

# Σχέδιο Τελικής Έκθεσης

Προς το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης

για τη μελέτη

**Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους  
Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων**



Δ. Λάλας  
Ε. Γεωργοπούλου  
Ε. Γιδαράκος  
Ρ. Γκέκας  
Α. Λαζαρίδη  
Α. Μαυρόπουλος  
Σ. Μοιρασγεντής  
Ν. Σελλάς

Αθήνα  
Απρίλιος 2007

*Ευχαριστίες στον κ. Νίκο Γάκη για την επεξεργασία των εκτιμήσεων των μοντέλων διασποράς ατμοσφαιρικής ρύπανσης.*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1</b>	<b>ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....</b>	<b>4</b>
1.1	ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ .....	4
1.1.1	<i>Η θεματική στρατηγική για τα στερεά απόβλητα.....</i>	<i>4</i>
1.1.2	<i>Εμπειρίες σχετικά με την ανακύκλωση των συσκευασιών.....</i>	<i>8</i>
1.1.3	<i>Βασικές δράσεις για την επόμενη τριετία.....</i>	<i>11</i>
1.2	ΑΠΟ ΧΥΤΑ ΣΕ ΧΥΤ .....	12
1.2.1	<i>Εισαγωγή.....</i>	<i>12</i>
1.2.2	<i>ΧΥΤ Αποβλήτων τα οποία έχουν υποβληθεί σε Μηχανική – Βιολογική επεξεργασία .....</i>	<i>15</i>
1.2.3	<i>ΧΥΤ Αποβλήτων τα οποία έχουν υποβληθεί σε Θερμική επεξεργασία.....</i>	<i>16</i>
1.3	ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	17
1.3.1	<i>Εισαγωγή.....</i>	<i>17</i>
1.3.2	<i>Σύντομη παρουσίαση εργαλείων.....</i>	<i>17</i>
1.3.3	<i>Τα εργαλεία συστημάτων ανάλυσης.....</i>	<i>21</i>
1.4	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	22
1.4.1	<i>Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων .....</i>	<i>22</i>
1.4.2	<i>Κενά - προβλήματα του θεσμικού πλαισίου .....</i>	<i>28</i>
<b>2</b>	<b>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ .....</b>	<b>33</b>
2.1	Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	33
2.1.1	<i>Παραγωγή στερεών αποβλήτων.....</i>	<i>33</i>
2.1.2	<i>Σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων.....</i>	<i>35</i>
2.1.3	<i>Εφαρμοζόμενες πρακτικές διαχείρισης.....</i>	<i>40</i>
2.1.4	<i>Εμπειρίες από τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων.....</i>	<i>44</i>
2.2	Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ.....	48
<b>3</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....</b>	<b>57</b>
3.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	57
3.1.1	<i>Προεπεξεργασία Αστικών Στερεών Αποβλήτων.....</i>	<i>59</i>
3.1.2	<i>Κομποστοποίηση .....</i>	<i>59</i>
3.1.3	<i>Αναερόβια χώνευση.....</i>	<i>82</i>
3.2	ΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΜΒΕ) .....	99
3.2.1	<i>Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή λειτουργίας .....</i>	<i>99</i>
3.2.2	<i>Συστήματα και τεχνολογίες ΜΒΕ.....</i>	<i>100</i>
3.2.3	<i>Υπάρχουσα εμπειρία – εγκαταστάσεις εν λειτουργία.....</i>	<i>103</i>
3.2.4	<i>Περιβαλλοντικά θέματα.....</i>	<i>104</i>
3.2.5	<i>Κόστη κατασκευής και λειτουργίας.....</i>	<i>106</i>
3.2.6	<i>Συνεισφορά στους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους της πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ.....</i>	<i>108</i>
3.3	ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	110
3.4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	114
3.4.1	<i>Στόχοι θερμικής επεξεργασίας.....</i>	<i>114</i>
3.4.2	<i>Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή .....</i>	<i>115</i>
3.4.3	<i>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....</i>	<i>125</i>
3.4.4	<i>Κόστος εφαρμογής.....</i>	<i>129</i>
3.4.5	<i>Σύγκριση διαθέσιμων μεθόδων .....</i>	<i>132</i>
3.4.6	<i>Κριτήρια αξιολόγησης - καταλληλότητας.....</i>	<i>134</i>
3.4.7	<i>Υπάρχουσα εμπειρία.....</i>	<i>137</i>
3.4.8	<i>Συνεισφορά σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ .....</i>	<i>144</i>
3.5	ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ .....	147
3.5.1	<i>Εισαγωγή.....</i>	<i>147</i>
3.5.2	<i>Δυνατότητες διάθεσης προϊόντων ΜΒΤ.....</i>	<i>147</i>
3.5.3	<i>Ανακυκλώσιμα υλικά.....</i>	<i>153</i>
3.5.4	<i>Βασικά συμπεράσματα.....</i>	<i>156</i>

3.6	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	158
3.6.1	Εισαγωγή.....	158
3.6.2	Χρήσεις παραγόμενων προϊόντων .....	158
3.6.3	Νομικό πλαίσιο.....	159
3.6.4	Τεχνικά ζητήματα αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης ΑΣΑ .....	162
3.6.5	Τάσεις.....	167
3.6.6	Συμπεράσματα.....	168
<b>4</b>	<b>ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΕΕ .....</b>	<b>175</b>
4.1	ΟΡΙΣΜΟΙ .....	175
4.2	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ 176	
4.3	ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΑ .....	178
4.3.1	Στατιστικά στοιχεία των ΑΣΑ και σχεδιασμός διαχείρισης .....	178
4.3.2	Μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης των ΑΣΑ.....	179
4.3.3	Μεθοδολογική προσέγγιση και αποτελέσματα σε επίπεδο χώρας .....	180
<b>5</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ.....</b>	<b>187</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	187
5.2	ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	187
5.2.1	Αντικείμενο και ρόλος σεναρίων .....	187
5.2.2	Νομοθετικό και διοικητικό πλαίσιο .....	189
5.2.3	Περιφερειακές – τοπικές ιδιαιτερότητες, δεδομένα και τάσεις.....	191
5.2.4	Παρατηρήσεις.....	192
5.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ 193	
5.3.1	Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά σεναρίων.....	193
5.3.2	Το Σενάριο Αναφοράς.....	196
5.3.3	Δυνατές επιλογές ανά στάδιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων .....	199
5.3.4	Επιλογές και συνδυασμοί επιλογών και τεχνολογιών – Γενικές προτεραιότητες και περιορισμοί.....	201
5.3.5	Επιπτώσεις σεναρίων και δείκτες επίδοσης.....	204
5.3.6	Σύνθεση επιπτώσεων και σύγκριση σεναρίων.....	208
<b>6</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....</b>	<b>213</b>
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	213
6.2	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	214
6.2.1	Μεταφορά απορριμμάτων .....	214
6.2.2	Μηχανική επεξεργασία.....	214
6.2.3	Βιολογική επεξεργασία.....	214
6.2.4	Θερμική επεξεργασία.....	215
6.2.5	Τελική διάθεση απορριμμάτων.....	216
6.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	217
6.3.1	Θεωρητικό πλαίσιο - η προσέγγιση της Συνάρτησης Ζημίας.....	218
6.3.2	Τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης .....	219
6.3.3	Τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών .....	220
6.3.4	Τεχνικές κόστους ταξιδιού.....	220
6.3.5	Τεχνικές κόστους αποφυγής και κόστους αποκατάστασης .....	221
6.3.6	Τεχνικές μεταφοράς οφέλους.....	222
6.3.7	Το πρόβλημα της επιλογής προεξοφλητικού επιτοκίου για την αποτίμηση των επιπτώσεων που αφορούν σε μελλοντικές γενιές.....	223
6.3.8	Επιλογή τεχνικής οικονομικής αποτίμησης.....	224
6.4	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ / ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ Η / ΚΑΙ ΩΦΕΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	226
6.4.1	Επιπτώσεις σε τοπικό / περιφερειακό επίπεδο που συνδέονται με την αέρια ρύπανση ...	226
6.4.2	Επιπτώσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή.....	229



6.4.3	Επιπτώσεις που συνδέονται με τη ρύπανση των υδατικών πόρων και του εδάφους / υπεδάφους .....	231
6.4.4	Επιπτώσεις που συνδέονται με την υποβάθμιση της ποιότητα ζωής εξαιτίας της ρετινίασης με χώρους απόθεσης ή θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων .....	233
6.4.5	Άλλες επιπτώσεις .....	235
6.5	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ .....	236
<b>7</b>	<b>ΕΙΔΙΚΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ .....</b>	<b>240</b>
7.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	240
7.2	ΈΣΟΔΑ ΑΠΟ ΤΕΛΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ .....	241
7.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ .....	245
<b>8</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ .....</b>	<b>248</b>
8.1	ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ .....	248
8.2	ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	252
8.2.1	Βασικές αρχές – Κοινά σημεία σεναρίων .....	252
8.2.2	Παρουσίαση σεναρίων .....	254
8.3	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΛΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ .....	264
8.4	ΙΔΙΩΤΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....	269
8.4.1	Βασικά στοιχεία εισόδου – Παραδοχές .....	269
8.4.2	Αποτελέσματα και σχολιασμός .....	271
8.5	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ .....	274
8.5.1	Βασικά στοιχεία εισόδου – Παραδοχές .....	274
8.5.2	Αποτελέσματα και σχολιασμός .....	279
8.6	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	282
<b>9</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>287</b>

# 1 Πολιτικές και τάσεις στη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων

## 1.1 Τάσεις στο θεσμικό πλαίσιο της διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην ΕΕ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν οι βασικές τάσεις που προσδιορίζουν το ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο της διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούν:

- Η σύνοψη της θεματικής στρατηγικής<sup>1</sup> για τα στερεά απόβλητα
- Βασικά συμπεράσματα από τις προσπάθειες της ανακύκλωσης στην ΕΕ
- Οι νέες τάσεις που αναμένονται την επόμενη πενταετία

### 1.1.1 Η θεματική στρατηγική για τα στερεά απόβλητα

Τα απόβλητα αποτελούν ένα όλο και σοβαρότερο περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα για όλες τις σύγχρονες οικονομίες. Ο όγκος των αποβλήτων αυξάνει με ρυθμούς ανάλογους ή και ενίοτε μεγαλύτερους από την οικονομική ανάπτυξη. Ο τρόπος παραγωγής και χειρισμού των αποβλήτων επηρεάζει όλους μας, από τους μεμονωμένους πολίτες και τις μικρές επιχειρήσεις, μέχρι τις δημόσιες αρχές και το διεθνές εμπόριο.

Η παραγωγή και η διαχείριση αποβλήτων συνδέεται στενά με τον τρόπο κατά τον οποίο χρησιμοποιούμε τους πόρους. Η παραγωγή υπερβολικών ποσοτήτων αποβλήτων αποτελεί ένδειξη ασύμφορης χρήσης των πόρων, η δε ανάκτηση των ενσωματωμένων στα απόβλητα υλικών και ενέργειας μπορεί να μας βοηθήσει να χρησιμοποιούμε τους πόρους καλύτερα. Κατά συνέπεια, οι πολιτικές για τα απόβλητα μπορούν και πρέπει να έχουν στόχο τη μείωση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τη χρήση των πόρων.

Η θέληση της Ευρώπης να αντιμετωπίσει τα απόβλητα κατά περιβαλλοντικά ορθούς τρόπους δημιουργεί θέσεις εργασίας και ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις. Ο ευρωπαϊκός κλάδος της διαχείρισης και ανακύκλωσης αποβλήτων έχει υψηλό ρυθμό ανάπτυξης και εκτιμώμενο ετήσιο κύκλο εργασιών πάνω από 100 δις €. Ο κλάδος είναι εντάσεως εργασίας και εξασφαλίζει από 1,2 έως 1,5 εκατομμύρια θέσεις απασχόλησης. Η βιομηχανία ανακύκλωσης προμηθεύει όλο και μεγαλύτερες ποσότητες πόρων στη μεταποιητική βιομηχανία: τουλάχιστον το 50% του χαρτιού και του χάλυβα, το 43% του γυαλιού και το 40% των μη σιδηρούχων μετάλλων που παράγονται στην ΕΕ προέρχονται σήμερα από ανακυκλωμένα υλικά.

Η συλλογή αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων για τα απόβλητα είναι δύσκολη υπόθεση. Υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για το 2002 όσον αφορά τα απόβλητα οικοδομών (510 εκατ. τόνοι), τα απόβλητα της μεταποιητικής βιομηχανίας (427 εκατ. τόνοι), τα αστικά απορρίμματα (241 εκατ. τόνοι) και τα απόβλητα από την παραγωγή ενέργειας και την

<sup>1</sup> «Θεματική στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων», Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, COM 2005 (666) τελικό, Βρυξέλλες 21-12-2005

ύδρευση (127 εκατ. τόνοι). Αυτό από μόνο του σημαίνει ότι κάθε χρόνο παράγονται στην ΕΕ πάνω από 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι αποβλήτων, από τα οποία τα 58 εκατ. τόνοι είναι γνωστό ότι είναι επικίνδυνα. Υπάρχουν όμως κενά όσον αφορά τα δεδομένα για τα απόβλητα από λατομεία και ορυχεία, από τη γεωργία και τη δασοκομία, από την αλιεία καθώς και από τους κλάδους των υπηρεσιών και του δημοσίου, και επομένως ο πραγματικός αριθμός είναι υψηλότερος.

Τα παραγόμενα αστικά απορρίμματα ανά άτομο και ανά έτος είναι γύρω στα 530 κιλά. Ωστόσο, αυτή η μέση τιμή αποκρύπτει σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα κράτη μέλη. Για παράδειγμα, η ετήσια κατά κεφαλή παραγωγή αποβλήτων στην ΕΕ των 10 ανέρχεται σε 300 έως 350 κιλά, ενώ στην ΕΕ των 15 είναι περίπου 570 κιλά. Γενικά, ο συνολικός όγκος των αποβλήτων αυξάνει με ρυθμό ίσο ή και μεγαλύτερο από το ρυθμό της οικονομικής ανάπτυξης.

Στατιστικά στοιχεία για ολόκληρη την ΕΕ των 25 σχετικά με την επεξεργασία των αποβλήτων διατίθενται μόνο για τα αστικά απορρίμματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 14% περίπου του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων. Αυτό θα αλλάξει από του χρόνου (2006) λόγω του νέου κανονισμού για τις στατιστικές των αποβλήτων<sup>2</sup> με βάση τον οποίο η Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία θα συλλέγει και θα δημοσιεύει στατιστικές για την παραγωγή και διαχείριση όλων των ειδών αποβλήτων.

Προς το παρόν, το 49% των αστικών απορριμμάτων διατίθεται μέσω υγειονομικής ταφής, το 18% αποτεφρώνεται και το 27% ανακυκλώνεται ή λιπασματοποιείται. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των κρατών μελών. Σε ορισμένα, υγειονομική ταφή υφίσταται το 90% των αστικών αποβλήτων, σε άλλα μόνον το 10%.

Η αναλογία των ανακυκλούμενων αστικών απορριμμάτων αυξάνει, αλλά αυτό αντισταθμίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από την αύξηση των παραγόμενων αστικών αποβλήτων. Κατά συνέπεια, η υγειονομική ταφή μειώνεται με αργό ρυθμό. Για παράδειγμα, οι ποσότητες των πλαστικών αποβλήτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής αυξήθηκε κατά 21,7% από το 1990 μέχρι το 2002, παρόλο που το ποσοστό των πλαστικών αποβλήτων που υπέστη υγειονομική ταφή μειώθηκε από το 77% στο 62%.

Η ανακύκλωση αστικών απορριμμάτων σχεδόν διπλασιάστηκε από το 1995 ως το 2003 και σήμερα αντιστοιχεί σε 82,3 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Η αποτέφρωση αυξάνει αργά και από αυτήν παράγεται ενέργεια που ισοδυναμεί με 8 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου.

#### 1.1.1.1 Άξονες πολιτικής της ΕΕ

Η πολιτική της ΕΕ για τα απόβλητα στηρίζεται σε μια έννοια που είναι γνωστή ως ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων, με βάση την οποία οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από «βέλτιστες» ως «χειρίστες» από περιβαλλοντικής σκοπιάς. Οι επιλογές αυτές είναι:

1. Κατ' αρχάς, πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων
2. Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος
3. Ανακύκλωση ή λιπασματοποίηση του προϊόντος
4. Ανάκτηση της ενέργειας μέσω αποτέφρωσης

<sup>2</sup> Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2150/2002

## 5. Διάθεση σε χώρο υγειονομικής ταφής

Ωστόσο, η ιεράρχηση των αποβλήτων δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απόλυτος κανόνας, δεδομένου ιδίως ότι διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων μπορεί να έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Έτσι, αν κάποια εναλλακτική επιλογή διαχείρισης αποβλήτων, που βρίσκεται κανονικά σε χαμηλότερη θέση της ιεράρχησης, προκαλεί λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση, πρέπει και να εφαρμόζεται. Η εισαγωγή της νέας έννοιας του «κύκλου ζωής» έχει ως στόχο να εξασφαλίσει ότι επιλέγεται η βέλτιστη από περιβαλλοντικής σκοπιάς εναλλακτική επιλογή σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Ο κύριος στόχος της στρατηγικής είναι να μετατρέψει την Ευρώπη σε κοινωνία της ανακύκλωσης, η οποία να επιδιώκει να προλάβει τη δημιουργία αποβλήτων και, στις περιπτώσεις που δεν το μπορεί, να τα χρησιμοποιεί ως πόρο. Πιο συγκεκριμένα, η θεματική στρατηγική αποβλέπει στα εξής:

### 1. Στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η πολιτική για τα απόβλητα θα εστιασθεί στις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στη βελτίωση του τρόπου κατά τον οποίο χρησιμοποιούμε τους πόρους, μέσω της εισαγωγής της προσέγγισης με βάση τον κύκλο ζωής στην πολιτική για τα απόβλητα.

### 2. Στην προώθηση της πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων

Θα απαιτηθεί από τα κράτη μέλη της ΕΕ να εκπονηθούν υποχρεωτικά εθνικά προγράμματα πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την ποικιλία των συνθηκών σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο και τα οποία πρέπει να ολοκληρωθούν τρία χρόνια μετά την έναρξη ισχύος της αναθεωρημένης οδηγίας πλαίσιο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι εφεξής τα διαχειριστικά σχέδια των στερεών αποβλήτων θα πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα α. για μείωση των αποβλήτων και της επικινδυνότητας αυτών κατά την παραγωγή προϊόντων, β. για μείωση των αποβλήτων κατά τη φάση κατανάλωσης των προϊόντων γ. για ανακύκλωση – ανάκτηση υλικών και ενέργειας από τα παραγόμενα απόβλητα και ασφαλή διάθεση των υπολειμμάτων

### 3. Στην ενίσχυση των δραστηριοτήτων ανακύκλωσης

Προβλέπεται η βελτίωση της αγοράς της ανακύκλωσης με τη θέσπιση περιβαλλοντικών προτύπων που προσδιορίζουν υπό ποιους όρους ορισμένα ανακυκλωμένα απόβλητα δεν θεωρούνται πλέον απόβλητα, αλλά υψηλής ποιότητας δευτερογενή υλικά. Τα παραπάνω θα εφαρμοσθούν και στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα. Η κατεύθυνση αυτή αναμένεται να ενισχύσει δραστικά το εμπόριο δευτερογενών προϊόντων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, δίνοντας μεγαλύτερα περιθώρια βιωσιμότητας στην ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών.

Παράλληλα, θα προωθηθεί η χρήση από τα κράτη μέλη οικονομικών μέσων, όπως φόρων για την υγειονομική ταφή, ώστε να προωθηθούν άλλοι τρόποι διαχείρισης των αποβλήτων και προγράμματα του τύπου «όποιος δημιουργεί απόβλητα πληρώνει», για να ενθαρρυνθούν οι πολίτες να συμμετάσχουν σε προγράμματα ανακύκλωσης.

### 4. Στον εκσυγχρονισμό και στην απλοποίηση της νομοθεσίας για τα απόβλητα

Αυτό θα επιτευχθεί με αποσαφήνιση των ορισμών, εξορθολογισμό των διατάξεων και συγχώνευση στο κείμενο της οδηγίας-πλαίσιο για τα απόβλητα ολόκληρης της οδηγίας για τα

επικίνδυνα απόβλητα και μέρους της οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια. Θα αποσαφηνιστεί επίσης ότι για τις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν απόβλητα δεν χρειάζονται δύο ξεχωριστές άδειες, μία με βάση την νομοθεσία για τα απόβλητα και μία με βάση την οδηγία για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (ΟΠΕΡ)<sup>3</sup>.

## 5. Στη βελτίωση της εφαρμογής των νομοθετικών πράξεων

### 1.1.1.2 Για την ανακύκλωση

Η στρατηγική προβλέπει πολλές επιπλέον δράσεις κατά τα επόμενα έτη. Μερικές από τις δράσεις αυτές πρέπει να υλοποιηθούν αμέσως, ενώ άλλες θα είναι καλύτερα να δρομολογηθούν αφού θα γίνουν εμφανείς οι επιπτώσεις από τα πρώτα μέτρα και από υφιστάμενη νομοθεσία η οποία ακόμη δεν έχει τεθεί σε ισχύ.

Η Επιτροπή πρόκειται να χρησιμοποιήσει και άλλους τρόπους για να πετύχει τους στόχους της νέας στρατηγικής. Για παράδειγμα:

- Προτρέπει τα κράτη μέλη να βελτιώσουν τις συνθήκες της αγοράς για τις δραστηριότητες ανακύκλωσης και την εμπορική ζήτηση για ανακυκλωμένα υλικά, εντάσσοντας τα ζητήματα αυτά στους εθνικούς χάρτες πορείας της εφαρμογής του σχεδίου δράσης της ΕΕ για τις περιβαλλοντικές τεχνολογίες, οι οποίοι έπρεπε να έχουν υποβληθεί μέχρι το τέλος του 2005.
- Θα εξασφαλίσει ότι τα ευρωπαϊκά κονδύλια που διατίθενται για έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της τεχνολογίας των αποβλήτων αντιμετωπίζουν τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων. Στο πλαίσιο της αναθεώρησης των κατευθυντηρίων γραμμών σχετικά με τις κρατικές ενισχύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, η Επιτροπή θα αποσαφηνίσει τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι δυνατή η χορήγηση κρατικών ενισχύσεων για τη στήριξη δραστηριοτήτων ανακύκλωσης αποβλήτων.
- Θα υποστηρίξει επίσης την διανομή και τη μεταφορά των βέλτιστων πρακτικών όσον αφορά την ευαισθητοποίηση, την εκπαίδευση και τα κίνητρα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και για την ανακύκλωση τους σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

Η θεματική στρατηγική για τα απόβλητα θα αναθεωρηθεί το 2010. Αν χρειασθεί, θα προσδιοριστούν εκ των προτέρων πρόσθετα μέτρα για την προώθηση της πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων και για την πρόοδο της μετάβασης προς την Ευρωπαϊκή κοινωνία της ανακύκλωσης.

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

---

<sup>3</sup> Οδηγία 96/61/ΕΚ

### 1.1.1.3 Για τη λιπασματοποίηση

Υπάρχουν ορισμένες δράσεις που πρέπει να αναληφθούν σε επίπεδο ΕΕ για την προώθηση της λιπασματοποίησης. Περιλαμβάνουν τον καθορισμό προτύπων ποιότητας για τα προϊόντα της λιπασματοποίησης έτσι ώστε να μπορούν αναπτυχθούν αγορές για αυτά. Η επιτροπή σκοπεύει να τα έχει έτοιμα πριν από την έναρξη ισχύος της αναθεωρημένης οδηγίας – πλαίσιο για τα απόβλητα. Ένα άλλο μέτρο είναι τα υψηλά περιβαλλοντικά πρότυπα που ισχύουν για εγκαταστάσεις όπου πραγματοποιείται βιολογική επεξεργασία. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της μελλοντικής αναθεώρησης της οδηγίας ΟΠΕΡ.

