο τελικός όγκος προς διαλογή παραμένει πάντα σταθερός (μικρή απόκλιση). Η διαλογή γίνεται από τους ίδιους ανθρώπους και με τα ίδια μέσα. Ο αριθμός των δειγμάτων που λαμβάνονται από τους συρμούς μεταφόρτωσης κατανέμεται αναλογικά με την ποσότητα των ΑΣΑ που διακινείται από τους 9 εν λειτουργία ΣΜΑ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά τελικά αποτελέσματα της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ στην Περιφέρεια Δυτ. Μακεδονίας.

Σημειώνεται ότι η σύσταση "στην πηγή" αναφέρεται στην παραγωγή των σύμμεικτων ΑΣΑ που κατέληξαν στις εγκαταστάσεις του ΟΣΔΑ μαζί με τις ποσότητες χαρτιού που ανακτήθηκαν, ενώ η σύσταση "στο ΧΥΤΑ" αναφέρεται στην παραγωγή των σύμμεικτων ΑΣΑ μόνο αυτών που κατέληξαν στις εγκαταστάσεις του ΟΣΔΑ.

Πίνακας 5.2-8: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στην Περιφέρεια Δυτ. Μακεδονίας

Ποιοτική Σύσταση ΑΣΑ	Στην Πηγή %	Στο ΧΥΤΑ %
ΖΥΜΩΣΙΜΑ	46,2%	47,3%
Χαρτοκιβώτιο, χαρτόνι	8,6%	7,8%
Εφημερίδες, έντυπα	4,5%	4,1%
Βιβλία	1,5%	1,4%
Λευκό χαρτί	0,6%	0,5%
ΧΣ υγρών	1,1%	1,0%
Λοιπό χαρτί	3,1%	2,8%
ΧΑΡΤΙΑ	19,4%	17,50%
Πλαστικές φιάλες PET	3,5%	3,5%
Πλαστικές φιάλες PE	2,3%	2,3%
Πλαστικό φιλμ	2,1%	2,1%
Λοιπό πλαστικό	6,6%	6,8%
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	14,4%	14,7%
Κουτιά αλουμινίου	0,4%	0,4%
Κουτιά λευκοσιδηρά	0,8%	0,8%
Λοιπά μέταλλα	1,1%	1,1%
ΜΕΤΑΛΛΑ	2,2%	2,3%
Γυάλινη συσκευασία	1,5%	1,5%
Λοιπό γυαλί	0,5%	0,5%
ΓΥΑΛΙΑ	1,9%	2,0%
ΔΕΥΛ	5,2%	5,3%
ΛΟΙΠΑ-ΑΔΡΑΝΗ	10,6%	10,9%
ΣΥΝΟΛΟ ΑΣΑ	100,0%	100,0%

(Πηγή: 9)

Όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 5.2-8**, σε συνδυασμό με τις ιδιότητες των ΑΣΑ ως καύσιμη ύλη, όπως αυτές περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 1.4, η κατώτερη θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ στην περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας ανέρχεται σε 3.211 και 3.230 kcal/kg, στην πηγή και το ΧΥΤΑ αντίστοιχα. Όσον αφορά στην ενέργεια που προκύπτει από τη θερμική εκμετάλλευσή τους, αυτή ανέρχεται σε 53.094 και 53.791 kcal /100kg, από τα ΑΣΑ, στην πηγή και το ΧΥΤΑ αντίστοιχα. Συνεπώς, από την θερμική αξιοποίηση του συνόλου των ΑΣΑ της περιφέρειας (περίπου 116.000 τόνοι ΑΣΑ) αναμένεται να παράγονται περίπου 629.295.530 kcal ετησίως.

6 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΥΤΑ

6.1 Γενικές αρχές συγκριτικής αξιολόγησης

Η εφαρμογή ενός συστήματος / τεχνολογίας διαχείρισης απορριμμάτων συνοδεύεται από επιπτώσεις στο περιβάλλον, που είναι δυνατόν να σχετίζονται με τη διάχυση αερίων ρυπαντών, τη μόλυνση επιφανειακών ή / και υπόγειων υδατικών πόρων, τη ρύπανση του εδάφους / υπεδάφους, τη δέσμευση γης, την υποβάθμιση του αστικού ή φυσικού περιβάλλοντος, κλπ. Επιπρόσθετα, αντίστοιχες επιδράσεις ή / και επιπτώσεις καταγράφονται και σε οικονομικές και κοινωνικές παραμέτρους των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια επισκόπηση των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και των πιθανών ωφελειών (που συνδέονται κυρίως με την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων) από τα διάφορα στάδια του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων, ενώ επιχειρείται μια κατ' αρχήν ποιοτική και ποσοτική συγκριτική αξιολόγησή των δύο μεθόδων που εξετάζονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, και πιο συγκεκριμένα της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων και της εναπόθεσης τους σε ΧΥΤΑ.

6.2. Εκπομπές αέριων ρύπων - Παραγωγή βιοαερίου

6.2.1 Εκπομπές αέριων ρύπων και παραγωγή βιοαερίου από ΧΥΤΑ

Στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων παρατηρείται το φαινόμενο της αναερόβιας αποδόμησης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, όπου παράγεται βιοαέριο με κύρια συστατικά του το μεθάνιο (CH₄) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Η εν λόγω διαδικασία λαμβάνει χώρα σε τέσσερα ταυτόχρονα εξελισσόμενα στάδια.

- Αρχικά υδρολύονται από ένζυμα οι αδιάλυτες μεγαλομοριακές οργανικές ενώσεις (λίπη, πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες).
- Στη συνέχεια αποδομείται περαιτέρω η οργανική ύλη με τη δράση οξεοπαραγωγών βακτηρίων σε οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεύδες, CO₂ και H₂, προϊόντα ασταθή ενδιάμεσα, τα οποία κάτω από τη δράση των οξικών βακτηρίων καταλήγουν σε CH₃COOH, H₂ και CO₂.
- Τα CH₃COOH, H₂ και CO₂ χρησιμοποιούνται σαν υπόστρωμα από τα μεθανοπαραγωγά βακτήρια για τον τελικό σχηματισμό μεθανίου (CH₄). Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης είναι το pH, η υγρασία, η θερμοκρασία, η σύσταση των απορριμμάτων, τα χαρακτηριστικά του Χ.Υ.Τ.Α., η σχέση C/N κλπ.

Το βιοαέριο παράγεται με σχετικά σταθερό ρυθμό για περισσότερο από 10 έτη, ωστόσο, έχουν μετρηθεί σημαντικές συγκεντρώσεις μεθανίου σε χωματερές σαράντα και πλέον χρόνια αφότου έχουν κλείσει. Περιβαλλοντικοί λόγοι επιβάλλουν την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανεξέλεγκτης διαφυγής, οι οποίοι περιλαμβάνουν:

Συστατικά της βιοαποδόμησης όπως το υδρόθειο και οι μερκαπτάνες, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα αισθητικής στην περιοχή κοντά στον ΧΥΤΑ, λόγω των οσμών.

- Το βιοαέριο μπορεί να αποτελέσει πηγή αναφλέξεων και εκρήξεων όταν βρεθεί σε αναλογία 5-15% στον αέρα.
- Έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην φυσιολογία του Χ.Υ.Τ.Α. ιδιαίτερα στην φάση ανάπλασης λόγω της ασφυξίας των φυτών από την είσοδο βιοαερίου στις ρίζες τους.
- Εγκυμονεί κινδύνους ανεξέλεγκτης ρύπανσης λόγω μετανάστευσης που αποτελεί σημαντικό κίνδυνο και επηρεάζεται από τη γεωλογία, το κλίμα, τις εδαφικές συνθήκες του Χ.Υ.Τ.Α., ενώ η απόσταση που μπορεί να μεταναστεύσει δίνεται από τη σχέση **$D = 10 * H$** , όπου:
 - * D = απόσταση μετανάστευσης κατώτερου ορίου εκρηκτικότητας,
 - * H = βάθος απορριμμάτων κάτω από την επιφάνεια του φυσικού ανάγλυφου και πάνω από τον ορίζοντα του νερού.

Σύνθεση και χαρακτηριστικά του βιοαερίου

Το βιοαέριο αποτελείται κατά κύριο λόγο από αέρια, τα οποία παράγονται κατά την αποσύνθεση των απορριμμάτων, ενώ σε ίχνη εντοπίζονται και επικίνδυνα ή τοξικά αέρια που το καθιστούν επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

Τα αέρια που βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο βιοαέριο είναι μεθάνιο (CH₄), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογόνο (H₂), υδρόθειο (H₂S), άζωτο (N₂), αμμωνία (NH₃) και οξυγόνο (O₂). Η περιεκτικότητα σε καθένα από τα παραπάνω συστατικά ποικίλει ανάλογα με την ηλικία της χωματερής.

Στον Πίνακα που ακολουθεί, δίνεται η σύνθεση του βιοαερίου και τα βασικά χαρακτηριστικά του.

Πίνακας 6.2-1 Σύνθεση και βασικά χαρακτηριστικά βιοαερίου

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (% Κ.Ο. ΕΠΙ ΞΗΡΟΥ)
Μεθάνιο (CH ₄)	45 – 60
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	40 – 60
Άζωτο (N ₂)	2 – 5
Οξυγόνο (O ₂)	0,1 - 1,0
Σουλφίδια, μερκαπτάνες (RSH), κλπ.	0,0 - 1,0
Αμμωνία (NH ₃)	0,1 - 1,0
Υδρογόνο (H ₂)	0,0 - 0,2
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0,0 - 0,2
Ιχνοστοιχεία	0,01 - 0,6
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΙΜΗ
Πυκνότητα (Kgr/Nm ³)	1,232
Σχετική υγρασία (%)	100 (κορεσμένο)
Γυπική θερμογόνος δύναμη (MJ/Nm ³)	21-23

(Πηγή: 4)

Γενικά, σε ίχνη εντοπίζονται πλέον των 100 χημικών ενώσεων, οι περισσότερες εκ των οποίων είναι οργανικές πτητικές και προσδίδουν στο βιοαέριο τη χαρακτηριστική δυσοσμία του.

Η επί της εκατό (%) σύσταση του βιοαερίου εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα των απορριμμάτων, η ηλικία τους, οι συνθήκες άντλησης, κλπ.

Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων μεταβάλλονται χρονικά και ανάλογα με το ρυθμό παραγωγής του βιοαερίου. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι η σύσταση που δίνεται στον προηγούμενο πίνακα αφορά βιοαέριο σε συνθήκες φυσικής και όχι εξαναγκασμένης ροής. Είναι αναμενόμενο ότι η σύσταση του αντλούμενου αερίου σε συνθήκες εξαναγκασμένης ροής θα είναι διαφορετική και ειδικότερα η περιεκτικότητα σε μεθάνιο θα είναι κατά τι μικρότερη.

Ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου

Ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου καθορίζεται κυρίως από το οργανικό περιεχόμενο των απορριμμάτων αλλά και από άλλες παραμέτρους όπως η ηλικία των απορριμμάτων, η σύστασή τους, η συμπίεση, η υγρασία, το pH, η θερμοκρασία και η ποιότητα και ποσότητα θρεπτικών.

Γίνεται αντιληπτό ότι ο ακριβής καθορισμός του ρυθμού παραγωγής βιοαερίου είναι σημαντικός για το σχεδιασμό του συστήματος ανάκτησης και εκμετάλλευσής του, ωστόσο, δύσκολος λόγω πολλών απροσδιόριστων παραμέτρων.

Υπό κανονικές συνθήκες, ο ρυθμός αποσύνθεσης μιας δεδομένης ποσότητας απορριμμάτων, μετρούμενος με την παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου, παρουσιάζει μέγιστη τιμή τα δύο πρώτα χρόνια και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά συνεχίζοντας για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 25 ετών [4].

Η παραγωγή των διαφόρων ρύπων, καθώς και οι εκλυόμενες ποσότητες αυτών, κατά την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου επεξεργασίας, εξαρτώνται άμεσα από τα χαρακτηριστικά των επεξεργαζόμενων ΑΣΑ. Ως εκ τούτου, η παραγωγή π.χ. CH₄ και CO₂ σε έναν ΧΥΤΑ διαφοροποιείται από πόλη σε πόλη ή από χώρα σε χώρα αρκετά σημαντικά, και συνεπώς η πρόβλεψη του ρυθμού παραγωγής, του όγκου και της σύστασής του είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι όσον αφορά στην παραγωγή CH₄ σε ΧΥΤΑ για την Ελλάδα οι εκτιμώμενες ποσότητες κυμαίνονται μεταξύ 30 - 250m³ /ton ξηρών απορριμμάτων [19], ενώ για τις Η.Π.Α. ανέρχονται σε 62 standard m³ /ton απορριμμάτων. Αντίστοιχα, οι παραγόμενες ποσότητες CO₂ ανέρχονται σε 1,32 ton/ ton απορριμμάτων στις Η.Π.Α. και 1,5ton/ ton απορριμμάτων στην Αυστραλία και στο Ισραήλ [70]. Συνεπώς, τηρουμένων των αναλογιών και λαμβάνοντας υπόψη πως στο Χυτά Δυτικής Μακεδονίας καταλήγουν περί τους 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, υπολογίζεται προσεγγιστικά πως παράγονται περί τους 3.300 έως 27.500 τόνοι CH₄ και 145.200 έως 165.000 τόνοι CO₂

Πρέπει να επισημανθεί ότι ακόμα και στους σύγχρονες τεχνολογίας ΧΥΤΑ δεν ανακτάται όλη η ποσότητα βιοαερίου που παράγεται. Οι απώλειες που προκύπτουν οφείλονται σε παράγοντες όπως η διάχυση διαμέσου της επιφανειακής κάλυψης, το φαινόμενο μετανάστευσης μέσω των πλευρικών τοιχωμάτων του Χ.Υ.Τ.Α. και η καθυστέρηση στην εγκατάσταση συστήματος ανάκτησής του. Η εμπειρία αποδεικνύει ότι η ποσότητα του βιοαερίου που ανακτάται ανέρχεται σε ποσοστό 40-80% της θεωρητικά παραγόμενης. Ως εκ τούτου στην ατμόσφαιρα απελευθερώνονται σημαντική ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου από την λειτουργία του ΧΥΤΑ ετησίως, βάσει των ποσοτήτων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

6.2.2 Εκπομπές αερίων ρύπων από μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ

Από τις πλέον σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων συνιστούν οι εκπομπές αερίων ρυπαντών. Όπως προαναφέρθηκε, στα απαέρια των

εν λόγω μονάδων εκλύονται συμβατικοί ρύποι (σωματίδια, SO₂, NO_x, CO, κλπ.), βαρέα μέταλλα (κυρίως Cd και Hg), διοξίνες, αέρια του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O) και VOCs. Οι ποσότητες των εκλυόμενων ρυπαντικών φορτίων εξαρτώνται από το είδος και την ποσότητα των απορριμμάτων, την τεχνολογία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας και τις εφαρμοζόμενες τεχνικές αντιρρύπανσης [22]. Οι αέριοι ρυπαντές εκλύονται στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον μέσω καμινάδας και διασπείρονται στο περιβάλλον, προκαλώντας επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, στα φυσικά αλλά και ανθρωπογενή οικοσυστήματα, κλπ.

Σε γενικές γραμμές, κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου $(4 \div 5) \times 10^3 \text{ m}^3$ απαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα απαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C.

Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι γνωστά καρκινογόνα που έχουν την ικανότητα να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς. Εκτός από τις διοξίνες και τα φουράνια, το βενζόλιο, οι φαινόλες, οι PAHs, το βενζοπυρένιο και τα χλωριωμένα οργανικά είναι επίσης ιδιαίτερος τοξικές και καρκινογόνες ενώσεις. Από τα βαρέα μέταλλα, που περιέχονται στις αέριες εκπομπές, τα Cd, Cr, Hg και Pb είναι ιδιαίτερος τοξικά. Άλλα μέταλλα όπως τα Cu, Pt, και Ni, είναι λιγότερο τοξικά, αλλά δρουν ως καταλύτες για πολύπλοκες αντιδράσεις στα απαέρια, παράγοντας διοξίνες.

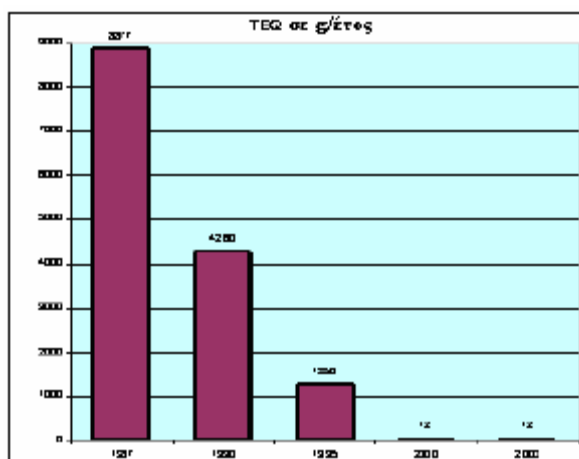
Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν περιορίσει σημαντικά τις επιπτώσεις των ΕΑΑ για τη διαχείριση ΑΣΑ στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, μειώνοντας αισθητά τις εκπομπές των αερίων ρύπων. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένα παραδείγματα από τις ΗΠΑ, τα οποία καταδεικνύουν το γεγονός αυτό. Σύμφωνα με την αμερικανική εμπειρία, οι εκπομπές τοξικών και επικίνδυνων ουσιών όπως ο υδράργυρος και οι διοξίνες έχουν μειωθεί σημαντικά, προστατεύοντας τη δημόσια υγεία [18]. Αξιολογώντας περαιτέρω αυτά τα αποτελέσματα, διαπιστώνεται ακόμη ότι οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές ΑΘ σε σύγκριση με τους ΧΥΤΑ, έχουν αρκετά χαμηλότερες εκπομπές έναντι των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (εκτός από το φυσικό αέριο), ενώ συγχρόνως μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Αυτή τη στιγμή, υπάρχουν πάνω από 1.500 αποτεφρωτήρες, όλων των τύπων στις ΗΠΑ, αλλά μόνο 88 εγκαταστάσεις ΕΑΑ. Στο παρελθόν, όταν τα αποτελέσματα των αέριων εκπομπών στην υγεία και το περιβάλλον δεν ήταν κατανοητά και η νομοθεσία δεν επέβαλε τη χρήση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών, όλες οι διεργασίες υψηλών θερμοκρασιών, συμπεριλαμβανομένων της χύτευσης μετάλλων, της παραγωγής τσιμέντου, της παραγωγής ενέργειας με κάρβουνο και των αποτεφρωτήρων, ήταν πηγές μεγάλων εκπομπών στην ατμόσφαιρα [18].

Πιο συγκεκριμένα, οι αποτεφρωτήρες ήταν οι σημαντικότερες πηγές τοξικών οργανικών ενώσεων (διοξίνες και φουράνια) και υδραργύρου. Παρόλα αυτά, τα τελευταία 15 χρόνια και με κόστος περίπου 1 δισεκατομμύριο δολάρια, οι 88 εγκαταστάσεις ΕΑΑ, που λειτουργούν σήμερα στις ΗΠΑ, έχουν εφαρμόσει συστήματα ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κάτι που έχει οδηγήσει την ΕΡΑ να τις αναγνωρίσει δημόσια ως την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας «με τη λιγότερη περιβαλλοντική επίδραση από σχεδόν κάθε άλλη πηγή ενέργειας» [56, 67].

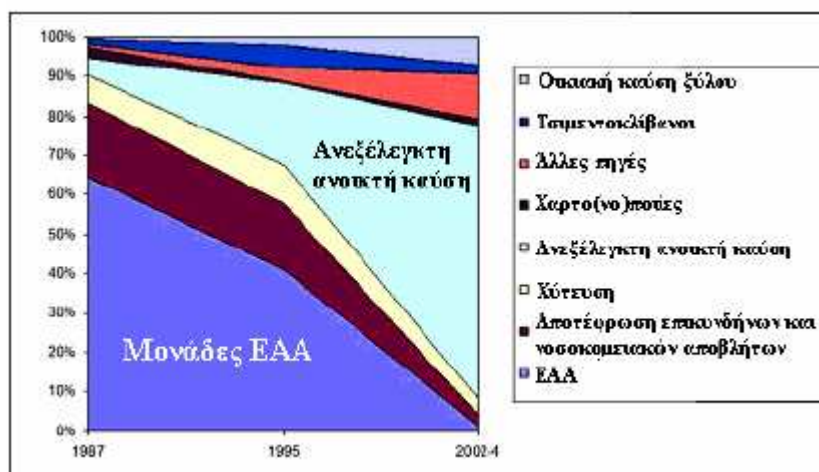
Αυτή τη στιγμή, οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ παράγουν λιγότερο από το 1% των συνολικών εκπομπών διοξινών και υδραργύρου στις ΗΠΑ, ενώ ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται και από την Ευρώπη.