Η νομοθεσία της ΕΕ καθιστά σαφές ότι τα κράτη μέλη πρέπει να λάβουν υπόψη τους όλα τα συναφή περιβαλλοντικά ζητήματα όταν εκπονούν τις εθνικές πολιτικές για τα απόβλητα. Αυτό σημαίνει ότι οι αρχές τα κράτη μέλη, στα οποία η λιπασματοποίηση απαιτείται για να βελτιωθεί το έδαφος, πρέπει να εστιαστούν το ενδιαφέρον τους στις δράσεις που απαιτούνται για να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος στόχος. Η Επιτροπή θα βοηθήσει στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας παρέχοντας το 2006, μη νομοθετική καθοδήγηση για την ανάπτυξη εθνικών στρατηγικών και σχεδίων για τα απόβλητα όσον αφορά την διαχείριση των βιολογικών αποβλήτων. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το δυναμικό της χρήσης του προϊόντος της λιπασματοποίησης για την αύξηση του περιεχομένου του εδάφους σε άνθρακα.

### 1.1.1.4 Δράσεις για την ανάκτηση ενέργειας - Αποτέφρωση

Έχει αποδειχτεί από την πρακτική, ότι η περιβαλλοντικά ασφαλής αποτέφρωση μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ανάκτηση ενεργειακών πόρων από τα απόβλητα, στις περιπτώσεις που αποτελεί μέρος περιβαλλοντικά βελτιστοποιημένης στρατηγικής. Το περιβαλλοντικό όφελος εξαρτάται από την ποσότητα της ενέργειας που πράγματι εξάγεται από τα αποτεφρωμένα απόβλητα.

Στο πλαίσιο της νέας στρατηγικής για τα απόβλητα, η Επιτροπή αποφάσισε να βελτιώσει περαιτέρω την απόδοση της ανάκτησης ενέργειας από τα απόβλητα καθορίζοντας φιλόδοξα στοιχεία συγκριτικής αξιολόγησης για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αστικών αποβλήτων. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της αναθεώρησης της οδηγίας ΟΠΕΡ. Η νέα μέθοδος συγκριτικής αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης θα καθορίζει το κατά πόσο μια εγκατάσταση αποτέφρωσης μπορεί να χαρακτηριστεί ως εγκατάσταση ανάκτησης ή ως εγκατάσταση διάθεσης. Ο χαρακτηρισμός ως εγκατάσταση ανάκτησης παρέχει καλύτερη πρόσβαση στην αγορά και οι ποσότητες των ανακτώμενων αποβλήτων μπορούν να συνυπολογιστούν στο πλαίσιο των υποχρεωτικών στόχων ανάκτησης που καθορίζονται στις οδηγίες της ΕΕ (π.χ. για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού).

## 1.1.2 Εμπειρίες σχετικά με την ανακύκλωση των συσκευασιών

Τα απόβλητα συσκευασίας αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα και αυξανόμενα ρεύματα αποβλήτων. Η διαπίστωση αυτή ώθησε την ΕΕ να συμπεριλάβει στην σχετική Οδηγία που συνέταξε το 1997, συγκεκριμένους ποσοτικούς και άμεσα μετρήσιμους στόχους για τον περιορισμό της τελικής διάθεσης. Τα κράτη-μέλη έπρεπε να ανακυκλώνουν το 25% του συνολικού ποσού των παραγόμενων αποβλήτων συσκευασίας μέχρι το 2001 και το 55% μέχρι το 2008. Πράγματι, όλες οι χώρες της Ευρώπης των 15 κατάφεραν μέχρι το 2001 να

εκπληρώσουν τους στόχους, ενώ κάποιες αυτές, σε πολύ πρώιμο στάδιο μάλιστα, έχουν πετύχει ήδη τον στόχο του 55%<sup>4</sup>.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην υφιστάμενη κατάσταση της ανακύκλωσης μεταξύ των χωρών της ΕΕ. Οι διαφορές εξαρτώνται, από την ποσότητα των αποβλήτων που παράγει η κάθε χώρα, μέχρι τα ποσοστά των απορριμμάτων που ανακυκλώνει και τα μέσα που χρησιμοποιεί. Τα αποτελέσματα που επιτυγχάνει η κάθε χώρα επηρεάζονται από παράγοντες, όπως η χρονική έναρξη της προσπάθειας, το επίπεδο στο οποίο βρισκόταν η χώρα σε σχέση με την ανακύκλωση την δεδομένη χρονική στιγμή και την πολιτική την οποία ακολουθούν για την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει η ΕΕ (π.χ. ποιοι φορείς λαμβάνουν μέρος στην διαχείριση, ποιοι πληρώνουν το κόστος της ανακύκλωσης, σε ποια ρεύματα αποβλήτων επικεντρώνονται οι προσπάθειες κλπ).

#### Φορείς της ανακύκλωσης συσκευασιών

Κάθε χώρα έχει επιλέξει διάφορους φορείς για την πραγματοποίηση και τον έλεγχο των προγραμμάτων ανακύκλωσης. Οι παράγοντες που επωμίστηκαν την διαχείριση και το κόστος έχουν ως κάτωθι.

Το επίσημο κράτος αρχικά, το οποίο ανέλαβε να ενσωματώσει την Ευρωπαϊκή νομοθεσία στην νομοθεσία της κάθε χώρας και να ασκεί ελεγκτική δράση. Η τοπική αυτοδιοίκηση έχει επίσης διαχειριστικό ή και ενίοτε ελεγκτικό ρόλο.

Οι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί και φορείς, οι οποίοι συστάθηκαν με την παρέμβαση του κράτους ή της τοπικής αυτοδιοίκησης, δρουν αποκλειστικά ή και παράλληλα με άλλους φορείς και αποτελούν εξουσιοδοτημένα συστήματα διαχείρισης.

Οι ίδιες οι εταιρίες/ παραγωγοί, ακολουθώντας την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», καταβάλουν φόρο για την διαχείριση των αποβλήτων τους και συμμετέχουν στα παραπάνω διαχειριστικά σχήματα. Δίνεται επίσης η δυνατότητα στις ίδιες τις βιομηχανίες/ παραγωγούς να αναλάβουν την διαχείριση των αποβλήτων τους. Συνήθως, όταν οι βιομηχανίες είναι υπεύθυνες για τα απορρίμματά τους, οι στόχοι ανακύκλωσης που τους ανατίθενται είναι υψηλότεροι. Το πρόβλημα στις περιπτώσεις αυτές είναι ότι δεν μπορούν να ελεγχθούν με την ίδια ευκολία από τα ελεγκτικά όργανα και δεν είναι εύκολη η συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων αργότερα, σε αντίθεση με τους οργανωμένους φορείς (compliances schemes).

Υπάρχει επίσης ο συμβουλευτικός ρόλος στον σχεδιασμό της στρατηγικής των συνδικάτων, των πανεπιστημίων καθώς και των Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων (ΜΚΟ).

#### Απόβλητα προς ανακύκλωση

Τα προϊόντα προς ανακύκλωση πηγάζουν από δύο διαφορετικά ρεύματα, τα οικιακά απορρίμματα και τα βιομηχανικά-εμπορικά απόβλητα.

Στα οικιακά απορρίμματα βασική διαδικασία για την βιώσιμη ανακύκλωση είναι ο διαχωρισμός στην πηγή («διαλογή στην πηγή»). Αντιθέτως, τα βιομηχανικά-εμπορικά απόβλητα έχουν το πλεονέκτημα ότι η επεξεργασία τους είναι πιο εύκολη και οικονομική, καθώς είναι σχετικά πιο ομογενοποιημένα και πιο καθαρά από τα οικιακά απόβλητα. Για τον λόγο αυτό, κάποιες από τις χώρες (π.χ. Ηνωμένο Βασίλειο) επέλεξαν να περιορίσουν το ενδιαφέρον τους μόνο στα βιομηχανικά-εμπορικά απόβλητα, αποκλείοντας όμως έτσι την

<sup>4</sup> EEA report, No 3/2005

συμμετοχή και την ευαισθητοποίηση του κοινού, που οδηγεί στην καλλιέργεια συνείδησης για την πρόληψη των απορριμμάτων.

#### Ενισχυτικά μέτρα

Τα μέτρα που λαμβάνουν οι ευρωπαϊκές χώρες για την υποστήριξη των διαχειριστικών συστημάτων περιλαμβάνουν δύο είδη εργαλείων, τα διαχειριστικά και τα οικονομικά.

Στα διαχειριστικά μέτρα περιλαμβάνονται η «ευθύνη του παραγωγού της ρύπανσης», μέτρα πρόληψης (π.χ. ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού, ειδικός φόρος για ορισμένου τύπου συσκευασίες, και οικονομικά κίνητρα κέρδους (deposit-refund systems), η υποχρεωτική συλλογή, η απαγόρευση ταφής για ορισμένα είδη αποβλήτων ή/ και ρεύματα αποβλήτων, καθώς και εργαλεία που σκοπεύουν να βελτιώσουν τις αγορές για την χρήση δευτερευόντων ανακυκλωμένων υλικών.

Στα οικονομικά μέτρα περιλαμβάνονται μια σειρά φόρων. Τέτοιοι φόροι είναι οι φόροι που απευθύνονται στους καταναλωτές (π.χ. για τις πλαστικές σακούλες) καθώς και φόροι που απευθύνονται στις βιομηχανίες-εταιρίες, όπως είναι οι φόροι για την ταφή και καύση των απορριμμάτων (μειώνονται ή αναιρούνται σε περίπτωση που οι παραγωγοί των αποβλήτων προβούν σε δράσεις ανακύκλωσης ή ανάκτησης).

Τέλος, με στόχο την πρόληψη, η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» αποτελεί ένα οικονομικό κίνητρο για να ελαττωθεί το ποσό συσκευασιών που τοποθετείται στην αγορά.

#### Κόστος της ανακύκλωσης

Είναι γεγονός, ότι δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί το συνολικό κόστος για την εφαρμογή της διαχείρισης των απορριμμάτων συσκευασίας στις χώρες της ΕΕ. Ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχει διαφάνεια σε όλους τους επιμέρους διαχειριστές, έτσι, είναι αδύνατο να προσδιοριστούν τα ακριβή ποσά και κατόπιν να προκύψουν συγκριτικά συμπεράσματα για τα ξεχωριστά μέτρα διαχείρισης μεταξύ των χωρών.

Το κόστος συνδέεται άμεσα με τα οικονομικά οφέλη των προϊόντων που θα προκύψουν. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται ως απαραίτητη προϋπόθεση η βιωσιμότητα των συστημάτων διαχείρισης, αλλά και η εξασφάλιση αγορών για τα προϊόντα που προκύπτουν. Οι υψηλές τιμές μπορούν να αντιμετωπιστούν με διορθωτικά μέτρα, όπως για παράδειγμα με περαιτέρω ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας.

Μια αιτία που επέδρασε σημαντικά στην άνοδο του κόστους είναι η απουσία, πριν από το έτος 1997, υλικοτεχνικών υποδομών σε κάποια από τα κράτη μέλη της ΕΕ (π.χ. Ιρλανδία, Ελλάδα). Το γεγονός αυτό, τα ανάγκασε να έχουν αυξημένες δαπάνες, σε σχέση με κράτη που είχαν οργανωθεί από παλαιότερα (π.χ. Αυστρία και Γερμανία).

Η αποτελεσματικότητα των μέτρων εξαρτάται επίσης, από το κατά πόσο οι παραγωγοί συμμετέχουν ή αναλαμβάνουν το κόστος του συστήματος. Εταιρίες που δεν πληρώνουν αυτό που τους αναλογεί (free riders) επιβαρύνουν την λειτουργία του συστήματος.

Η συνεργασία με τον ιδιωτικό τομέα, λόγω της υποχρέωσης που εμφανίστηκε με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», είχε πολύ θετικά αποτελέσματα στην μείωση του βάρους αλλά και στην ποσότητα των αποβλήτων συσκευασίας, καθώς επωμίστηκαν και μέρος του κόστους. Η ανάμιξη όμως αυτή, οδήγησε στο να μπορούν τα συμφέροντα των βιομηχανιών να επηρεάσουν τις αποφάσεις και τα μέτρα που λήφθηκαν.



Συμπερασματικά, παρά την αναγνώριση ότι η εφαρμογή της Οδηγίας, που αφορά την ανακύκλωση συσκευασιών, ήταν σε γενικές γραμμές επιτυχής, αναγνωρίζεται ότι δεν ικανοποιήθηκαν όλες οι απαιτήσεις της σχετικής Οδηγίας.

Η βασική προτεραιότητα μέχρι σήμερα ήταν η ικανοποίηση των στόχων των Οδηγιών της ΕΕ για την ανακύκλωση. Όμως, όσον αφορά το μέλλον, είναι απαραίτητη μια συμπληρωματική προσέγγιση η οποία θα βελτιστοποιεί την αποδοτικότητα και την βιωσιμότητα των μέτρων, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη και μικρότερο κόστος.

Η εξεύρεση μιας λύσης που να διασφαλίζει τόσο την περιβαλλοντική σκοπιμότητα όσο και την οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος παραμένει μια πολύ σημαντική πρόκληση.

### 1.1.3 Βασικές δράσεις για την επόμενη τριετία

Στον Πίνακα 1-1 παρουσιάζονται οι δράσεις που προγραμματίζονται στα πλαίσια της υλοποίησης της θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα, καθώς και οι αναμενόμενες επιδράσεις αυτών. Οι σημαντικότερες από αυτές θα σχολιαστούν στη συνέχεια.

#### Πίνακας 1-1 Δράσεις για την υλοποίηση της θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα

Δράσεις	Χρονοδιάγραμμα	Επίδραση
1. Πρόταση οδηγίας που τροποποιεί την οδηγία-πλαίσιο για τα απόβλητα, την ενσωματώνει με την οδηγία για τα επικίνδυνα απόβλητα και καταργεί την προτεραιότητα της αναγέννησης που προβλέπει η οδηγία για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια	Προτείνεται μαζί με την στρατηγική	Πολύ σημαντική, αλλάζει το συνολικό πλαίσιο σχεδιασμού και διαχείρισης
2. Έκθεση για την εφαρμογή της οδηγίας 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας	2006	Σημαντική, ως προς την κατεύθυνση των δράσεων ανακύκλωσης (βλ. προηγούμενη παράγραφο)
3. Αναθεώρηση των στόχων που καθορίστηκαν με βάση την οδηγία 2000/53/ΕΚ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους	2006	Ενίσχυση βιωσιμότητας ανακύκλωσης
4. Πρόταση οδηγίας με την οποία ενσωματώνονται σε μία οδηγία οι τρεις οδηγίες για τα απόβλητα από τη βιομηχανία διοξειδίου του τιτανίου	2006	Απλοποίηση
5. Δημοσίευση κατευθυντηρίων γραμμών με βάση τη νομολογία του Δικαστηρίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, σχετικά με το ζήτημα του πότε τα υποπροϊόντα πρέπει να θεωρούνται απόβλητα ή όχι	2006	Πολύ σημαντική, θα αποτελέσει τη βάση για το διαχωρισμό δευτερογενών προϊόντων και αποβλήτων
6. Δημοσίευση κατευθυντηρίων γραμμών για τα κράτη μέλη σχετικά με την εφαρμογή της έννοιας του κύκλου ζωής στη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που εκτρέπονται από την υγειονομική ταφή	2006	Πολύ σημαντική, τροποποιεί ριζικά τις διαδικασίες σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων
7. Βελτίωση της βάσης των γνώσεων σχετικά με τις επιπτώσεις της χρήσης των πόρων, της παραγωγής αποβλήτων και της διαχείρισης αποβλήτων και σχετικά με τη συστηματικότερη πρόβλεψη και μοντελοποίηση.	Αρχίζει από το 2006	Σημαντική, μακροπρόθεσμες αλλαγές
8. Πρόταση αποσαφήνισης και επέκτασης του πεδίου εφαρμογής της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (ΟΠΕΡ) σε πρόσθετες δραστηριότητες διαχείρισης αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της βιολογικής επεξεργασίας για την ανάκτηση αποβλήτων και της προετοιμασίας επικίνδυνων αποβλήτων για αποτέφρωση και των καταλοίπων αποτέφρωσης για ανάκτηση	2007 όταν η οδηγία ΟΠΕΡ θα υποστεί γενική αναθεώρηση	Πολύ σημαντική, θα ανεβάσει δραστικά τα πρότυπα σε πολλές δραστηριότητες που σήμερα εξαιρούνται
9. Πρόταση αναθεώρησης της οδηγίας 86/278/ΕΟΚ σχετικά με τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία	2007	Σημαντική, με επιπτώσεις και στη λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών
10. Δημοσίευση των βασικών κατευθυντήριων γραμμών για την εύκολη χρήση των εργαλείων με βάση τον κύκλο ζωής στη χάραξη της πολιτικής για τα απόβλητα, με συμφωνημένη προσέγγιση και μεθοδολογία	2007	Πολύ σημαντική, βλ. και γραμμή 6 του παρόντος πίνακα

Δράσεις	Χρονοδιάγραμμα	Επίδραση
Δημοσίευση κατευθυντηρίων γραμμών σχετικά με ορισμένες διατάξεις του κανονισμού μεταφοράς αποβλήτων για την καταπολέμηση της εικονικής ανάκτησης	2007	Μέτριας σημασίας
Δημοσίευση κατευθυντηρίων γραμμών σχετικά με τα ελάχιστα περιβαλλοντικά πρότυπα για άδειες εγκαταστάσεων που δεν καλύπτονται από την οδηγία ΟΠΕΡ και σχετικά με τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές για την ανάμιξη επικίνδυνων αποβλήτων.	2007	Πολύ σημαντική, βλ. και γραμμή 7 του παρόντος πίνακα
Αξιολόγηση της κατάστασης και της ανάγκης για πρόσθετα μέτρα για τη στήριξη της μετάβασης προς μια ευρωπαϊκή κοινωνία ανακύκλωσης	2007	Σημαντική από πολιτική άποψη
Αναθεώρηση των στόχων με βάση την οδηγία 2002/96/ΕΚ για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού	2008	
Έκδοση των πρώτων συλλογών προτύπων ποιότητας για τον καθορισμό του πότε ορισμένες κατηγορίες αποβλήτων παύουν να είναι απόβλητα, αρχής γενομένης με τα προϊόντα λιπασματοποίησης και τα ανακυκλωμένα αδρανή υλικά	2008 – εξαρτάται από την έναρξη ισχύος της αναθεωρημένης οδηγίας-πλαίσιο για τα απόβλητα	Εξέχουσας σημασίας, βλ. και γραμμή 5 του παρόντος πίνακα

Συμπερασματικά, είναι σαφές ότι η περίοδος των σημαντικών αλλαγών στο θεσμικό πλαίσιο της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην ΕΕ έχει ήδη αρχίσει. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται να τροποποιηθούν δραστικά τόσο τα εργαλεία σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων, με την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής, όσο και οι συνθήκες της αγοράς σχετικά με τα δευτερογενή προϊόντα της επεξεργασίας, με την εισαγωγή προτύπων η τήρηση των οποίων θα επιτρέπει σε συγκεκριμένα δευτερογενή προϊόντα να μην θεωρούνται πλέον απόβλητα.

## 1.2 Από ΧΥΤΑ σε ΧΥΤ

### 1.2.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα παρατηρείται μία μεγάλη ανάπτυξη των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Παρόλα αυτά, δε υπάρχουν ουσιαστικές εξελίξεις σε ότι αφορά την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων, δηλαδή την εισαγωγή στο σύστημα διαχείρισης μεθόδων επεξεργασίας πριν από την ταφή για την ανάκτηση χρήσιμων υλικών και ενέργειας.

Η εφαρμογή ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση νέων προσεγγίσεων στα συστήματα διαχείρισης, τα οποία πλέον δεν είναι δυνατό να βασίζονται στην αξιολόγηση μίας μεμονωμένης τεχνολογίας, αλλά στο συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών, λαμβάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο υπόψη ολόκληρο τον κύκλο ζωής των στερεών αποβλήτων. Ακόμη όμως και στα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης, ο ρόλος των χώρων υγειονομικής ταφής (ΧΥΤ) παραμένει σημαντικός, καθότι συνεχίζει να αποτελεί το καταληκτικό σημείο της διαχείρισης, αλλά πλέον όχι ως χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), αλλά ως χώρος υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

Επιπλέον, η αναγκαιότητα που μας ωθεί να αντιμετωπίσουμε ένα ΧΥΤ ως ΧΥΤΥ γίνεται ορατή, αρκεί μόνο να εξετάσουμε τους τεχνητούς φραγμούς από τους οποίους αποτελείται ένας ΧΥΤ<sup>5</sup>, και να παρατηρήσουμε ότι στην καλύτερη των περιπτώσεων έχουν διάρκεια ζωής

<sup>5</sup> Τεχνητοί φραγμοί ΧΥΤ: Γεωμεμβράνη, Στρώση αποστράγγισης & σύστημα συλλογής στραγγισμάτων, Μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων, Δίκτυο συλλογής & μονάδα καύσης βιοαερίου, Τελική κάλυψη

από 20 έως 30 έτη (Cossu, 2005). Όπως όμως είναι γνωστό, α) η διάρκεια της αποδόμησης των στερεών αποβλήτων εντός του χώρου ταφής αγγίζει ή και ξεπερνάει τα 100 έτη (Kruempelbeck & Ehrig, 1999), β) ο ΧΥΤ θα έχει έσοδα μόνο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και γ) ότι θα πρέπει να παρακολουθείται για τουλάχιστον 30 έτη μετά την παύση λειτουργίας του, καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ❑ Μετά το τέλος και της περιόδου μεταφροντίδας του ΧΥΤ, πιθανότατα να μην έχει ολοκληρωθεί η παραγωγή στραγγισμάτων και βιοαερίου, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη περαιτέρω διαχείρισης αυτών, χωρίς όμως ο διαχειριστής να υποχρεώνεται από τη νομοθεσία να την αναλάβει. Η ευθύνη διαχείρισης του προβλήματος, κληροδοτείται κατ' αυτόν τον τρόπο, στις επόμενες γενιές.
- ❑ Ο εξοπλισμός και τα υλικά που απαρτίζουν ένα ΧΥΤ, μετά το τέλος και της περιόδου μεταφροντίδας του, θα έχουν ελάχιστη χρησιμότητα, οπότε πέρα από το περιβαλλοντικό κόστος, οι επόμενες γενιές επιβαρύνονται και το οικονομικό κόστος του προβλήματος.

Μια τέτοια κατάσταση δεν μπορεί να είναι αποδεκτή, για αυτό ακριβώς επιβάλλεται μια άλλη αντιμετώπιση του θέματος, που είναι γνωστή ως «αιφορική ταφή»:

- ❑ Το περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος διαχείρισης ενός ΧΥΤ θα πρέπει να καλύπτεται από τους χρήστες του και δεν πρέπει να μεταβιβάζεται στις επόμενες γενιές.
- ❑ Οι βασικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ΧΥΤ θα πρέπει να ολοκληρώνονται εντός της διάρκειας ζωής των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένος.
- ❑ Με το πέρας της χρονικής διάρκειας της μεταφροντίδας η απόθεση θα πρέπει να είναι σε τέτοια κατάσταση που να συνιστά αμελητέο ρίσκο για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Για να υπάρξει αιφορική διαχείριση του ΧΥΤ, το βάρος θα πρέπει να δοθεί στις διεργασίες που συντελούνται εντός αυτού και το συστηματικό έλεγχο με στόχο την ολοκλήρωσή τους μέχρι το τέλος της περιόδου μεταφροντίδας.

Η ΚΥΑ 29407/3508 για την υγειονομική ταφή, θέτει ένα νέο πλαίσιο για το σχεδιασμό των ΧΥΤΑ και με την εφαρμογή της, αναμένεται να αλλάξει σημαντική η σύσταση των αποβλήτων που τελικά θα καταλήγουν για ταφή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαφοροποιείται πλέον η συμπεριφορά των ΧΥΤ σε σχέση με αυτή που ήταν γνωστή μέχρι σήμερα και αυτομάτως οδηγεί στην αναζήτηση νέων κριτηρίων για το σχεδιασμό και τη λειτουργία τους σε σχέση με αυτά που ισχύουν σήμερα.

Η επεξεργασία των αποβλήτων ουσιαστικά οδηγεί σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων - ΧΥΤΥ - διότι η σύσταση των επεξεργασμένων πλέον αποβλήτων που εισέρχονται στο χώρο μεταβάλλει τις συνήθειες σε έναν ΧΥΤΑ διαδικασίες βιοαποικοδόμησης των απορριμμάτων και τον τρόπο διαχείρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου.

Οι εκπομπές των ρύπων από έναν ΧΥΤ καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πιθανά προκαλούνται σχετίζονται άμεσα με το είδος των απορριμμάτων που εισέρχονται στο χώρο και τα συστήματα που έχουν σχεδιαστεί για να τις αντιμετωπίσουν. Πολλές έρευνες μέχρι

σήμερα έχουν αποδείξει ότι η επεξεργασία των απορριμμάτων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΧΥΤ.

Η κατασκευή έργων για την επεξεργασία και αξιοποίηση των αποβλήτων επιβάλλεται και για τους παρακάτω λόγους:

- Τους στόχους που τίθενται για την επεξεργασία του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των απορριμμάτων βάσει της ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508.
- Τις απαιτήσεις της ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508: τόσο οι υφιστάμενοι όσο και οι νέοι ΧΥΤΑ που προγραμματίζονται θα πρέπει να δέχονται μόνο επεξεργασμένα στερεά απόβλητα.
- Την εμπειρία από τις δυσκολίες που συναντώνται στη χωροθέτηση των ΧΥΤΑ, η οποία ενισχύει την ανάγκη για μεγάλη διάρκεια ζωής των έργων αυτών.
- Τα αποτελέσματα από τη δραστηριοποίηση των Συστημάτων Εναλλακτικής διαχείρισης, που δεν είναι ακόμη ορατά.
- Τις απαιτήσεις του Ταμείου Συνοχής, σχετικά με την προεπεξεργασία, την ανακύκλωση και τη μείωση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων πριν την υγειονομική ταφή Η πρώτη προκαταβολή χρημάτων από το Τ.Σ. για ένα έργο, καταβάλλεται μετά την υποβολή λεπτομερούς σχεδίου δράσης σχετικά με τα ζητήματα αυτά.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τρόποι με τους οποίους διάφορες τεχνικές προεπεξεργασίας αλλά και πρακτικές των ΧΥΤΑ επιδρούν στην ποιότητα των εισερχόμενων αποβλήτων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ΧΥΤ, οι οποίες συσχετίζονται άμεσα με το οργανικό του φορτίο. Οι σταυροί (+) δείχνουν αύξηση της παραμέτρου και οι παύλες (-) δείχνουν μείωση, ενώ τα σκιασμένα κελιά δείχνουν ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ή γενικός κανόνας.

	Διάρκεια αποδόμησης	Όγκος ΧΥΤΑ	Οργανικό φορτίο εισόδου	Οργανικό φορτίο στραγγισμάτων	Οργανικό φορτίο βιοαερίου	Ποιότητα απόθεσης μετά από 40 έτη
ΜΒΕ	-	-	-	+	+	Μάλλον αποδεκτή
ΘΕ	---	---	---	---	---	Μάλλον Αποδεκτή
Τεμαχισμός	--	-		+	+	Μη αποδεκτή
Δεματοποίηση	+	-		--	--	Μη αποδεκτή
Επανακυκλοφορία				+	+	
Αναερόβιος ΧΥΤΑ		-		+	++	Μη αποδεκτή

Ένα σημαντικό συμπέρασμα από αυτό τον πίνακα είναι ότι μια αποδεκτή ποιότητα απόθεσης, υπό την έννοια του αμελητέου ρίσκου για το περιβάλλον, στο πέρας της μεταφροντίδας είναι εφικτή μόνο με τη χρήση **Μηχανικής – Βιολογικής ή / και Θερμικής Επεξεργασίας**. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις η κατάσταση της απόθεσης δεν μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να έχει αμελητέο περιβαλλοντικό ρίσκο.

Η μηχανική & βιολογική επεξεργασία (MBE) των απορριμμάτων (mechanical-biological pretreatment- MBP), καθώς και η αποτέφρωση με ενεργειακή αξιοποίηση είναι δύο τεχνικές οι οποίες εφαρμόζονται ευρέως σήμερα, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό, ανάλογα με το σχέδιο διαχείρισης που υπάρχει. Τρεις βασικές επιλογές υπάρχουν σύμφωνα με τα παραπάνω:

- Η MBE μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μεμονωμένη μέθοδος πριν την διάθεση των απορριμμάτων σε ΧΥΤ, προκειμένου να μειωθεί το οργανικό κλάσμα στο εισερχόμενο φορτίο του ΧΥΤ
- Η MBE μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν το πρώτο βήμα πριν τη θερμική επεξεργασία, με στόχο την παραγωγή ενέργειας και την αισθητή μείωση των απορριμμάτων που τελικά θα θάβονται
- Η τρίτη επιλογή προβλέπει τον συνδυασμό MBE και θερμικής επεξεργασίας και απαιτεί το διαχωρισμό των απορριμμάτων σε κλάσμα με υψηλή θερμογόνο αξία για τη θερμική επεξεργασία, και σε οργανικό κλάσμα για την βιολογική επεξεργασία πριν την υγειονομική ταφή.

### 1.2.2 ΧΥΤ Αποβλήτων τα οποία έχουν υποβληθεί σε Μηχανική – Βιολογική επεξεργασία

Οι μεταβολές που θα μπορούσαν να αναφερθούν και ως πλεονεκτήματα, που προσφέρει η διάθεση επεξεργασμένων στερεών αποβλήτων, σε σχέση με τη διάθεση ανεπεξέργαστων, αναμφίβολα είναι πάρα πολλά. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια παραδείγματα:

- Η βιολογική επεξεργασία των απορριμμάτων οδηγεί σε μείωση των εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σύγκριση πάντα με τις εκπομπές που προκαλούνται από ανεπεξέργαστα απορρίμματα. Πιο συγκεκριμένα η αερόβια επεξεργασία των απορριμμάτων είναι δυνατό να μειώσει κατά 95% τις αέριες εκπομπές από τα απορρίμματα πριν αυτά διατεθούν σε ΧΥΤ (Cossu et al, 2000). Τα αποτελέσματα που υπάρχουν μέχρι σήμερα από την κατασκευή ΧΥΤ στους οποίους οδηγούνται επεξεργασμένα απορρίμματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά.
- Η μάζα των επεξεργασμένων απορριμμάτων μειώνεται από 20-40%, ενώ η πυκνότητά τους μετά από συμπίεση αυξάνεται από 0,8-0,9 t/m<sup>3</sup> σε 1,2 – 1,4 t/m<sup>3</sup>, με αποτέλεσμα μείωση του μεγέθους του ΧΥΤ μέχρι και 60% σε σύγκριση πάντα με χώρους που δέχονται ανεπεξέργαστα απορρίμματα (Leikam, Stegman, 1997, Scheelaase, Bidlingmayer 1997).
- Τέλος, η ποιότητα των εκπομπών από ένα ΧΥΤ που δέχεται επεξεργασμένα απόβλητα βελτιώνεται σημαντικά, αρκεί να αναφερθεί ότι έχει παρατηρηθεί μείωση του COD και του συνολικού αζώτου κατά 90% στα παραγόμενα στραγγίσματα, καθώς επίσης και μείωση του ρυθμού παραγωγής αέριων ρύπων.
- Η ποσότητα του βιοαερίου που εκπέμπεται κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της λειτουργίας ενός ΧΥΤ που δέχεται απορρίμματα που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία ανέρχεται στα 150 m<sup>3</sup>/Mg ενώ στην περίπτωση ΧΥΤ που δέχεται επεξεργασμένα μειώνεται μόλις στα 20 m<sup>3</sup>/Mg. Αντίστοιχα παρατηρούνται μειώσεις και στην ποσότητα / ποιότητα υγρών ρύπων (στραγγίσματα), ανάλογα και με την σύσταση των αποβλήτων και τις κλιματολογικές συνθήκες. Οι καθιζήσεις που

πραγματοποιούνται σε έναν ΧΥΤ που δέχεται επεξεργασμένα απόβλητα, σε σύγκριση με αυτές που πραγματοποιούνται σε έναν ΧΥΤ που δέχεται σύμμεικτα αστικά είναι πολύ μικρές. Αυτό οφείλεται κυρίως στα μεγάλα ποσοστά συμπίεσης που επιτυγχάνονται σε έναν ΧΥΤ που δέχεται επεξεργασμένα απόβλητα (Stegmann & Heyer, 2002).

Κάποια μειονεκτήματα ή προβλήματα που παρουσιάζουν αυτές οι μέθοδοι, παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Κατά τη μηχανική προ-επεξεργασία, αφαιρείται το υψηλής θερμιδικής αξίας κλάσμα των ΑΣΑ και στη συνέχεια, τα βιολογικά σταθεροποιημένα απόβλητα δεν περιέχουν δομικά στοιχεία και ομοιάζουν με “χώμα”. Αυτό το υλικό καθιστά δύσκολες τις εργασίες ταφής, ειδικά όταν το περιεχόμενο σε υγρασία είναι είτε πολύ υψηλό, είτε πολύ χαμηλό. Όταν το περιεχόμενο σε υγρασία είναι υψηλό, υπάρχει ο κίνδυνος ατυχημάτων ή δυσλειτουργίας του κινητού εξοπλισμού λειτουργίας του ΧΥΤ (Doedens, 2004). Σε αυτές τις περιπτώσεις ενδείκνυται η δεματοποίηση

Κατά τη βιολογική επεξεργασία, το πρόβλημα είναι ότι για να υπάρχει μια αποδεκτή τελική ποιότητα για διάθεση, η επεξεργασία πρέπει να κρατήσει τουλάχιστον 14-16 εβδομάδες, γεγονός που ανεβάζει σημαντικά το κόστος της σε σημείο που το καθιστά αποτρεπτικό. Βιολογική επεξεργασία μικρότερης διάρκειας πρέπει να συνδυάζεται με εξαναγκασμένο αερισμό, ως τεχνική αποκατάστασης – ολοκλήρωσης της αποδόμησης.

### 1.2.3 ΧΥΤ Αποβλήτων τα οποία έχουν υποβληθεί σε Θερμική επεξεργασία

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν για ένα ΧΥΤ που δέχεται απόβλητα τα οποία έχουν υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία, είναι:

- η μείωση του μεγέθους του ΧΥΤ μέχρι και 90% σε σύγκριση πάντα με χώρους που δέχονται ανεπεξέργαστα απορρίμματα,
- η εκμηδένιση των εκπομπών βιοαερίου κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της λειτουργίας,
- οι καθιζήσεις που πραγματοποιούνται σε έναν ΧΥΤ που δέχεται υπολείμματα θερμικής επεξεργασίας είναι πολύ μικρές, λόγω των μεγάλων ποσοστών συμπίεσης που επιτυγχάνονται.

Τα υπολείμματα της θερμικής επεξεργασίας έχουν ένα μεγάλο δυναμικό εκπομπής ρύπων, και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αδρανή. Συχνά, οι ΧΥΤ υπολειμμάτων θερμικής επεξεργασίας περιγράφονται ως «ενεργοί» ΧΥΤ, αφού λαμβάνουν χώρα φυσικοχημικές διεργασίες και παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες (80-90°C) (Lichtensteiger, 1995). Επιπρόσθετα, πολλές φορές παρατηρείται έκλυση υδρογόνου. Δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα για την ποιότητα των στραγγισμάτων τα οποία δημιουργούνται σε τέτοιους ΧΥΤ, αλλά από τα υπάρχοντα δεδομένα, παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις σε ανθρακικά άλατα, άζωτο, θειικά άλατα και χλωριούχα, αλλά κυρίως, υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC). Πολύ λίγα είναι γνωστά για τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά τέτοιων ΧΥΤ και την κατάλληλη διαχείρισή τους (π.χ. αναφορικά με την εκπομπή σκόνης). Για αυτά τα απόβλητα, η τελική κάλυψη θα πρέπει να κατασκευάζεται αμέσως μόλις επιτευχθούν τα τελικά υψόμετρα, ούτως ώστε, να παράγονται ελάχιστα στραγγίσματα. Πάντως, απαιτούνται σημαντικές μελέτες για το δυναμικό παραγωγής των

στραγγισμάτων που προκύπτουν από χώρους ταφής υπολειμμάτων θερμικής επεξεργασίας, έτσι ώστε να θεωρηθούν αμελητέας επικινδυνότητας στο τέλος της περιόδου μεταφροντίδας. Αν στο χώρο ταφής γίνεται ταφή και άλλων ειδών αποβλήτων, απαιτείται μελέτη των φαινομένων σε μεγάλο βάθος για να διασφαλιστεί αμελητέο περιβαλλοντικό ρίσκο.

Σε κάθε περίπτωση, οι ΧΥΤ αυτοί, θα πρέπει να παρακολουθούνται και πιθανώς να επιδιορθώνονται και μετά την περίοδο μεταφροντίδας τους.

### **1.3 Λήψη αποφάσεων στη διαχείριση στερεών αποβλήτων**

#### **1.3.1 Εισαγωγή**

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα παρατηρείται μία μεγάλη ανάπτυξη των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Παρόλα αυτά, δε υπάρχουν ουσιαστικές εξελίξεις σε ότι αφορά την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων, δηλαδή την εισαγωγή στο σύστημα διαχείρισης μεθόδων επεξεργασίας πριν από την ταφή για την ανάκτηση χρήσιμων υλικών και ενέργειας.

Ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων, προσεγγίσεων και εργαλείων μοντελοποίησης έχουν αναπτυχθεί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων (Finnveden & Moberg, 2005, Olofsson, 2004).

Μερικά από αυτά τα εργαλεία, επικεντρώνονται στην περιβαλλοντική απόδοση των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων, όπως για παράδειγμα η εκτίμηση του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment – LCA). Άλλα εργαλεία επικεντρώνονται στην οικονομική απόδοση αυτών των συστημάτων, όπως η ανάλυση κόστους-οφέλους (Cost-Benefit Analysis – CBA) και η κοστολόγηση του κύκλου ζωής (Life-Cycle Costing – LCC). Άλλοι τύποι οικονομικών μοντέλων, όπως είναι τα μοντέλα ισορροπίας, δύναται να περιλαμβάνουν μια περιβαλλοντική διάσταση. Επιπλέον, μοντέλα ενεργειακών συστημάτων, μπορούν να περιλαμβάνουν τα απόβλητα ως ένα είδος καυσίμων και έτσι να καθίστανται συναφή με τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.

Το μεγάλο πλήθος των διαφορετικών μεθόδων που είναι διαθέσιμες, μπορεί να προκαλέσει σύγχυση, γεγονός που καθιστά αναγκαίο τον χαρακτηρισμό των προσεγγίσεων με σκοπό την επιλογή του καταλληλότερου κατά περίπτωση εργαλείου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται εν συντομία ορισμένα από τα εργαλεία που έχουν συνάφεια με τη διαχείριση αποβλήτων. Τα χαρακτηριστικά που θα χρησιμοποιηθούν, περιλαμβάνουν τα είδη των επιπτώσεων, τα υπό μελέτη αντικείμενα και το κατά πόσο ένα εργαλείο αναφέρεται σε διαδικασίες (procedural tools), ή είναι αναλυτικό (analytical tools) (Wrisberg et al, 2002). Τα εργαλεία που αναφέρονται σε διαδικασίες, επικεντρώνονται στις διαδικασίες και τις συνδέσεις με το κοινωνικό περιεχόμενο και τη λήψη αποφάσεων. Τα αναλυτικά εργαλεία, επικεντρώνονται στην τεχνική διάσταση της ανάλυσης. Τα αναλυτικά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο των εργαλείων που αναφέρονται σε διαδικασίες.

#### **1.3.2 Σύντομη παρουσίαση εργαλείων**

Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων – ΕΠΕ (Environmental Impact Assessment – EIA) και η στρατηγική περιβαλλοντικής εκτίμησης – ΣΠΕ (Strategic Environmental Assessment – SEA), αποτελούν εργαλεία που αναφέρονται σε διαδικασίες.

Η ΕΠΕ αποτελεί ένα καθιερωμένο εργαλείο, κυρίως για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα εργαλεία που εξετάζονται, σε γενικές γραμμές αποτελεί εργαλείο μία συγκεκριμένη κάθε φορά περιοχή. Η πιθανή χωροθέτηση του υπό μελέτη έργου / δραστηριότητας καθώς και οι συνδεδεμένες με αυτή εκπομπές ρύπων είναι συνήθως γνωστές και η ΕΠΕ χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση εναλλακτικών χώρων. Η ΣΠΕ αποτελεί ένα πιο πρόσφατο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται σε προγενέστερο στάδιο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, σε ένα πιο στρατηγικό επίπεδο, στη διαμόρφωση πολιτικών, σχεδιασμού και προγραμμάτων. Εφόσον η ΣΠΕ χρησιμοποιείται σε τέτοιο επίπεδο, η ακριβής χωροθέτηση των διαφόρων πηγών των εκπομπών μπορεί να μην είναι γνωστή, γεγονός που επιβάλλει τη χρήση διαφορετικών μεθόδων αξιολόγησης σε σύγκριση με την παραδοσιακή ΕΠΕ. Καθώς και τα δύο αυτά εργαλεία αναφέρονται σε διαδικασίες, απαιτείται η χρήση διάφορων αναλυτικών εργαλείων που θα συμπληρώνουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για παράδειγμα η εκτίμηση του κύκλου ζωής καθώς και η εκτίμηση επικινδυνότητας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως τμήματα μιας ΣΠΕ (Finnveden et al, 2003). Τόσο η ΕΠΕ όσο και η ΣΠΕ, περιλαμβάνουν την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και τη χρήση των φυσικών πόρων. Μερικές φορές είναι χρήσιμη και η οικονομική και κοινωνική διάσταση, αλλά η ένταξή τους δεν αποτελεί γενικευμένη πρακτική.

Η **εκτίμηση του κύκλου ζωής** – ΕΚΖ, είναι ένα εργαλείο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των καταναλισκόμενων πόρων κατά τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, από την απόκτηση των πρώτων υλών, έως την παραγωγή, τη χρήση και την απόρριψή του. Ο όρος προϊόν μπορεί να περιλαμβάνει και υπηρεσίες ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων.

Για την τυποποίηση της ΕΚΖ έχει δημιουργηθεί ένα πρότυπο κατά ISO, το οποίο παρέχει ένα πλαίσιο, ορολογία και ένα φάσμα μεθοδολογικών επιλογών. Μία ΕΚΖ υποδιαιρείται σε τέσσερις φάσεις (Rebitzer et al, 2004): Τον ορισμό στόχου και σκοπού, την καταγραφή των στοιχείων (που περιλαμβάνει συνδυασμό δεδομένων εισόδου και εξόδου του συστήματος), την εκτίμηση του κύκλου ζωής των επιπτώσεων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η εκτίμηση του κύκλου ζωής των επιπτώσεων με τη σειρά της υποδιαιρείται σε περισσότερα στοιχειώδη μέρη, μερικά εκ των οποίων είναι προαιρετικά (Pennington et al, 2004). Τα κύρια μέρη (η επιλογή των κατηγοριών επιπτώσεων και των μοντέλων, η ταξινόμηση και ο χαρακτηρισμός τους), στοχεύουν στην περιγραφή της συμβολής του υπό μελέτη συστήματος σε ένα αριθμό κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως είναι η εξάντληση των πρώτων υλών, οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και οι οικολογικές συνέπειες. Ένα από τα προαιρετικά μέρη στην εκτίμηση του κύκλου ζωής των επιπτώσεων, είναι και η στάθμιση (weighting) και περιλαμβάνει την συγκριτική αποτίμηση των διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων. Για να είναι εφικτή η στάθμιση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι ποσοτικοποίησης, ή πολύ-κριτηριακές τεχνικές ανάλυσης. Η ΕΚΖ έχει εξελιχθεί σε σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση αποβλήτων και τη διαμόρφωση πολιτικών.

Η **ανάλυση κόστους οφέλους**, αποτελεί ένα αναλυτικό εργαλείο για την εκτίμηση του συνολικού κόστους και των ωφελειών που προκύπτουν από ένα έργο ή μία δραστηριότητα. Αποτελεί ένα καθιερωμένο εργαλείο σύμφωνα με το οποίο το συνολικό κόστος και όφελος, συμπεριλαμβανομένου και του περιβαλλοντικού κόστους, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να ποσοτικοποιούνται. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα αγαθά και οι υπηρεσίες τα οποία είτε είναι προς πώληση είτε όχι, θα πρέπει να αποκτήσουν αξία σε χρήμα (Johansson, 1993). Κατά



την αξιολόγηση, τα κόστη συγκρίνονται με τα οφέλη. Αν και συνήθως εφαρμόζεται σε έργα ή υπηρεσίες, η χρήση του εργαλείου είναι δυνατή και σε ένα πιο ευρύ φάσμα εφαρμογών, ειδικά ως μέθοδος αξιολόγησης / αποτίμησης.

Η **ανάλυση κόστους κύκλου ζωής** - AKKZ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του κόστους ενός προϊόντος ή υπηρεσίας από τη σκοπιά του κύκλου ζωής. Πρόκειται για ένα αναλυτικό εργαλείο το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικές κατηγορίες κόστους. Εάν η AKKZ περιλαμβάνει εξωτερικά κόστη (δηλαδή κοινωνικά κόστη όπως για παράδειγμα η μόλυνση του περιβάλλοντος), τότε μπορεί να είναι παρόμοια με την ανάλυση κόστους-οφέλους.

Η **εκτίμηση επικινδυνότητας** (Risk Assessment), αποτελεί ένα ευρύτερο όρο ο οποίος περιλαμβάνει διάφορα εργαλεία εκτίμησης. Εδώ γίνεται μία διάκριση μεταξύ της εκτίμησης επικινδυνότητας χημικών ουσιών και την εκτίμηση επικινδυνότητας ατυχημάτων. Η δεύτερη, δύναται να εμπεριέχει και την περιβαλλοντική διάσταση. Η εκτίμηση επικινδυνότητας ατυχημάτων, αναφέρεται σε μη-προσχεδιασμένα περιστατικά όπως είναι για παράδειγμα οι εκρήξεις και οι πυρκαγιές. Αυτό το γεγονός, έρχεται σε αντίθεση με την εκτίμηση επικινδυνότητας των χημικών, όπου η διασπορά τους είναι συχνά προσχεδιασμένη και αποτελεί πολλές φορές, μέρος της χρήσης τους. Κατά την εκτίμηση επικινδυνότητας των χημικών, η εκτίμηση της έκθεσης, συμπεριλαμβανομένης μιας περιγραφής της φύσης και του μεγέθους του εκτιθέμενου στόχου, όπως επίσης και το μέγεθος και η διάρκεια της έκθεσης, συνδυάζονται με μία εκτίμηση της επίδρασης (Olsen et al, 2001). Σκοπό της εκπόνησης της εκτίμησης επικινδυνότητας, μπορεί να αποτελεί ο καθορισμός τιμών στόχου ή αποδεκτής επικινδυνότητας. Εκτίμηση επικινδυνότητας ουσιών μπορεί επίσης να διεξαχθεί για ένα συγκεκριμένο έργο, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν μοντέλα εξειδικευμένα στο συγκεκριμένο χώρο, για την εκτίμηση της έκθεσης. Τέτοιου είδους εκτιμήσεις μπορεί να αποτελούν μέρος μιας ΕΠΕ, ούτως ώστε να εκτιμηθεί η επικινδυνότητα για τον πληθυσμό της ευρύτερης περιοχής γύρω από μία εγκατάσταση διαχείρισης αποβλήτων (Ferre-Huguet et al, 2006). Κατά την εκτίμηση επικινδυνότητας ατυχημάτων, η πιθανότητα για να λάβει χώρα ένα ατύχημα, συνδέεται με μία εκτίμηση για τις πιθανές συνέπειες του ατυχήματος.

Η **λογιστική ροής υλικών** (Material Flow Accounting – MFA), αποτελεί μια οικογένεια μεθόδων (Bringenzu et al, 1997). Η ανάλυση ροής συστατικού (Substance Flow Analysis – SFA), αποτελεί ένα τύπο λογιστικής ροής υλικών η οποία επικεντρώνεται σε ένα συγκεκριμένο συστατικό μέσα σε ένα σύστημα. Όπως και οι άλλοι τύποι λογιστικής ροής υλικών, επικεντρώνεται στα δεδομένα εισόδου, αλλά επιπλέον, παρακολουθεί τα συστατικά μέχρι και την έξοδο από το σύστημα. Αυτή η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων.