Οι εκπομπές διοξινών από τις εγκαταστάσεις ΕΑΑ στις ΗΠΑ έχουν μειωθεί κατά έναν παράγοντα 1.000 από τα επίπεδα του 1987, σε συνολικά λιγότερο από 12 g TEQ (Toxic Equivalent - Τοξικό ισοδύναμο) ετησίως (Σχήματα 6.2-1 και 6.2-2).



(Πηγή: 18)

Σχήμα 6.2-1: Μείωση εκπομπών διοξινών στις ΗΠΑ.



(Πηγή: 18)

Σχήμα 6.2-2: Πηγές εκπομπών διοξινών στις ΗΠΑ

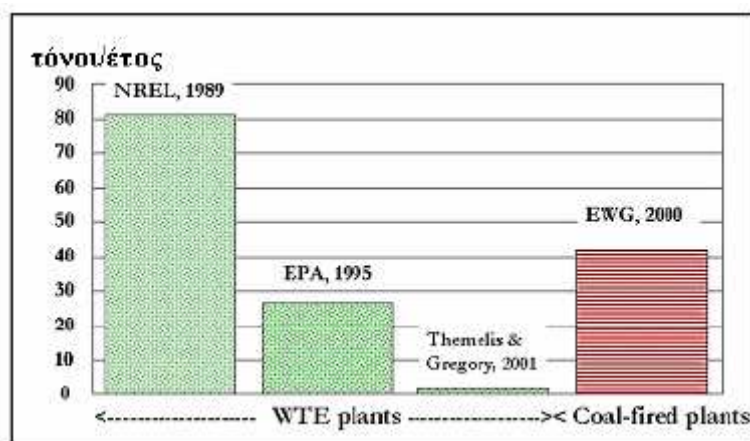
Στον Πίνακα 6.2-2 παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των σημαντικότερων πηγών εκπομπών αερίων διοξινών/φουρανίων στις ΗΠΑ.

Πίνακας 6.2-2: Πηγές εκπομπών διοξινών/φουρανίων στις ΗΠΑ, σε g TEQ

Πηγή	Έτος		
	1987	1995	2002
Εγκαταστάσεις ΕΑΑ	8.877	1.250	12
Παραγωγή ενέργειας από κάρβουνο	51	60	60
Αποτέφρωση ιατρικών αποβλήτων	2.590	488	7
Ανεξέλεγκτη ανοικτή καύση απορριμμάτων	604	628	628
Σύνολο	13.998	3.225	1.106

(Πηγή: 72)

Αντίστοιχα, οι εκπομπές υδραργύρου των εγκαταστάσεων ΕΑΑ από 81 τόνους/έτος το 1989 σε λιγότερο από 0.9 τόνους/έτος το 2001 (Σχήμα 6.2-3), έχοντας καταστήσει σημαντικότερες πηγές εκπομπής υδραργύρου στην ατμόσφαιρα πλέον τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από άνθρακα.



(Πηγή: 72)

Σχήμα 6.2-3: Μείωση των εκπομπών υδραργύρου από εγκαταστάσεις ΕΑΑ

Οι μόνες εκπομπές από μονάδες ΕΑΑ που προκαλούν κάποια ανησυχία είναι πλέον τα οξειδία του αζώτου (NO_x). Εντούτοις, οι συνολικές εκπομπές NO_x από ΕΑΑ αντιστοιχούν σε μόνο 0.22% των συνολικών εκπομπών NO_x στις ΗΠΑ, όταν π.χ. οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν άνθρακα παράγουν το 19.5% των εκπομπών NO_x [18]. Ο Πίνακας 6.2-3 παρουσιάζει τις μειώσεις των αερίων εκπομπών από τις αμερικανικές εγκαταστάσεις ΕΑΑ μεταξύ των ετών 1990 και 2000, ενώ ο πίνακας 6.2-4 παρουσιάζει τις μέσες εκπομπές 87 αμερικανικών εγκαταστάσεων, τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την ΕΡΑ, όπως επίσης το ποσοστό των παραγόμενων εκπομπών ως προς τα όρια της ΕΡΑ.

Πίνακας 6.2-3: Εκπομπές από εγκαταστάσεις ΕΑΑ

Ρόπος	Ετήσιες Εκπομπές 1990	Ετήσιες Εκπομπές 2000	Μείωση %
Διοξίνες/Φουράνια, g TEQ	4.260 g	12 g	99,7
Υδράργυρος	41,1 τόνοι	2,0 τόνοι	95,1

Κάδμιο	4,32 τόνοι	0,3 τόνοι	93,0
Μόλυβδος	47,4 τόνοι	4,33 τόνοι	90,9
Υδροχλωρικό Οξύ	42.636 τόνοι	2.429 τόνοι	94,3
Διοξείδιο του θείου	27.909 τόνοι	3.705 τόνοι	86,7
Σωματίδια	6.300 τόνοι	643 τόνοι	89,8

(Πηγή: 18)

Πίνακας 6.2-4: Μέσες τιμές εκπομπών ρύπων από δέκα μονάδες ΕΑΑ στις ΗΠΑ

Ρύπος	Μέση τιμή	Όρια US EPA	Σύγκριση (% των ορίων)	Μονάδα
Διοξίνες/Φουράνια, g TEQ	0,05	0,26	19,2%	ng/dscm ³
Σωματίδια	4	24	16,7%	mg/dscm
Διοξείδιο του θείου	6	30	20%	ppmv
Οξείδια του αζώτου	170	180	94,4%	ppmv
Υδροχλώριο	10	25	40%	ppmv
Υδράργυρος	0,01	0,08	12,5%	mg/dscm
Κάδμιο	0,001	0,020	5%	mg/dscm
Μόλυβδος	0,02	0,20	10%	mg/dscm
Μονοξείδιο του άνθρακα	33	100	33,3%	ppmv

(Πηγή: 18)

Πέραν όλων των παραπάνω, στον **Πίνακα 6.2-5** παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τις αέριες εκπομπές από τις δέκα μονάδες (τέσσερις από τις ΗΠΑ και έξι από την ΕΕ) που ήταν υποψήφιες για το βιομηχανικό βραβείο WTERT του 2006. Ο κατάλογος των υποψηφίων μονάδων περιέλαβε εννέα εγκαταστάσεις μαζικής καύσης εσχάρας και μια εγκατάσταση αποτέφρωσης RDF (SEMASS), ενώ και οι δέκα μονάδες είχαν επιδείξει πολύ χαμηλές εκπομπές.

Ο **Πίνακας 6.2-5** συγκρίνει ακόμη τις εκπομπές των τριών κορυφαίων υποψηφίων για το παραπάνω βραβείο, τις μέσες εκπομπές και των δέκα υποψηφίων εγκαταστάσεων, όπως επίσης τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά όρια της ΕΕ και των ΗΠΑ.

Πίνακας 6.2-5: Αέριες εκπομπές των υποψηφίων του βραβείου WTERT για το 2006

Αέριες Εκπομπές	ΕΑΑ-1 (mg/Nm ³)	ΕΑΑ-2 (mg/Nm ³)	ΕΑΑ-3 (mg/Nm ³)	Μέσες εκπομπές των 10 υποψηφίων (mg/Nm ³)	Όρια ΕΕ (mg/Nm ³)	Όρια US EPA (mg/Nm ³)
Σωματίδια (PM)	0,4	1,8	1	3,1	10	11
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	6,5	7,5	3	2,96	50	63
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	80	11	58	112	200	264
Υδροχλωρίο (HCl)	3,5	0,5	0,7	8,5	10	29
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	15	7	15	24	50	45
Υδράργυρος (Hg)	0,002	0,005	0,002	0,01	0,05	0,06
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	0,5	N/A	0,9	1,02	10	N/A
Διοξίνες (ng/Nm ³)	0,002	0,002	0,0015	0,02	0,10	0,14

(Πηγή: 71)

Συμπερασματικά, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται να δημιουργούν αρκετά σημαντικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία περιέχονται στα απαέρια, που παράγουν. Τα συγκεκριμένα φορτία αποτελούν το κυριότερο μειονέκτημα των μεθόδων αυτών, το οποίο ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό για τη μη ευρεία εφαρμογή τους, τουλάχιστον στην Ελλάδα.

Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση [60]. Το εν λόγω γεγονός επιβεβαιώνεται από την σύγκριση παλαιών και νεότερων στοιχείων εκπομπών επικίνδυνων αέριων ρύπων (όπως διοξινών) από εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Μάλιστα η Αμερικανική EPA δημοσίευσε στοιχεία σύμφωνα με τα οποία οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις παράγουν 2.800MW ηλεκτρικής ενέργειας, με λιγότερες εκπομπές από σχεδόν οποιαδήποτε άλλη δυνατή μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού [70].

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω προκύπτει πώς οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ υστερούν έναντι της ταφής σε ΧΥΤΑ, καθώς εκπέμπουν επικίνδυνους αέριους ρυπαντές (όπως διοξίνες, φουράνια και υδράργυρο) σε μεγαλύτερες ποσότητες από τους ΧΥΤΑ, όπου οι εκπεμπόμενες ποσότητες είναι σχετικά αμελητέες (εκτός από τις εκπομπές υδραργύρου). Εντούτοις τόσο εξαιτίας των νέων δεδομένων, όσο και της δυναμικής που εμφανίζουν οι συγκεκριμένες μέθοδοι σε επίπεδο έρευνας αλλά και εφαρμογής, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας γίνονται ολοένα λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες,

Επιπρόσθετα οι μέθοδοι ΕΑΑ εμφανίζονται να πλεονεκτούν έναντι της ταφής απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ, η οποία επιπρόσθετα ευθύνεται και για την εκπομπή μεγάλου όγκου αερίων του θερμοκηπίου και οσμών, οι οποίες θα αναλυθούν στις ακόλουθες παραγράφους.

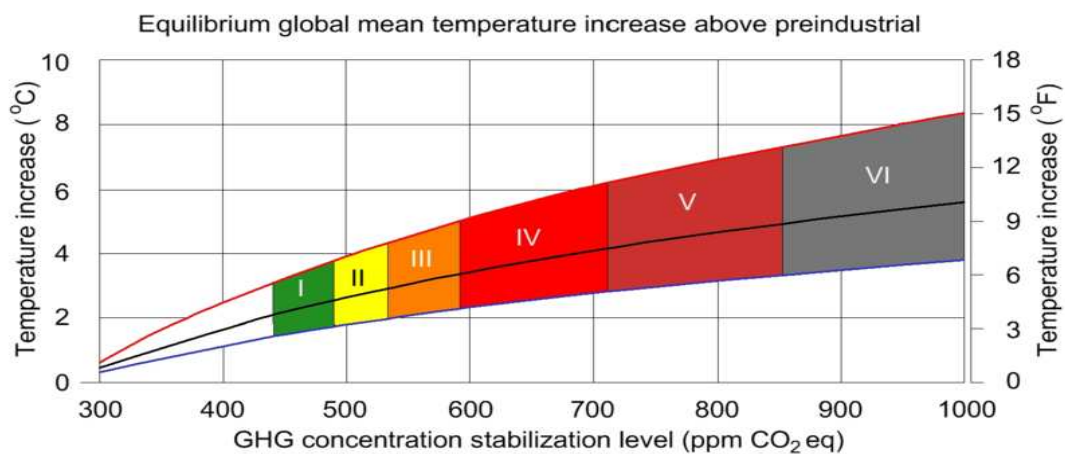
6.3 Παραγωγή βιοαερίου και φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, που προέρχονται από τη κατανάλωση ορυκτών μη ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγή ενέργειας και τις εκπομπές από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως από τους ΧΥΤΑ, αποτελούν μία σημαντική απειλή για το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις κλιματικές αλλαγές (2001) (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [90] προέβλεψε ότι χωρίς τη δραστική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αναμένονται έντονες κλιματικές αλλαγές, οι οποίες έχουν τεκμηριωθεί πλέον με αδιάσειστα επιστημονικά στοιχεία.

Η τελευταία αξιολόγηση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για τις κλιματικές αλλαγές (Fourth Assessment Report, AR4, Climate Change 2007) [90], που ολοκληρώθηκε το 2007, επισήμανε αρκετές παρατηρούμενες αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες της Γης, μεταξύ των οποίων αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας, στη μέση παγκόσμια θερμοκρασία και στις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τα νερά των ωκεανών.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές προβλέπει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 0,2°C ανά δεκαετία, για ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών σεναρίων, ενώ υποθέτοντας πως τα επίπεδα συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου παραμένουν σε εκείνα του 2000, αναμένεται επίσης αύξηση, κατά 0,1°C ανά δεκαετία. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της IPCC, χωρίς την ανάληψη δράσης για τη μείωση των εκπομπών, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί κατά 2,0-2,8°C μέχρι το 2050. Αντίστοιχα, η στάθμη της θάλασσας θα ανέλθει σύμφωνα με την πλέον συντηρητική εκτίμηση κατά 18-38cm, ενώ με το πλέον απαισιόδοξο σενάριο για τα μελλοντικά επίπεδα εκπομπής κατά 26-59cm [90].

Στο **Σχήμα 6.3-1** παρουσιάζεται η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας για διαφορετικές εκτιμήσεις των μελλοντικών επιπέδων συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου



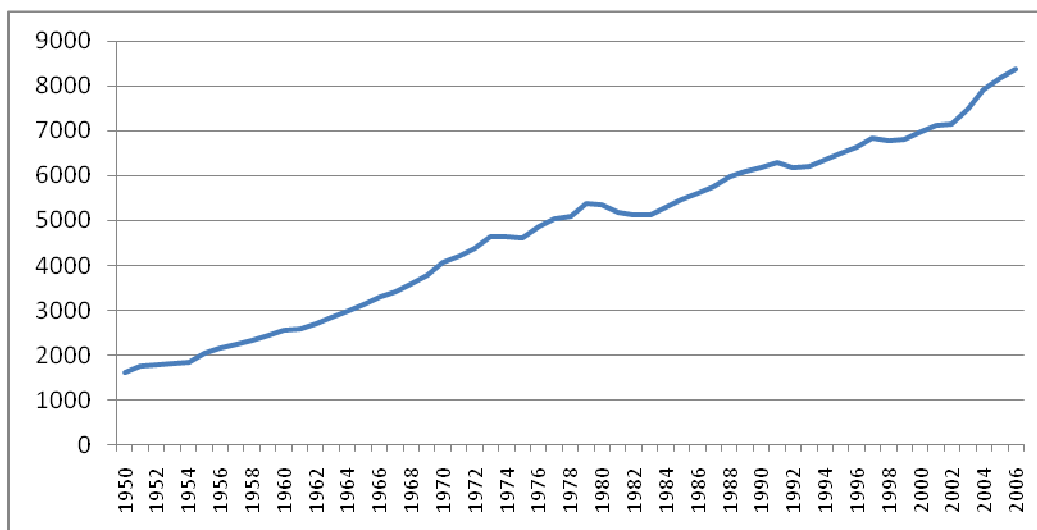
Σχήμα 6.3 -1: Προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας για διαφορετικές εκτιμήσεις των μελλοντικών επιπέδων συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου (έγχρωμες ζώνες) (Πηγή: 90)

Σύμφωνα με τη σύνοψη της έκθεσης, υπάρχει ευρεία συμφωνία και αρκετές ενδείξεις πως υπάρχουν οικονομικές προοπτικές για το μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τις επόμενες δεκαετίες, έτσι ώστε να μετριαστεί η αυξητική τους πορεία ή ακόμα και να μειωθούν κάτω από τα επίπεδα στα οποία κυμαίνονταν το 2007, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικά και κοινωνικά πλεονεκτήματα.

Στον τομέα της ενέργειας, η Διακυβερνητική Επιτροπή εκτιμά ότι οι ανανεώσιμες πηγές (στις οποίες εντάσσεται και η θερμική αξιοποίηση την ΑΣΑ) έχουν γενικά θετική συνεισφορά στην ενεργειακή ασφάλεια, στην απασχόληση και στην ποιότητα του αέρα. Μπορούν να παράγουν το 30-35% της παραγωγής ενέργειας μέχρι το 2030 (σε σύγκριση με ποσοστό 18% το 2005) Ευρεία συμφωνία και ισχυρές ενδείξεις υπάρχουν ακόμα για τη δυνατότητα σταθεροποίησης της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου, η οποία σύμφωνα με την επιτροπή μπορεί να επιτευχθεί μέχρι το 2050, με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και με την προϋπόθεση ότι αποτελεσματικά κίνητρα θα δοθούν για τη χρήση και ανάπτυξή τους. Τονίζεται ότι κυβερνητική χρηματοδότηση για την έρευνα στον τομέα της ενέργειας υπήρξε στάσιμη ή πτωτική από το 1987 μέχρι το 2007. Εκτιμάται ότι καθυστερήσεις στη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου είναι ικανές να οδηγήσουν στην αύξηση του κινδύνου σοβαρών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, καθώς θα αυξάνει η χρήση των τεχνολογιών υψηλής εκπομπής των αερίων [90].

Σύμφωνα με το Earth Policy Institute, οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα το 2006 από τη χρήση ορυκτών καυσίμων – όπως είναι ο ορυκτός άνθρακας σε όλες του τις μορφές (π.χ. λιθάνθρακας, λιγνίτης), το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο-ανήλθαν στους 8,38 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα (8,38 Gt C), αυξημένες κατά 20% σε σχέση με τις εκπομπές το 2000 [83].

Στο **Σχήμα 6.3-2** παρουσιάζεται η εξέλιξη των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ από την χρήση ορυκτών καυσίμων για την περίοδο 1950-2006, από το οποίο παρατηρείται πως από το 2000 και έπειτα οι εκπομπές αυξάνονται με μέσο ετήσιο ρυθμό περίπου 3,1 %, σχεδόν διπλάσιο από ρυθμό αύξησης κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990.



(Πηγή: 62)

Σχήμα 6.3-2: Εξέλιξη παγκόσμιων εκπομπών CO₂ από την χρήση ορυκτών καυσίμων για την περίοδο 1950-2006 (σε εκατομμύρια τόνους)

Κάθε χρόνο περίπου 5,5Gt διοξειδίου του άνθρακα αποθηκεύονται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της καύσης ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου [78].

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις-προβλέψεις του EIA (Energy Information Administration) οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να αυξηθούν από 28,1 δισεκατομμύρια τόνους το 2005 σε 34,3 το 2015 και 42,3 το 2030 [85].

Για το SO₂, η ποσότητα των εκπομπών ανά kWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την αναλογία του θείου (S) στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο. Η αναλογία του θείου στο λιγνίτη είναι συγκριτικά μεγάλη, στον ορυκτό άνθρακα και στο πετρέλαιο μέτρια, ενώ το φυσικό αέριο δεν περιέχει σχεδόν καθόλου θείο[85].

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, οι εκπομπές NO_x δεν σχετίζονται σε σημαντικό βαθμό με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο. Οι εκπομπές NO_x εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τη διαδικασία και την θερμοκρασία της καύσης [85].

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, HFCs, PFCs, SF₆) για τα έτη 1990 έως και 2004 καθώς και οι εκπομπές ανά τομέα, σύμφωνα με την Εθνική Απογραφή των αερίων του Θερμοκηπίου για το 2006 (στοιχεία ετών 1900-2004), εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, παρουσιάζονται στους **Πίνακες 6.3 -1** και **6.3 -2**.

Πίνακας 6.3 -1: Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα (σε Kt CO₂eq) για την περίοδο 1990-2004

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Α. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο (χωρίς ΧΓΑΧΓΑ)															
CO ₂	84313,57	83866,76	85242,64	85408,59	87306,80	87426,12	89622,76	94361,24	98965,82	98141,08	103962,81	106209,85	105658,92	109914,39	110280,16
CH ₄	9119,50	9097,30	9123,20	9098,18	9185,67	9187,65	9335,62	9299,48	9345,51	9128,10	8950,41	8562,50	8552,34	8477,26	8412,02
N ₂ O	14113,45	13821,97	13879,03	13070,10	13350,84	13073,31	13552,62	13327,87	13192,98	13201,17	13498,34	13217,32	13166,94	13251,66	13155,22
HFC	935,06	1106,82	908,39	1606,65	2143,93	3421,01	4113,16	4537,86	5132,38	6123,37	5282,43	5203,33	5297,55	5558,78	5709,43
PFC	257,62	257,56	252,30	152,59	93,62	82,97	71,74	165,34	203,75	131,72	148,38	91,38	88,33	77,30	71,71
SF ₆	2,78	2,87	2,90	2,95	2,98	3,03	3,07	3,10	3,12	3,22	3,25	3,35	3,42	3,44	3,47
ΣΥΝΟΛΟ	108741,98	108153,28	109408,46	109339,06	112083,84	113194,08	116698,08	121694,90	126843,57	126728,67	131755,61	133287,72	132767,50	137282,83	137632,02
Β. Εκπομπές/Απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου από ΧΓΑΧΓΑ															
CO ₂	-3248,20	-3596,04	-3074,99	-3879,75	-3553,42	-4406,97	-3993,22	-3957,00	-3590,82	-4436,43	-3141,90	-5323,63	-5459,73	-5533,46	-5414,51
CH ₄	49,87	25,48	75,40	66,35	62,25	34,76	21,75	46,65	125,11	9,71	166,10	22,88	3,20	4,48	11,08
N ₂ O	5,06	2,59	7,65	6,73	6,32	3,53	2,21	4,73	12,70	0,99	16,86	2,32	0,33	0,45	1,12
ΣΥΝΟΛΟ	-3193,27	-3567,97	-2991,93	-3806,66	-3484,86	-4368,69	-3969,27	-3905,62	-3453,02	-4425,74	-2958,93	-5398,43	-5456,21	-5528,53	-5402,32
Γ. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις Διεθνείς Μεταφορές															
CO ₂	10475,30	9478,60	10665,71	12200,02	13251,52	13862,55	12399,31	12343,16	13595,02	12685,32	13857,13	13351,48	12270,12	13150,47	13327,28
CH ₄	16,73	15,37	17,67	20,52	21,83	23,39	20,62	20,76	23,14	20,72	23,83	23,17	20,91	21,34	21,53
N ₂ O	90,21	81,50	91,52	104,16	113,64	118,06	106,04	105,86	116,41	109,99	118,63	114,49	105,57	114,16	115,76
ΣΥΝΟΛΟ	10582,24	9575,47	10774,91	12324,71	13387,00	14004,00	12525,96	12469,87	13734,57	12816,03	13999,80	13489,14	12396,60	13285,97	13464,57

(Πηγή: 91)

Πίνακας 6.3 -2: Συνολικές εκπομπές στην Ελλάδα (σε Kt CO₂eq) ανά τομέα για την περίοδο 1990-2004

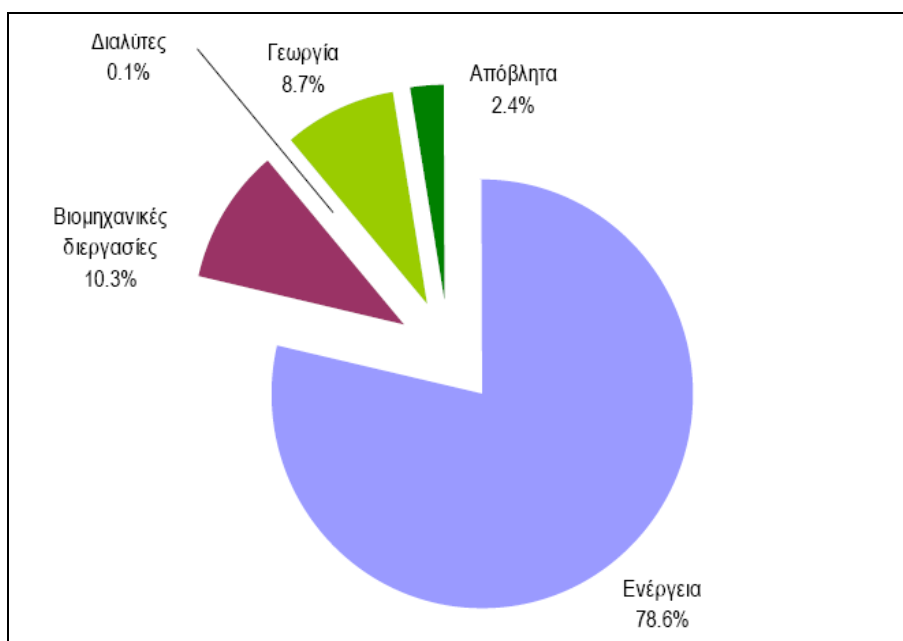
Εκπομπές	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ενέργεια	81762,63	81377,46	82935,17	82826,61	84889,30	84570,34	87012,51	91614,23	96536,07	95585,07	101508,11	103791,84	103477,72	107820,03	108135,69
Βιομηχανικές διεργασίες	8845,30	8849,67	8741,87	9409,50	9824,84	11549,31	12302,37	13010,03	13398,46	14422,37	13801,25	13714,61	13663,69	13941,60	14141,92
Διαλύτες	169,71	175,78	172,84	170,12	163,22	154,65	152,16	153,07	152,39	159,96	157,33	154,67	155,12	155,50	155,87
Γεωργία	13519,23	13306,17	13101,49	12503,16	12736,05	12486,24	12776,15	12486,82	12342,24	12364,27	12357,76	12144,28	12079,00	11998,61	11936,71
Απόβλητα	4445,10	4444,21	4457,09	4429,67	4470,42	4433,54	4455,77	4430,75	4414,40	4197,01	3931,16	3482,32	3391,97	3367,09	3261,83
ΣΥΝΟΛΟ ¹	108741,98	108153,28	109408,46	109339,06	112083,84	113194,08	116698,96	121694,90	126843,57	126728,67	131755,61	133287,72	132767,50	137282,83	137632,02
ΧΓΑΧΓΑ	-3193,27	-3567,97	-2991,93	-3806,66	-3484,86	-4368,69	-3969,27	-3905,62	-3453,02	-4425,74	-2958,93	-5298,43	-5456,21	-5528,53	-5402,32
Δείκτες ανά τομέα															
Ενέργεια	100,0	99,5	101,4	101,3	103,8	103,4	106,4	112,0	118,1	116,9	124,1	126,9	126,6	131,9	132,3
Βιομηχανικές διεργασίες	100,0	100,0	98,8	106,4	111,1	130,6	139,1	147,1	151,5	163,1	156,0	155,0	154,5	157,6	159,9
Διαλύτες	100,0	103,6	101,8	100,2	96,2	91,1	89,7	90,2	89,8	94,3	92,7	91,1	91,4	91,6	91,8
Γεωργία	100,0	98,4	96,9	92,5	94,2	92,4	94,5	92,4	91,3	91,5	91,4	89,8	89,3	88,8	88,3
Απόβλητα	100,0	100,0	100,3	99,7	100,6	99,7	100,2	99,7	99,3	94,4	88,4	78,3	76,3	75,7	73,4
ΣΥΝΟΛΟ ²	100,0	99,5	100,6	100,5	103,1	104,1	107,3	111,9	116,6	116,5	121,2	122,6	122,1	126,2	126,6

(Πηγή: 91)

Οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ - Χρήσεις γης, αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονία), ανέρχονται το 2004 σε 137,63 Mt CO₂ eq παρουσιάζοντας αύξηση κατά 23,9% έναντι των εκπομπών βάσης και κατά 26,6% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Εάν ληφθεί υπόψη ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ τότε οι συνολικές εκπομπές το 2004 (132,23 Mt CO₂ eq έχουν αυξηθεί κατά 25,3% περίπου, σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (105,55 Mt CO₂ eq) [91].

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν το 80% των συνολικών εκπομπών αερίων με του θερμοκηπίου (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ) για το έτος 2004, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 31% από το 1990. Οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου συμμετέχουν κατά 10% περίπου στις συνολικές εκπομπές και μειώθηκαν κατά 7% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, ενώ οι εκπομπές μεθανίου με ποσοστό συμμετοχής 6% στις συνολικές εκπομπές, μειώθηκαν κατά 8%. Τέλος οι εκπομπές F-gases αποτελούν το 4% των συνολικών εκπομπών και αυξήθηκαν κατά 65% σε σχέση με τις εκπομπές του 1995 (έχουν σχεδόν πενταπλασιαστεί σε σχέση με τις εκπομπές του 1990) [91].

Οι βασικές πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα και η συμβολή τους στις συνολικές εκπομπές σύμφωνα με την Εθνική Απογραφή των αερίων του Θερμοκηπίου 2006, παρουσιάζονται και στο **Σχήμα 6.3-3**.



(Πηγή: 91)

Σχήμα 6.3-3: Ποσοστιαία % συμμετοχή των διαφόρων τομέων στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (εξαιρουμένου του τομέα ΧΓΑΧΓΔ) για το έτος 2004

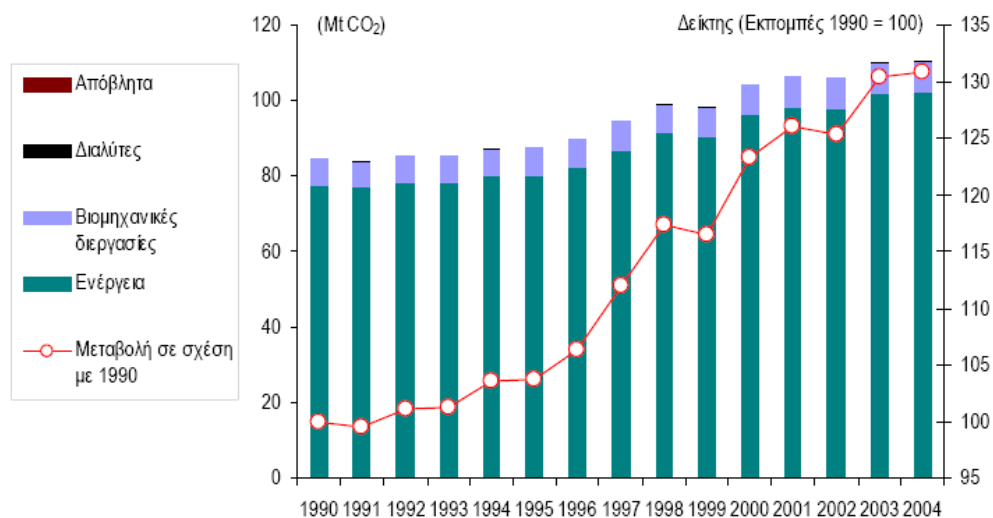
- Ο τομέας Ενέργεια με συμμετοχή 78,6% στις συνολικές εκπομπές (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ-Χρήσεις γης, αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονία). Το 2004, η

πλειοψηφία των εκπομπών (55,3%), προήλθε από την ενεργειακή βιομηχανία, το 20,6% από τις μεταφορές, το 9,1% από την βιομηχανία, το 13,4% από τον οικιακό, εμπορικό και αγροτικό τομέα ενώ οι εκπομπές από διαφυγές αερίων συμμετείχαν κατά 1,6%. Το 2004, οι εκπομπές από τον ενεργειακό τομέα αυξήθηκαν κατά 32%, σε σχέση με τις εκπομπές το 1990.

- Ο τομέας Απόβλητα με συμμετοχή 2,4% στις συνολικές εκπομπές

Η εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από το 1990 έως το 2004 εμφανίζεται στο **Σχήμα 6.3-4**. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται από 84,3Mt το 1990, σε 110,3 Mt το 2004 (χωρίς τον συνυπολογισμό των εκπομπών/απορροφήσεων από τον τομέα ΧΓΑΧΓΔ), παρουσιάζοντας αύξηση 31%. Η αύξηση προέρχεται από τον ενεργειακό τομέα και ειδικότερα τόσο από την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και από την αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα και στις μεταφορές.

Οι εκπομπές CO₂ από τον τομέα της ενέργειας αυξάνουν συνεχώς, με μικρές μόνο εξαιρέσεις, και από 77,2 Mt το 1990 φθάνουν σε 102,1Mt το 2004 (αύξηση 32%). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των βιομηχανικών διεργασιών παρουσιάζουν επίσης αυξητική τάση φθάνοντας στο 15% το έτος 2004 σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Οι εκπομπές από την χρήση διαλυτών το 2003 έχουν μειωθεί κατά 8% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, ενώ οι εκπομπές από τον τομέα Απόβλητα (Αποτέφρωση απορριμμάτων) το 2004, έχουν αυξηθεί 6,5 φορές σε σχέση με τις εκπομπές του 1990.



(Πηγή: 91)

Σχήμα 6.3-4: Εκπομπές CO₂ ανά τομέα (σε Mt) για την περίοδο 1990 – 2004 (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ)

Σύμφωνα με το «Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2006 and inventory report 2008» που παρουσίασε στις 27 Μαΐου του 2008 η Ευρωπαϊκή Ένωση, οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου της Ελλάδας για το έτος 2006 ανήλθαν στα 133,1Mt ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές αυτές αντιστοιχούν σε αύξηση 24,6% ως προς το έτος βάσης (1990), εντός των ορίων του εθνικού στόχου για περιορισμό της αύξησης των ρύπων στο 25% για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το 1990. Αντίθετα, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο **Πίνακα**, σύμφωνα με το Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2006 and inventory report 2008, άλλες ευρωπαϊκές χώρες απέχουν πολύ από το στόχο τους, όπως ενδεικτικά αναφέρεται η Ισπανία που βρίσκεται στο 49,5% (όταν ο στόχος της είναι +15%) και η Ιταλία, που βρίσκεται στο +10% (όταν ο στόχος της είναι στο -6,5%) [87].

Πίνακας 6.3 -3: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ισοδύναμους Mt CO₂ ανά κράτος-μέλος της Ε.Ε. και σύγκριση με τους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008-2012

MEMBER STATE	1990 (million tonnes)	Kyoto Protocol base year ¹ (million tonnes)	2006 (million tonnes)	Change 2005-2006 (million tonnes)	Change 2005-2006 (%)	Change 1990-2006 (%)	Change base year-2006 (%)	Targets 2008-2012 under Kyoto Protocol and EU burden sharing (%)
Austria	79,2	79,0	92,1	-2,2	-2,3	15,1	15,2	-13,0
Belgium	144,5	145,7	137,0	-5,4	-3,8	-5,2	-6,0	-7,5
Denmark	69,0	69,3	70,5	6,9	10,9	2,1	1,7	-21,0
Finland	70,9	71,0	80,3	11,3	16,3	13,2	13,1	0,0
France	563,3	563,9	541,3	-13,8	-2,5	-3,9	-4,0	0,0
Germany	1227,7	1232,4	1004,8	-0,2	0,0	-18,2	-18,5	-21,0
Greece	104,6	107	133,1	-0,7	-0,5	27,3	24,4	25,0
Ireland	55,5	55,6	69,8	-0,6	-0,8	25,6	25,5	13,0
Italy	516,9	516,9	567,9	-10,0	-1,7	9,9	9,9	-6,5
Luxembourg	13,2	13,2	13,3	-0,03	0,2	1,0	1,2	-28,0
Netherlands	211,7	213,0	207,5	-4,3	-2,0	-2,0	-2,6	-6,0
Portugal	59,1	60,1	83,2	-4,2	-4,8	40,7	38,3	27,0
Spain	287,7	289,8	433,3	-7,5	-1,7	50,6	49,5	15,0
Sweden	72,0	72,2	65,•	-1,2	-1,7	-8,7	-8,9	4,0
United Kingdom	768,5	776,3	652,3	-3,0	-0,5	-15,1	-16,0	-12,5
EU-15	4243,8	4265,5	4151,1	-34,9	-0,8	-2,2	-2,7	-8,0
Bulgaria	116,7	132,6	71,3	0,8	1,2	-38,9	-46,2	-8,0
Cyprus	6,0	-	10,0	0,2	1,6	66,0	-	-
Czech Republic	194,2	194,2	148,2	2,5	1,7	-23,7	-23,7	-8,0
Estonia	41,6	42,6	18,9	-0,4	-2,3	-54,6	-55,7	-8,0
Hungary	98,2	115,4	78,6	-1,6	-2,0	20,0	-31,9	-6,0
Latvia	26,5	25,9	11,6	0,5	4,4	-56,1	-55,1	-8,0
Lithuania	49,4	49,4	23,2	0,5	2,4	-53,0	-53,0	-8,0
Malta	2,2	-	3,2	-0,01	-0,3	45,0	-	-
Poland	453,6	563,4	400,5	14,1	3,7	-11,7	-28,9	-6,0
Romania	247,7	278,2	156,7	4,7	3,1	-36,7	-43,7	-8,0
Slovakia	73,7	72,1	48,9	-0,4	-0,9	-33,6	-32,1	-8,0
Slovenia	18,6	20,4	20,6	0,1	0,6	10,8	1,2	-8,0
EU-27	5572,2	-	5142,8	-14,0	-0,3	-7,7	-	-

(Πηγή: 87)

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, HFCs, PFCs, SF₆) για τα έτη 1990 έως και 2006 καθώς και οι εκπομπές ανά τομέα, σύμφωνα με την Εθνική Απογραφή των αερίων του Θερμοκηπίου 2008 (στοιχεία ετών 1990-2006), εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.3 - 4 και 6.3 - 5.

Οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ), ανέρχονται το 2006 σε 133,131 Mt CO₂ eq παρουσιάζοντας αύξηση κατά 24,4% έναντι των εκπομπών βάσης και κατά 27,2% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Εάν ληφθεί υπόψη ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ τότε οι συνολικές εκπομπές το 2006 (127,914 Mt CO₂ eq) έχουν αυξηθεί κατά 26,2% περίπου, σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (101,389 Mt CO₂ eq). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν την πλειοψηφία των εκπομπών με συμμετοχή 82,3% στις συνολικές

εκπομπές (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ) για το έτος 2006, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 33% από το 1990. Οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου συμμετέχουν κατά 8% περίπου στις συνολικές εκπομπές και μειώθηκαν κατά 14% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, ενώ οι εκπομπές μεθανίου με ποσοστό συμμετοχής 6% στις συνολικές εκπομπές, μειώθηκαν κατά 7%. Τέλος οι εκπομπές F-gases αποτελούν το 4% των συνολικών εκπομπών και αυξήθηκαν κατά 38% σε σχέση με τις εκπομπές του 1995 (έχουν σχεδόν τριπλασιαστεί σε σχέση με τις εκπομπές του 1990). Η βασική πηγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα όπως παρουσιάζεται και στον **Πίνακα 6.3-5** είναι ο τομέας Ενέργεια με συμμετοχή 78,6% στις συνολικές εκπομπές.