Το **σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης** (Environmental Management System – EMS), και περιβαλλοντικής επιθεώρησης, αποτελεί ένα εργαλείο που αναφέρεται σε διαδικασίες (Wrisberg et al, 2002). Το EMAS (Eco Management & Audit Scheme) και το ISO 14001, αποτελούν δύο πρότυπα του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης, που χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι διασφάλισης της περιβαλλοντικής επίδοσης εταιριών, φορέων και οργανισμών. Η περιβαλλοντική επιθεώρηση αποτελεί μία περιγραφική εκτίμηση η οποία τυπικά περιλαμβάνει περιβαλλοντικές παραμέτρους καθώς και την χρήση πόρων.

Διαφορετικοί τύποι οικονομικής εκτίμησης λαμβάνουν χώρα σε μόνιμη βάση. Για παράδειγμα, πριν τη λήψη αποφάσεων που αφορά ένα έργο, είθισται να γίνεται μια

οικονομική ανάλυση της επένδυσης. Εάν το υποψήφιο έργο είναι πολυσύνθετο ως σύστημα, όπως για παράδειγμα ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων για ένα φορέα διαχείρισης, το οποίο περιλαμβάνει έναν αριθμό διαφορετικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας, θα πρέπει να γίνει χρήση μοντέλου για την οικονομική ανάλυση.

Διαφορετικές προτάσεις πολιτική, συνήθως συνοδεύονται από την εκτίμηση επιπτώσεων. Στην Ε.Ε. η εκτίμηση επιπτώσεων απαιτείται για τη χάραξη όλων των προτάσεων πολιτικής που προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το περιεχόμενο και οι φιλοδοξίες τέτοιων εκτιμήσεων, μπορεί να ποικίλει, ενώ πολλές φορές περιλαμβάνουν και την περιβαλλοντική διάσταση.

Τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι πολλές φορές συνυφασμένα με τα ενεργειακά συστήματα. Αν και τις περισσότερες φορές τα απόβλητα αποτελούν ένα περιορισμένο μέρος των εθνικών ενεργειακών συστημάτων, θα μπορούσαν να αποτελούν ουσιαστικό κομμάτι περιφερειακών / τοπικών ενεργειακών συστημάτων.

Η **εκτίμηση του εξωτερικού κόστους / οφέλους** και κατόπιν η ενσωμάτωσή του (internalisation) στις υφιστάμενες τιμές της αγοράς και στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων μπορεί να μεταβάλλει σημαντικά την ανταγωνιστικότητα συστημάτων και τεχνολογιών διαχείρισης απορριμμάτων, που με βάση αυστηρά ιδιωτικο-οικονομικά κριτήρια πιθανόν να εμφανίζονται ως δαπανηρές λύσεις. Όμως, η σύγχρονη απαίτηση για βιώσιμη ανάπτυξη επιβάλλει τη λήψη των αποφάσεων στη βάση μιας ολοκληρωμένης οικονομικής αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις ιδιωτικο-οικονομικές χρηματοροές όσο και τις περιβαλλοντικές ζημιές, στη βάση της μεγιστοποίησης του κοινωνικού οφέλους. Στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκε η μέθοδος της εκτίμησης του εξωτερικού κόστους/οφέλους, για να εκτιμηθούν οι γενικευμένες επιπτώσεις και τα κόστη στη διαχείριση στερεών αποβλήτων.

Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου για κάθε περίπτωση βασίζεται κυρίως σε δύο άξονες: Στο υπό μελέτη αντικείμενο και στις επιπτώσεις που το αφορούν (Finnveden & Moberg, 2005). Στον παρακάτω πίνακα έχουν ταξινομηθεί τα διάφορα εργαλεία που αναφέρθηκαν, σε σχέση με τους δύο αυτούς άξονες. Ο πίνακας αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός για την επιλογή μεθόδου αξιολόγησης.

Τύπος αντικειμένου	Κατηγορία επιπτώσεων		
	Περιβαλλοντική διάσταση	Περιβαλλοντική & Οικονομική διάσταση	Οικονομική διάσταση
Έργα	ΕΠΕ	Ανάλυση κόστους-οφέλους	
Πολιτικές, σχεδιασμός, προγράμματα	ΣΠΕ	Εκτίμηση επιπτώσεων	Εκτίμηση επιπτώσεων
Οργανισμοί, εταιρίες, φορείς	Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης		Συστήματα μοντέλων διαχείρισης αποβλήτων ή ενεργειακών συστημάτων
Προϊόντα/ υπηρεσίες	ΕΚΖ	ΑΚΚΖ	ΑΚΚΖ
Χημικές ουσίες	Ανάλυση ροής συστατικού, εκτίμηση επικινδυνότητας		

### 1.3.3 Τα εργαλεία συστημάτων ανάλυσης

Οι διάφορες μέθοδοι θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως εργαλεία συστημάτων ανάλυσης. Αν και οι προσδοκίες από τέτοια συστήματα είναι πολλές φορές υψηλές, οι προσδοκίες αυτές συχνά δεν εκπληρώνονται. Ένας λόγος θα μπορούσε να είναι ότι τελικά δεν επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος. Ένας άλλος λόγος θα μπορούσε να είναι ότι τα δεδομένα και οι αβεβαιότητες της μεθόδου είναι τέτοια σε πλήθος, όπου δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Ακολούθως, παρατίθενται κάποια προβληματικά σημεία, κάποια από τα οποία είναι κοινά για διάφορες μεθόδους, ενώ κάποια άλλα αφορούν μεμονωμένες μεθόδους.

#### Περιορισμοί στις πιθανότητες πρόβλεψης του μέλλοντος

Τα εργαλεία συχνά χρησιμοποιούνται για την πληροφόρηση των ενδιαφερομένων μερών που καλούνται να λάβουν μια απόφαση, σχετικά με τις πιθανές συνέπειες της απόφασης αυτής. Οι επενδύσεις στο χώρο της διαχείρισης αποβλήτων μπορεί να πραγματοποιούνται σε ένα πολύ μεγάλο βάθος χρόνου. Για παράδειγμα μία μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων, μπορεί να έχει μια διάρκεια ζωής πολλών δεκαετιών. Οι συνέπειες μιας τέτοιας επένδυσης θα εξαρτάται λοιπόν από τις μελλοντικές εκτιμήσεις που αφορούν για παράδειγμα, τις ενεργειακές τιμές, που όπως είναι γνωστό είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθούν. Αν και υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση πιθανών περιβαλλοντικών εξελίξεων, είναι ξεκάθαρο ότι το μέλλον είναι από τη φύση του αβέβαιο. Το γεγονός αυτό εισάγει την αβεβαιότητα στην εκτίμηση.

#### Περιορισμοί στη γνώση αναφορικά με τη σύσταση των αποβλήτων

Η κοινωνία μας κυριολεκτικά διαχειρίζεται χιλιάδες χημικές ουσίες. Η γνώση μας σχετικά με το πώς αυτές οι ουσίες χρησιμοποιούνται και σε ποια προϊόντα απαντώνται, είναι συχνά περιορισμένη. Αυτό σημαίνει ότι όταν διαφορετικά προϊόντα καταλήγουν ως απόβλητα, έχουμε περιορισμένη γνώση αναφορικά με το περιεχόμενο των διαφορετικών αποβλήτων. Από τη στιγμή που μπορούμε να αναλύσουμε μόνο ένα μικρό κλάσμα των χιλιάδων χημικών τα οποία καταλήγουν για διάθεση σε ένα ΧΥΤΑ, δεν είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε όλες τις πιθανές εκπομπές ρύπων από αυτό το ΧΥΤΑ (Oman, 1998).

#### Περιορισμοί στην επιστημονική κατανόηση των διεργασιών

Ακόμη και αν ξέρουμε τη σύσταση των αποβλήτων, μπορεί να έχουμε περιορισμούς στην κατανόηση των διαφόρων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα, οπότε θα έχουμε περιορισμούς και στην πρόβλεψη των πιθανών επιπτώσεων. Υπάρχουν ρύποι όπως είναι οι διοξίνες, οι οποίοι έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον μεγάλης μερίδας ερευνητών. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν πάρα πολλοί ρύποι, για τους οποίους έχουμε περιορισμένη γνώση. Άλλος ένας παράγοντας που περιπλέκει περισσότερο την κατάσταση, είναι η εξέλιξη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα σε πολλές χώρες, η τελική διάθεση αποβλήτων σε ΧΥΤΑ, δεν περιλαμβάνει το οργανικό κλάσμα. Όμως, ένα μεγάλο κομμάτι των γνώσεών μας, περιορίζεται σε διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε ΧΥΤΑ σύμμεικτων στερεών αποβλήτων. Έτσι λοιπόν, η συμπεριφορά ενός μοντέρνου ΧΥΤΑ σε βάθος χρόνου δεν έχει μελετηθεί και τα δεδομένα που έχουμε αυτή τη στιγμή δεν επαρκούν για να κατανοήσουμε πλήρως αυτές τις διεργασίες.

## Επιλογή κατάλληλου χρονικού πλαισίου

Για ορισμένα από τα εργαλεία που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, όπως είναι η εκτίμηση επικινδυνότητας, τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν ως συγκεντρώσεις σε συνάρτηση με το χρόνο. Για άλλα εργαλεία, τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να εκφράζονται παραδείγματος χάρη, ως ποσότητες εκπομπών, χωρίς καμία πληροφορία αναφορικά με τη συγκέντρωση ή τη χρονική ανάλυση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι ποσότητες αυτές υπολογίζονται βάση κάποιας χρονικής περιόδου. Η επιλογή αυτής της περιόδου δεν αποτελεί πρόβλημα, αλλά ειδικά όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων, είναι καταλυτική. Για παράδειγμα, οι εκπομπές ρύπων από ένα ΧΥΤΑ, μπορεί να συνεχίζονται για χιλιάδες χρόνια. Μια σημαντική ερώτηση που μπορεί να τεθεί, είναι πως τελικά αξιολογούνται οι μελλοντικές εκπομπές ως προς τις παρούσες. Αξιολογούνται ως εξίσου σημαντικές, λιγότερο ή περισσότερο σημαντικές; Αυτές οι ερωτήσεις είναι φυσικά συνυφασμένες με την ηθική διάσταση του θέματος, όσον αφορά το ενδιαφέρον μας για τις μελλοντικές γενιές (Hellweg et al, 2003). Με οικονομικούς όρους, το θέμα αντιμετωπίζεται τυπικά, με την απαξίωση των μελλοντικών επιπτώσεων, αξιολογώντας κατά αυτόν τον τρόπο τις μελλοντικές επιπτώσεις ως μικρότερης σημασίας. Στην εκτίμηση κύκλου ζωής, συνήθως υπολογίζεται το σύνολο των εκπομπών ανεξαρτήτως χρονικής ανάλυσης, ή ακόμη με την επιλογή ενός χρονικού πλαισίου με την πάροδο του οποίου, δεν λαμβάνονται υπόψη οι μελλοντικές εκπομπές (Finnveden, 1999).

## 1.4 Υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο

### 1.4.1 Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1-2) συνοψίζεται το βασικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα.

**Πίνακας 1-2 Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης ΑΣΑ**

Νομοθεσία	Στοιχεία Ενδιαφέροντος
ΚΥΑ 50910/2727	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων</li> <li>☞ Καθορισμός Φορέων Διαχείρισης και των υποχρεώσεών τους</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για τη σύνταξη των περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων</li> <li>☞ Στόχοι για βιοαποδομήσιμα, ελαστικά, λάσπες ΕΕΛ, κλπ.</li> <li>☞ Κατάλογος Αποβλήτων</li> <li>☞ Κωδικοποίηση των εργασιών διάθεσης και αξιοποίησης</li> <li>☞ Υποχρεώσεις για την παρακολούθηση της προόδου και την ενημέρωση των αρμόδιων αρχών</li> </ul>
ΚΥΑ 29407/3508	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Κατηγορίες χώρων υγειονομικής ταφής</li> <li>☞ Αποδεκτά/ μη αποδεκτά απόβλητα κατά κατηγορία χώρου υγειονομικής ταφής</li> <li>☞ Τεχνικές Προδιαγραφές ανά κατηγορία χώρου υγειονομικής ταφής</li> <li>☞ Ελάχιστες πληροφορίες που απαιτούνται για αίτηση άδειας για ΧΥΤ</li> <li>☞ Δαπάνες ταφής που πρέπει να καλύπτονται από το τέλος χρήσης</li> <li>☞ Διαδικασίες αποδοχής αποβλήτων</li> <li>☞ Διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης κατά τη φάση λειτουργίας</li> <li>☞ Διαδικασία παύσης λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας</li> <li>☞ Αναφορά στους υφιστάμενους ΧΥΤΑ, για τους οποίους ορίζονται συγκεκριμένες προθεσμίες λήψης μέτρων διευθέτησης</li> <li>☞ Τίθενται στόχοι για τη μείωση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων που καταλήγει σε ΧΥΤ</li> </ul>
ΚΥΑ 114218/1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές συλλογής, προσωρινής αποθήκευσης και μεταφοράς στερεών αποβλήτων</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές μεταφόρτωσης στερεών αποβλήτων</li> <li>☞ Όρους και κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για συστήματα διαλογής στην πηγή</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για τους χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για τους χώρους υγειονομικής ταφής αδρανών αποβλήτων</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για τις εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων</li> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης ιλύων από την επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων</li> <li>☞ Περιγραφή γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων</li> </ul>
ΚΥΑ 4661/232	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Τεχνικές προδιαγραφές για χώρους υγειονομικής ταφής μικρής δυναμικότητας (σε νησιά ή απομονωμένους οικισμούς) με δυναμικότητα έως 1.000 τόνους ετησίως ή συνολική δυναμικότητα 15.000 τόνων οι οποίοι ανήκουν ταυτόχρονα στον κατάλογο του ΥΠΕΧΩΔΕ (απόφαση της 10/11/2005).</li> <li>☞ Μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων για την επιλογή των απαιτούμενων τεχνικών μέτρων</li> </ul>

Νομοθεσία	Στοιχεία Ενδιαφέροντος
ΚΥΑ Η.Π. 13588/725	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Ορισμός των «επικινδύνων» αποβλήτων</li> <li>☞ Αρχές και στόχοι της διαχείρισης των Επικινδύνων Αποβλήτων,</li> <li>☞ Εθνικός Σχεδιασμός και Γενικές Τεχνικές Προδιαγραφές Διαχείρισης</li> <li>☞ Χαρακτηρισμός αποβλήτων και Σύσταση Επιστημονικής Επιτροπής για το χαρακτηρισμό ενός αποβλήτου ως «επικίνδυνο»</li> <li>☞ Εξυγίανση ή/και αποκατάσταση χώρων και Οριστική παύση λειτουργίας εγκαταστάσεων ή χώρων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων</li> <li>☞ Υποχρεώσεις του κατόχου επικινδύνων αποβλήτων</li> <li>☞ Υποχρεώσεις παραγωγών και φορέων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων</li> <li>☞ Εξυγίανση – αποκατάσταση χώρων ρυπασμένων από επικίνδυνα απόβλητα</li> <li>☞ Ελέγχους από αρμόδιες υπηρεσίες</li> <li>☞ Διαδικασίες ενημέρωσης του ΥΠΕΧΩΔΕ</li> </ul>
ΕΙΔΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Νόμος 2939/2001, ΦΕΚ 179Α/2001, σχετικά με τις συσκευασίες και την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ)</li> <li>☞ Π.Δ 115/2004 σχετικά με τα μέτρα, όρους και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των χρησιμοποιημένων Ηλεκτρικών Στηλών και Συσσωρευτών.</li> <li>☞ Π.Δ 109/2004 για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων.</li> <li>☞ Π.Δ 116/2004 (ΦΕΚ 81Α / 5.3.2004) αναφορικά με τα μέτρα, τους όρους και το πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των ΟΤΚΖ, των χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τους και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπών.</li> <li>☞ Π.Δ 117/2004, σχετικά με τα μέτρα και όρους για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικινδύνων ουσιών στα είδη αυτά. Πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείρισή τους.</li> <li>☞ Π.Δ 82/2-3-2004, σχετικά με τα μέτρα για τη διαχείριση και διάθεση των απόβλητων λιπαντικών ελαίων.</li> <li>☞ Η κοινοτική οδηγία 94/62 για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.</li> <li>☞ Η ΚΥΑ 80568/4225/1991 (ΦΕΚ 641/7.8.91) αναφορικά με τις μεθόδους, όρους και περιορισμούς για τη χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από την επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων</li> <li>☞ Η ΚΥΑ 7589/731/2000 (ΦΕΚ Β 514/11.4.00) σχετικά με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη διαχείριση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT)</li> <li>☞ Η ΚΥΑ 18083/1098 Ε.103/ 2003 (ΦΕΚ Β 606/15.5.03) αναφορικά με τα σχέδια διάθεσης /απολύμανσης συσκευών που περιέχουν PCB – Γενικές κατευθύνσεις για τη συλλογή και μετέπειτα διάθεση συσκευών και αποβλήτων με PCB, σύμφωνα με το άρθρο 7 της κοινής υπουργικής απόφασης 7589/731/2000 (Β' 514)</li> <li>☞ Η ΚΥΑ 37591/2031/2003 (ΦΕΚ Β1419/ 1.10.03) σχετικά με τα μέτρα και όρους για τη διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες.</li> </ul>

Από όλα τα παραπάνω, ιδιαίτερη μνεία αξίζει να γίνει στην ΚΥΑ 29407/3508 που αποτελεί την εναρμόνιση του εθνικού πλαισίου με την οδηγία 99/31 περί υγειονομικής ταφής.

Στην ΚΥΑ αυτή:

- ορίζεται ο γενικός στόχος, που είναι ο καθορισμός μέτρων, διαδικασιών και κατευθύνσεων για την κατά το δυνατόν πρόληψη ή μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οποιουδήποτε κινδύνου που προκύπτει για την υγεία του ανθρώπου από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων, καθ' όλο τον κύκλο ζωής του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ)
- κατηγοριοποιούνται οι ΧΥΤΑ ανάλογα με τα απόβλητα που υποδέχονται (αδρανή, επικίνδυνα, μη επικίνδυνα)
- περιλαμβάνονται τα αποδεκτά απόβλητα κατά κατηγορία χώρου υγειονομικής ταφής
- καθορίζονται τα μη αποδεκτά απόβλητα σε ΧΥΤΑ και οι επεξεργασίες τους
- τίθενται όροι και στόχοι για τη μείωση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων που καταλήγει σε ΧΥΤ αλλά και την προεπεξεργασία των αποβλήτων πριν την ταφή
- αναφέρονται οι δαπάνες ταφής που πρέπει να καλύπτονται από την τιμή που χρεώνει ο φορέας εκμετάλλευσης
- καταγράφονται οι διαδικασίες αποδοχής αποβλήτων
- αναλύονται οι διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης κατά τη φάση λειτουργίας
- γίνεται αναφορά στη διαδικασία παύσης λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας
- γίνεται αναφορά στους υφιστάμενους ΧΥΤΑ, για τους οποίους ορίζονται συγκεκριμένες προθεσμίες λήψης μέτρων διευθέτησής τους

Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, ότι η ΚΥΑ Η.Π. 29407 αποτελεί ίσως το πλέον βασικό κείμενο αναφοράς σε κάθε διαδικασία σχεδιασμού της συνολικής διαχείρισης των αποβλήτων. Η διαπίστωση αυτή εξηγείται εύκολα αν κάποιος αναλογιστεί ότι η εφαρμογή της εν λόγω ΚΥΑ, όπως θα αναλυθεί και στην συνέχεια:

- Δεσμεύει την χώρα σε άμεση εισαγωγή τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων
- Κάνει πολύ αυστηρότερους τους κανόνες λειτουργίας των ΧΥΤΑ.
- Εισάγει σημαντικές αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Απαιτεί σημαντική αναβάθμιση και μετασχηματισμό των φορέων διαχείρισης.
- Απαιτεί αλλαγές στην διαδικασία σχεδιασμού και αδειοδότησης των έργων.

Οι απαιτήσεις που απορρέουν από την παραπάνω στοχοθεσία και φιλοσοφία, ουσιαστικά καταδεικνύουν ότι ο ΧΥΤΑ θα εξακολουθήσει να υπάρχει σαν τρόπος διαχείρισης αλλά επειδή η μέθοδος αυτή είναι τελευταία στην ιεράρχηση των αρχών ΔΣΑ, θα πρέπει να κατασκευάζονται όσο το δυνατόν λιγότεροι και πιο ελεγχόμενοι ΧΥΤΑ.

Οι πλέον ουσιαστικές υποχρεώσεις που προκύπτουν περιλαμβάνουν:

Α. Την υλοποίηση προγραμμάτων επεξεργασίας αποβλήτων, με την έννοια που αποδίδεται στον όρο «επεξεργασία» στην ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508, σε όλα τα απόβλητα πριν αυτά οδηγηθούν προς υγειονομική ταφή.

Β. Την δέσμευση για μία μέγιστη ποσότητα ΒΑΑ που επιτρέπεται να οδηγείται σε χώρους ταφής, η οποία βαίνει σταδιακά μειούμενη μέχρι το 2020.

Γ. Τις αλλαγές που προβλέπονται για τον σχεδιασμό, την κατασκευή, αδειοδότηση και την λειτουργία των ΧΥΤΑ

Δ. Τις αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών

Οι υποχρεώσεις αυτές αναλύονται στη συνέχεια.

#### *Επεξεργασία πριν από την υγειονομική ταφή*

Στο άρθρο 7 της ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508 (ΦΕΚ 1572Β, 16-12-2002), στοιχείο α, αναφέρεται ότι:

«α) σε χώρους υγειονομικής ταφής να πραγματοποιείται διάθεση μόνο αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία. Η διάταξη αυτή μπορεί να μην εφαρμόζεται στα αδρανή απόβλητα η επεξεργασία των οποίων είναι τεχνικά αδύνατη, η σε οποιαδήποτε άλλα απόβλητα η επεξεργασία των οποίων δεν συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων του άρθρου 1, και ειδικότερα στη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων ή των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου ή το περιβάλλον».

Η υποχρέωση αυτή ισχύει για όλους τους νέους χώρους ταφής, ενώ για τους υφιστάμενους δίνεται περιθώριο προσαρμογής δύο ετών. Σημειώνεται ότι ως υφιστάμενοι χώροι θεωρούνται (βλ. άρθρο 7 της εν λόγω ΚΥΑ) όλοι οι χώροι «για τους οποίους είχε χορηγηθεί άδεια λειτουργίας ή οι οποίοι λειτουργούσαν πριν από την έναρξη ισχύος της παρούσας απόφασης».

Στην ίδια ΚΥΑ, στο άρθρο 2 δίνεται ο ορισμός της επεξεργασίας ως εξής:

«θ) «επεξεργασία»: οι φυσικές, θερμικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων προκειμένου να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητες τους, να διευκολυνθεί η διακίνησή τους ή να βελτιωθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλών».

#### Κατά συνέπεια, από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Σε όλους τους καινούριους χώρους ταφής που θα κατασκευαστούν πρέπει να προβλέπεται επεξεργασία των εισερχόμενων αποβλήτων. Με βάση τον ορισμό της επεξεργασίας που αναφέρθηκε, ως επεξεργασία εννοείται:

- Η διαλογή υλικών στην πηγή (συσκευασιών, οργανικών, πράσινων, επικίνδυνων οικιακών κλπ) καθώς μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, περιορίζει τον όγκο ή και τις επικίνδυνες ιδιότητες αυτών και βελτιώνει την ανάκτηση χρήσιμων υλικών.
- Η μηχανική διαλογή (ακριβώς για τους ίδιους λόγους).
- Η μεταφόρτωση και η δεματοποίηση (μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά, περιορίζει τον όγκο και διευκολύνει την διακίνηση).



- Όλες οι τεχνολογίες θερμικής, φυσικής, χημικής και βιολογικής επεξεργασίας και οι συνδυασμοί τους.

2. Όλοι οι υφιστάμενοι χώροι, κατά την έννοια που αναφέρθηκε πριν, πρέπει να αποκτήσουν κάποιο σύστημα επεξεργασίας των αποβλήτων, πριν την ταφή τους, εντός δύο χρόνων από την έναρξη εφαρμογής της ΚΥΑ.