Πίνακας 6.3 -4: Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα (σε Gg CO₂eq) για την περίοδο 1990-2006

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	(Gg CO ₂ equivalents)																
CO ₂ περιλαμβανομένου του τομέα Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	79.153	79.292	81.560	80.582	83.027	82.590	85.258	90.136	95.165	93.767	100.497	100.662	100.183	104.335	104.767	105.255	104.449
CO ₂ εξαιρουμένου του τομέα Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	82.422	82.909	84.655	84.483	86.601	87.017	89.271	94.113	98.776	98.224	103.659	106.006	105.664	109.889	110.202	110.500	109.666
CO ₂ εξαιρουμένου του τομέα Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	82.422	82.909	84.655	84.483	86.601	87.017	89.271	94.113	98.776	98.224	103.659	106.006	105.664	109.889	110.202	110.500	109.666
CH ₄	9.032	8.999	9.093	9.050	9.125	9.098	9.234	9.218	9.340	9.020	9.009	8.469	8.419	8.343	8.295	8.271	8.420
N ₂ O	12.008	11.852	11.697	11.031	11.249	10.992	11.452	11.139	10.967	11.026	11.108	10.873	10.864	10.905	10.792	10.414	10.322
HFCs	935	1.107	908	1.607	2.144	3.337	3.929	4.247	4.741	5.564	4.486	4.150	4.369	4.286	4.373	4.580	4.648
PFCs	258	258	252	153	94	83	72	165	204	132	148	91	88	77	72	72	71
SF ₆	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Σύνολο περιλαμβανομένου του τομέα Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	101.389	101.511	103.514	102.426	105.641	106.103	109.947	114.908	120.421	119.513	125.252	124.249	123.928	127.951	128.303	128.596	127.914
Σύνολο εξαιρουμένου του τομέα Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	104.658	105.128	106.609	106.327	109.216	110.530	113.961	118.886	124.032	123.970	128.414	129.594	129.409	133.505	133.738	133.840	133.131

(Πηγή: 87, 91)

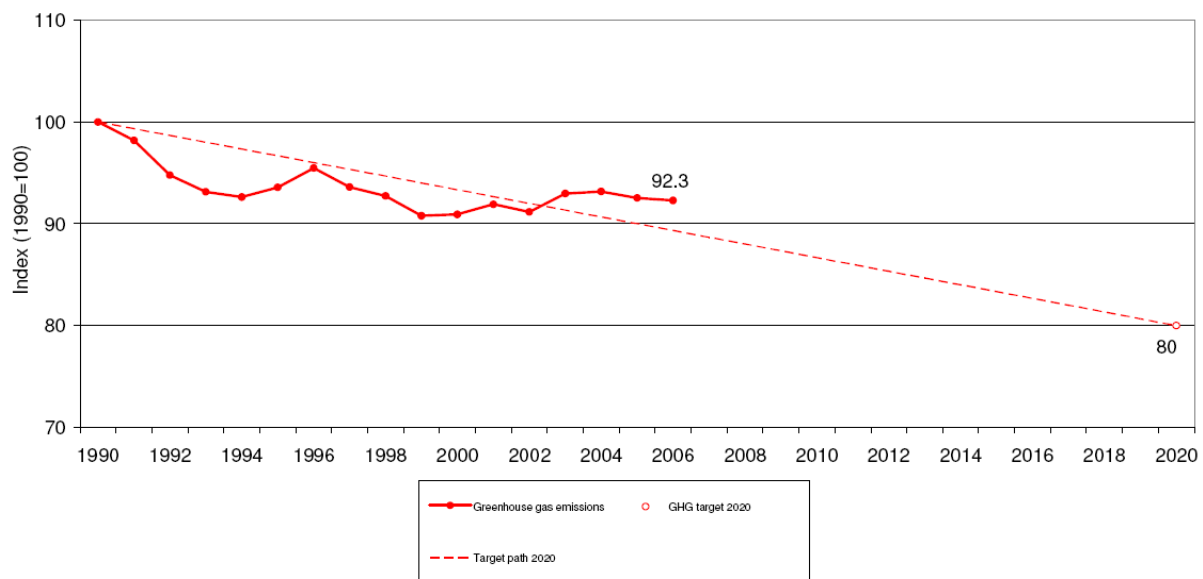
Πίνακας 6.3 -5: Συνολικές εκπομπές στην Ελλάδα (σε Gg CO₂eq) ανά τομέα για την περίοδο 1990-2006

ΠΗΓΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ΤΟΜΕΑΣ	(Gg CO₂equivalents)																
1. Ενέργεια	77.623	78.324	80.053	79.741	81.952	81.952	84.434	89.044	93.978	93.375	98.780	101.125	101.044	105.310	105.565	105.430	104.681
2. Βιομηχανικές διεργασίες	8.846	8.850	8.742	9.410	9.825	11.466	12.118	12.719	13.008	13.864	13.006	12.662	12.736	12.670	12.807	13.182	13.088
3. Διαλύτες	170	176	173	170	163	155	152	153	152	160	157	155	155	155	156	158	160
4. Γεωργία	13.519	13.306	13.101	12.503	12.736	12.486	12.776	12.487	12.342	12.364	12.358	12.144	12.079	11.999	11.937	11.734	11.645
5. Χρήσεις γης, Αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονίας (ΧΓΑΧΓΔ)	-3.214	-3.589	-3.013	-3.827	-3.506	-4.389	-3.990	-3.926	-3.474	-4.446	-2.980	-5.319	-5.477	-5.549	-5.423	-5.235	-5.199
6. Απόβλητα	4.445	4.444	4.457	4.430	4.470	4.433	4.456	4.431	4.414	4.197	3.931	3.482	3.392	3.366	3.262	3.327	3.539
7. Άλλα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Πηγή: 87, 91)

Στο σύνολο των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, μειώθηκαν το 2006 κατά 7,7% (430 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου CO₂) σε σχέση με τις εκπομπές το 1990 και κατά 0,3% (14 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου CO₂) σε σχέση με τις εκπομπές το 2005.

Όπως αναφέρθηκε, δεσμευτικός στόχος της ΕΕ είναι η μείωση κατά 20% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2020 σε σχέση με τις εκπομπές το 1990. Όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 6.3-5**, θεωρώντας γραμμική τη μετάβαση προς το στόχο του 2020, το 2006 οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κυμάνθηκαν 2,9 μονάδες κάτω από το στόχο για το έτος αυτό.



(Πηγή: 87)

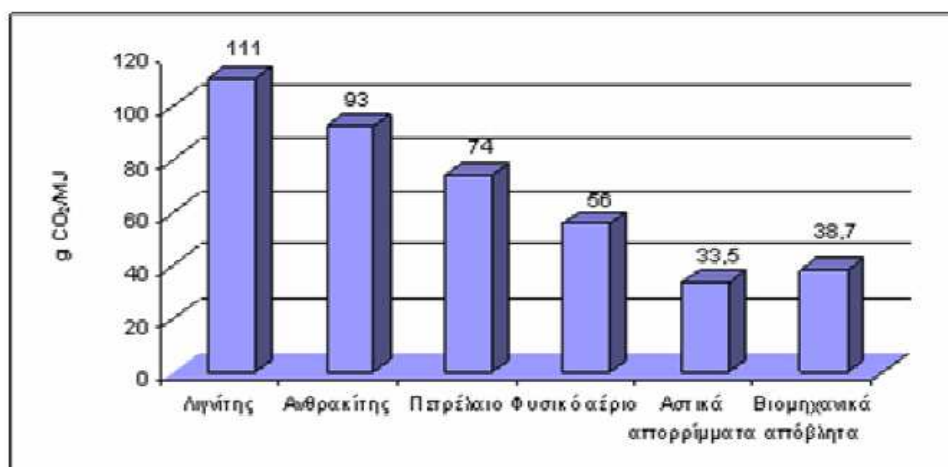
Σχήμα 6.3-5: Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 1990-2006 σε σχέση με το στόχο του 2020

Βάσει των παραπάνω, η Ελλάδα, αν και θεωρείται πλούσια σε πολλές μορφές ΑΠΕ, όπως ήλιο, άνεμο, κτλ., μπορεί να πλησιάσει σημαντικά τους υφιστάμενους στόχους της, τόσο σε θέματα διαχείρισης των ΑΣΑ, όσο και σε θέματα υιοθέτησης ΑΠΕ, με εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Η υπάρχουσα εμπειρία από το εξωτερικό δείχνει ότι η παραγωγή ενέργειας μέσω των ΑΣΑ μπορεί να κυμανθεί σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Ενδεικτικά, αναφέρεται η περίπτωση της Ολλανδίας, όπου μια υφιστάμενη μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αποτεφρώνει 300.000tons ΑΣΑ/ έτος, παράγοντας συνολικά περίπου 200.000 MWh/έτος, εκ των οποίων οι 163.000 MWh χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση 50.000 νοικοκυριών [66]. Στο δε σύνολο των 25 μελών κρατών της Ε.Ε., από τους 243 εκ. tons ΑΣΑ που παράγονται ετησίως, περίπου 50 εκ. ton επεξεργάζονται σε μονάδες θερμικής

επεξεργασίας και παραγωγής ενέργειας, παράγοντας 27 εκ. MWh, ενέργεια, η οποία συμβατικά παράγεται από 7428 εκ. L ορυκτών καυσίμων ή 7778 εκ. m³ φυσικού αερίου [38].

Σημαντική είναι και η συμβολή που μπορεί να έχει η εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ είναι υποχρεωμένες να τηρούν αρκετά πιο αυστηρούς όρους, όσον αφορά στις αέριες εκπομπές τους, σε σχέση με άλλες εγκαταστάσεις βιομηχανικού χαρακτήρα. Ως εκ τούτου, η εμφάνιση παλαιότερων προβλημάτων, όπως π.χ. η έκλυση διοξεινών, αποτελούν πλέον απαγορευτικά, αλλά και αντιμετώπισιμα (λόγω της ήδη υπάρχουσας τεχνογνωσίας) φαινόμενα.

Σε κάθε περίπτωση, το μεθάνιο, που παράγεται σε αρκετά σημαντικές ποσότητες σε ΧΥΤΑ και θεωρείται από τα πιο επιβλαβή αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, είναι ίσως ο πιο χαρακτηριστικός ρύπος, του οποίου η παραγωγή αποφεύγεται κατά την εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Επίσης, αξιοσημείωτη είναι και η μείωση των εκπεμπόμενων ποσοτήτων CO₂. Όπως ενδεικτικά φαίνεται στο **Σχήμα 6.3-6**, οι εκπομπές CO₂ κατά την καύση ΑΣΑ για την παραγωγή ενέργειας είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες άλλων καυσίμων, όπως π.χ. πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ωστόσο, ως προς το CO₂, οι παραγόμενες εκπομπές είναι αρκετά σημαντικές και στην περίπτωση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, δεδομένου ότι στα απορρίμματα περιέχεται περίπου 25% κ.β. άνθρακας, ο οποίος κατά την καύση του δημιουργεί περίπου 1 τόνο CO₂ ανά τόνο απορριμμάτων [8].



(Πηγή: 40)

Σχήμα 6.3-6: Εκπομπή CO₂ κατά την παραγωγή ενέργειας από την καύση διαφορετικών καυσίμων.

Επίσης, το παραγόμενο CO₂ κατά την αποτέφρωση ΑΣΑ για την παραγωγή ενέργειας θεωρείται ως «αναπαραγόμενο» (regenerated) CO₂, το οποίο συμβάλει στη μείωση της παραγωγής «πρωτογενούς» CO₂ από ορυκτά καύσιμα, όπως λιγνίτη. Επομένως, θεωρείται ότι συμβάλει στη μείωση των «νέων»

εισαγόμενων ποσοτήτων CO₂ στην ατμόσφαιρα και τελικά στην επίτευξη των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο [73]. Παράλληλα, το κόστος «εξοικονόμησης» 1ton CO₂ μέσω της χρήσης των ΑΣΑ ως ΑΠΕ σε μονάδες αποτέφρωσης με ανάκτηση ενέργειας παρουσιάζεται να είναι σημαντικά χαμηλότερο (7 έως 20€) από εκείνο άλλων μονάδων παραγωγής ενέργειας, που χρησιμοποιούν άλλη μορφή βιομάζας (80€) ή τον ήλιο (φωτοβολταϊκά) (περισσότερα από 1.000€) [66].

Σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας των μονάδων ΕΑΑ που συλλέγονται από την αμερικανική βιομηχανία ΕΑΑ, η καύση ενός τόνου ΑΣΑ, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ΕΑΑ, μπορεί να παράγει κατά μέσο όρο 600 kWh ηλεκτρικής ενέργειας (στην οποία περιλαμβάνεται ιδιοκατανάλωση της τάξης του 15%), αποτρέποντας κατά συνέπεια την εξόρυξη 250kg αμερικανικού άνθρακα υψηλής ποιότητας ή την εισαγωγή ενός βαρελιού πετρελαίου [18].

Η ΕΑΑ είναι η μόνη εναλλακτική λύση για τα μη-ανακυκλώσιμα απορρίμματα έναντι στην υγειονομική ταφή, όπου η αποσύνθεση των απορριμμάτων παράγει διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μεθάνιο (CH₄), ένα ισχυρό ΑΘ, τουλάχιστον 25% εκ του οποίου διαρρέει στην ατμόσφαιρα, ακόμη και σε νέους ΧΥΤΑ με σύγχρονα δίκτυα συλλογής βιοαερίου. Είναι γνωστό ότι το CH₄, είναι 21 φορές πιο ισχυρό ΑΘ από ότι το CO₂ [90].

Λαμβάνοντας υπόψη την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται και τις εκπομπές μεθανίου που αποφεύγονται, διάφορες ανεξάρτητες μελέτες έχουν οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι η ΕΑΑ μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 1 τόνο CO₂ ανά τόνο ΑΣΑ που αποτεφρώνεται αντί να διατίθεται σε ΧΥΤΑ, γεγονός που τηρουμένων των αναλογιών θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών κατά 110.000 τόνους CO₂ στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ αντικατασταθεί με μονάδα θερμικής επεξεργασίας στην εξεταζόμενη περιοχή, παράγοντας παράλληλα περίπου 629.295.530 kcal για το σύνολο των ΑΣΑ της περιφέρειας, όπως προκύπτει από τα δεδομένα της παραγράφου 5.2.6.3.

Επομένως, εκτός από τα ενεργειακά οφέλη, η καύση ΑΣΑ στις εγκαταστάσεις ΕΑΑ μειώνει τις εκπομπές ΑΘ στις ΗΠΑ κατά περίπου 26 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως. Στον **Πίνακα 6.3-6** συγκρίνονται οι εκπομπές αερίων από εγκαταστάσεις ΕΑΑ και από εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με χρήση ορυκτών καυσίμων.

Πίνακας 6.3 -6: Εγκαταστάσεις ΕΑΑ και παραγωγής ενέργειας – Σύγκριση αερίων εκπομπών ανά MWh

Καύσιμο	Αέριες εκπομπές (kg/MWh)		
	Διοξείδιο του Άνθρακα, (CO ₂)	Διοξείδιο του Θείου, (SO ₂)	Οξειδία του Αζώτου, (NO _x)
ΑΣΑ	379,66	0,36	2,45
Άνθρακας	1020,13	5,90	2,72
Πετρέλαιο	758,41	5,44	1,81
Φυσικό Αέριο	514,83	0,04	0,77

(Πηγή: 61)

Πίνακας 6.3 -7: Εκπομπές από ταφή 1 εκατομμυρίου τόνων ΑΣΑ (100 m³ βιοαερίου/τόνο, για σύγχρονο ΧΥΤΑ ισχύει το 25-% των ακολούθων τιμών)

Ένωση	Συγκέντρωση Βιοαερίου, ppbv	Τόνοι
Μεθάνιο	50.000.0000	35.714
Διοξείδιο του Άνθρακα	49.000.0000	96.250
Αμμωνία	550.000	41,7
Σουλφίδια και μερκαπτάνες	500.000	133,9
Τολουόλιο	34.907	14,4
Διχλωρομεθάνιο	25.694	9,7
Ακετόνη	6.838	1,8
Βινυλική Ακετόνη	5.633	1,6
Τετραχλωροαιθυλένιο	5.244	3,9
Βινυλοχλωρίδιο	3.508	1,0
Διχλωροαιθάνιο	2.801	1,2
Ξυλόλια	651	1,3
Τριχλωροαιθυλένιο	2.079	1,2
Στυρόλια	1.517	0,7

(Πηγή: 68)

Εκτός από το μεθάνιο, το βιοαέριο από ΧΥΤΑ περιέχει διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Ο Πίνακας 6.3-7 είναι βασισμένος σε ανάλυση βιοαερίου και κατ' εκτίμηση παραγωγή του βιοαερίου σε χώρο διάθεσης.

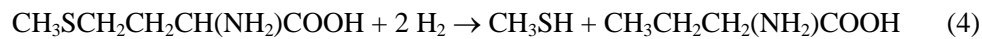
Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερόμενα στοιχεία, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται όχι μόνο ως ικανή, αλλά ίσως και ως η πιο αξιόλογη λύση της Ελλάδας για την ταυτόχρονη επίτευξη συγκεκριμένων πολιτικών και περιβαλλοντικών στόχων.

6.4 Δημιουργία οσμών

Συνήθως η δημιουργία οσμών από τα απορρίμματα είναι αποτέλεσμα της αναερόβιας αποσύνθεσης των αποικοδομήσιμων οργανικών συστατικών που προϋπάρχουν σε αυτά. Για παράδειγμα, κάτω από αναερόβιες συνθήκες η θειική ρίζα μπορεί να μετατραπεί σε σουλφίδιο (S^{2-}), το οποίο στη συνέχεια ενώνεται με το υδρογόνο και σχηματίζει υδρόθειο, όπως φαίνεται και στις αντιδράσεις που ακολουθούν:

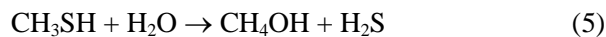


Η βιοχημική αναγωγή ενός οργανικού συνθετικού που περιέχει μια θειική ρίζα μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό δύσοσμων συνθετικών, όπως μέθυλο-μερκαπτάνες και αμινο-βουτυρικό οξύ. Η μείωση της μεθιονίνης (αμινοξύ) αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα και ακολουθεί την εξής αντίδραση:



Μεθυλομερκαπτάνη Αμινο-βουτυρικό οξύ

Η μεθυλική μερκαπτάνη μπορεί να υδρολυθεί βιοχημικά σε αλκοόλη και υδρόθειο:



Οι οσμές αποτελούν την πιο κοινή αιτία διαμαρτυρίας των πολιτών, σχετικά με την κατασκευή εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων, ιδιαίτερα στην περίπτωση Χ.Υ.Τ.Α. και χώρων διάθεσης που δέχονται οσμηρά χημικά, όπως μερκαπτάνες, κετόνες και εστέρες. Παρά το γεγονός ότι η ρύπανση της ατμόσφαιρας λόγω οσμών είναι γενικά τοπικής εμβέλειας και έχει συνέπειες στους πλησιέστερους δέκτες προς την εγκατάσταση, κάτω από συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες οι οσμές μπορούν να διανύσουν μακρινές αποστάσεις της τάξης δεκάδων χιλιομέτρων.

Η αντίληψη των οσμών ως όχληση, εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων, όπως για παράδειγμα τη συχνότητα των οχλήσεων από διασπορά οσμής, τη φύση και τις διαφορές στην ευαισθησία καθώς επίσης και τις αντιδράσεις μεταξύ των ατόμων. Οσμές μέτριας κλίμακας που εκλύονται ασυνεχώς, μπορεί να προκαλέσουν μεγαλύτερη διαμαρτυρία από οσμές μικρότερης κλίμακας που εκλύονται συνεχώς.

Για τη μέτρηση των οσμών χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, ποσοτικές και ποιοτικές. Μεταξύ των ποσοτικών εντάσσονται και οι οργανοληπτικές. Σε αυτές, μια ομάδα ανθρώπων εκτίθεται σε δείγματα οσμών τα οποία έχουν αραιωθεί με όγκους καθαρού αέρα χωρίς οσμές και καταγράφεται ο αριθμός των

απαιτούμενων όγκων αραιώσεων για την επίτευξη της ελάχιστης αραιώσης της οσμής στην ελάχιστη ανιχνεύσιμη από τον άνθρωπο συγκέντρωση ή **συγκέντρωση κατωφλίου οσμής** (*Σ.Κ.Ο. ή odor threshold*) [96].

Η πιο διαδεδομένη οργανοληπτική τεχνική εφαρμόζεται σύμφωνα με τον κανονισμό ορίων της ASTM (*D1391–51 μέθοδος*). Η συγκέντρωση κατωφλίου οσμής προσδιορίζεται ανάλογα με τον αριθμό των αραιώσεων που απαιτείται για να μην υπάρχει θετική αντίδραση στα 50% από τα άτομα που υποβάλλονται στην οσμή. Για παράδειγμα, αν εννέα όγκοι δείγματος οσμής προκαλούν θετική αντίδραση στη μισή ομάδα που εκτίθενται σε αυτή, η συγκέντρωση οσμής αναφέρεται ως 10 αραιώσεις της Σ.Κ.Ο. Πρόκειται δηλαδή για μια ψευδο-συγκέντρωση και το παραπάνω δείγμα λαμβάνεται ότι έχει συγκέντρωση 10 μονάδες οσμής (*M.O.*).

Η **ένταση οσμής** (*odor strength*) που ορίζεται ως διάλυση σε σχέση με το κατώφλι (*dilution to threshold, Pope R., 1996*) προσδιορίζεται ομοίως, σύμφωνα με τον αριθμό των αραιώσεων που απαιτούνται πριν από την παύση κάθε ανίχνευσης της οσμής [96].

Η **Μονάδα Οσμής** (*Odor Unit*) ορίζεται ως 1m^3 αέρα στο κατώφλι οσμής. Η συγκέντρωση οσμής είναι ο αριθμός των m^3 που καταλαμβάνει το αραιωμένο δείγμα που προέρχεται από 1m^3 αρχικού δείγματος, ώστε να επιτευχθεί το κατώφλι οσμής. **Η συγκέντρωση οσμής εκφράζεται σε $M.O./\text{m}^3$** [96].