### *Στόχοι για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα*

Οι στόχοι που θέτει η ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508 είναι :

Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2010, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995

Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2013, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 50% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995

Μέχρι την 16 Ιουλίου του 2020, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους ταφής πρέπει να μειωθούν στο 35% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995

Τα μέτρα για την επίτευξη των προηγούμενων στόχων αναφέρονται κυρίως στην προώθηση της αξιοποίησης των αποβλήτων και ειδικότερα στην ανακύκλωση, λιπασματοποίηση ή παραγωγή βιομεθανίου ή ανάκτηση υλικών/ ενέργειας (άρθρο 21 Παράρτημα ΙΒ της 69728/96).

### *Αλλαγές στο σχεδιασμό, την κατασκευή, αδειοδότηση και την λειτουργία των ΧΥΤΑ*

Οι αλλαγές αυτές, συνοπτικά, αφορούν:

1. Τους υφιστάμενους ΧΥΤΑ, οι οποίοι έπρεπε ήδη να έχουν υποβάλλει προς έγκριση σχέδιο διευθέτησης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 10 (Προϋποθέσεις για την χορήγηση άδειας υγειονομικής ταφής αποβλήτων) της εν λόγω ΚΥΑ. Ουσιαστικά, το σύνολο των υφιστάμενων ΧΥΤΑ θα πρέπει να συνεχίσει την λειτουργία του με βάση τις νέες απαιτήσεις.

2. Το σχεδιασμό των νέων ΧΥΤΑ. Το σύνολο των νέων ΧΥΤΑ οφείλουν να ενσωματώσουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού της εν λόγω ΚΥΑ, πολλές εκ των οποίων βέβαια προϋπήρχαν στην ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 17-11-1997,Β). Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν τον τεχνητό γεωλογικό φραγμό, την τελική κάλυψη, τα συστήματα διαχείρισης στραγγισμάτων και βιοαερίου, το σύστημα παρακολούθησης κλπ. Η σημαντικότερη αλλαγή στον σχεδιασμό των ΧΥΤΑ προκύπτει από την εισαγωγή διαδικασιών εκτίμησης κινδύνων (βλ. ΚΥΑ Η.Π. 29407/3508/2002) κατ' ελάχιστον στα ακόλουθα θέματα :

Στο σχεδιασμό και την κατασκευή συστήματος συλλογής στραγγισμάτων

Στον υπολογισμό της συνδυασμένης αποτελεσματικότητας φυσικών και τεχνητών φραγμών ,

Στην επιλογή του συστήματος επεξεργασίας των στραγγισμάτων .

3. Την λειτουργία των ΧΥΤΑ. Η αλλαγή που επιφέρει η εν λόγω ΚΥΑ στον τρόπο λειτουργίας των ΧΥΤΑ είναι σημαντική. Καθιερώνονται αυξημένες απαιτήσεις περιβαλλοντικής παρακολούθησης (άρθρα 14 και 15), τόσο στη φάση λειτουργίας, όσο και

στην φάση μετέπειτα φροντίδας. Οι απαιτήσεις αυτές περιγράφονται αναλυτικά στο παράρτημα III.

Παράλληλα, καθιερώνονται αυστηρά κριτήρια και διαδικασίες αποδοχής εισερχόμενων αποβλήτων και κατηγοριοποίηση των χώρων ταφής.

4. Την αδειοδότηση των ΧΥΤΑ. Πιο συγκεκριμένα, στα άρθρα 9 (Διαδικασία χορήγησης άδειας υγειονομικής ταφής (άδειας διάθεσης) αποβλήτων) και 10 (Προϋποθέσεις για τη χορήγηση άδειας υγειονομικής ταφής αποβλήτων), αναφέρονται συγκεκριμένες διαδικασίες αδειοδότησης με ενιαίο περιεχόμενο, πανευρωπαϊκά.

#### *Αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών*

Σύμφωνα με την ΚΥΑ, η τιμή που θα χρεώνει ο φορέας εκμετάλλευσης ΧΥΤΑ για την εναπόθεση των αποβλήτων, πρέπει να περιλαμβάνει εκτός από τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας και:

A. Το κόστος της χρηματοοικονομικής ή ισοδύναμης εγγύησης, προκειμένου να εξασφαλίζονται η εκπλήρωση των υποχρεώσεων της άδειας και η τήρηση των διαδικασιών της παύσης λειτουργίας

B. Το κόστος της μετέπειτα φροντίδας του ΧΥΤΑ για μια περίοδο τουλάχιστον 30 ετών

Ο τρόπος που ο φορέας εκμετάλλευσης του ΧΥΤΑ θα παράσχει επαρκή οικονομικά εχέγγυα πρέπει να καθορισθεί από κάθε κράτος -μέλος, το οποίο πρέπει επιπλέον να εξασφαλίζει και τη διαφάνεια κατά τη συλλογή και χρήση όλων των αναγκαίων πληροφοριών σχετικά με το κόστος.

#### **1.4.2 Κενά - προβλήματα του θεσμικού πλαισίου**

Τέσσερα είναι τα σημαντικότερα κενά - προβλήματα του θεσμικού πλαισίου σε σχέση με τα στερεά απόβλητα.

##### A. Ζητήματα φορέων διαχείρισης

Οι διαχειριστικές ανάγκες που φέρνει η οδηγία 99/31 είναι πολύ σημαντικές και προϋποθέτουν δραστική τεχνική και διοικητική αναβάθμιση των Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ). Σε σχετική μελέτη<sup>6</sup> του ΥΠΕΧΩΔΕ καταγράφονται 36 ΦοΔΣΑ στην Ελλάδα και εκτιμάται ότι η δυνατότητα τους να ανταποκριθούν στις ανάγκες της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων κρίνεται προβληματική.

Τα σημαντικότερα προβλήματα που εντοπίζονται στους ΦοΔΣΑ<sup>7</sup> είναι:

- Απουσία νομοθετικής ρύθμισης που να προσδιορίζει το πλαίσιο συγκρότησης και λειτουργίας των ΦοΔΣΑ με διακριτό τρόπο.
- Απουσία επιχειρησιακών σχεδίων και εσωτερικών κανονισμών λειτουργίας
- Απουσία σύνδεσης της χρέωσης των υπηρεσιών με την ποσότητα και τον όγκο των αποβλήτων

<sup>6</sup> «Μελέτη εναλλακτικών μορφών φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων», ΥΠΕΧΩΔΕ 2004 - ENVECO

<sup>7</sup> «Η πορεία υλοποίησης της οδηγίας 99/31 στην Ελλάδα» Α. Μαυρόπουλος, Α. Κουσκούρης, Φ. Χάγιος, 2<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, Φεβρουάριος 2006

- ❑ Αδιαφάνεια στον τρόπο χρέωσης των υπηρεσιών και έλλειψη συσχέτισης τιμής – ποιότητας προϊόντων
- ❑ Σημαντικές ελλείψεις, ποσοτικές και ποιοτικές, σε ανθρώπινο δυναμικό
- ❑ Έλλειψη σαφούς πλαισίου συνεργασίας με τον ιδιωτικό τομέα

Σε γενικές γραμμές γίνεται αποδεκτό ότι ένα νέο πλαίσιο λειτουργίας και συγκρότησης των ΦοΔΣΑ, παρεμφερές με αυτό των ΔΕΥΑ θα αποτελούσε σημαντική θετική παρέμβαση και θα βελτιώνει τη βιωσιμότητα των φορέων.

#### Β. Ζητήματα τιμολόγησης υπηρεσιών

Το σημερινό σύστημα χρέωσης των υπηρεσιών διαχείρισης στερεών αποβλήτων στους πολίτες (ανάλογα με την έκτασή της κατοικίας ή της επαγγελματικής στέγης σε τετραγωνικά μέτρα) είναι απαρχαιωμένο και δρα σαν αντικίνητρο σε μία πιο φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση αποβλήτων.

Στην Ευρώπη υπάρχει πληθώρα εναλλακτικών συστημάτων χρέωσης, τα οποία προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες ανάγκες Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Από την μελέτη συγκεκριμένων συστημάτων χρέωσης υπηρεσιών<sup>8</sup> εξάγονται ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εμπειρία για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικότερου, δικαιότερου συστήματος χρέωσης ανταποδοτικών τελών καθαριότητας για τους ΟΤΑ. Τα συμπεράσματα αυτά, συνοπτικά, έχουν ως εξής:

Πρώτον, όλα τα συστήματα χρέωσης που παρουσιάστηκαν διαφοροποιούν την χρέωση των πολιτών ανάλογα με την ποσότητα των αποβλήτων και το είδος αυτών, ευνοώντας την ανακύκλωση και τον διαχωρισμό ρευμάτων στην πηγή, επομένως υλοποιώντας το καθένα με διαφορετικό τρόπο την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Δεύτερον, όλα τα εξεταζόμενα συστήματα διαφοροποιούν την χρέωση ανά πολίτη ή ανά κατοικία, βασιζόμενα σε μητρώα πολιτών, κατοικιών κλπ, σε κάποιο είδος «πελατολογίου» που περιλαμβάνει αυτούς που απολαμβάνουν τις υπηρεσίες διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Τρίτον, η διαφοροποίηση στην χρέωση στηρίζεται, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στην διαφοροποίηση της συλλογής των αποβλήτων, η οποία φτάνει μέχρι και στην εξατομίκευση.

Τέταρτον, η ομαλή λειτουργία των συστημάτων που εξετάστηκαν προϋποθέτει την δράση μηχανισμών ελέγχου και επιτήρησης, που θα επιβλέπουν - διευκολύνουν την τήρηση των συμφωνιών μεταξύ του φορέα διαχείρισης και των πολιτών – πελατών.

Από όλα όσα προαναφέρθηκαν, είναι φανερό ότι απαιτείται άμεση αλλαγή του συστήματος χρέωσης των υπηρεσιών διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα. Η αλλαγή αυτή, εφόσον είναι προς την κατεύθυνση της εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» αποτελεί αναγκαία αλλά και ικανή προϋπόθεση για την υλοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Η εφαρμογή ενός νέου συστήματος απαιτεί σημαντικές θεσμικές αλλαγές και ικανό χρόνο ωρίμανσης, ωστόσο ο διάλογος αυτός πρέπει άμεσα να αρχίσει, με τη συμμετοχή των συναρμόδιων υπουργείων (ΥΠΕΣΔΑ, ΥΠΟΙΟ, ΥΠΕΧΩΔΕ), της Τοπικής Αυτοδιοίκησης,

<sup>8</sup> «Εναλλακτικά συστήματα χρέωσης υπηρεσιών διαχείρισης στερεών αποβλήτων: εργαλεία επίδρασης στην κοινωνική συμπεριφορά» Α. Μαυρόπουλος, Ημερίδα ΕΣΔΑΚ 7-6-2004, Ηράκλειο Κρήτης

εκπρόσωπων των πολιτών και των μη κυβερνητικών οργανώσεων αλλά και των επαγγελματιών της διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

#### Γ. Ζητήματα συνεργασίες με τον ιδιωτικό τομέα

Παρά τη θεσμοθέτηση των διαδικασιών Σύμπραξης Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) με το νόμο 3389 (ΦΕΚ 232, 22-9-2005), απαιτούνται πολλά ακόμα βήματα για να μπορέσουν τέτοιες μορφές συνεργασίες με ιδιώτες να εφαρμοστούν με θετικά αποτελέσματα στη διαχείριση στερεών αποβλήτων.

Τέτοια βήματα είναι<sup>9</sup>:

- Η έκδοση ενός συμπληρωματικού πλαισίου διαγωνιστικής διαδικασίας που να εξειδικεύεται σε έργα και υπηρεσίες Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, μέσα στα πλαίσια του νόμου για τις ΣΔΙΤ.
- Η σύνταξη πρότυπου μοντέλου σύμβασης γενικά για όλα τα έργα / υπηρεσίες ΣΔΙΤ στη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων που θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους προετοιμασίας και συμμετοχής σε διαγωνισμούς.
- Ο εκσυγχρονισμός το θεσμικού πλαισίου των ΦοΔΣΑ και η αντιμετώπιση του προβλήματος της μεταφοράς πόρων προς ιδιώτες.
- Η διαμόρφωση πρότυπων δεικτών επίδοσης ανά έργο ή και υπηρεσία ΔΣΑ για να προωθηθούν αποτελεσματικές συμπράξεις και να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου.
- Η θέσπιση προδιαγραφών ανακυκλώσιμων υλικών καθώς και προϊόντων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων για να διαμορφωθεί ένα νέο, ανταγωνιστικό πλαίσιο της σχετικής αγοράς.

#### Δ. Ζητήματα τεχνικών προδιαγραφών

Η τροποποίηση της ΚΥΑ 114218/ ΦΕΚ 1016/Β/17-11-1997 (Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων) είναι πλέον απαραίτητη για να μπορέσουν να γίνουν σημαντικά βήματα εκσυγχρονισμού της κατασκευής και λειτουργίας των έργων διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Ειδικότερα, τα σημεία τα οποία πρέπει να τροποποιηθούν είναι:

- Η σύγχρονων προδιαγραφών (και όχι περιγραφών) για τις επεξεργασίες των στερεών αποβλήτων
- Η επέκτασή της στο σύνολο των έργων και υπηρεσιών Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
- Η απαλοιφή εμφανώς εσφαλμένων διατυπώσεων ή ζητημάτων που η εμπειρία έδειξε ότι δημιουργούν πολύ περισσότερα προβλήματα από αυτά που λύνουν.

<sup>9</sup> «ΣΔΙΤ στη διαχείριση στερεών αποβλήτων» Α. Μαυρόπουλος, Α. Κουσκούρης, Α. Καρκαζή 2<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, Φεβρουάριος 2006

## Βιβλιογραφία

1. Bringezu S., Fischer-Kowalski M., Kleijn R., and Palm V., editors. (1997), Analysis for Action: Support for Policy towards Sustainability by Material Flow Accounting. Proceedings of the ConAccount Conference 11-12 Sept., 1997, Wuppertal, Germany. Wuppertal Institute, Wuppertal Special 6.
2. Cossu, R. (2005), The sustainable landfilling concept, Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy
3. Cossu R., Lavagnolo M. C., Raga R. (2000), Role of landfilling in the modern strategies for solid waste management, Proceedings of the Design of modern landfills & remediation of old landfill sites, Padova
4. Doedens, H. (2004), Erfahrungen mit der Ablagerung von MBV-Material, aus Stegmann/Rettenberger/Bidlingmaier/Ehrig (Eds.), Deponietechnik 2004, Hamburger Berichte 22, Verlag Abfall aktuell, Stuttgart.
5. Ferre-Huguet N, Nadal M, Schuhmacher M, et al. (2006), Environmental impact and human health risks of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the vicinity of a new hazardous waste incinerator: A case study. Environ Sci Techn, 40, 61-66.
6. Finnveden, G. (1999), Methodological Aspects of Life Cycle Assessment of Integrated Solid Waste Management Systems. Resources, Conservation and Recycling, 26, 173-187.
7. Finnveden, G. and Moberg Å. (2005), Environmental systems analysis tools – an overview. J Cleaner Production. 13, 1165-1173
8. Finnveden, G., Nilsson, M., Johansson, J., Persson, Å., Moberg, Å. and Carlsson, T. (2003), Strategic Environmental Assessment Methodologies – Applications within the energy sector. Environmental Impact Assessment Review, 23, 91-123.
9. Hellweg, S., Hofstetter, T. and Hungerbühler, K. (2003), Discounting and the Environment - Should Current Impacts be Weighted Differently than Impacts Harming Future Generations? Int J LCA, 8, 8-18.
10. Johansson, P-O. (1993), Cost-benefit analysis of environmental change, Cambridge University Press.
11. Kruempelbeck I. & Ehrig H.-J (1999), Long term behaviour of municipal solid waste landfills in Germany. Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, eds. T.H. Christensen, R. Cossu, R. Stegmann, CISA Publisher, Italy, vol. I, 27-36
12. Leikam and Stegmann (1997), Mechanical-biological pretreatment of residual municipal solid waste and the landfill behaviour of pretreated waste, Sixth International Waste Management and Landfill Symposium, eds. T.H. Christensen, R. Cossu, R. Stegmann, CISA Publisher, Italy.

13. Lichtensteiger, T. (1995), Deponieverhalten von Schlacken aus Rostfeuerungsanlagen (Landfill behaviour of bottom ashes from MSW incinerators), In: Gallenkemper, Bidlingmaier, Doedens and Stegmann (Eds.), 4. Munsteraner Abfallwirtschaftstage, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie (LASU), Fachhochschule Munster, Heft 8, Eigenverlag.
14. Olofsson M. (2005), Improving Model-Based Systems Analysis of Waste Management. PhD thesis, Department of Energy Technology, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
16. Olsen S., I., Christensen F.M., Hauschild M., Pedersen F., Larsen H.F., and Törslöv J. (2001), Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison. *Environmental Impact Assessment Review*, 21:385-404.
17. Öman, C. (1998), Emissions of organic compounds from landfills. PhD thesis. KTH, Stockholm.
18. Pennington, D.W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E.W., Jolliet, O. Rydberg, T. and Rebitzer, G. (2004), Life Cycle Assessment (Part 2): Current Impact Assessment Practise. *Environment International*, 30, 721-739
19. Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B.P. and Pennington, D. (2004), Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, 30, 701-720.
20. Scheelaase, Bidlingmayer 1997
21. Stegmann, R. and Heyer, K.-U. (2002), Konzept für eine nachsorgearme MBV-Deponie from Stegmann/Rettenberger/Bidlingmaier/Ehrig (Hrsg.), *Deponietechnik 2002*, Hamburger Berichte 18, Verlag Abfall aktuell, Stuttgart.
22. Wrisberg N., Udo de Haes H.A., Triebswetter U., Eder P., and Clift R. (2002), Analytical tools for environmental design and management in a systems perspective. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

## 2 Υφιστάμενη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση

### 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 ανακύκλωσης και επεξεργασίας

#### 2.1.1 Παραγωγή στερεών αποβλήτων

Στον Πίνακα 2-1 παρατίθενται τα πλέον επικαιροποιημένα επίσημα στοιχεία σε ό,τι αφορά την παραγωγή στερεών αποβλήτων διαφόρων κατηγοριών, βάσει εκτιμήσεων και υπολογισμών.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα ιστορικά δεδομένα σχετικά με την εξέλιξη των ποσοτήτων των παραπάνω 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.

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 (Η.Π. 50910/2727/2003).

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), τιμή που παραμένει κατώτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1,48 kg/κάτοικο/ημέρα (Η.Π. 50910/2727/2003, ΥΠΕΧΩΔΕ 2003).

Η Περιφέρεια Αττικής παράγει περίπου το 39% της ετήσιας ποσότητας αστικών στερεών αποβλήτων της χώρας, ακολουθούμενη από την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας με ποσοστό 16%, γεγονός που δεν είναι παράδοξο καθώς στους δύο αυτούς νομούς βρίσκονται οι πόλεις της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, αντίστοιχα (ΥΠΕΧΩΔΕ 2003).

**Πίνακας 2-1 Ποσότητες στερεών αποβλήτων ανά κατηγορία**

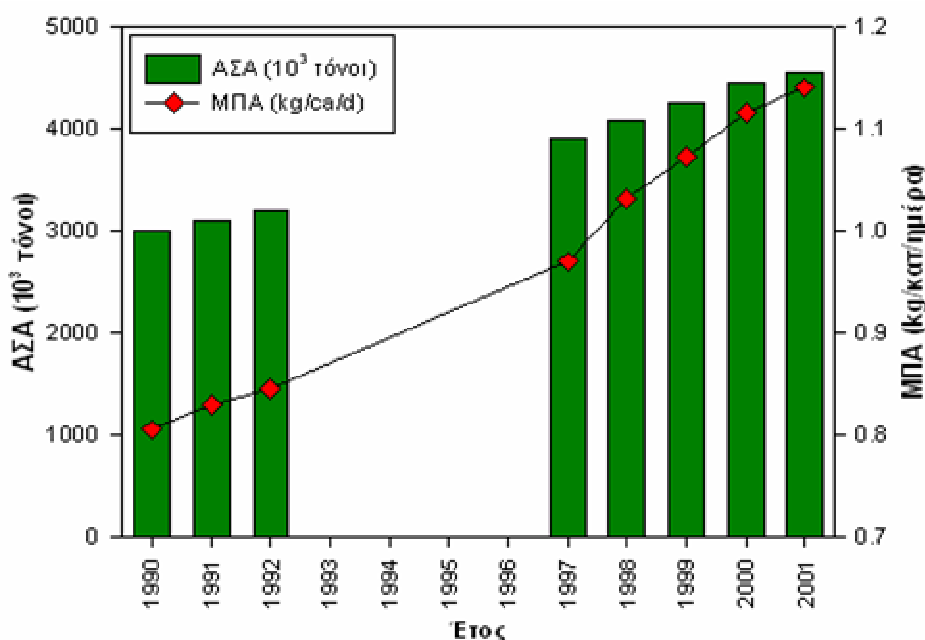
Έτος Αναφοράς	Κατηγορία αποβλήτου	Παραγόμενη Ποσότητα, (t)
2001	Αστικά Στερεά Απόβλητα <sup>1</sup>	4.559.000
2004	Επικίνδυνα Απόβλητα	184.500 (94.000 τον ιστορικά)
2002	Χρησιμοποιημένα Ελαστικά <sup>2</sup>	50.000
2002	Οχήματα Τέλους Κύκλου Ζωής –ΟΤΚΖ <sup>2</sup>	70.000 <sup>a</sup>
2005	Απόβλητα Λιπαντικών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

<sup>a</sup> Τεμάχια

<sup>1</sup> ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727 – 22.12.2003

<sup>2</sup> ΥΠΕΧΩΔΕ, επίσημη ιστοσελίδα: [www.minenv.gr/anakyklosi](http://www.minenv.gr/anakyklosi)

<sup>3</sup> 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.



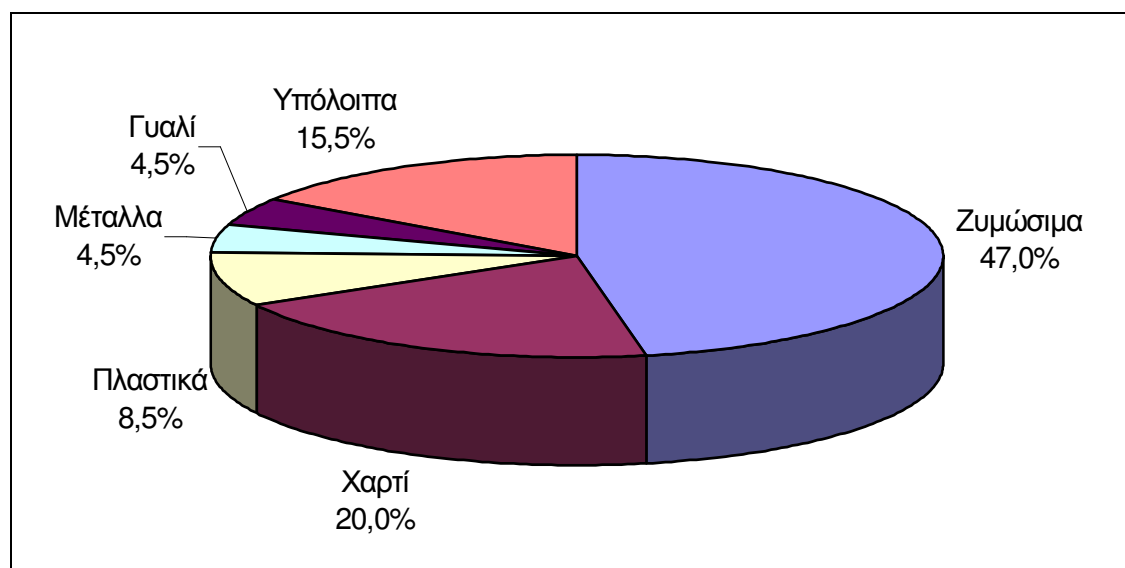
**Σχήμα 2-1** Μεταβολή της συνολικής παραγόμενης ποσότητας και της μοναδιαίας παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα την περίοδο 1991-2001. (Πηγή: Η.Π. 50910/2727/2003, ΥΠΕΧΩΔΕ 2003).