Σημειώνεται τέλος, ότι η συγκέντρωση οσμής πάνω από την οποία η οσμή αναγνωρίζεται εύκολα από τους περισσότερους ανθρώπους και δημιουργεί όχληση και έκφραση παραπόνων, είναι πενταπλάσια από τη συγκέντρωση κατωφλίου οσμής. Η συγκέντρωση αυτή, ήτοι **$5M.O./\text{m}^3$** , λαμβάνεται συνήθως και ως οριακό επίπεδο όχλησης.

Κύριος παράγοντας πρόκλησης οσμών στην περιοχή του Χ.Υ.Τ.Α. είναι η αναερόβια αποδόμηση των οργανικών υλικών. Οι οσμές δημιουργούνται κατά τη διαδικασία «εκφόρτωσης - διάστρωσης - επικάλυψης» των απορριμμάτων στον ενεργό Χ.Υ.Τ.Α..

Πρόσθετο πλεονέκτημα, από άποψη διασποράς των οσμών, αποτελεί η σημαντική απόσταση του Χ.Υ.Τ.Α. από οικισμούς και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως μολονότι ζητήματα που σχετίζονται με τις δυσάρεστες οσμές καταγράφονται και στην περίπτωση των μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, εντούτοις αυτά είναι αξιοσημείωτα μικρότερης έντασης και έκτασης. Το γεγονός αυτό προκύπτει εύκολα από τα χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας αυτών των μονάδων θερμικής αξιοποίησης, καθώς μεταξύ άλλων ο κύριος όγκος των εργασιών πραγματοποιείται εντός κλειστών εγκαταστάσεων και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων είναι πολύ μικρότερος.

Συνεπώς η μέθοδος της ταφής των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ εμφανίζεται να υστερεί περιβαλλοντικά, βάσει των επιπτώσεων της στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον μέσω δυσάρεστων οσμών, συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες των μονάδων καύσης ΑΣΑ.

6.5 Εκπομπές σκόνης

Το πρόβλημα της σκόνης υφίσταται στους ΧΥΤΑ κυρίως κατά τους θερινούς και ξηρούς μήνες και προέρχεται από:

- Από τα κινούμενα οχήματα εντός του Χ.Υ.Τ.Α., κυρίως στο εσωτερικό δρομολόγιο.
- Το δανειοθάλαμο χωματισμών και τη μεταφορά υλικού επικάλυψης.

Η διάχυση σκόνης αποτελεί παράγοντα ρύπανσης κυρίως της άμεσης περιοχής του Χ.Υ.Τ.Α. με τις εξής συνέπειες:

- Δημιουργία προβλημάτων οπτικής ρύπανσης και κακής εμφάνισης του χώρου.
- Πρόκληση – μακροπρόθεσμα- αναπνευστικών προβλημάτων στους εργαζόμενους του Χ.Υ.Τ.Α.
- Μέσο μετάδοσης μικροβίων.

Το πρόβλημα αυτό εν μέρει αντιμετωπίζεται με συστηματικό κατάβρεγμα των «προβληματικών» περιοχών κατά τη διάρκεια των ωρών με τη μεγαλύτερη κίνηση στον Χ.Υ.Τ.Α. ή κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Εντούτοις, δεν παύει να αποτελεί ένα υπολογίσιμο περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο δεν καταγράφεται στις περιπτώσεις των μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

6.6 Ατυχήματα-Πυρκαγιές.

Λόγω έλλειψης παραγωγικών διαδικασιών στους Χ.Υ.Τ.Α. δεν παρουσιάζονται εστίες καύσης, παρά μόνο τυχαία, ως συνέπεια της αυτανάφλεξης των απορριμμάτων. Η αυτανάφλεξη μπορεί να εκδηλωθεί όταν δεν τηρούνται οι κανόνες της υγειονομικής ταφής, δηλαδή δεν πραγματοποιείται άμεση επικάλυψη των απορριμμάτων στο μέτωπο εργασιών.

Πάντως για την αντιμετώπιση ενδεχόμενης πυρκαγιάς προβλέπεται η δημιουργία αντιπυρικής ζώνης ικανού πλάτους, ώστε να αντιμετωπίσει εκτινάξεις εύφλεκτων υλικών από τον ενεργό Χ.Υ.Τ.Α. προς παρακείμενους θάμνους. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί περιπτώσεις που αποδίδονται σε ατυχήματα σε ΧΥΤΑ, τα οποία ακολούθως οδήγησαν σε σημαντικές εστίες πυρκαγιάς.

Ανάλογο ζήτημα ατυχήματος υφίσταται και στις περιπτώσεις των μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, στα πλαίσια που μπορεί να εμφανιστεί στις βιομηχανικές υποδομές. Ωστόσο, η σημαντικά μικρότερη έκταση, η συνεχής παρακολούθηση των εγκαταστάσεων από το προσωπικό και το εγκεκριμένο σύστημα πυροπροστασίας που τίθεται σε λειτουργία, ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς, την οποία καθιστούν σε κάθε περίπτωση περισσότερο ελέγξιμη.

6.7 Παραγωγή στραγγισμάτων

Τα απορρίμματα υπόκεινται σε πλήθος βιολογικών, χημικών και φυσικών μεταβολών εντός του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, οι οποίες πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Το νερό που κατεισδύει στο απορριμματικό σώμα ενός Χ.Υ.Τ.Α. μεταφέρει διάφορες διαλυτές χημικές ουσίες και αποτελεί τα ονομαζόμενα στραγγίσματα ενός Χ.Υ.Τ.Α. Η αποσύνθεση, σταθεροποίηση και εκχύλιση των χημικών ουσιών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως: σύνθεση των απορριμμάτων, βαθμός συμπίεσης, υγρασία στα απορρίμματα, ύπαρξη παρεμποδιστών, ρυθμός κίνησης νερού και θερμοκρασία.

Τα στραγγίσματα παράγονται από την κατείσδυση των ομβρίων στις απορριμματικές αποθέσεις, ενώ χαρακτηρίζονται ως στραγγίσματα και τα νερά επιφανειακής απορροής που έρχονται σε επαφή με κάποιο ανοικτό μέτωπο απορριμμάτων (βροχοστραγγίδια).

Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή στραγγισμάτων είναι οι εξής [4,42]:

- ένταση, συχνότητα και διάρκεια των βροχοπτώσεων,
- επιφανειακή απορροή
- διήθηση νερού μέσω της επιφάνειας του Χ.Υ.Τ.Α.
- εξατμισοδιαπνοή από την επιφάνεια του Χ.Υ.Τ.Α.
- θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- σύνθεση και πυκνότητα των απορριμμάτων
- υγρασία των απορριμμάτων
- ποιότητα και υγρασία του υλικού επικάλυψης
- βάθος του Χ.Υ.Τ.Α.

Τα αποτελέσματα της ανεξέλεγκτης διήθησης στραγγισμάτων στο έδαφος αποτελούν τη δυσμενέστερη περιβαλλοντική επίπτωση ενός Χ.Υ.Τ.Α. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η εφαρμογή μεθόδων που περιορίζουν ή εκμηδενίζουν την πιθανότητα μόλυνσης των επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων από τα στραγγίσματα.

Η διαχείριση των στραγγισμάτων πραγματοποιείται με τη συλλογή τους σε κατάλληλο δίκτυο αγωγών που τοποθετούνται στον πυθμένα του Χ.Υ.Τ.Α. και τη μεταφορά σε εγκατάσταση επεξεργασίας. Επιπλέον, όλη η έκταση του πυθμένα και των πρανών του Χ.Υ.Τ.Α. στεγανοποιείται, ώστε να εμποδίζεται η διαφυγή στραγγισμάτων εκτός του «ενεργού» χώρου ταφής και γενικά στο υπέδαφος. Για τη στεγανοποίηση ενός Χ.Υ.Τ.Α. χρησιμοποιούνται φυσικά υλικά (αργιλικά) ή συνθετικά υλικά (γεωμεμβράνες από HDPE) ή συνδυασμός και των δύο, που αποτελεί και την πιο συνηθισμένη εφαρμογή [4, 42].

Μετά τη συλλογή τους, τα στραγγίσματα πρέπει απαραίτητα (βάσει της Κ.Υ.Α. 114218/97) να υποβληθούν σε επεξεργασία πριν την τελική τους διάθεση. Η μέθοδος επεξεργασίας και διάθεσης των επεξεργασμένων υγρών ποικίλει κατά περίπτωση.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά στραγγισμάτων

Το νερό κατά τη διέλευσή του μέσα από τα απορρίμματα τα οποία βρίσκονται υπό αποσύνθεση, παρασύρει πλήθος από χημικά και βιολογικά συστατικά, τα οποία καθορίζουν την ποιότητα των στραγγισμάτων.

Η σύσταση των στραγγισμάτων είναι ιδιαίτερα μεταβλητή και εξαρτάται κυρίως από το είδος, τη σύσταση, την ηλικία και το βαθμό συμπίεσης των απορριμμάτων. Γενικά, τα στραγγίσματα περιέχουν πολύ υψηλότερα ρυπαντικά φορτία από ότι τα αστικά λύματα καθώς και πολλά βιομηχανικά απόβλητα.

Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνεται ενδεικτική σύσταση στραγγισμάτων από Χ.Υ.Τ.Α. μικρής και μεγαλύτερης ηλικίας.

Πίνακας 6.7-1: Σύνθεση στραγγισμάτων σε μικρής και μεγάλης ηλικίας Χ.Υ.Τ.Α. (mg/Lt)

Παράμετρος	Νέοι ΧΥΤΑ (κάτω των 2 ετών)		Παλαιοί ΧΥΤΑ
	Εύρος Διακύμανσης	Τυπική τιμή	(άνω των 10 ετών)
BOD ₅	2.000 - 30.000	10.000	100 - 200
TOC	1.500 - 20.000	6.000	60 - 160
COD	3.000 - 60.000	18.000	100 - 500
Ολικά Αιωρούμενα Στερεά	200 - 2.000	500	100 - 400
Οργανικό Άζωτο	10 - 800	200	80 - 120
Αμμωνιακό Άζωτο	10 - 800	200	20 - 40
Νιτρικά	5 - 40	25	5 - 10
Ολικός Φωσφόρος	5 - 100	30	5 - 10
Ορθο-φωσφόρος	4 - 80	20	4 - 8
Αλκαλικότητα ως CaCO ₃	1.000 - 10.000	3.000	200 - 1.000
PH	4,5 - 7,5	6	6,6 - 7,5
Ολική σκληρότητα ως CaCO ₃	300 - 10.000	3.500	200 - 500
Ασβέστιο	200 - 3.000	1.000	100 - 400
Μαγνήσιο	50 - 1.500	250	50 - 200
Κάλιο	200 - 1.000	300	50 - 400
Νάτριο	200 - 2.500	500	100 - 200
Χλώριο	200 - 3.000	500	100 - 400
Θείο	50 - 1.000	300	20 - 50
Ολικός σίδηρος	50 - 1.200	60	20 - 200

(Πηγή : 68)

Γενικά, τα οργανικά συστατικά στα στραγγίσματα μειώνονται πολύ ταχύτερα από ότι τα ανόργανα με την αύξηση της ηλικίας του Χ.Υ.Τ.Α. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μείωση των οργανικών προκαλείται από την αποδόμηση και την σταδιακή έκπλυση των απορριμμάτων ενώ η μείωση των ανόργανων μόνο από την έκπλυση.

Η ηλικία του χώρου ταφής, σχετίζεται άμεσα με το στάδιο βιοαποδόμησης στο οποίο βρίσκονται τα απορρίμματα. Για παράδειγμα, κατά την όξινη φάση αποσύνθεσης το pH εμφανίζεται ιδιαίτερα χαμηλό ενώ είναι αυξημένα τα BOD₅, TOC, COD, καθώς και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά και βαρέα μέταλλα.

Αντίθετα κατά τη φάση μεγιστοποίησης του σχηματισμού μεθανίου το pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 7,5, ενώ τα BOD₅, TOC, COD, θρεπτικά και βαρέα μέταλλα είναι χαμηλά. Η τιμή του pH καθορίζεται από την παραγωγή οξέων αλλά και την περιεκτικότητα του παραγόμενου βιοαερίου σε CO₂.

Ο λόγος BOD₅/COD έχει τιμή 0,5 και άνω, και τιμές μεταξύ 0,4 και 0,6 αποτελούν ένδειξη ότι το οργανικό υλικό είναι βιοδιασπάσιμο. Σε μεγαλύτερης ηλικίας Χ.Υ.Τ.Α., ο λόγος αυτός συχνά έχει τιμές μεταξύ 0,05 και 0,2 και οφείλεται στο σχηματισμό των σταθερών χουμικών και φουλβικών οξέων.

Η εμφάνιση βαρέων μετάλλων και λοιπών επικίνδυνων συστατικών στα στραγγίσματα εξαρτάται από την παρουσία τους στα διατιθέμενα απορρίμματα. Για το λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις αποφεύγεται η διάθεση τοξικών και επικίνδυνων απορριμμάτων μαζί με τα αστικά.

Πίνακας 6.7-2: Περιεκτικότητα στραγγισμάτων σε ρυπαντές

(α) Αλκάλια/Αλκαλικές γαίες			
Συγκέντρωση (mg/l)			
Μέταλλο	1-2 έτη	4-5 έτη	Τυπική συγκέντρωση πόσιμου νερού
Ασβέστιο (Ca)	1,000-3,000	100-1,000	500
Νάτριο (Na)	1,000-3,000	100-1,000	20
Μαγνήσιο (Mg)	500-1,000	100-1,000	-
Κάλιο (K)	500-1,000	100-1,000	-
(β) Βαρέα Μέταλλα			
Συγκέντρωση (mg/l)			
Μέταλλο	1-2 έτη	4-5 έτη	Τυπική συγκέντρωση πόσιμου νερού
Σίδηρος (Fe)	500-1000	100-300	0,03
Αργίλιο (Al)	100-200	10-50	0,1
Ψευδάργυρος (Zn)	100-200	10-50	5
Χαλκός (Cu)	<10		1
Μόλυβδος (Pb)	<10		0,05
Κάδμιο (Cd)	<1,0		0,005
Υδράργυρος (Hg)	<1,0		0,001
(γ) Ανιόντα			
Συγκέντρωση (mg/l)			
Ανιόν	1-2 έτη	4-5 έτη	Τυπική συγκέντρωση πόσιμου νερού
Χλώριο (Cl)	1000-3000	500-2000	250
Όξινο ανθρακικό (HCO ₃) ⁻	1000-3000	1000-2000	-
Θεικό (SO ₄) ²⁻	500-1000	50-500	500
Φωσφορικό (PO ₄) ³⁻	50-150	10-50	-

(Πηγή : 2)

Συνοψίζοντας, από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα στραγγίσματα αποτελούν ένα πολύπλοκο μίγμα με υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών και ανόργανων ρυπαντών. Τα βασικά συστατικά των στραγγισμάτων, συμπεριλαμβανομένων των μετάλλων, είναι γνωστά αλλά υπάρχουν πολλά κενά σε ότι αφορά τις επικίνδυνες ενώσεις που υπάρχουν σε αυτά.

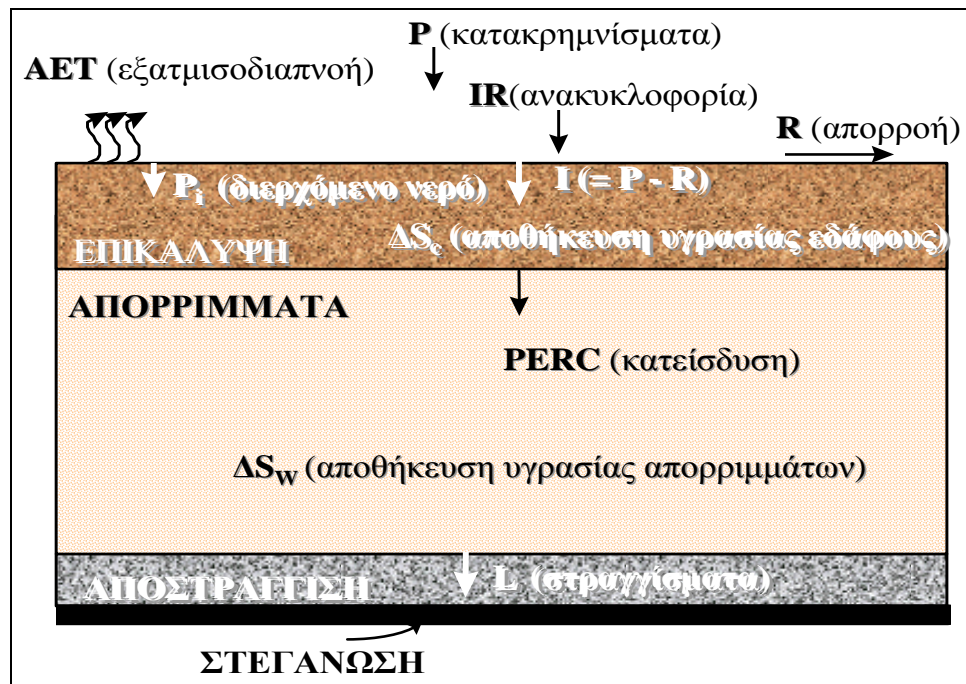
Υπολογισμός των στραγγισμάτων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα, η κατείδυση νερού μέσα στα απορρίμματα συντελεί στην παραγωγή στραγγισμάτων. Πηγές νερού είναι η βροχόπτωση, η άρδευση (σε περίπτωση αποκατεστημένου Χ.Υ.Τ.Α.), τα υπόγεια νερά που τυχόν εισέρχονται στη μάζα του και τα στραγγίσματα που ανακυκλοφορούν.

Η ποσότητα των στραγγισμάτων που παράγονται τελικά εξαρτάται από το διαθέσιμο νερό, τα χαρακτηριστικά και τη χωροθέτηση του Χ.Υ.Τ.Α. σε σχέση με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Το διαθέσιμο νερό εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία στα απορρίμματα, τη βροχόπτωση, την επιφανειακή απορροή, την ανακυκλοφορία των επεξεργασμένων στραγγισμάτων, το νερό που παράγεται ή καταναλώνεται κατά τις διεργασίες αποδόμησης των απορριμμάτων και τέλος την πιθανή αύξηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

Επισημαίνεται ότι στην παραγωγή στραγγισμάτων δεν συμβάλλει όλη η ποσότητα νερού που φτάνει στην επιφάνεια ενός Χ.Υ.Τ.Α.. Ένα μέρος του απορρέει επιφανειακά, σε περίπτωση που υπάρχει επικάλυψη της επιφάνειας των απορριμμάτων, ενώ ένα άλλο μέρος χάνεται ως εξατμισοδιαπνοή λόγω των φύλλων και των ριζικών συστημάτων των φυτών. Το υπόλοιπο νερό κατεisdύει εντός των απορριμματικών αποθέσεων, όπου ένα μέρος του κατακρατείται στο εδαφικό υλικό (σε περίπτωση που υπάρχει τελική επικάλυψη) και στη μάζα των απορριμμάτων. Η ποσότητα του νερού που κατακρατείται εξαρτάται από την αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους και των απορριμμάτων. Αποθηκευτική ικανότητα είναι η μέγιστη ποσότητα νερού που κατακρατείται στο έδαφος ή στα απορρίμματα. Όταν επέλθει κορεσμός των απορριμμάτων σε υγρασία, δηλαδή ξεπεραστεί η αποθηκευτική ικανότητα, αρχίζει η παραγωγή στραγγισμάτων.

Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που συνθέτουν το υδατικό ισοζύγιο σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. Παρατηρούμε ότι το νερό εισέρχεται είτε από την επιφάνεια του κυττάρου, είτε με τη μορφή υγρασίας, η οποία περιέχεται στο υλικό επικάλυψης, τα απορρίμματα και τη λάσπη, στην περίπτωση που αυτή διατίθεται μαζί με τα απορρίμματα. Απώλειες νερού λαμβάνουν χώρα από το σχηματισμό βιοαερίου, λόγω εξατμισοδιαπνοής, με τη μορφή ατμών που διαφεύγουν με το βιοαέριο και τέλος ως στραγγίδια [4, 42].