### 2.1.2 Σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων

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 2-2**.



**Σχήμα 2-2** Μέση κατά βάρος σύνθεση ΑΣΑ στην Ελλάδα, 1997 (Πηγή: Η.Π. 50910/2727/2003).

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 2-2** (Η.Π. 50910/2727/2003, ΥΠΕΧΩΔΕ 2003).

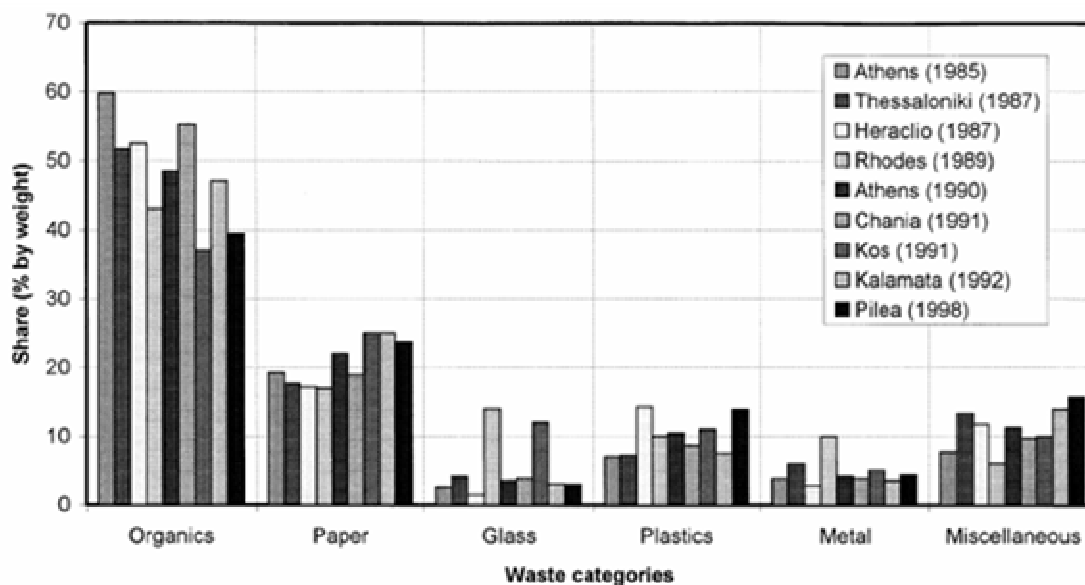
**Πίνακας 2-2 Σύνθεση των αποβλήτων συσκευασίας και ποσοστό ανακύκλωσης στην Ελλάδα - 1999 (Πηγή: Η.Π. 50910/2727/2003, ΥΠΕΧΩΔΕ 2003)**

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	-

Τα ειδικά επικίνδυνα απόβλητα που περιέχονται στα απορριπτόμενα ΑΣΑ (στο Σχήμα 2-2 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 (ΥΠΕΧΩΔΕ 2003).

Αν και η σύσταση που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 2-2 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 2-3** (Koufodimos and Samaras, 2002). Επιπλέον, η μεταβολή της σύστασης των ΑΣΑ της Αττικής, έτσι όπως έχει μετρηθεί από τον ΕΣΔΚΝΑ, παρουσιάζεται στον **Πίνακα 2-3** (Ανώνυμος, 2001) ενώ στον **Πίνακα 2-4** (Gidarakos et al., 2006) 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. Ένα συστηματικό πρόγραμμα αναλύσεων θα έπρεπε να είναι ανάμεσα στις άμεσες προτεραιότητες των φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦοΣΔΑ), τουλάχιστον στις περιοχές όπου προγραμματίζονται έργα επεξεργασίας των ΑΣΑ.



Σχήμα 2-3 Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας από το 1985 έως το 1992 (Πηγή: Koufodimos and Samaras, 2002).

Πίνακας 2-3 Μεταβολή της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ της Αττικής κατά την περίοδο 1982-1997 και εκτίμηση για το 2005 (Πηγή: Ανώνυμος, 2001).

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

Από τον Πίνακα 2-4, προκύπτει μια τάση ποσοστιαίας αύξησης του ξηρού κλάσματος (κυρίως συσκευασίες και έντυπο χαρτί) και μιας μικρής ποσοστιαίας<sup>10</sup> μείωσης του οργανικού βιοαποδομήσιμου κλάσματος. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν ακόμη διαθέσιμα στοιχεία ώστε να αξιολογηθεί η εκτίμηση του ΕΣΔΚΝΑ για το έτος 2005. Έτσι, στα σενάρια για την Αττική θα χρησιμοποιηθεί η σύσταση του 1997, η οποία θεωρείται ότι μένει σταθερή για όλη την εξεταζόμενη περίοδο. Παρά το γεγονός ότι αυτή είναι μια παραδοχή που πιθανόν να μην εκφράζει την πραγματική κατάσταση για την περίοδο έως το 2027, η υιοθέτησή της κρίνεται ως η καλύτερη προσέγγιση γιατί: α) δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την εξέλιξη της

<sup>10</sup> 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, και β) με δεδομένο ότι η ίδια σύσταση χρησιμοποιείται σε όλα τα σενάρια, το όποιο σφάλμα στην πρόβλεψη δεν αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τη συγκριτική τους αξιολόγηση.

**Πίνακας 2-4 Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ (% κ.β.) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας από το 1982 έως το 2004.**

	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Αττική (1)	Θεσσ/νίκη (1)	Δήμος Ηρακλείου (1)	Δήμος Ρόδου (1)	Δήμος Κω (1)	Κοινότητες Κω (1)	Δήμος Χανίων (1)
Περίοδος	1969	1970	1971	1972	6/83-6/84	4/86-3/87	1987	9/87-8/88	1989	1990	1990
Πληθυσμός	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	1.000.000	115.000	45.000	15.000	12.000	12.000
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	5,3	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
Δ-Ξ-Λ-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				
<b>Σύνολο</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

	Β.άξονας Ν. Χανίων (1)	Δήμος Νάξου (1)	Κομοτινή (1)	Ξάνθη (1)	Δήμος Καλαμάτας (1)	Αθήνα, ΕΣΔΚΝΑ (2)	Αθήνα, ΕΣΔΚΝΑ (2)	Δ. Πυλαίας, Θεσσ/νίκη (3)	Θεσσ/νίκη (4)	Κρήτη (5)
Περίοδος	1991	1994	92-93	92-93	1992	1991	1997	1998	1997-99	2003-04
Πληθυσμός	50.000				60.000			27.972	1.100.000	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
Δ-Ξ-Λ-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
<b>Σύνολο</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Πηγές: 1- Παρισάκης κ.ά.. 1991, 1992. 2- Ανώνυμος, 2001. 3- Koufodimos G. & Samaras Z. 2002. 4- Παπαχρήστου Ε. κ.ά. 2002. 5- Gidaracos et al., 2006.

### 2.1.3 Εφαρμοζόμενες πρακτικές διαχείρισης

Η Ελλάδα βασίζεται ακόμη σχεδόν αποκλειστικά στην εδαφική διάθεση των αποβλήτων, με ένα μικρό ποσοστό (8%) των αποβλήτων να ανακυκλώνονται<sup>11</sup>. 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.

#### ΕΡΓΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ (ΧΥΤΑ)

Στην παρούσα χρονική στιγμή (2006) τα στοιχεία σε ό,τι αφορά τους ΧΥΤΑ<sup>12</sup> έχουν ως εξής:

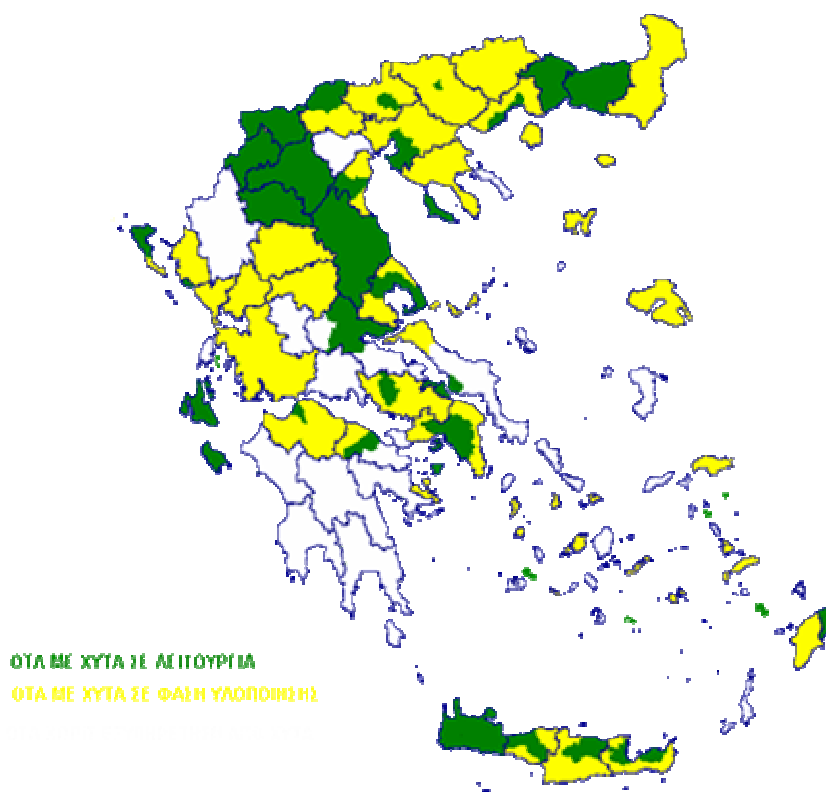
Έχουν κατασκευαστεί και λειτουργούν 45 ΧΥΤΑ στο σύνολο της χώρας, καλύπτοντας 318 ΟΤΑ. Στη φάση υλοποίησης βρίσκεται η κατασκευή 56 νέων ΧΥΤΑ (στον αριθμό αυτό συνυπολογίζονται και οι επεκτάσεις υφιστάμενων ΧΥΤΑ) οι οποίοι θα καλύψουν περίπου 670 ΟΤΑ. Υπό σχεδιασμό βρίσκονται έργα κατασκευής ΧΥΤΑ που θα καλύψουν και την υπόλοιπη ηπειρωτική και νησιωτική χώρα.

Στο **Σχήμα 2-4** φαίνεται η συνολική κάλυψη της χώρας από έργα ΧΥΤΑ.

Οι υπό κατασκευή ΧΥΤΑ έχουν δυναμικότητα που φτάνει τα 2.500.000 τόνους/έτος. Συγκρίνοντας την κατάσταση με το έτος 2002 (Μαυρόπουλος κ.ά., 2002) 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.

<sup>11</sup> Σύμφωνα με την Η.Π. 50910/2727/2003, η οποία αποτελεί το πιο πρόσφατο σχετικό επίσημο κείμενο, το ποσοστό ανακύκλωσης ΑΣΑ στη χώρα ανέρχεται στο 8%. Σε πρόσφατη συνέντευξη τύπου του Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (22/1/2007) εκτιμάται ότι η ανακύκλωση ανέρχεται σε ποσοστό 14%, ενώ με βάση τα αποτελέσματα των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης θα ανέλθει στο 20% το 2007.

<sup>12</sup> Εισήγηση Ι. Μαχαίρα στην Τεχνική Συνάντηση του Ταμείου Συνοχής για τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, Απρίλιος 2006



**Σχήμα 2-4 Κάλυψη της χώρας από έργα ΧΥΤΑ**

#### ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Σ.Α

Στην Ελλάδα, μέχρι σήμερα, έχουν κατασκευαστεί τρεις (3) 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.

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.

### 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 επιτυγχάνομενη<sup>13</sup> ανακύκλωση-αξιοποίηση των υλικών έχει ως εξής :

- 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 2-5**.

**Πίνακας 2-5 Παραγωγή και ανακύκλωση αποβλήτων συσκευασίας – 2001 (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, προσωπική επικοινωνία)**

	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
<b>Σύνολο</b>	<b>974.500</b>	<b>325.300</b>	<b>33</b>

<sup>13</sup> Εισήγηση Α. Σκορδίλη στην Τεχνική Συνάντηση του Ταμείου Συνοχής για τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, Απρίλιος 2006



Σημαντικό βήμα των τελευταίων ετών ήταν η δημιουργία του Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και του αντίστοιχου γραφείου (ΓΕΔΣΑΠ), ο οποίος θα αποτελεί τον αρμόδιο ελεγκτικό, γνωμοδοτικό και εισηγητικό φορέα.

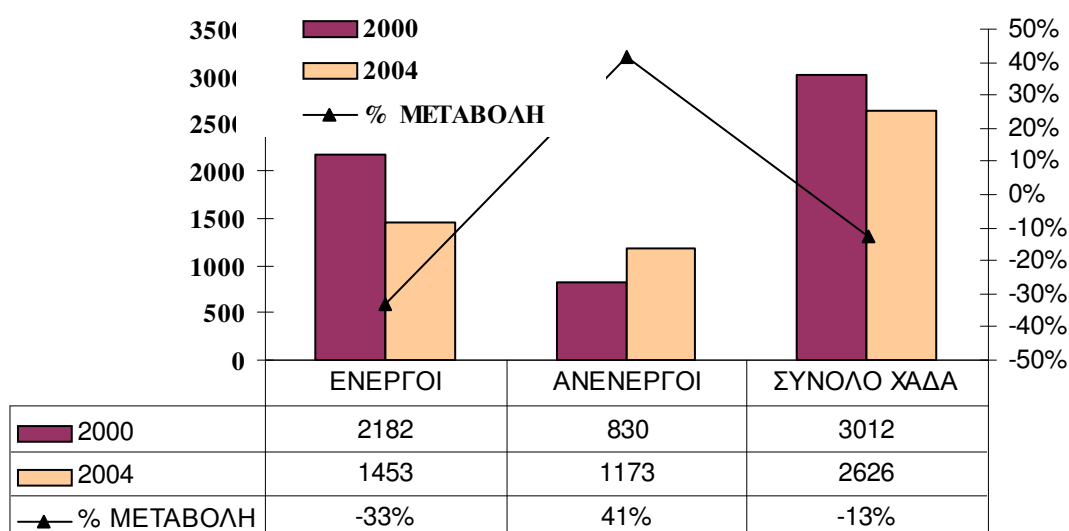
Ο φορέας αυτός προάγει τις αρχές της εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων (για τα απόβλητα συσκευασίας και άλλες κατηγορίες ειδικών αποβλήτων) και γνωμοδοτεί - αδειοδοτεί για την ίδρυση Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ) που λειτουργούν με ευθύνη των παραγωγών και διαχειριστών, με σκοπό την ανακύκλωση των υλικών και την επίτευξη των στόχων που ορίζει η κείμενη νομοθεσία.

Τα ρεύματα ειδικών αποβλήτων που διαχειρίζονται τα υπάρχοντα ΣΕΔ είναι τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τα υλικά συσκευασίας, τα οχήματα τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ), οι ηλεκτρικές στήλες και ηλεκτρικοί συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Μετά την έκδοση των Π.Δ για το τυπογραφικό χαρτί και τα αδρανή απόβλητα, αναμένεται και η δημιουργία των αντίστοιχων ΣΕΔ.

Τα υφιστάμενα ΣΕΔ είναι εθνικής εμβέλειας με σταδιακά επεκτεινόμενη γεωγραφική κάλυψη, κάτω όμως από προϋποθέσεις αποτελεσματικότητας. Τα συστήματα αυτά δραστηριοποιούνται είτε αυτόνομα είτε σε συνεργασία με τους ΟΤΑ.

### 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<sup>14</sup> προκύπτει ότι σε πανελλαδικό επίπεδο υφίστανται σήμερα 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 2-5**.



**Σχήμα 2-5** Αριθμός και κατάσταση ΧΑΔΑ σε πανελλαδικό επίπεδο

<sup>14</sup> Προώθηση έργων αποκατάστασης Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ), Ομάδα Εργασίας του ΥΠΕΧΩΔΕ 4/2005

Το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΥΠΕΣΔΔΑ υλοποιούν, σε συνεργασία με τους ΟΤΑ και τις Περιφέρειες, σχέδια δράσης για τη σταδιακή διακοπή λειτουργίας και την αποκατάσταση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης, με χρονικό ορίζοντα το 2008. Το ζήτημα αντιμετωπίζεται ως υψηλής προτεραιότητας και σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής δεδομένα εκτιμάται ότι θα τηρηθούν τα χρονοδιαγράμματα που έχουν τεθεί. Η κατάσταση παρουσιάζει αρκετά δυναμική καθώς σταδιακά τερματίζεται η λειτουργία των ΧΑΔΑ και εντάσσονται σε έργα αποκατάστασης.

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<sup>15</sup> από τους 2626 ΧΑΔΑ που καταγράφηκαν το 2004, οι 1850 έχουν ήδη κλείσει και βρίσκονται σε διάφορα στάδια της διαδικασίας αποκατάστασης.

Επίσης 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

### 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<sup>9</sup>.

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 (Μαυρόπουλος κ.ά., 2002), τα οποία σε συνδυασμό

<sup>15</sup> Συνέντευξη Τύπου του Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., κ. Γ. Σουφλιά, 22/1/2007

με την ανεπαρκή συγκρότηση και τους ελάχιστους οικονομικούς πόρους των φορέων διαχείρισης, σταδιακά φθίνουν.

Επιπλέον, δεν έχει γίνει καμία πρόοδος στο θέμα της υιοθέτησης των κριτηρίων αποδοχής αποβλήτων που προβλέπει η 99/31 (απόφαση 2003/33/ΕΚ). Όπως προέκυψε από σχετική μελέτη (Golder BEIG et al 2005) 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 σαν 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 (Μαυρόπουλος, 2003) ότι:

- ❑ 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. Την αστοχία αυτή θα την χρεωθούν οι εξυπηρετούμενοι πολίτες και θα την πληρώσουν πολύ περισσότερο από ότι κοστίζει ένα

πρόγραμμα ολοκληρωμένης αποτύπωσης των ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων των αποβλήτων.

#### 2.1.4.4 Το κόστος της ταφής

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 (ΕΠΕΜ, 2004) 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 (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 2-6**, το κόστος ταφής στην Ελλάδα είναι από τα χαμηλότερα στην Ευρώπη.

**Πίνακας 2-6 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

#### 2.1.4.5 Ζητήματα σχετικά με την ανακύκλωση

Η λειτουργία των εναλλακτικών συστημάτων διαχείρισης είναι σε αρχικό στάδιο και για αυτό το λόγο και δεν υπάρχουν ακόμη επίσημα στοιχεία σε ό,τι αφορά τις επιδόσεις και τα κόστη για το σύνολο τους. Έτσι, για τα ΣΕΔ για τα οποία υπάρχουν επαρκή στοιχεία η λειτουργία τους κρίνεται κατ' αρχήν ικανοποιητική.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τα απόβλητα λιπαντικά έλαια διατίθενται κάποια στοιχεία, τα οποία αναφέρουν ότι για το 2005 η συλλεχθείσα ποσότητα εκτιμάται στο 53% της διαθέσιμης ποσότητας και οδηγείται όλη σε μονάδες αναγέννησης<sup>16</sup>. Σε ό,τι αφορά την ανακύκλωση ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών τα αποτελέσματα από την ως τώρα λειτουργία των ΣΕΔ είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά και οι εταιρείες είναι πολύ αισιόδοξες για την εκπλήρωση των εθνικών στόχων ανάκτησης και αξιοποίησης των υλικών.

Η εξέλιξη των έργων που έχει αναλάβει η ΕΕΑΑ για τα υλικά συσκευασίας είναι πιο αργή από ότι αρχικά αναμενόταν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η δραστηριότητά της βασίζεται σε συνεννοήσεις με τις δημοτικές αρχές και δεν είναι λίγες οι φορές όπου βρίσκεται αντιμέτωπη είτε με αντιδράσεις είτε με ελλιπή προετοιμασία, ενώ και τα προβλήματα χρηματοδότησης που υπάρχουν είναι καθοριστικά για τις καθυστερήσεις. Οι πρωτοβουλίες ιδιωτών, όπως για παράδειγμα της ΑΒ Βασιλόπουλος (ατομικό σύστημα ανακύκλωσης συσκευασιών) ή της ΚΕΠΕΔ (σύστημα ανακύκλωσης των πλαστικών δοχείων που περιέχουν λάδια αυτοκινήτων και των παλετών μεταφοράς), αναμένεται να δώσουν μια νέα πνοή στο σύστημα.

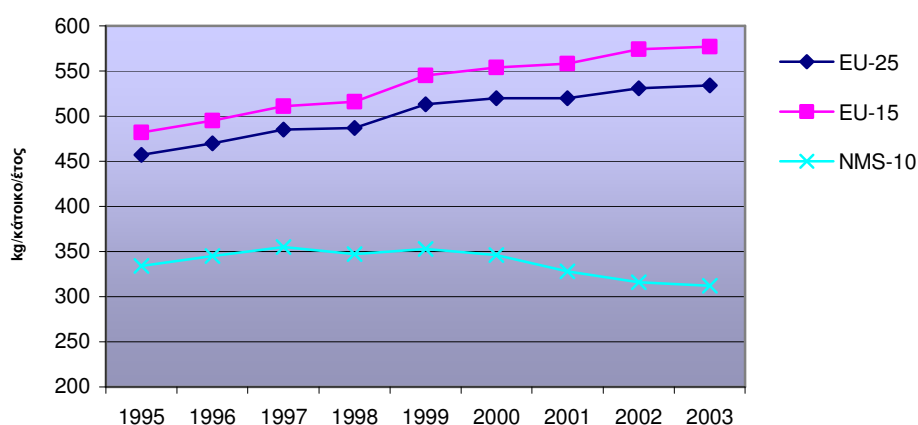
Τέλος, σημαντικό αρνητικό στοιχείο σχετικά με τη διάθεση των πολιτών να συμμετάσχουν στην ανακύκλωση είναι ότι αυτή δεν συνδέεται με κάποιου είδους κίνητρα που θα ωθούν σε φιλικές προς το περιβάλλον συμπεριφορές, λόγω του αναχρονιστικού συστήματος τιμολόγησης των υπηρεσιών διαχείρισης ΑΣΑ, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

<sup>16</sup> ΥΠΕΧΩΔΕ, επίσημη ιστοσελίδα: [www.minenv.gr/anakyklosi](http://www.minenv.gr/anakyklosi) - Εφημερίδα ΕΞΠΡΕΣ: «Η ανακύκλωση Λιπαντικών υπερκαλύπτει τους στόχους ΕΚΤΕΠΕ – ΚΕΠΕΔ», 19/7/2005

## 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.

Στο **Σχήμα 2-6** παρουσιάζεται η κατά κεφαλή παραγωγή των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25<sup>17</sup> από το 1995 ως το 2003. 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. 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.



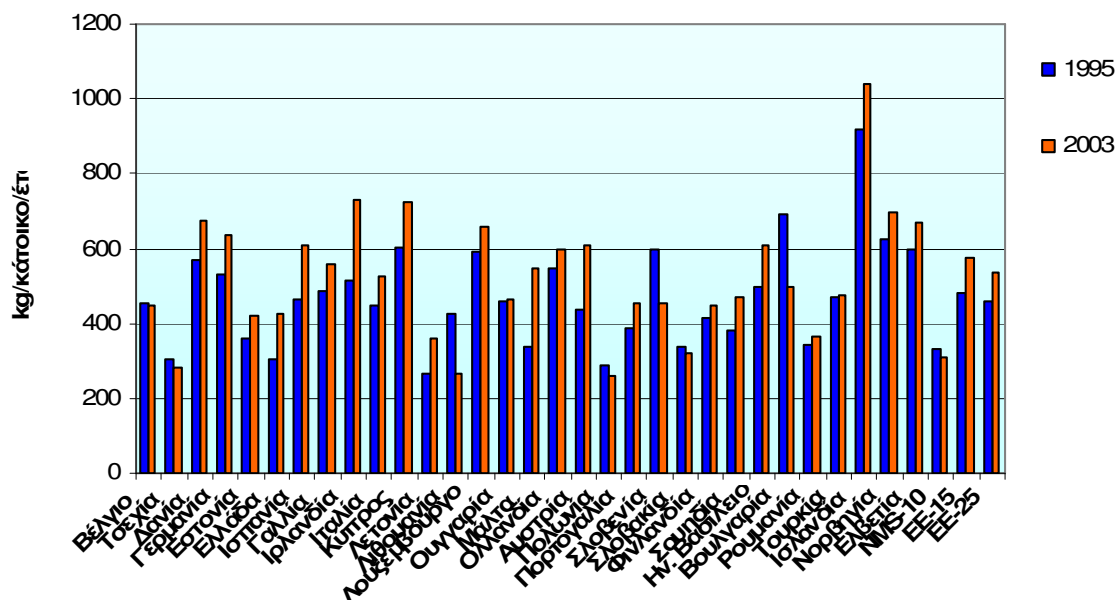
**Σχήμα 2-6 Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) κατά τα έτη 1995-2003 (Πηγή: EC, 2005)**

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 2-7**). 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.