Σχήμα 6.7-1: Γενικευμένο υδατικό ισοζύγιο σε ένα X.Y.T.A. (μετά την τελική επικάλυψη)

Ο σχεδιασμός ενός X.Y.T.A. επηρεάζει ορισμένες από τις παραμέτρους που συνθέτουν το υδατικό του ισοζύγιο. Παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στη μείωση της παραγόμενης ποσότητας στραγγισμάτων είναι ο βαθμός συμπίεσης των απορριμμάτων, οι κλίσεις του χώρου, το πάχος και ο τύπος του υλικού επικάλυψης.

Τα απόβλητα μονάδων θερμικής επεξεργασίας περιλαμβάνουν την τέφρα καθώς και τοξικά απόβλητα ως υπολείμματα της επεξεργασίας των απαερίων τα οποία και διατίθενται σε χώρους απόθεσης. Κατά τη διαχείριση και απόθεση των στερών υπολειμμάτων είναι δυνατόν να έχουμε διαφυγές προς το έδαφος, το υπέδαφος και τους υδατικούς πόρους μέσω στραγγισμάτων.

Εντούτοις, τόσο η τέφρα πυθμένα, όσο και η ιπτάμενη τέφρα, από τις μονάδες θερμικής αξιοποίησης, χρησιμοποιούνται σε μία πληθώρα εφαρμογών, γεγονός που ελαχιστοποιεί ακόμα περισσότερο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα τοξικά απόβλητα και τα απαέρια των μονάδων καύσης απορριμμάτων. Συνοπτικά, οι εφαρμογές όπου αξιοποιούνται τα υπολείμματα της θερμικής επεξεργασίας είναι οι ακόλουθες [22]:

- ΤΕΦΡΑ ΠΥΘΜΕΝΑ
 - Έργα οδοποιίας, ως υπόβαση αδρανών υλικών (Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ)

- Στους ΧΥΤΑ, ως υλικό επικάλυψης ΑΣΑ (μερική υποκατάσταση χώματος ημερήσιας κάλυψης)
- ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ
 - Προσθήκη στο τσιμέντο
 - Πλήρωση αλατωρυχείων και μεταλλείων (σταθεροποίηση εδάφους)
 - Έργα οδοποιίας (Γερμανία)
 - Εξουδετέρωση όξινων αποβλήτων (π.χ. βιομηχανία τιτανίου στη Νορβηγία)
 - Υλικά κατασκευών (αμμοχάλικο για σκυρόδεμα και πλίνθοι από κονιορτοποιημένη τέφρα, Ολλανδία)

Μάλιστα, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στην εξεταζόμενη περιοχή εντοπίζονται τόσο εκτεταμένα έργα οδοποιίας, όσο και μονάδες παρασκευή τσιμέντου και υλικών κατασκευών, γεγονός που αναμένεται να ελαχιστοποιήσει τις όποιες δυνητικές επιπτώσεις μίας μονάδας θερμικής αξιοποίησης στην περιοχή μελέτης.

Η λειτουργία μιας μονάδας καύσης συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο βαθμό (σαφώς όμως μικρότερο σε σχέση με τη λειτουργία ενός ΧΥΤΑ, καθώς η ποσότητα των απορριμμάτων που τελικά εναποτίθενται είναι σαφώς μικρότερη) και από μια γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, του υπεδάφους και των υδατικών πόρων μέσω στραγγισμάτων. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας μονάδας καύσης θεωρούνται σημαντικά μικρότερες στο έδαφος και τα νερά, γεγονός που προσδίδει στην εν λόγω μέθοδο ένα συγκριτικό πλεονέκτημα απέναντι σε έναν ΧΥΤΑ.

6.8 Επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής

Επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα καταγράφονται κατά κύριο λόγο στην περίπτωση της ταφής των απορριμμάτων, καθώς η εν λόγω μέθοδος αφενός καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από της μονάδες καύσης ΑΣΑ (40-50 στρέμματα η έκταση που καταλαμβάνει μία μονάδα καύσης και 327 στρέμματα η έκταση που καταλαμβάνει ο ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας), και αφετέρου η λειτουργία της συνοδεύεται από εντονότερα για την πανίδα και την χλωρίδα φαινόμενα (όπως οι εντονότερες οσμές, σκόνη στραγγίσματα κτλ). Ωστόσο η κατασκευή και λειτουργία ενός Χ.Υ.Τ.Α. προκαλεί μόνο τοπική μετακίνηση των ειδών πανίδας που διαβιώνουν στην περιοχή του έργου, χωρίς να προκαλέσει εντούτοις σημαντική μεταβολή του πληθυσμού τους. Τα είδη αυτά συνήθως μετοικούν σε γειτνιάζουσες προς το χώρο περιοχές.

Επιπρόσθετα, κατά την κατασκευή του Χ.Υ.Τ.Α προκαλείται αλλαγή στον αριθμό ορισμένων φυτικών ειδών που απαντώνται εντός του γηπέδου του Χ.Υ.Τ.Α.. Η μείωση του αριθμού ορισμένων ειδών είναι αναπόφευκτη κατά τη διαμόρφωση του χώρου και την κατασκευή των έργων υποδομής.

Ένα υπαρκτό πρόβλημα σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. είναι η ύπαρξη παρασιτικών ζώων, αρουραίων, εντόμων, πτηνών, κλπ., καθώς ο Χ.Υ.Τ.Α. αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη τέτοιων οργανισμών παρέχοντας τροφή από τη μάζα των απορριμμάτων, ζεστό περιβάλλον και κάλυψη. Η ανεξέλεγκτη αύξηση του αριθμού των τρωκτικών μπορεί να αποτελέσει σοβαρό πρόβλημα για τους πλησιέστερους οικισμούς επικουρώντας στη μετάδοση ασθενειών.

Αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα αποτελεί η αυστηρή τήρηση των κανόνων υγειονομικής ταφής και η συστηματική κάλυψη του μετώπου εργασιών.

Επίσης, πρόβλημα αποτελεί και η ανάπτυξη εντόμων, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες. Η συστηματική επικάλυψη των απορριμμάτων αποτρέπει την επέκταση του προβλήματος καθώς ο χρόνος επώασης της νύμφης της μύγας είναι 2-3 ημέρες. Επιπλέον, η απομόνωση του εξεταζόμενου χώρου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιδρά θετικά στην αντιμετώπιση του φαινομένου.

Τέλος, συχνά η λειτουργία των Χ.Υ.Τ.Α. συνοδεύεται από την εμφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών, οι οποίοι αναπτύσσονται στα τα απορρίμματα και αποτελούν ενδεχόμενη απειλή για την δημόσια υγεία.

Συνεπώς η μέθοδος της ταφής των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ εμφανίζεται να υστερεί περιβαλλοντικά, βάσει των επιπτώσεων της στην χλωρίδα και την πανίδα, συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες των μονάδων καύσης ΑΣΑ.

6.9 Κοινωνικο–οικονομικές επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον

6.9.1 Εξοικονόμηση γης

Με κατάλληλη συντήρηση, οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ μπορούν να έχουν διάρκεια ζωής πάνω από 30 έτη. Θεωρώντας ότι οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ δεν απαιτούν περισσότερο έδαφος από αυτό του αρχικού σχεδιασμού, (εκτός εάν επεκταθούν για να επεξεργαστούν περισσότερα ΑΣΑ), οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ δεν έχουν μεγάλη απαίτηση γης [18].

Επιπλέον, η απαραίτητη γη είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που απαιτείται για υγειονομική ταφή ίδιας ποσότητας ΑΣΑ και κατά συνέπεια, το αρχικό κεφάλαιο για αγορά/εξασφάλιση γης είναι πολύ μικρό.

Για παράδειγμα, μια εγκατάσταση ΕΑΑ που επεξεργάζεται 1 εκατομμύριο τόνους ετησίως απαιτεί λιγότερο από 100.000m² γης, ενώ συγκριτικά η ταφή 30 εκατομμυρίων τόνων ΑΣΑ (περίπου η συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα για 5-6 έτη) θα απαιτούσε κατ' εκτίμηση 3.000.000m² [18].

Μετά από την επεξεργασία σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, καταγράφεται μείωση του βάρους των στερεών απορριμμάτων κατά 70-80% (Σχήμα 6.9-1) και κατά 90% του όγκου. Με τη μείωση βάρους που επιτυγχάνεται αυξάνεται σημαντικά η διάρκεια ζωής των Χώρων Υγειονομικής Ταφής, οι οποίοι μετατρέπονται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.). Στην προκειμένη περίπτωση ο ΧΥΤΑ Κοζάνης δέχεται περιττούς 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, οι οποίοι στην περίπτωση λειτουργία μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων θα περιορίζονταν σε 22.000-33.000 τόνους ετησίως.



Σχήμα 6.9-1: Μείωση του βάρους των στερεών απορριμμάτων μετά από την επεξεργασία σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας.

Στα πλαίσια της εξεταζόμενης περίπτωσης εκτιμάται πως η έκταση που θα καταλάβει μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας ανέρχεται σε 40-50 στρέμματα, βάσει των εκτιμήσεων για την παραγωγή ΑΣΑ

που έχουν υιοθετηθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Αντίστοιχα η έκταση που θα απαιτούνταν για την ταφή αυτών των απορριμμάτων ανέρχεται σε 327 στρέμματα. Ως εκ τούτου, γίνεται εύκολα αντιληπτό το όφελος σε εξοικονόμηση γης που προκύπτει στα πλαίσια της εγκατάστασης μίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Επιπλέον, αν συνυπολογιστεί το όφελος που προκύπτει και από την μικρότερη επιβάρυνση των παρακείμενων εκτάσεων (θα εξεταστεί διεξοδικότερα σε αντίστοιχη παράγραφο), εξάγεται το συμπέρασμα πως τα αντίστοιχα οφέλη είναι ακόμα μεγαλύτερα.

Επίσης, νέες εγκαταστάσεις ΕΕΑ μπορούν να κατασκευαστούν στον χώρο ήδη υπάρχουσών εγκαταστάσεων, εκμηδενίζοντας έτσι το κόστος αγοράς γης. Από την άλλη, οι εκτάσεις στις οποίες βρίσκονται ΧΥΤΑ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για τίποτε άλλο, ενώ νέες εκτάσεις γης πρέπει να μετατραπούν σε νέους ΧΥΤΑ.

6.9.2 Επιπτώσεις στην φυσιογνωμία της περιοχής

Η λειτουργία μιας μονάδας καύσης συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο βαθμό (σαφώς όμως μικρότερο σε σχέση με τη λειτουργία ενός ΧΥΤΑ) και από μια γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας περιβάλλοντος στις γειτνιάζουσες περιοχές εξαιτίας της εκλυόμενης σκόνης, του θορύβου, οσμών, της οπτικής ρύπανσης. Οι επιπτώσεις αυτές επιδρούν στην ποιότητα ζωής και στο επίπεδο διαβίωσης των κατοίκων στην ευρύτερη περιοχή.

Αντίστοιχα, η λειτουργία χώρων απόθεσης απορριμμάτων συνοδεύεται σε μεγαλύτερο βαθμό από υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος στις γειτνιάζουσες περιοχές εξαιτίας της εκλυόμενης σκόνης, οσμών, θορύβου, της οπτικής ρύπανσης, της ύπαρξης παρασίτων ή άλλων ανεπιθύμητων ζώντων οργανισμών (όπως έχει περιγραφεί διεξοδικότερα στις αντίστοιχες παραγράφους), και επομένως από ένα κόστος δυσφορίας.

Τέλος, σε περιπτώσεις ατυχημάτων είναι δυνατόν να έχουμε εκλύσεις περιβαλλοντικών φορτίων παρόμοιων με αυτά που περιγράφηκαν προηγούμενα σε διαφορετικές όμως ποσότητες προκαλώντας ανά περίπτωση δυσμενείς επιπτώσεις στους αποδέκτες. Ομοίως, και σε αυτήν την περίπτωση, προκύπτει ότι μεγαλύτερη επιβάρυνση των παρακείμενων εκτάσεων προέρχεται από την λειτουργία του ΧΥΤΑ.

Ως εκ τούτου, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως στα πλαίσια της εγκατάστασης μίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αναμένεται μικρότερη όχληση των παρακείμενων εκτάσεων και ηπιότερες επιπτώσεις στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

6.9.3. Ανακύκλωση και ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων

Οι μέθοδοι της θερμικής αξιοποίησης των απορριμμάτων παρέχουν σημαντικά συγκριτικά πλεονεκτήματα όσον αφορά στην ανακύκλωση, έναντι της ταφής σε ΧΥΤΑ, όπου χάνονται χρήσιμα υλικά από τα απορρίμματα. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να παρατεθούν δεδομένα από τις ΗΠΑ, όπου το ζήτημα έχει μελετηθεί εκτενέστερα και διεξοδικότερα.

Σύμφωνα με την EPA, το 2002 το ποσοστό ανακύκλωσης ΑΣΑ στις ΗΠΑ ήταν 28%. Οι πάνω από 400 κοινότητες που χρησιμοποιούσαν εγκαταστάσεις ΕΑΑ επέτυχαν υψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης και συγκεκριμένα 33%. Το 1992, οι κοινότητες με εγκαταστάσεις ΕΑΑ είχαν μέσο ποσοστό ανακύκλωσης 21% ενώ το εθνικό ποσοστό ήταν τότε 17% [18]. Αυτή η τάση παρουσιάζεται στον **Πίνακα 6.9-1**.

Πίνακας 6.9-1: Ποσοστά ανακύκλωσης σε κοινότητες με μονάδες ΕΑΑ σε σύγκριση με το συνολικό μέσο ποσοστό ανακύκλωσης στις ΗΠΑ

Ποσοστό Ανακύκλωσης το 1992		Ποσοστό Ανακύκλωσης το 2002	
Κοινότητες με ΕΑΑ	Εθνικό Ποσοστό	Κοινότητες με ΕΑΑ	Εθνικό Ποσοστό
21%	17%	33%	28%

(Πηγή: 18)

Μεταξύ των αμερικανικών εγκαταστάσεων ΕΑΑ, το 77% έχουν επιτόπια προγράμματα ανάκτησης σιδηρούχων μετάλλων, με αποτέλεσμα αυτές οι εγκαταστάσεις ανακτούν ετησίως περισσότερους από 700.000 τόνους σιδηρούχων μετάλλων. Τα περισσότερα από αυτά τα μέταλλα σε εγκαταστάσεις μαζικής καύσης, ανακτώνται από την τέφρα πυθμένα μετά από την καύση. Επιπλέον, 43% των εγκαταστάσεων αυτών ανακτούν ετησίως 776.000 τόνους άλλων ανακυκλώσιμων υλικών (π.χ., μη σιδηρούχα μέταλλα και τέφρα που χρησιμοποιείται στην οδοποιία). Λαμβάνοντας υπόψη όλη την ανακύκλωση από εγκαταστάσεις ΕΑΑ, το 82% των εγκαταστάσεων ανακυκλώνουν σχεδόν 1.480.000 τόνους ετησίως. Γενικότερα, όλες οι κοινότητες με μονάδες ΕΑΑ συνδέονται με προγράμματα ανακύκλωσης τα οποία μπορούν να είναι δημόσια/δημοτικά ή ιδιωτικά [56].

6.9.4 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) – Μελέτη περίπτωσης ο περιφερειακός ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας

Στην παρούσα φάση λειτουργίας του το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων Δυτικής Μακεδονίας αποτελείται από τον Περιφερειακό ΧΥΤΑ και το Δίκτυο Τοπικών Μονάδων Διαχείρισης Απορριμμάτων, εντός των οποίων έχουν ήδη κατασκευαστεί οι υποδομές Μεταφόρτωσης. Συγκεκριμένα, η ΔΙΑΔΥΜΑ

Α.Ε. υλοποιεί τη μεταφόρτωση και την υγειονομική ταφή των αστικών – οικιακών στερεών αποβλήτων των 61 ΟΤΑ της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.

Ο ΧΥΤΑ χωροθετείται εντός του λιγνιτικού κέντρου Πτολεμαΐδας □ Αμυνταίου, μέσα στο νότιο πεδίο (πλησίον του οικισμού Κόμανου). Η συνολική έκτασή του είναι 327.000 τ.μ., ενώ η εναπόθεση των απορριμμάτων γίνεται σε δύο ορθογωνικές λεκάνες με τη μέθοδο των κυψελών. Η διάρκεια ζωής των δύο κυττάρων εκτιμάται σε 15 χρόνια (με δεδομένη τη λειτουργία της Μονάδας Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης □ ΜΕΑ των ΑΣΑ, όπως προκύπτει από αρχικά στοιχεία της μελέτης που εκπονείται).

Ο ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας, η λειτουργία του οποίου ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2005, δημοπρατήθηκε τον Απρίλιο του 2002 και η κατασκευή του (η οποία ξεκίνησε στα μέσα του 2003) ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2005. Το κόστος κατασκευής του ανήλθε στα 3,4 εκατ. ευρώ και καλύφθηκε εξ' ολοκλήρου από το Ταμείο Συνοχής ΙΙ. Στα έργα υποδομής συμπεριλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις της βιολογικής επεξεργασίας των στραγγισμάτων, το στεγανοποιημένο κύτταρο χωρητικότητας 600.000 κ.μ., το σύστημα ελεγχόμενης καύσης του βιοαερίου, τα έργα διαχείρισης των όμβριων, η αντιπυρική ζώνη, οι κτιριακές υποδομές στην είσοδο του συγκροτήματος (κτίριο διοίκησης, ζυγιστήριο, συνεργείο βαρέων οχημάτων, σταθμός ανεφοδιασμού καυσίμων), το εσωτερικό οδικό δίκτυο κλπ.

Εντούτοις, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΙΑΔΥΜΑ ΑΕ το επενδυτικό κόστος για το ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας ανήλθε σε 19,5 εκατ. €. Πιο συγκεκριμένα, το επενδυτικό κόστος ανήλθε στα 2,5 εκατ. € για τις υποδομές μεταφόρτωσης, στα 5 εκατ. € για την κατασκευή του ΧΥΤΑ (με την αποπεράτωση του δεύτερου κυττάρου τον Δεκέμβριο του 2006) και στα 12 εκατ. € για προμήθειες εξοπλισμού.

6.9.4 1 Κόστος ταφής των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ

Ο υπολογισμός του πραγματικού κόστους ταφής είναι απαραίτητος προκειμένου να αποτιμηθεί η οικονομική επιβάρυνση που φέρνει η Οδηγία 99/31 στους ΧΥΤΑ, αλλά και η σύγκριση του κόστους ταφής με το κόστος επεξεργασίας. Αυτό που συνήθως θεωρείται ως κόστος ταφής στην Ελλάδα δεν λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ταφή, την μείωση της αξίας της γης που ο ΧΥΤΑ συνεπάγεται, αλλά ούτε καν τις απαιτήσεις πλήρους κοστολόγησης των παρεχόμενων υπηρεσιών. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι σε κανέναν ΧΥΤΑ στην Ελλάδα δεν κοστολογείται:

- Το κόστος των έργων αποκατάστασης και μεταφροντίδας
- Το κόστος κατασκευής του νέου ΧΥΤΑ, που θα αντικαταστήσει τον υπάρχοντα μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής του.
- Το κόστος της ασφάλισης του έργου ή ισοδύναμης χρηματο-οικονομικής εγγύησης που πρέπει να πληρώνεται σε ετήσια βάση από το φορέα διαχείρισης.

Έχει υπολογιστεί [14] ότι το πραγματικό οικονομικό κόστος της ταφής είναι τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό που υπολογίζουν οι φορείς διαχείρισης.

Επομένως, ο σημερινός μη αντιπροσωπευτικός (αλλά και μη νόμιμος) προσδιορισμός του κόστους ταφής οδηγεί σε αδικαιολόγητα χαμηλά τέλη ταφής, με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό φραγμό στις προσπάθειες προώθησης σχεδίων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, εφόσον η πλασματική σύγκριση του τέλους επεξεργασίας με τα τέλη ταφής που σήμερα χρεώνονται προκαλεί συχνά δέος. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές κοστολογίου μεταξύ ταφής και επεξεργασίας είναι μικρότερες από τις αρχικά εκτιμώμενες, παραμένοντας βέβαια σημαντικές.

Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 6.9-2** το κόστος ταφής στην Ελλάδα είναι από τα χαμηλότερα στην Ευρώπη.