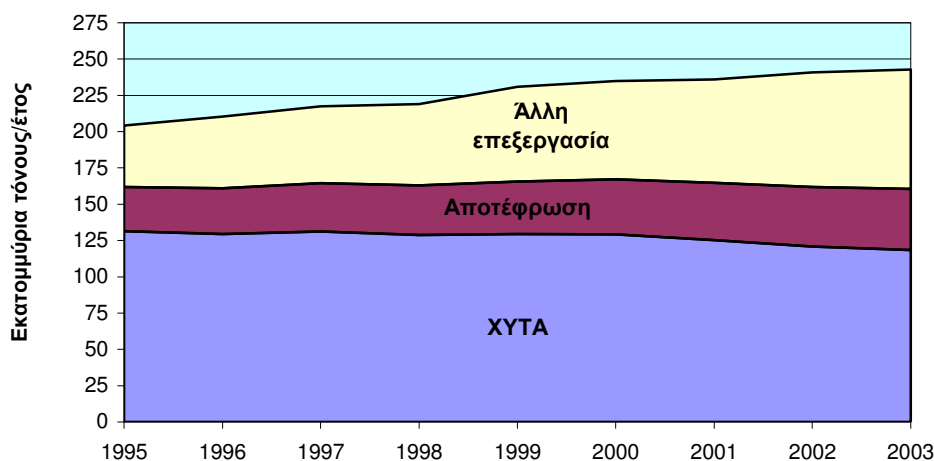
Ωστόσο, σημαντική είναι η διαφοροποίηση και ως προς τις μεθόδους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ΕΕ-25, όπως παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2-8**. Παρότι η διάθεση των στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) είναι ακόμα η κύρια επιλογή, το ποσοστό της έχει μειωθεί περίπου κατά 10%, από 131,4 εκατομμύρια τόνους το 1995 σε 118,5 εκατομμύρια

<sup>17</sup> EU-15: Βέλγιο, Δανία, Γερμανία, Ελλάδα, Ισπανία, Γαλλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Αυστρία, Πορτογαλία, Φινλανδία, Σουηδία, Μ. Βρετανία. NMS-10: Τσεχία, Εσθονία, Κύπρος, Λετονία, Ουγγαρία, Μάλτα, Πολωνία, Σλοβακία, Κροατία, Ρουμανία.

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.



**Σχήμα 2-7** Παραγωγή στερεών αποβλήτων (kg/κάτοικο/έτος) τα έτη 1995 και 2003 στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πηγή: EC, 2005).

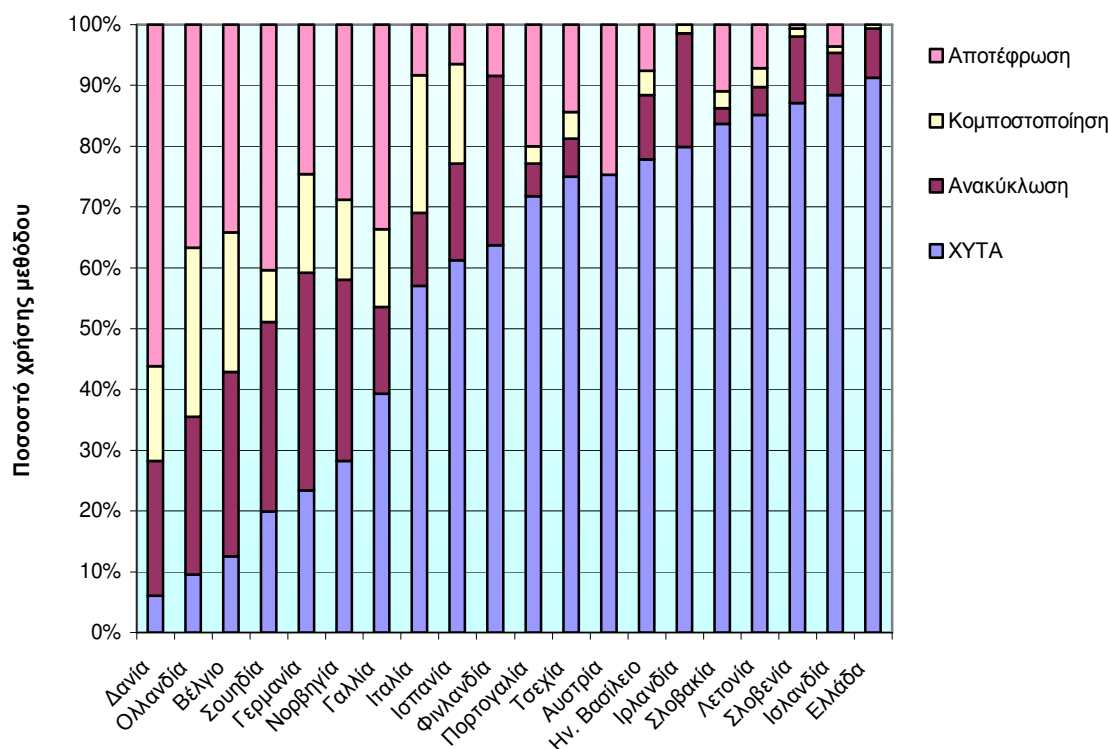


**Σχήμα 2-8** Διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων στην ΕΕ-25 κατά τα έτη 1995-2003 (σε εκατομμύρια τόνους). (Πηγή: Eurostat <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/extraction/evalight>, Ημερομηνία Πρόσβασης: 7/5/06).

Αναλυτικότερα το ποσοστό εφαρμογής των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το 2002 παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2-9**. 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).

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%).



**Σχήμα 2-9** Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002. (Πηγή: Eurostat,

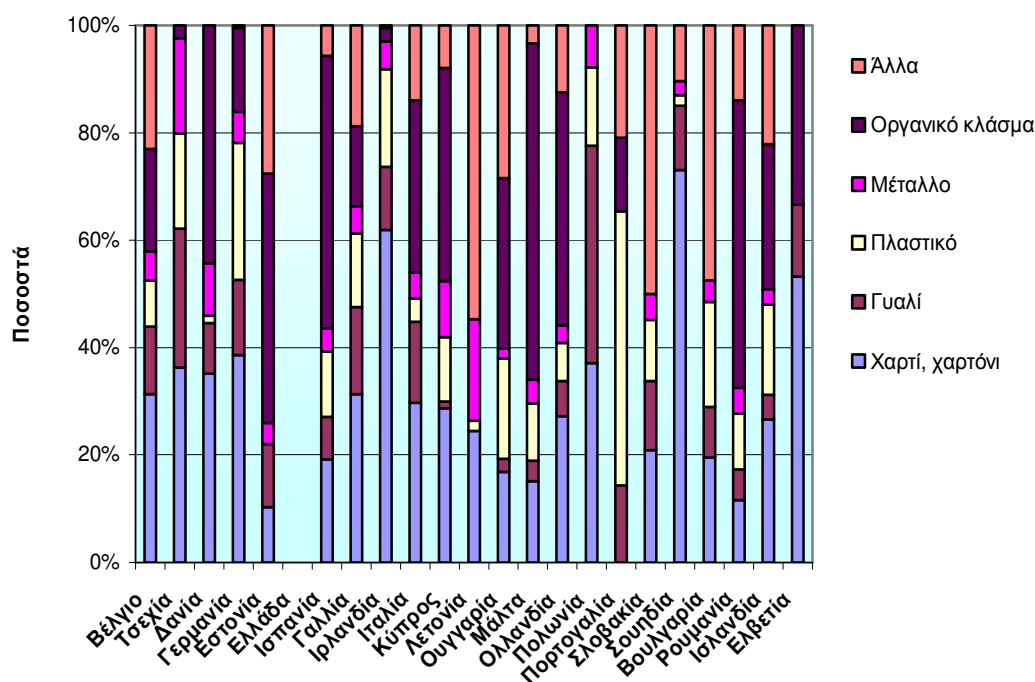
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/extraction/evalight>, Ημερομηνία Πρόσβασης: 6/5/06).

Το **Σχήμα 2-10** 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.

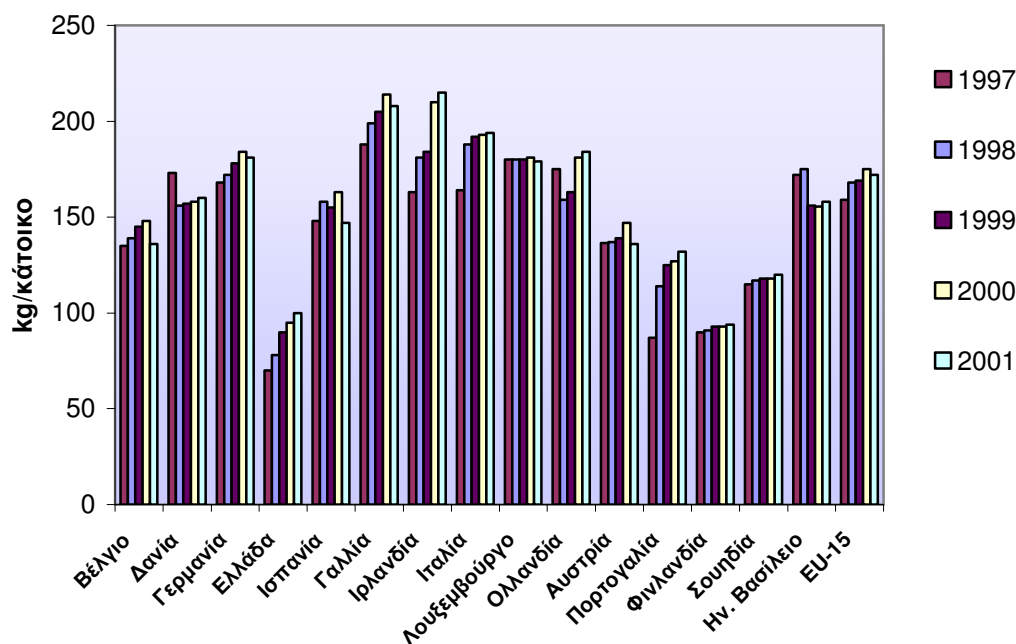


Από τη σύνθεση που προαναφέρθηκε, τα πλαστικά, το γυαλί, τα μέταλλα και το χαρτί είναι τα τέσσερα κύρια υλικά των απορριμμάτων συσκευασίας. Σύμφωνα με το **Σχήμα 2-11** μεταξύ 1997 και 2001, το σύνολο των απορριμμάτων συσκευασίας αυξήθηκε κατά 7% στην ΕΕ-15. Το 2000–2001 η συνολική ποσότητα μειώθηκε ελαφρώς, κυρίως λόγω μείωσης κατά 12 % στην Ισπανία (ΕΟΠ, 2004).

Οι ποσότητες απορριμμάτων συσκευασίας (Σχήμα 2-11) 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 (ΕΟΠ, 2004, Τσιλέμου & Παναγιωτακόπουλος, 2005). 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.



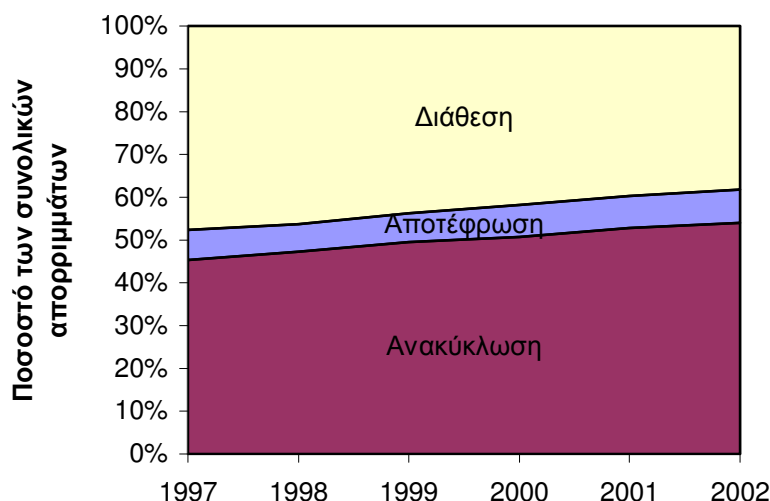
**Σχήμα 2-10 Ποσοστιαία σύνθεση στερεών αποβλήτων που παράγονται σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ το έτος 2002 (Πηγή: Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/extraction/evalight>, Ημερομηνία Πρόσβασης: 6/5/06)**



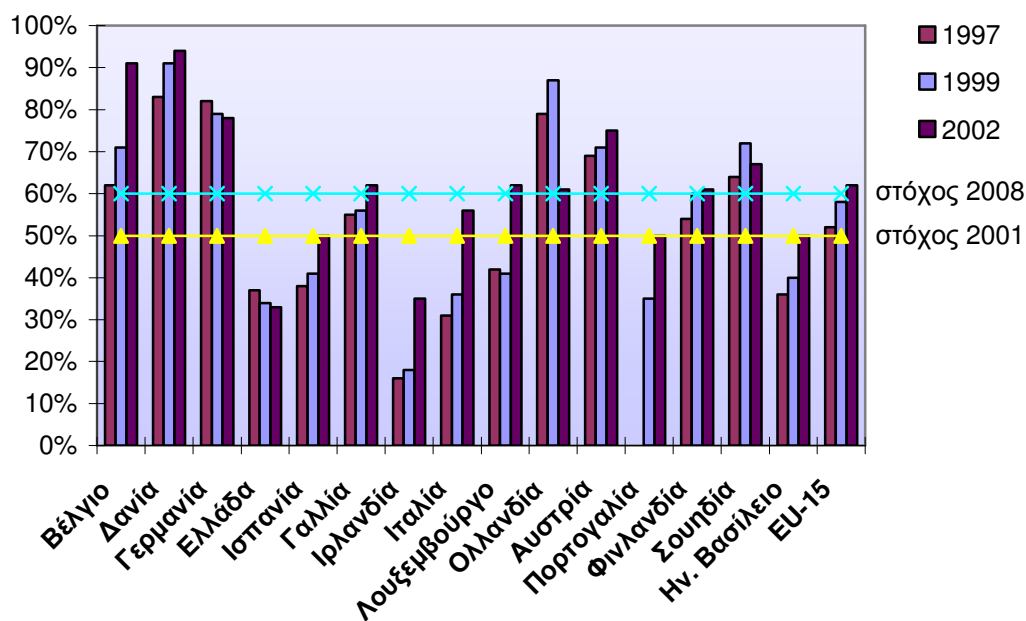
**Σχήμα 2-11 Παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας σε κιλά ανά κάτοικο στις χώρες μέλη της ΕΕ-15 (Πηγή: ΕΕΑ, 2006)**

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).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία της Eurostat τόσο τα ποσοστά ανάκτησης όσο και τα ποσοστά ανακύκλωσης, που παρουσιάζονται στα **Σχήματα 2-13** και **2-14** αναλυτικά για κάθε κράτος μέλος (ΕΕ-15), είναι σε αναλογία με την ποσότητα παραγωγής των υλικών συσκευασίας. Η Δανία, το Βέλγιο και Γερμανία έχουν τα υψηλότερα ποσοστά ανάκτησης: μεταξύ 78 και 95%. Σχετικά με τους ποσοτικούς στόχους ανακύκλωσης που θέτει η Οδηγία 94/62/ΕΚ και η 2004/12/ΕΚ, η Πορτογαλία, η Ελλάδα και η Ιρλανδία θα πρέπει να επιτύχουν το στόχο της ανάκτησης τουλάχιστον του 50% κατά βάρος των απορριμμάτων συσκευασίας έως το 2005, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κράτη-μέλη που όφειλαν να επιτύχουν το στόχο αυτό ως το 2001. Περισσότερα από τα μισά κράτη μέλη της ΕΕ εκπληρώνουν ήδη το στόχο ανάκτησης 60% για το 2008. Η Πορτογαλία, η Ελλάδα και η Ιρλανδία έχουν μεταθέσει το στόχο αυτό για το 2011. Στην προκειμένη περίπτωση καλύτερη πορεία ακολουθεί η Πορτογαλία.

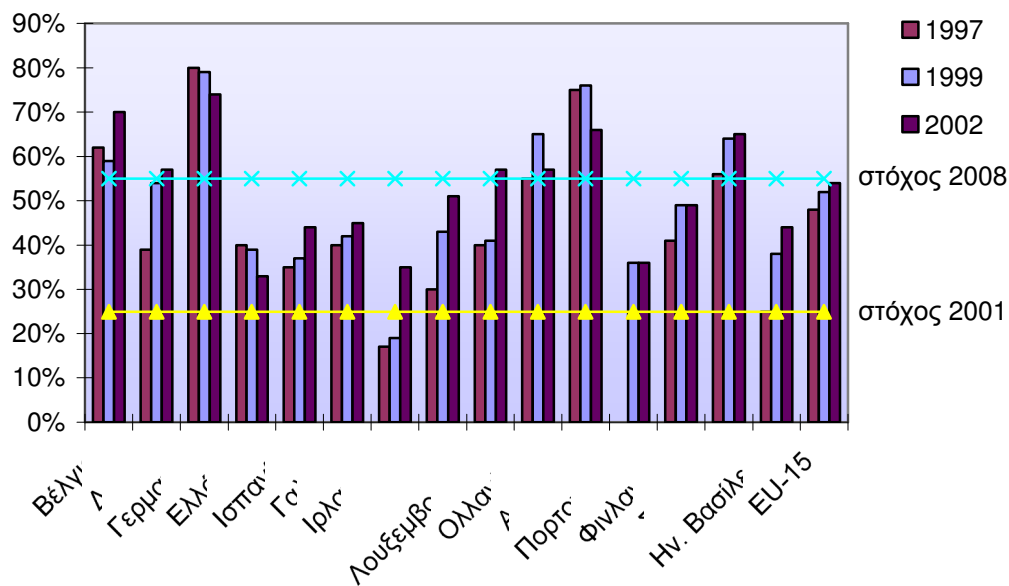


Σχήμα 2-12 Επεξεργασία απορριμμάτων συσκευασίας στην ΕΕ (Πηγή: ΕΕΑ, 2006).



Σχήμα 2-13 Ποσοστό ανάκτησης των υλικών συσκευασίας κατά τα έτη 1997, 1999 και 2002 στις χώρες μέλη της ΕΕ-15 (Πηγή: EC, 2002).

Από το Σχήμα 2-14 φαίνεται ότι το μέσο ποσοστό ανακύκλωσης της ΕΕ μεταξύ 1997 και 2002 αυξήθηκε σταθερά φθάνοντας στο 54%, πολύ κοντά στο στόχο του 2008 (55%). Εντούτοις, είναι σαφές ότι μερικές χώρες είναι ακόμα μακριά από το στόχο. Η Γερμανία έχει το υψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης, περίπου 74%, και η Ελλάδα το χαμηλότερο, στο 33%. Ο στόχος της Οδηγίας 94/62/ΕΚ για ανακύκλωση του 25% κατά βάρος των αποβλήτων συσκευασίας, έχει επιτευχθεί από όλα τα κράτη μέλη συμπεριλαμβανομένων και της Ελλάδας, της Ιρλανδίας και της Πορτογαλίας που είχαν χρονικό περιθώριο μέχρι το 2005, αν και για την Ελλάδα διαφαίνεται μικρή οπισθοδρόμηση από το 1997 και μετά.



**Σχήμα 2-14 Ποσοστό ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας για τα έτη 1997-1999-2001 (Πηγή: EC, 2002).**

## Βιβλιογραφία

1. EC (2002), [www.europa.eu.int/comm/environment/waste/pdf/1997\\_2002.xls](http://www.europa.eu.int/comm/environment/waste/pdf/1997_2002.xls)
2. EC (2005), Waste generated and treated in Europe, Data 1995-2003. European Commission. Eurostat, Theme Environment and Energy, Luxembourg. Ημερομηνία πρόσβασης [10-5-2006], [http://eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-55-03-471/EN/KS-55-03-471-EN.PDF](http://eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-55-03-471/EN/KS-55-03-471-EN.PDF) -
3. EEA (2006), European Topic Centre on Resource and Waste Management. Ημερομηνία πρόσβασης [25-6-2006], [www.waste.eionet.europa.eu/wastebase/quantities](http://www.waste.eionet.europa.eu/wastebase/quantities).
4. Gidarakos E., Havas G., Ntzamilis P. (2006), Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete, *Waste Management*, 26: 668-679.
5. Golder EEIG, Tebodin, IC consulenten ZT GesmbH and EPEM SA (2005), Study on the implementation of Directive 1999/31EC on the landfill of waste, ENV.A.2/ETU/2004/0016, OJR: S 38-032842.
6. Koufodimos G., Samaras Z. (2002), Waste management options in Southern Europe using field and experimental data. *Waste Management*, 22: 47-59.
7. Ανώνυμος (2001), Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Αττικής, Α' Φάση. Έγκριση Περιφερειακού Συμβουλίου Αττικής Α.Π. 48445/28-9-2001.
8. ΕΟΠ (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος). Σήματα ΕΟΠ (2004), Ενημέρωση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σχετικά με επιλεγμένα θέματα. Λουξεμβούργο 2004.
9. ΕΠΕΜ (2004), «Μελέτες Προετοιμασίας Μονάδας Επεξεργασίας Απορριμμάτων Ν. Αχαΐας», Τεχνική Έκθεση.
10. Η.Π. 50910/2727/2003 (2003), «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός διαχείρισης». ΦΕΚ 1909/Β/22.12.2003.
11. Μαυρόπουλος Α. (2003), «Επεξεργασία αποβλήτων: από την ιδέα στην υλοποίηση», ΟΙΚΟΠΟΛΙΣ Τεύχος 1, Σεπτέμβριος.
12. Μαυρόπουλος Α., Στοϊλόπουλος Β., Κολοκοτρώνη Κ., Φαγογένη Ε. (2002), «Οι ΧΥΤΑ στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και εμπειρίες», 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, «Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων», Αθήνα, 28/2-1/3/2002.
13. Παπαχρήστου Ε. κ.ά. (2002), Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αστικών απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, «Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων», Αθήνα, 28/2-1/3/2002.
14. Παρισάκης Γ., Σκορδίλης Α., Ανδριανόπουλος Α., Λώλος Θ., Ανδριανόπουλος Ξ., Τσομπανίδης Χ., Λώλος Γ. (1991), Ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση των οικιακών αποβλήτων της νήσου Κω. Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Αναλυτικής και Ανόργανης Χημείας.
15. Παρισάκης Γ., Σκορδίλης Α., Ανδριανόπουλος Α., Λώλος Θ., Ανδριανόπουλος Ξ., Τσομπανίδης Χ., Λώλος Γ. (1992), Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός των αστικών

στερεών αποβλήτων της Καλαμάτας. Εκτίμηση σε σχέση με τη δυνατότητα παραγωγής κομπόστ. Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Αναλυτικής και Ανόργανης Χημείας.

16. Τσιλέμου Κ., Παναγιωτακόπουλος Δ. (2005), 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.
17. ΥΠΕΧΩΔΕ. (2003), Ολοκληρωμένη Διαχείριση Απορριμμάτων. Ενημερωτικό Έντυπο.

### 3 Συστήματα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

#### 3.1 Μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοια επεξεργασία, ήτοι σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα<sup>18</sup>. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, ελαιοπυρήνα κλπ), πολλά στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων (BAA). Το τελευταίο, που αποτελεί και το αντικείμενο αυτής της μελέτης, υπόκειται στους προαναφερθέντες περιορισμούς της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (99/31/ΕΕ) που επιβάλλουν τη σταδιακή εκτροπή του από τη διάθεση σε ΧΥΤΑ, από το 2010 έως το 2020 για την Ελλάδα.