Πίνακας 6.9-2: Εκτιμώμενο κόστος ταφής για μη-επικίνδυνα απόβλητα σε διάφορες χώρες της ΕΕ.

Χώρα	Κόστος (€/τόνο)
Αυστρία	50-150
Βέλγιο (Φλαμανδία)	116
Δανία	110
Φινλανδία	30-121
Γερμανία	123
Ελλάδα	8-35
Ιρλανδία	120-240
Ιταλία	90-110
Λουξεμβούργο	50
Ολλανδία	58
Πορτογαλία	26
Ισπανία	12
Σουηδία	70-90
Ηνωμένο Βασίλειο	21

(Πηγή : 22)

Εντούτοις, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΙΑΔΥΜΑ ΑΕ το επενδυτικό κόστος για το ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας ανήλθε σε 19,5 εκατ. €. Πιο συγκεκριμένα, το επενδυτικό κόστος ανήλθε στα 2,5 εκατ. € για τις υποδομές μεταφόρτωσης, στα 5 εκατ. € για την κατασκευή του ΧΥΤΑ (με την αποπεράτωση του δεύτερου κυττάρου τον Δεκέμβριο του 2006) και στα 12 εκατ. € για προμήθειες εξοπλισμού.

6.9.4.2 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

Οι μέθοδοι της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αδιαμφισβήτητα παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος εφαρμογής, το οποίο αναλύεται τόσο στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης της αντίστοιχης μονάδας, όσο και στο κόστος λειτουργίας δευτερευόντων μονάδων, όπως για παράδειγμα συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων αέριων εκπομπών και στερεών υπολειμμάτων [34].

Το ύψος του τελικού κόστους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως [22]:

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

- τη δυναμικότητα της αναγκαίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας,
- το βαθμό απόδοσης της μονάδας,
- τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων,
- τις γενικότερες οικονομικές παραμέτρους κάθε χώρας (κόστος γης, εργατικό κόστος, κόστος πρώτων υλών, κτλ.),
- το κόστος πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας,
- τη δυνατότητα ανάκτησης και πώλησης υλικών,
- τους περιορισμούς και στόχους, που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.

Πρόσφατα στοιχεία για την απαιτούμενη αρχική επένδυση δείχνουν ότι ένας τυπικός αποτεφρωτής κοστίζει εκατοντάδες εκατομμύρια €. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, η κατασκευή ενός αποτεφρωτή δυναμικότητας 2.000 τόνων ημερησίως κόστισε (στα μέσα της δεκαετίας του '90) περίπου 500 εκατ. δολάρια. Πιο πρόσφατα στοιχεία από την Ιαπωνία ανεβάζουν σημαντικά αυτό το κόστος. Δύο αποτεφρωτές που ολοκληρώθηκαν το 1999 κόστισαν 658 εκατ. δολάρια (για δυναμικότητα 200 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) και 808 εκατ. δολάρια, αντίστοιχα (για δυναμικότητα 400 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) [37].

Επιπλέον, το λειτουργικό κόστος μιας μονάδας θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων είναι εξίσου υψηλό. Το κόστος προ φόρων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, κυμαίνεται από 21 έως 332 €/ανά τόνο (ανάλογα με τον όγκο των προς καύση απορριμμάτων), ενώ στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και το κόστος για την επιπλέον διάθεση των τοξικών στερεών αποβλήτων της καύσης, το οποίο με τη σειρά του κυμαίνεται από 8 έως 363€/ανά τόνο [37].

Στον **Πίνακα 6.9-3** που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης σχετικά με το κόστος της καύσης των απορριμμάτων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.

Πίνακας 6.9-3: Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.

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

(Πηγή : 22)

Συγκριτικά αναφέρεται ότι στην Ελλάδα, η δαπάνη κατασκευής των εν λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων ξεπερνά τα 54 εκατ. €, ενώ οι υπό κατασκευή ή υπό δημοπράτηση ΧΥΤ έχουν προϋπολογισμό που ξεπερνά τα 29 εκατ. €. Το λειτουργικό κόστος των χώρων υγειονομικής ταφής κυμαίνεται από 5 – 20€/tn και είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη δυναμικότητα τους [23].

Στους Πίνακες 6.9-4 και 6.9-5 παρουσιάζονται στοιχεία δυναμικότητας, κόστους κατασκευής και επιμερισμού αυτού για διάφορες εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ της Ευρώπης.

Τέλος σύμφωνα με εθνικές εκθέσεις, που παρουσιάστηκαν στο τελευταίο συνέδριο της CEWER (Confederation of Waste to Energy Plants) στην Βιέννη το Μάιο του 2006, η αξιοποίηση των ΑΣΑ για παραγωγή ενέργειας, είτε ηλεκτρικής, είτε θερμικής, είναι ήδη σημαντική, με κόστος της ίδιας τάξης μεγέθους με εκείνο της ταφής των απορριμμάτων, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.9-6

Πίνακας: 6.9-4: Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη.

Περιοχή	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	Κόστος επένδυσης (σε εκατ. €)	Ειδικό κόστος επένδυσης (€/τόνο)
Kempton, Γερμανία	1996	78.000	82	1.051
Pirmasens, Γερμανία	1998	155.500	189	1.215
Hamburg R. Damm, Γερμανία	1999	225.000	140	622
Niklasdorf, Αυστρία	2003	100.000	55	550
Freiburg, Γερμανία	2005	150.000	77	513
Zorbau, Γερμανία	2005	300.000	100	333
Antwerpen, Βέλγιο	2005	400.000	180	450

Ringaskiddy, Ιρλανδία	2007	100.000	75	750
Garranstown, Ιρλανδία	2007	150.000	85	567
Halle, Γερμανία	2007	80.000	47	588
Amsterdam, Ολλανδία	2006	500.000	340	680
Posieux, Ελβετία	2006	45.000	20	444
Roosendaal, Ολλανδία	2007	180.000	90	500
Urvier, Ελβετία	2007	60.000	30	500
Barzenheit, Ελβετία	2008	40.000	30	750

(Πηγή : 47)

Πίνακας 6.9-5: Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη.

Παράμετρος κόστους	Ανεξάρτητη της δυναμικότητας της μονάδας	Εξαρτημένη από τη δυναμικότητα της μονάδας
Αξία γης και προετοιμασία	Περίπου 3%	
Έργα ΠΜ (κτίρια, θέρμανση, αερισμός, υγιεινή, παρασφάλεια)	Περίπου 19%	
Έργα διεργασιών (αποτεφρωτής και παραγωγή ατμού)		Περίπου 38%
Καθαρισμός αερίων και συγκέντρωση υγρών αποβλήτων		Περίπου 18%
Εξοπλισμός ελέγχου και παρακολούθησης της λειτουργίας		Περίπου 13%
Εξοπλισμός ενέργειας (τουρμπίνες, εναλλάκτες)		Περίπου 3%
Επεξεργασία υπολειμμάτων		Περίπου 1%
Παρακολούθηση έργου (project management) Συμπεριλαμβανομένων πιστοποιητικών συμμόρφωσης, επιθεωρήσεων, τεχνικών ελέγχων και απόδοσης	Περίπου 3,5%	
Αρχική λειτουργία και εκπαίδευση προσωπικού	Περίπου 0,5%	
Άλλα	Περίπου 3%	
Σύνολο	Περίπου 27%	Περίπου 73%

(Πηγή : 47)

Πίνακας 6.9-6 Ποσότητες & Στοιχεία Κόστους Αποτέφρωσης για το 2005 από Εγκατεστημένες μονάδες αποτέφρωσης με παραγωγή ενέργειας από ΑΣΑ στην Ευρώπη σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις κρατών.

Κράτος-Μέλος	Αριθμός αποτεφρωτών	Ποσότητα αποτεφρ. ΑΣΑ (επί συνόλου) (Gton/yr)	Παραχθείσα ενέργεια (ηλεκ/θερμ σε GWh)	Τιμή αποτέφρωσης (€/tn)	Μέσο κόστος επένδυσης (€/tnδυναμικότητας)
Αυστρία	8	1,46 (3,14)	189/2094	120-150	500-800
Βέλγιο	1	0,9 (1,76 (22,7)3,38)	320/1800	17-58	500
Γερμανία	67	16,5 (20,5)	6800/16370	90-340	ΜΔ
Δανία	30	ΝΑ (3,4)	1447/6582	13-29	ΜΔ
Ισπανία	1	1,76 (22,7)	982/640	30-90	400
Ιταλία	47	3,1 (31,1)	2356/575	80-110	ΜΔ
Ολλανδία	11	5,4 (10,2)	2495/2646	75-135	ΜΔ
Ουγγαρία	1	0,3 (4,7)	120/133	38	ΜΔ
Πορτογαλία	3	1,1 (4,55)	593/ΝΑ	21-87	330-660
Σουηδία	29	3,2 (4,2)	739/855	30-60	ΜΔ
Τσεχία	3	0,4 (4,4)	17/34	30-80	400-790
Ιρλανδία	-	ΝΑ (3,0)	0/0	ΝΑ	ΜΔ

*ΜΔ: Μη Διαθέσιμα

(Πηγή : 54)

6.9.4.3 Μονάδα καύσης ΑΣΑ στο Δήμο Δεσκάτης, Ν. Γρεβενών στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας

Σύμφωνα με στοιχεία που έχουν παρατεθεί σε προηγούμενες παραγράφους, σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους των ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία, έχει προκύψει ότι ως προς την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η τεχνολογία που αποδίδει περισσότερο είναι αυτή της καύσης των ΑΣΑ, με παραγόμενη ενέργεια που φτάνει τα 6,1 MW

Από την άλλη πλευρά, σε ότι αφορά στην οικονομική διάσταση μιας μονάδας επεξεργασίας ΑΣΑ, το επενδυτικό κόστος φτάνει 36 εκατ. €, ενώ το λειτουργικό κόστος μιας τέτοιας μονάδας φτάνει 23 €/τόνο απορριμμάτων, για την περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.

Με τον όρο λειτουργικά έξοδα εννοούμε το σύνολο των ετήσιων εξόδων (π.χ. προσωπικό, συντήρηση μηχανών και λοιπά) που απαιτούνται για τη λειτουργία της μονάδας. Τα έξοδα αυτά προκύπτουν, έχοντας αρχικά συμπεριλάβει / συνυπολογίσει τα έσοδα που θα προκύψουν από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας για κάθε τεχνολογία. Είναι δηλαδή τα καθαρά □ τελικά έξοδα λειτουργίας κάθε τεχνολογίας [34].

Ωστόσο, στα λειτουργικά έξοδα δεν συμπεριλαμβάνονται τα κόστη αποσβέσεων και δανείων που θα απαιτηθούν, σε περίπτωση που το κόστος επένδυσης δεν καλυφθεί από δαπάνες και προγράμματα του Δημοσίου και την Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ως εκ τούτου και για την περίπτωση που η επένδυση γίνει με ιδιωτικά κεφάλαια, τότε στο ετήσιο κόστος λειτουργίας θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος αποσβέσεων & δανείων, που σχεδόν θα το τριπλασιάσει.

6.10 Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων σύγκρισης

Στον ακόλουθο Πίνακα 6.10-1 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στις παραγράφους που προηγήθηκαν.

Πίνακας 6.10-1 Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων σύγκρισης των μεθόδων της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων και της εναπόθεσης τους σε ΧΥΤΑ.

	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ	ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΥΤΑ	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Εκπομπές αέριων ρύπων		√	Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ υστερούν έναντι της ταφής σε ΧΥΤΑ, καθώς εκπέμπουν επικίνδυνους αέριους ρυπαντές (όπως διοξίνες, φουράνια και υδράργυρο) σε μεγαλύτερες ποσότητες από τους ΧΥΤΑ, όπου οι εκπεμπόμενες ποσότητες είναι σχετικά αμελητέες (εκτός από τις εκπομπές υδραργύρου).	
Παραγωγή βιοαερίου και φαινόμενο του θερμοκηπίου	√		Στο ΧΥΤΑ Κεντρικής Μακεδονίας καταλήγουν περί τους 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, υπολογίζεται πως παράγονται περί τους 3.300 έως 27.500 τόνοι CH ₄ και 145.200 έως 165.000 τόνοι CO ₂ . Στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ αντικατασταθεί με ΕΑΑ στην εξεταζόμενη περιοχή αναμένεται μείωση των εκπομπών κατά 110.000 τόνους CO ₂ και κατά 1.980 έως 16.500 τόνους CH ₄ .	Όσον αφορά στην παραγωγή CH ₄ σε ΧΥΤΑ για την Ελλάδα οι εκτιμώμενες ποσότητες κυμαίνονται μεταξύ 30 – 250 ton /ton απορριμμάτων. Αντίστοιχα, οι παραγόμενες ποσότητες CO ₂ ανέρχονται σε 1,32-1,5 ton/ton απορριμμάτων. Συνεπώς, τηρουμένων των αναλογιών και λαμβάνοντας υπόψη πως στο Χυτά Κεντρικής Μακεδονίας καταλήγουν περί τους 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, υπολογίζεται προσεγγιστικά πως παράγονται περί τους 3.300 έως 27.500 τόνοι CH ₄ και 145.200 έως 165.000 τόνοι CO ₂ . Η ΕΑΑ μειώνει τις εκπομπές αέριων του θερμοκηπίου κατά 1 τόνο CO ₂ ανά τόνο ΑΣΑ που αποτεφρώνεται αντί να διατίθεται σε ΧΥΤΑ, γεγονός που θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών κατά 110.000 τόνους CO ₂ στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ (όπου καταλήγουν περίπου 110.000 τόνοι ΑΣΑ) αντικατασταθεί με μονάδα ΕΑΑ στην

			εξεταζόμενη περιοχή
Παραγωγή ενέργειας	√		Στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ αντικατασταθεί με μονάδα θερμικής επεξεργασίας στην εξεταζόμενη περιοχή αναμένεται η παραγωγή ενέργειας περίπου 629.295.530 kcal για το σύνολο των ΑΣΑ της περιφέρειας
Δημιουργία οσμών	√		Δυσάρεστες οσμές καταγράφονται και στην περίπτωση των μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, εντούτοις αυτά είναι αξιοσημείωτα μικρότερης έντασης και έκτασης από εκείνες σε ΧΥΤΑ.
Εκπομπές σκόνης	√		Το πρόβλημα της σκόνης υφίσταται στους ΧΥΤΑ κυρίως κατά τους θερινούς και ξηρούς μήνες και προέρχεται από: Τα κινούμενα οχήματα εντός του ΧΥΤΑ, κυρίως στο εσωτερικό δρομολόγιο. Το δανειοθάλαμο χωματισμών και τη μεταφορά υλικού επικάλυψης.
Ατυχήματα-Πορκαγιές	√		Ενδεχόμενη αυτανάφλεξη απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ
Παραγωγή στραγγισμάτων	√		Η λειτουργία μιας μονάδας καύσης συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο βαθμό (σαφώς όμως μικρότερο σε σχέση με τη λειτουργία ενός ΧΥΤΑ, καθώς η ποσότητα των απορριμμάτων που τελικά εναποτίθενται είναι σαφώς μικρότερη) με την παραγωγή στραγγισμάτων.

			Στην εξεταζόμενη περιοχή εντοπίζονται τόσο εκτεταμένα έργα οδοποιίας, όσο και μονάδες παρασκευής τσιμέντου και υλικών κατασκευών, όπου μπορούν να αξιοποιηθούν τα υπολείμματα της θερμικής επεξεργασίας, γεγονός που αναμένεται να ελαχιστοποιήσει τις όποιες δυνητικές επιπτώσεις μίας μονάδας θερμικής αξιοποίησης στην περιοχή μελέτης.	
Επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής	√		Επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα καταγράφονται κατά κύριο λόγο στην περίπτωση της ταφής των απορριμμάτων, καθώς η εν λόγω μέθοδος αφενός καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από τις μονάδες καύσης ΑΣΑ (40-50 στρέμματα η έκταση που καταλαμβάνει μία μονάδα καύσης και 327 στρέμματα η έκταση που καταλαμβάνει ο ΧΥΤΑ Κεντρικής Μακεδονίας) αφετέρου η λειτουργία της συνοδεύεται από εντονότερα για την πανίδα και τη χλωρίδα φαινόμενα (όπως οι εντονότερες οσμές, σκόνη στραγγίσματα κτλ). Ένα υπαρκτό πρόβλημα σε ένα ΧΥΤΑ, είναι η ύπαρξη παρασιτικών ζώων, αρουραίων, εντόμων, πτηνών, κλπ.	
Εξοικονόμηση γης	√		Στην προκειμένη περίπτωση ο ΧΥΤΑ Κοζάνης δέχεται περί τούς 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, οι οποίοι στην περίπτωση λειτουργίας μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων θα περιορίζονταν σημαντικά. Στα πλαίσια της εξεταζόμενης περίπτωσης εκτιμάται πως η έκταση που θα καταλάβει μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας ανέρχεται σε 40-50 στρέμματα. Αντίστοιχα η έκταση που θα απαιτούνταν για την ταφή αυτών των απορριμμάτων ανέρχεται σε 327 στρέμματα.	Μετά από την επεξεργασία σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, καταγράφεται μείωση του βάρους των στερεών απορριμμάτων κατά 70-80% και κατά 90% του όγκου. Συνεπώς, οι περίπου 110.000 τόνοι απορριμμάτων που δέχεται ο ΧΥΤΑ Κοζάνης ετησίως, θα περιορίζονταν σε 22.000-33.000 τόνους (70-80% των 110.000 τόνων) ετησίως στην περίπτωση λειτουργία μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων
Επιπτώσεις στην φυσιολογία της περιοχής	√			
Ανακύκλωση	√			
Στοιχεία κόστους		√?	Η τεχνολογία που αποδίδει περισσότερο είναι	

κατασκευής και λειτουργίας			<p>αυτή της καύσης των ΑΣΑ, με παραγόμενη ενέργεια που φτάνει τα 6,1 MW. Το επενδυτικό κόστος φτάνει 36 εκατ. €, ενώ το λειτουργικό κόστος μιας τέτοιας μονάδας φτάνει 23 €/τόνο απορριμμάτων, για την περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.</p> <p>Το επενδυτικό κόστος για το ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας ανήλθε σε 19,5 εκατ. €, (2,5 εκατ. € για τις υποδομές μεταφόρτωσης, 5 εκατ. € για την κατασκευή του ΧΥΤΑ και 12 εκατ. € για προμήθειες εξοπλισμού).</p> <p>Ωστόσο, ο σημερινός μη αντιπροσωπευτικός προσδιορισμός του κόστους ταφής οδηγεί σε αδικαιολόγητα χαμηλά τέλη ταφής, με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό φραγμό στις προσπάθειες προώθησης σχεδίων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, εφόσον η πλασματική σύγκριση του τέλους επεξεργασίας με τα τέλη ταφής που σήμερα χρεώνονται προκαλεί συχνά δέος.</p>	
-----------------------------------	--	--	--	--

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων από τις μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων, κρίνεται αναγκαία η εξαγωγή συμπερασμάτων, σχετικά με τα αποτελέσματα αλλά και τις δυνατότητες της συγκεκριμένης μελέτης.

Σχολιάζοντας αρχικά το θέμα των διαθέσιμων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, προκύπτει πως η καταλληλότερη για την εξεταζόμενη περίπτωση είναι εκείνη της αποτέφρωσης των απορριμμάτων, καθώς παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της δραστηκής μείωσης του όγκου των απορριμμάτων, είναι μια τεχνολογία σχετικά απλή, με πολλές εμπορικές εφαρμογές και υπερτερεί όσον αφορά στο μερίδιο της αγοράς και στην εμπειρία από την εφαρμογή τεχνολογιών σε άλλες χώρες. Για λόγους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς, και λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής, όσο και το επίπεδο τεχνογνωσίας και ανάπτυξης της χώρας, επιλέχθηκε ως καταλληλότερη η μέθοδος της καύσης για να εφαρμοστεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, έναντι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, οι οποίες είναι ακόμη νέες στο χώρο επεξεργασίας ΑΣΑ και όχι ιδιαίτερα δοκιμασμένες.

Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται να δημιουργούν αρκετά σημαντικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία περιέχονται στα απαέρια, που παράγουν. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επιβλαβείς», τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση. Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ υστερούν έναντι της ταφής σε ΧΥΤΑ, καθώς εκπέμπουν επικίνδυνους αέριους ρυπαντές (όπως διοξίνες, φουράνια και υδράργυρο) σε μεγαλύτερες ποσότητες από τους ΧΥΤΑ. Εντούτοις τόσο εξαιτίας των νέων δεδομένων, όσο και της δυναμικής που εμφανίζουν οι συγκεκριμένες μέθοδοι σε επίπεδο έρευνας αλλά και εφαρμογής, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας γίνονται ολοένα λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, προστατεύοντας τη δημόσια υγεία.

Διαπιστώνεται ακόμη ότι οι εγκαταστάσεις ΕΑΑ μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές ΑΘ σε σύγκριση με τους ΧΥΤΑ, έχουν αρκετά χαμηλότερες εκπομπές έναντι των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (εκτός από το φυσικό αέριο), ενώ συγχρόνως μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, 80% των καυσίμων οργανικών που περιλαμβάνεται στα ΑΣΑ μπορεί να θεωρηθεί ως ανανεώσιμο καύσιμο. Λαμβάνοντας υπόψη την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται και τις εκπομπές μεθανίου που αποφεύγονται η ΕΑΑ θα οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών κατά 110.000

τόνους CO₂ στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ αντικατασταθεί με μονάδα θερμικής επεξεργασίας στην εξεταζόμενη περιοχή.

Επιπρόσθετα η μέθοδος της ταφής των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ εμφανίζεται να υστερεί περιβαλλοντικά, βάσει των επιπτώσεων της στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον μέσω εκπομπής δυσάρεστων οσμών, διάχυση σκόνης, μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης ατυχημάτων, επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα και την παρουσία παρασιτικών ζώων, συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες επιπτώσεις των μονάδων καύσης ΑΣΑ.

Όσον αφορά στην ποσότητα των απορριμμάτων που θα ταφούν, μετά από την επεξεργασία σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, καταγράφεται μείωση του βάρους των στερεών απορριμμάτων κατά 70-80% και κατά 90% του όγκου. Στην προκειμένη περίπτωση ο ΧΥΤΑ Κοζάνης δέχεται περί τους 110.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, οι οποίοι στην περίπτωση λειτουργία μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων θα περιορίζονταν σε 22.000 - 33.000 τόνους ετησίως.

Η λειτουργία μιας μονάδας καύσης συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο βαθμό (σαφώς όμως μικρότερο σε σχέση με τη λειτουργία ενός ΧΥΤΑ, καθώς η ποσότητα των απορριμμάτων που τελικά εναποτίθενται είναι σαφώς μικρότερη) και από μια γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, του υπεδάφους και των υδατικών πόρων μέσω στραγγισμάτων. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας μονάδας καύσης θεωρούνται σημαντικά μικρότερες στο έδαφος και τα νερά, γεγονός που προσδίδει στην εν λόγω μέθοδο ένα συγκριτικό πλεονέκτημα απέναντι σε έναν ΧΥΤΑ.

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος που παρατηρείται είναι ότι οι κοινότητες με μονάδες ΕΑΑ εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης, κάτι που αντικρούει ένα ακόμη συνηθισμένο επιχειρήμα κατά των ΕΑΑ, δηλαδή ότι η κατασκευή νέων μονάδων ΕΑΑ θα οδηγήσει σε χαμηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης.

Οι μέθοδοι της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αδιαμφισβήτητα παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος εφαρμογής, το οποίο αναλύεται τόσο στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης της αντίστοιχης μονάδας, όσο και στο κόστος λειτουργίας δευτερευόντων μονάδων.

Ωστόσο, η σύγκριση γίνεται με το κόστος που υπολογίζεται για τους ΧΥΤΑ δεν είναι ρεαλιστική, καθώς, έχει υπολογιστεί ότι το πραγματικό οικονομικό κόστος της ταφής είναι τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό που υπολογίζουν οι φορείς διαχείρισης. Ο σημερινός μη αντιπροσωπευτικός προσδιορισμός του κόστους ταφής οδηγεί σε αδικαιολόγητα χαμηλά τέλη ταφής, με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό φραγμό στις προσπάθειες προώθησης σχεδίων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές κοστολογίου μεταξύ ταφής και επεξεργασίας είναι μικρότερες από τις αρχικά εκτιμώμενες, παραμένοντας βέβαια σημαντικές. Στην περίπτωση της περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, το επενδυτικό κόστος για μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ φτάνει 36 εκατ. €, ενώ το λειτουργικό κόστος μιας τέτοιας μονάδας φτάνει 23 €/τόνο απορριμμάτων.

Με δεδομένο ότι η Ελλάδα εξαρτάται σημαντικά από τους ΧΥΤΑ, τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία, αποσκοπούν στο να διερευνήσουν τις δυνατότητες εκμετάλλευσης των ΑΣΑ και να εκθέσουν τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη από τη θερμική αξιοποίηση τους για τη χώρα μας, στην οποία ακόμη (2010) δεν υπάρχει ούτε μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Στη βάση της παραπάνω ανάλυσης συμπεραίνεται ότι η καύση των ΑΣΑ στην Ελλάδα έχει το αδιαμφισβήτητο δυναμικό να παίζει σημαντικό ρόλο στην εξισορρόπηση και τον ορθολογισμό του συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης των ΑΣΑ της, με σαφή προτεραιότητα στη μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση ΑΣΑ, ιδιαίτερα με δεδομένες τις σημαντικές παρατηρούμενες καθυστερήσεις στις υλοποιήσεις των περισσότερων περιφερειακών σχεδιασμών.

Με βάση τα παραπάνω και καθώς διεθνώς διερευνάται όλο και περισσότερο το θέμα της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναδεικνύεται η δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, και πιο συγκεκριμένα στο Δήμο Δεσκάτης του Νομού Γρεβενών, ως βιώσιμη λύση για την επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων. Η παρούσα εργασία ανέδειξε τα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη από την κατασκευή και λειτουργία μίας μονάδας αποτέφρωσης απορριμμάτων στην εξεταζόμενη περιοχή, χρησιμοποιώντας δεδομένα από την διεθνή βιβλιογραφία και εξετάζοντας τα υπό το πρίσμα των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Ουσιαστικά, το παρών κείμενο αποτελεί μία πρώτη προσέγγιση σε αυτήν την προοπτική, δίνοντας το έναυσμα για περεταίρω διερεύνηση του σεναρίου αυτού με διεξοδικότερη διερεύνηση των επιμέρους παραμέτρων.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Ανώνυμος, *‘Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Αττικής, Α’ Φάση. Έγκριση Περιφερειακού Συμβουλίου Αττικής’* Α.Π. 48445/28-9-2001, 2001.
2. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Γεωλογίας Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, *‘Ηλεκτρονικό Μάθημα: Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος’*, Διδασκαλία-Επιμέλεια: Βουδούρης Κ. 1/9/2010, www.geo.auth.gr/887.
3. Βουδριάς Ε.Α., *‘Τεχνολογία και Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων’*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, Ξάνθη (2000).
4. Βουδριάς Ε.Α., *‘Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων’*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, Ξάνθη (2001).
5. Γεωργιτσογιάννη Ε., Αμπελιώτης Κ., *‘Περιβαλλοντικοί Παράγοντες και Ποιότητα Ζωής’* ΕΚΔΟΣΕΙΣ Σταμούλη, 2006.
6. Γιδαράκος Ε., *“Επικίνδυνα Απόβλητα: Διαχείριση-Επεξεργασία-Διάθεση”*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ζυγός, 2006.
7. Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτης Μ., *“Τεχνολογίες Αποκατάστασης Εδαφών και Υπογείων Υδάτων από Επικίνδονους Ρύπους”*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ζυγός, 2005.
8. Γρηγοροπούλου Ε. και Κατσίρη Α., *‘Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Σημειώσεις Διατμηματικού Μαθήματος “Περιβάλλον και Ανάπτυξη”*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2006.
9. ΔΙΑΔΥΜΑ ΑΕ, στοιχεία που παραχωρήθηκαν μετά από προσωπική επικοινωνία (9/2010).
10. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Μετεωρολογικός Σταθμός Κοζάνης (1955-1997).

11. Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, *‘Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Νομοθεσία και πολιτική, έννοιες που δεν ταυτίζονται πάντοτε’*, Αθήνα, 2008.
12. ΕΟΠ (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος). *‘Σήματα ΕΟΠ (2004), Ενημέρωση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σχετικά με επιλεγμένα θέματα’*, Λουξεμβούργο 2004.
13. ΕΠΕΜ Α.Ε., *‘Μελέτη Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων’*, Αθήνα 2005.
14. ΕΠΕΜ, *‘Μελέτες Προετοιμασίας Μονάδας Επεξεργασίας Απορριμμάτων Ν. Αχαΐας’*, Τεχνική Έκθεση, 2004.
15. Η.Π. 50910/2727/2003, *‘Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός διαχείρισης’*. ΦΕΚ 1909/Β/22.12.2003.
16. Θέμελης Ν. Ι., Κορωναίος Χ. Ι, *‘Σύγκριση της Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων για Παραγωγή Ενέργειας και της Υγειονομικής Ταφής’*, Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, IV, τεύχ. 1-2 2004.
17. Καλλέργης, Γ. Α., *‘Εφαρμοσμένη - περιβαλλοντική υδρογεωλογία Περιβαλλοντική υδρογεωλογία’*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, 2000.
18. Καραγιαννίδης Α., Καλογήρου Ε., Ψωμόπουλος Ε., Θέμελης Ν., *‘Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων στις ΗΠΑ – Ανασκόπηση της Παρούσας Κατάστασης’*, Τεχνικά Χρονικά, Μάρτιος-Απρίλιος 2010.
19. Κόλλιας Π., *‘Απορρίμματα Αστικά & Βιομηχανικά: Συλλογή - Μεταφορά -Ανακύκλωση - Υγειονομική Ταφή - Λιπασματοποίηση – Καύση’*, 1993.
20. Λαζαρίδη Κ., Κανακόπουλος Δ., Κομίλης Δ., Κουλουμπής Π., Λώλος Γ., Σκουλάξινου Σ., Φιλιπούσης Α., *“Τεχνολογίες Βιοεπεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων”*, ΜΟΕ Οργανικών, ΕΕΔΣΑ, 2003.

21. Λαζαρίδη Κ., Κουλουμπής Π., Σκουλάξινου Σ., Κανακόπουλος Δ., Λώλος Γ., *“Προδιαγραφές ποιότητας και διάθεσης κομπόστ: η ελληνική και διεθνής εμπειρία”*, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Εταιρίας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων *“Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων”*, 2002.
22. Λάλας Δ. Γεωργοπούλου Ε. Γιδαράκος Ε. Γκέκας Ρ. Λαζαρίδη Α. Μαυρόπουλος Α. Μοιρασγεντής Σ. Σελλάς Ν., *“Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων”*, Αθήνα 2007.
23. Μαυρόπουλος Α., *‘Επεξεργασία αποβλήτων: από την ιδέα στην υλοποίηση’*, ΟΙΚΟΠΟΛΙΣ Τεύχος 1, Σεπτέμβριος 2003.
24. Μαυρόπουλος Α., Στοϊλόπουλος Β., Κολοκοτρώνη Κ., Φαγογένη Ε, *‘Οι ΧΥΤΑ στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και εμπειρίες’*, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, *«Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»*, Αθήνα, 28/2-1/3/2002.
25. Παναγιωτακόπουλος Δ., *‘Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων’*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ζυγός, 2002.
26. Παπαχρήστου Ε. κ.ά., *‘Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αστικών απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, «Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων»’*, Αθήνα, 28/2-1/3/2002.
27. Παρισάκης Γ., Σκορδίλης Α., Ανδριανόπουλος Α., Λώλος Θ., Ανδριανόπουλος Ξ., Τσομπανίδης Χ., Λώλος Γ., *‘Ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των οικιακών αποβλήτων της νήσου Κω’*. Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Αναλυτικής και Ανόργανης Χημείας, 1991.
28. Πατιός Κ., Τσαμπούρης Κ., *“Παρουσίαση και Αξιολόγηση Τεχνολογιών Επεξεργασίας & Ενεργειακής Αξιοποίησης Αστικών Στερεών Αποβλήτων”*, Διπλωματική Εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, 2009.

29. Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Δυτικής Μακεδονίας, “**Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΠΕΠ Δυτικής Μακεδονίας (ΣΜΠΕ-ΔΚ) 2007-2013**”, 2006.
30. Πρακτικά Ημερίδας της Ελληνικής Εταιρίας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων με θέμα ‘**Μηχανική-Βιολογική Επεξεργασία και Διαχείριση βιοαποικοδομήσιμων**’, Αθήνα, 2007.
31. Σκορδύλης Α., “**Η Θερμική Επεξεργασία Απορριμμάτων και RDF**”, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Κόσμος ΕΠΕ, 1997.
32. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, ‘**Αξιοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων από την ενεργειακή σκοπιά και οι προοπτικές εφαρμογής στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας**’, Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2010.
33. Τσιλέμου Κ., Παναγιωτακόπουλος Δ., ‘**Σχεδιασμός και Βελτιστοποίηση Συστημάτων Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων. Εγχειρίδιο για την πρόγνωση των αστικών αποβλήτων και την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των συστημάτων διαχείρισής των**’. LCA-IWM & Εργαστήριο Οργάνωσης και Προγραμματισμού Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη, 2005.
34. Τσομπάνογλου Σ., “**Παρουσίαση και Αξιολόγηση Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας & Ενεργειακής Αξιοποίησης Αστικών Στερεών Αποβλήτων**”, Πτυχιακή Εργασία, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Γεωτεχνολογίας & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κοζάνης, 2009.
35. ΥΠΕΧΩΔΕ, ‘**Ολοκληρωμένη Διαχείριση Απορριμμάτων**’, Ενημερωτικό Έντυπο, 2003.
36. Φάττα Δ., ‘**Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων. Σημειώσεις Μαθήματος Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος**’, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου, 2007.
37. Ψωμάς Σ., ‘**Καύση Αποβλήτων: Ακριβή - Αναποτελεσματική – Επικίνδυνη**’. Έκθεση του Ελληνικού Γραφείου της Greenpeace, 2005.

Διεθνής Βιβλιογραφία

38. Alibardi L. and Cossu R., '*Energy from Wastes and Biomasses: Opportunities and State of the Art*'. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
39. Bilitewski B. and Hoffmann G., "*Thermal waste treatment*", seminar, 2007.
40. Bilitewski B., '*Pyrolysis, Gasification and Plasma Technologies*'. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
41. Bilitewski B., "*Thermal Treatment and Energetic Utilization of Solid Waste, Current Status and Perspectives*", Thessaloniki, 2008.
42. Bolton N., '*The Handbook of Landfill Operations*', published by Blue Ridge Services, 1995.
43. Chiumenti A., Chiumenti R., Diaz L., Savane G., Eggerth L., Goldstein N., "*Modern Composting Technologies*", The JG Press, USA, 2005.
44. Cossu, R., Lavagnolo, M.C., Raga, R., Role of landfilling in the modern strategies for solid waste management. Proceedings of WasteCon 2000, Somerset West, S. Africa, Vol 1, 1-17, Inst. Waste Management, 2000.
45. EC, '*Waste generated and treated in Europe, Data 1995-2003. European Commission*'. Eurostat, Theme Environment and Energy, Luxembourg, 2005.
46. Economopoulos A.P., "*A Critical Review of the Regional MSW Management Plans in Greece*" Proceedings International Conference Protection and Restoration of the Environment VIII, Chania, 2006.

47. Ecoprog & Fraunhofer UMISICHT, “**The European Market for Waste Incineration Plants: Market Volume – Manufacturers – Strategies - Trends**”, 2006.
48. EEA (2006), European Topic Centre on Resource and Waste Management. Ημερομηνία πρόσβασης [25-6-2006], www.waste.eionet.europa.eu/wastebase/quantities.
49. Environment Agency, “*Processes and plant for waste composting and other aerobic treatment*”, R&D Technical Report P1-311/TR, David Border Composting Consultancy, Bristol, ISBN: 184432124X, 2002.
50. Environment Agency, “*Waste pre-treatment: a review*”, R&D Technical Report P1-344/TR, AEA Technology Environment, Bristol, ISBN: 1 857 05842 9, 2002.
51. European Commission, “*Best Available Techniques for Waste Incineration*” Reference Document, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, Seville, 2005.
52. Gidarakos E., Havas G., Ntzamilis P., ‘*Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete, Waste Management*’, 26: 668-679, 2006.
53. Golder EEIG, Tebodin, IC consulenten ZT GesmbH and EPEM SA, ‘*Study on the implementation of Directive 1999/31EC on the landfill of waste*’, ENV.A.2/ETU/2004/0016, OJR: S 38-032842, 2005.
54. Hogg D., “*Costs for Municipal Waste Management in the EU*”, Final Report to Directorate General Environment, European Commission, 2002.
55. Kalogirou E., “*Waste to Energy*”, WTERT 2008 Bi-Annual Meeting at Columbia University, NY, 2008.
56. Kiser J.V.L., ‘*Recycling and Waste – to – Energy The ongoing compatibility success story*’, MSW Management Journal, May/June 2003.

57. Koufodimos G., Samaras Z., *'Waste management options in Southern Europe using field and experimental data. Waste Management'*, 22: 47-59, 2002.
58. Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., Kyriacou A., *"Quality assessment of composts in the Greek market: the need for standards and quality assurance"*, Journal of Environmental Management, 2006.
59. Last S., *"Joining forces: combining composting and anaerobic digestion into a single plant"*, CIWM, 2006.
60. Martinotti L. and Foa V., *'Potential Effects of Emissions from Thermal Treatment Plants'*. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
61. O'Brien J. K., *'Comparison of Air Emissions from Waste-to-Energy Facilities to Fossil Fuel Power Plants'*, SWANA Applied Research Foundation Technical Report, 2006.
62. Oak Ridge National Laboratory, *'Carbon Dioxide Information Analysis Center, 2007; Statistical Review of World Energy'*, London, 2007).
63. Prefer, J.T., *"Solid Waste Management Engineering"*, Prentice Hall, N.J., 1992.
64. Scottish Environmental Protection Agency. *'Guidelines for Thermal Treatment of Municipal Waste'*, 2004 [www.sepa.org.uk].
65. Slater B., *"Briefing Pyrolysis, gasification and plasma"*, Friends of the Earth, 2008.
66. Stengler E., *'Developments and Perspectives for Energy Recovery from Waste in Europe'*. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (rWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
67. Swedish Trade Council, *'Renewable Energy in the U.S. – Waste to Energy, U.S.A'*, January 2008.

68. Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S., *'Integrated Solid Waste Management'*, McGraw-Hill, N. York, 1993.
69. Themelis N.J. and Gregory A., *Mercury Emissions from High Temperature Sources in the NY/NJ Hudson Raritan Basin*, Proceeding of NAWTEC 11, American Society of Mechanical Engineers pp.205-215, 2002.
70. Themelis N.J., *'An overview of the global waste-to-energy industry, Waste Management World'*, pp.40-47, July-August 2003.
71. Themelis N.J., *'Thermal Treatment Review, Waste Management World'*, pp.37-45, July-August 2007.
72. Toxics Release Inventory: **"Quantified U.S. Dioxin Sources Over Time"**
http://trifacts.org/quantified_sounes/quantified_sources.php.
73. Vehlow J., *'State of the Art of incineration Technologies'*. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (rWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
74. Warmer Bulletin , Information Sheet, *"Anaerobic Digestion"*, November 1998.
75. Wheeler, P., *"Commercial and Strategic Perspectives for Anaerobic Digestion"*, The 2000/2001 Yearbook, pp. 76-84.

Λιαδίκτυο

76. aix.meng.auth.gr/lhtee/index.html
77. dei.gr
78. earthobservatory.nasa.gov

79. oikoskopio.gr

80. www.bsu.hr

81. www.cewep.eu

82. www.diadyrna.gr

83. www.earth-policy.org

84. www.eedsa.gr

85. www.eia.doe.gov

86. www.elinyae.gr (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας)

87. www.europa.eu.int

88. www.greenpeace.org/international

89. www.grevena.gr

90. www.ipcc.ch

91. www.minenv.gr

92. www.rae.gr

93. www.statistics.gr

94. www.tee.gr

95. www.wasteresearch.co.uk: Waste Research Station

96. www.watermicro.gr - Εταιρεία Μελέτης Μικροβιολογικής Ποιότητας Νερών

97. www.ypeka.gr/