Είναι εύλογο ότι τα μη βιοαποδομήσιμα υλικά που εισέρχονται σε μια μονάδα βιολογικής επεξεργασίας θα ληφθούν αναλλοίωτα στην έξοδό της. Στην περίπτωση των αστικών αποβλήτων τέτοια υλικά περιλαμβάνουν προσμείξεις ξένων σωμάτων, όπως γυαλί και πλαστικό φιλμ, αλλά και μη βιοδιασπάσιμους ρύπους (βαρέα μέταλλα, εμμένοντες οργανικούς ρύπους - POPs), μη ορατούς μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, που ανιχνεύονται όμως στο τελικό προϊόν, υποβαθμίζοντας την αξία του και περιορίζοντας τις δυνατότητες χρήσης του. Συνεπώς η καθαρότητα των υλικών εισόδου καθορίζει αναπόφευκτα την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Όσον αφορά τα αστικά απόβλητα, οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να δεχθούν:

Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το οποίο μετά από μια αερόβια φάση βιοσταθεροποίησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως «κομπόστ» και χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές διεξόδους διάθεσης, και

Ένα εμπλουτισμένο σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσμα, που προέρχεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής, η ποιότητα του οποίου εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής διαλογής, σε κάθε περίπτωση όμως είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του διαλεγμένου στην πηγή κλάσματος. Σε αυτή την περίπτωση η βιολογική επεξεργασία μπορεί να λειτουργήσει εξ' ίσου καλά όσον αφορά τις βιολογικά εξαρτώμενες παραμέτρους (καταστροφή παθογόνων-υγεινοποίηση και βιοσταθεροποίηση), όμως το τελικό προϊόν θα περιέχει όλες τις μη βιοδιασπώμενες προσμείξεις και ρύπους του υλικού εισόδου, και πιθανότατα σε υψηλότερες συγκεντρώσεις καθώς μέρος του οργανικού υλικού έχει αποδομηθεί σε διοξείδιο του άνθρακα. Σε αυτή την περίπτωση το τελικό προϊόν είναι ένα

<sup>18</sup> Στη διαχείριση των αποβλήτων όρος «οργανικά απόβλητα» χρησιμοποιείται ως συνώνυμος των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, δηλ. των αποβλήτων που μπορούν να διασπαστούν / αποδομηθούν μέσω βιολογικών διεργασιών, και όχι με την χημική έννοια του όρου. Έτσι π.χ. το πολυαιθυλένιο είναι αντικείμενο της οργανικής χημείας, καθώς είναι μια οργανική ένωση του άνθρακα, δεν θεωρείται όμως οργανικό απόβλητο καθώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας και άνθρακα από μικροοργανισμούς.

βιοσταθεροποιημένο υλικό, τύπου κομπόστ<sup>19</sup> το οποίο μπορεί να διατεθεί σε ΧΥΤΑ χωρίς να παραβιάζει τις απαιτήσεις της Οδηγίας για την υγειονομική ταφή, έχει όμως περιορισμένες δυνατότητες άλλων χρήσεων στις περισσότερες χώρες της ΕΕ. Οι περιορισμοί αυτοί αναμένεται να επεκταθούν σε όλη την ΕΕ με υιοθέτηση σχετικής Οδηγίας με αυστηρές προδιαγραφές για το κομπόστ, η οποία πιθανότατα δεν θα επιτρέπει καν τη χρήση του όρου για τα προϊόντα της βιοεπεξεργασίας που δεν προέρχονται από διαλεγμένα στην πηγή βιοαποδομήσιμα.

Διακρίνονται δύο βασικές μορφές βιοεπεξεργασίας οργανικών αποβλήτων: η *κομποστοποίηση* (αερόβια, θερμοφιλή βιο-οξείδωση) και η *αναερόβια χώνευση*. Η πρώτη οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου εδαφοβελτιωτικού, το κομπόστ, τα ενώ η δεύτερη στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου υπολείμματος, το οποίο μετά από περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση μπορεί να μετατραπεί επίσης σε κομπόστ και να έχει ανάλογες χρήσεις.

Κάθε μορφή βιοεπεξεργασίας βασίζεται στη δράση των μικροοργανισμών, πρόκειται δηλαδή για βιολογικά συστήματα, τα οποία, ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του τεχνολογικού τους μέρους – και το κόστος τους – ρυθμίζονται από κάποιες βιολογικές αρχές που καθορίζουν το μέγιστο δυνατό ρυθμό αναπαραγωγής των μικροοργανισμών και διάσπασης των αποβλήτων. Συνεπώς, δεν υπάρχουν συστήματα που να επιτυγχάνουν την επεξεργασία των αποβλήτων σε 2-3 μέρες, αν και θα μπορούσαν να προσφέρουν μια πιο εντατική προεπεξεργασία, την οποία θα ακολουθήσει μια πιο εκτεταμένη περίοδος κύριας επεξεργασίας με τεχνολογίες χαμηλότερου κόστους.

Το βασικό όφελος των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας αποβλήτων έγκειται στη δυνατότητα επιστροφής των οργανικών υλικών στο έδαφος, ολοκληρώνοντας έτσι έναν σημαντικό οικολογικό κύκλο και υποκαθιστώντας μέρος των εισροών χημικών λιπασμάτων στη γεωργία. Η βιοεπεξεργασία έχει ιδιαίτερη σημασία για τις Μεσογειακές χώρες όπου οι κλιματικές συνθήκες και οι καλλιεργητικές πρακτικές έχουν σαν αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ουσίας στο έδαφος, φέρνοντας πολλές περιοχές στα όρια της απερίημωσης. Η βιοεπεξεργασία των οργανικών αποβλήτων, κάτω από προϋποθέσεις, έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει στην αντιμετώπιση και των δύο αυτών προβλημάτων, της διαχείρισης των αποβλήτων και της υποβάθμισης της ποιότητας του εδάφους, προσθέτοντας τον κρίκο που λείπει ώστε να κλείσει αειφορικά ο κύκλος της οργανικής ύλης.

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 γενικότερα (Lasaridi et al., 2006, Λαζαρίδη κ.α., 2002). Παράμετροι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που συνήθως ρυθμίζονται από τη σχετική νομοθεσία, αποτελούν η συγκέντρωση σε βαρέα μέταλλα και άλλους πιθανούς τοξικούς ρυπαντές (PCBs, PAH, διοξίνες, υπολείμματα φυτοφαρμάκων), η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο ή τα φυτά, οι ξένες προσμίξεις (πλαστικό, αιχμηρά), η φυτοτοξικότητα κ.ά. Είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι σήμερα η κυρίαρχη άποψη είναι, ότι δεν είναι εφικτό να παρασκευαστεί υψηλής ποιότητας, ασφαλές για αγροτική χρήση κομπόστ, από ΑΣΑ που δεν έχουν υποστεί διαλογή στην πηγή (Lasaridi et al., 2006, Λαζαρίδη κ.α., 2002).

<sup>19</sup> Προϊόν Τύπου Κομπόστ (ΠΤΚ)



Στην επιλογή μεθόδων βιοεπεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων σημαντικό ρόλο παίζει ο στόχος της επεξεργασίας και η δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων, η οποία θα πρέπει να εξετάζεται από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού. Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος αγροτικών και θερμοκηπιακών εφαρμογών, μπορεί να περιορίσει τη διάβρωση του εδάφους, να βελτιώσει τη δομή και την υδατο-ικανότητα του εδάφους, να περιορίσει την ανάγκη χρήσης λιπασμάτων και να συμβάλλει στον έλεγχο ορισμένων φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών. Ωστόσο, το κομπόστ που προέρχεται από αστικά απόβλητα και λάσπες δεν είναι πάντα κατάλληλο για αγροτική εφαρμογή, ειδικά αν δεν πληροί υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές και η διάθεσή του δεν πρέπει να θεωρείται εκ των προτέρων εξασφαλισμένη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, όπου η δυνατότητα αξιοποίησης της ενέργειας του παραγόμενου βιοαερίου, καθώς και η διασφάλιση της διάθεσης του στερεού καταλοίπου πρέπει να εξετάζονται από την αρχή, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σήμερα, και έτσι όπως διαμορφώνονται οι ενεργειακές προτεραιότητες στην ΕΕ, ο κατάλληλος σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλίσει την αξιοποίηση του βιοαερίου και σε συνδυασμό με στοχευμένες πολιτικές (π.χ. UK), να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες συνδυασμένες λύσεις αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας (Last, 2006).

### 3.1.1 Προεπεξεργασία Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Ο τύπος της απαιτούμενης προεπεξεργασίας των αποβλήτων, πριν εισέλθουν στην μονάδα της βιοεπεξεργασίας εξαρτάται από το είδος και την καθαρότητα των αποβλήτων. Προκειμένου για ΑΣΑ, οι απαιτούμενες διεργασίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με το σύστημα συλλογής. Σε περίπτωση συλλογής σύμμεικτων ΑΣΑ, απαιτούνται πολύπλοκες εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής, για τον διαχωρισμό των ΑΣΑ κατά είδος, με τη βοήθεια μηχανικών και φυσικών μεθόδων (βλ. §3.3). Τέτοια συστήματα απαιτούν προχωρημένη τεχνολογία και σημαντική επένδυση και αποδίδουν περιορισμένης καθαρότητας προϊόντα, συνεισφέρουν όμως στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την υγειονομική ταφή με έναν ευέλικτο και συχνά ανταγωνιστικό οικονομικά και περιβαλλοντικά τρόπο, ανάλογα με τις τοπικές περιστάσεις.

Στην περίπτωση που το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ συλλέγεται χωριστά, με διαλογή στην πηγή, απαιτείται πάλι μια προεπεξεργασία, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από την καθαρότητα του συλλεγόμενου υλικού και κατά συνέπεια, από την ενεργό συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα χωριστής διαλογής. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται κάποιο πρόγραμμα διαλογής στην πηγή για άλλο ρεύμα των ΑΣΑ (π.χ. υλικά συσκευασίας), η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι δεν παρατηρείται αξιόλογη βελτίωση στην ποιότητα του οργανικού κλάσματος και έτσι απαιτούνται περίπου οι ίδιες πολύπλοκες εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας όπως και στην περίπτωση συλλογής σύμμεικτων αποβλήτων.

### 3.1.2 Κομποστοποίηση

#### 3.1.2.1 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή λειτουργίας

Κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη, αερόβια, βιολογική, οξειδωτική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών που λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμοφίλης περιοχής. Το τελικό προϊόν, το κομπόστ, πρέπει να είναι αρκετά σταθεροποιημένο για αποθήκευση και εφαρμογή στο έδαφος χωρίς ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά συνέπεια η κομποστοποίηση

αποτελεί εξειδικευμένη μορφή βιοσταθεροποίησης αποβλήτων κατά την οποία οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού είναι τέτοιες που να εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη ελεγχόμενων υψηλών θερμοκρασιών ευνοϊκών για την ανάπτυξη και επικράτηση θερμοφίλων μικροοργανισμών. Πρόκειται δηλ. για μια ελεγχόμενη βιο-οξειδωτική διεργασία η οποία (Zucconi & de Bertoldi, 1987a, b):

- Αφορά ετερογενή οργανικά υλικά σε στερεή κατάσταση
- Περνάει από μια αρχική φάση αποικοδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες της θερμοφίλης περιοχής και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες, και
- Οδηγεί σε μια κατάσταση σταθεροποίησης, το τελικό προϊόν της οποίας χαρακτηρίζεται ως ώριμο κομπόστ.

Κατά την κομποστοποίηση, με τη βοήθεια της μικροβιακής κοινότητας (βακτήρια, ακτινομύκητες και μύκητες) και της μεταβολικής της δραστηριότητας με τη βοήθεια ενδοκυτταρικών και εξωκυτταρικών ενζύμων, επιτυγχάνεται η τροποποίηση και αποικοδόμηση της οργανικής ύλης που οδηγεί (Haug, 1993):

- στο σχηματισμό ενός πλήθους μεταβολικών προϊόντων και κλασμάτων, όπως χουμικών ουσιών και λιγνο-πρωτεϊνών,
- στην απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων από οργανικές ενώσεις και μεταφορά τους σε διαλυτά, ή αδιάλυτα ανόργανα άλατα, και
- στην έκλυση αερίων, όπως διοξειδίου του άνθρακα, υδρατμών, αμμωνίας, οξειδίων του αζώτου και από πιθανούς αναερόβιους θύλακες, μεθανίου και υδρόθειου.

Οι κυριότερες ομάδες οργανικών ουσιών που βρίσκονται στα ΒΑΑ είναι οι πρωτεΐνες (3-4%), τα λίπη (2-4%), τα σάκχαρα (8-10%), οι κυτταρίνες και ημικυτταρίνες (44-50%) και η λιγνίνη (12-15%). Τα υλικά που συνιστούν τα ΒΑΑ, ανάλογα με το βαθμό βιοαποδομησιμότητάς τους χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Εύκολα αποδομήσιμα υλικά (σάκχαρα, άμυλο, ημικυτταρίνες, μερικές πρωτεΐνες)
- Υλικά που χρειάζονται αρκετό διάστημα και κατάλληλες συνθήκες για να αποδομηθούν (κυτταρίνες, λίπη και ορισμένες πρωτεΐνες)
- Υλικά αρκετά ανθεκτικά στην αποδόμηση (λιγνίνες και κερατίνες)

Κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης διακρίνονται οι παρακάτω φάσεις, οι οποίες απαιτούν συνήθως διαφορετικούς χειρισμούς (Lasaridi, 1998):

- i) Αρχικά, οι μεσόφιλοι οργανισμοί δραστηριοποιούνται και η θερμοκρασία φτάνει τους 50°C περίπου.
- ii) Στη συνέχεια αυξάνεται η θερμοκρασία μέχρι τους 65 °C περίπου και επικρατούν οι θερμοφίλοι οργανισμοί. Η φάση αυτή εξαρτάται από την ύπαρξη αποθεμάτων οξυγόνου και για αυτό πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αερισμού της οργανικής μάζας. Επίσης, χρειάζονται μέτρα απομάκρυνσης της παραγόμενης θερμότητας (π.χ. με συχνή ανάδευση ή πρόσθετο αερισμό), γιατί η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αδρανοποίηση ή και θερμικό θάνατο των μικροοργανισμών, και συνεπώς επιβράδυνση της διεργασίας.

Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής σχεδόν όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται και το παραγόμενο προϊόν που χαρακτηρίζεται ως "φρέσκο κομπόστ" θεωρείται ως υγεινοποιημένο (sanitised). Το "φρέσκο κομπόστ" έχει μερικώς μόνο αποδομηθεί και δεν έχει ακόμη σταθεροποιηθεί, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί με

κατάλληλο τρόπο για καλλιέργειες (π.χ. το χειμώνα σαν εδαφοβελτιωτικό, για προετοιμασία εδάφους). Η περαιτέρω αποσύνθεση και σταθεροποίηση γίνεται στο έδαφος με αποτέλεσμα τη βελτίωση της δομής του και την αυξημένη δράση της εδαφικής μικρο-χλωρίδας.

iii) Η οργανική μάζα σταθεροποιείται, η θερμοκρασία κατέρχεται βαθμιαία και η δραστηριότητα των μικροοργανισμών σταματά. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι η πτώση της θερμοκρασίας από μόνη της, δεν αποτελεί απαραίτητα ένδειξη σταθεροποίησης του υλικού, καθώς η μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να παρεμποδιστεί από πλήθος άλλων παραγόντων, με συχνότερο την χαμηλή υγρασία, δίνοντας μια ψευδή εικόνα σταθεροποίησης.

Σε αυτή τη φάση, το παραγόμενο σταθεροποιημένο κομπόστ βρίσκεται στην πορεία της χουμοποίησης, δεν υπάρχει κίνδυνος φυτοτοξικότητας και είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στο έδαφος ακόμη και όταν τα καλλιεργούμενα φυτά έχουν αναπτυχθεί (πρέπει πάντως να αποφεύγεται η άμεση επαφή με τις ρίζες - καλλιέργεια σε γλάστρες - επειδή μπορεί προσωρινά να ανασταλεί η ανάπτυξη).

iv) Το κομπόστ υποβάλλεται σε μια μεγάλη περίοδο χουμοποίησης και ωριμάζει. Το "ώριμο κομπόστ" είναι χρήσιμο υλικό για την παρασκευή τεχνητού υποστρώματος που έρχεται σε επαφή με τις ρίζες μεταφυτευμένων φυτών. Υγειονομικά είναι ασφαλές και η χρησιμότητα του στα φυτάρια, για την καλλιέργεια λουλουδιών και την εντατική καλλιέργεια, μπορεί να συγκριθεί μόνο μ' αυτήν του φυσικού χούμου.

Οι τρεις πρώτες φάσεις λαμβάνουν χώρα εντός μικρών χρονικών διαστημάτων (2-8 εβδομάδων ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου συστήματος), ενώ η ωρίμανση απαιτεί μήνες (περίπου 3 - 6 μήνες).

Διάφοροι παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, σύνθεση των αποβλήτων, το μέγεθος των τεμαχιδίων, το πορώδες και η δομή του υποστρώματος, ο αερισμός και η συγκέντρωση του οξυγόνου στη μάζα του υποστρώματος, και το pH καθορίζουν τους επικρατούντες κάθε φορά μικρο-οργανισμούς καθώς και την ένταση της μικροβιακής δραστηριότητας και κατά συνέπεια το ρυθμό της αποδόμησης και βιοσταθεροποίησης των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, σημαντικό ρόλο στην έκβαση της κομποστοποίησης παίζουν οι ακόλουθες παράμετροι:

#### i) Θερμοκρασία

Η δράση των μικροοργανισμών προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία αν δεν ελεγχθεί μπορεί να ξεπεράσει τους 75 °C, προκαλώντας αδρανοποίηση ή και θερμικό θάνατό τους. Σε όλα τα κεντρικά συστήματα κομποστοποίησης, η θερμοκρασία ελέγχεται ώστε να παραμένει πάνω από τους 55 °C και συχνά πάνω από τους 65 °C για τρεις τουλάχιστον ημέρες. Αυτό έχει ως συνέπεια την εξαφάνιση των παθογόνων μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την εξυγίανση του προϊόντος.

Ωστόσο, οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή και άλλων ομάδων μικροοργανισμών (π.χ. ακτινομύκητες), χρήσιμων για την αποδόμηση ανθεκτικών συστατικών του οργανικού κλάσματος π.χ. κυτταρίνες και λιγνίνες. Έτσι, θα πρέπει να γίνεται προσεκτικός έλεγχος της θερμοκρασίας με γρήγορη διέλευση από το θερμόφιλο στάδιο και διατήρηση κατόπιν της θερμοκρασίας σε χαμηλότερα επίπεδα, προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος της διεργασίας και να παραληφθεί προϊόν καλής ποιότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της συχνότητας των αναδεύσεων ή της παροχής του αερισμού.

### ii) Αναλογία θρεπτικών συστατικών

Για να επιτευχθεί βέλτιστος βαθμός βιοσταθεροποίησης, είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα θρεπτικά συστατικά για τους μικροοργανισμούς σε κατάλληλες αναλογίες. Τα βακτήρια χρησιμοποιούν τον άνθρακα ως πηγή ενέργειας και το άζωτο για την ανάπτυξή τους. Έτσι ο λόγος C/N είναι σε μεγάλο βαθμό καθοριστικός του ρυθμού της όλης διαδικασίας.

Το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ έχει συνήθως λόγο C/N κυμαινόμενο από 20:1 μέχρι 60:1 (μεγάλος λόγος σημαίνει π.χ. αυξημένη ποσότητα χαρτιού που προσφέρει C, έναντι υπολειμμάτων τροφών που προσφέρουν N). Είναι γενικά παραδεκτό ότι η βέλτιστη βιοσταθεροποίηση επιτυγχάνεται όταν ο λόγος C/N κυμαίνεται από 25:1 μέχρι 35:1. Όταν ο λόγος C/N είναι μεγαλύτερος του 35 στην αρχική οργανική ουσία, προκαλείται μια αργή αποσύνθεση που αυξάνει τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας. Οι μικροοργανισμοί υποχρεώνονται να αναπτύσσονται σε διαδοχικούς βιολογικούς κύκλους, οξειδώνοντας έτσι αργά το πλεόνασμα του άνθρακα μέχρι να φέρουν το λόγο C/N σε ευνοϊκές τιμές για το μεταβολισμό τους. Αν αντίθετα το αρχικό οργανικό υλικό παρουσιάζει τιμές C/N πάρα πολύ χαμηλές ευνοούνται απώλειες αζώτου με πτητικότητα της αμμωνίας, φαινόμενο ακόμη εντονότερο όταν συντρέχουν άλλες συνθήκες, όπως υψηλές τιμές θερμοκρασίας και pH.

Σε απόβλητα με υψηλό λόγο C/N είναι συχνή η προσθήκη υλός από εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων η οποία έχει λόγο C/N περίπου ίσο με 10, ενώ για χαμηλό λόγο C/N ενδείκνυται η προσθήκη υλικών πλούσιων σε C, όπως πριονίδι, κλαδιά ή άχυρα.

Το τελικό προϊόν (κομπόστ) πρέπει να ελέγχεται ώστε ο λόγος C/N να μην είναι μεγαλύτερος από 30:1 γιατί σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει κίνδυνος κατά την εδαφική εφαρμογή του κομπόστ, να συνεχιστεί η αποδόμηση της οργανικής ουσίας από τους εμπεριεχόμενους μικροοργανισμούς, οι οποίοι θα απορροφήσουν ακόμη και από το έδαφος το άζωτο - που είναι πολύτιμο στοιχείο ως λίπασμα - για την κυτταρική τους ανάπτυξη. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται και από τη βιοδιαθεσιμότητα του άνθρακα στο κομπόστ και θα πρέπει να εξετάζεται σφαιρικότερα, με κατάλληλες μετρήσεις του βαθμού σταθεροποίησης του κομπόστ (αναπνευστική δραστηριότητα, δυναμικό αυτοθέρμανσης κ.ά.). Ο λόγος C/N από μόνος του δεν αρκεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του κομπόστ στο έδαφος, γι' αυτό και σταδιακά αντικαθίσταται από άλλες αναλύσεις στις προδιαγραφές ποιότητας των κομπόστ.

### iii) Υγρασία

Η υγρασία αποτελεί βασικό παράγοντα για τη βιοσταθεροποίηση, επειδή η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα στην υγρή φάση. Η βέλτιστη υγρασία του υποστρώματος εξαρτάται από τη σύστασή του, από το μέγεθος των σωματιδίων, από τον αερισμό και από τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται. Κατά τη βιοσταθεροποίηση με τη μέθοδο των αναστρεφόμενων σειραδίων η ιδανική υγρασία είναι μεταξύ 40 και 60 %. Για υγρασία μικρότερη του 40% σύντομα αφυδατώνεται το υπόστρωμα εξαιτίας της μικροβιακής δραστηριότητας, με αποτέλεσμα να συμβαίνει φυσική αλλά όχι βιολογική σταθεροποίηση. Για υγρασία άνω του 70% μεταξύ των σωματιδίων υπάρχει περίσσεια νερού με αποτέλεσμα να εμποδίζεται ο αερισμός και να ευνοείται η ανάπτυξη αναερόβιων θυλάκων.

Η υγρασία του τελικού προϊόντος δεν θα πρέπει να είναι υψηλή, ώστε να μην αποθηκεύεται, μεταφέρεται και πωλείται περίσσεια νερού.

#### iv) Αερισμός – Παροχή οξυγόνου

Η παρουσία οξυγόνου αποτελεί αποφασιστικό παράγοντα για τη διαδικασία της κομποστοποίησης, η οποία είναι εξ' ορισμού αερόβια, αφού το οξυγόνο είναι απαραίτητο για το μεταβολισμό και τη μικροβιακή αναπνοή καθώς και για την οξειδωση των οργανικών ενώσεων. Η σύσταση του αέρα μεταξύ των σωματιδίων αρχίζει να μεταβάλλεται μόλις αρχίσει η βιοοξειδωτική δραστηριότητα, καθώς αυξάνει σταδιακά η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> και μειώνεται η συγκέντρωση του O<sub>2</sub>, με κίνδυνο τη δημιουργία εκτεταμένων αναερόβιων θυλάκων. Οι διαστάσεις των σειραδίων είναι παράγοντας που επηρεάζει αποφασιστικά τον αερισμό, όπως επίσης ο λεπτοτεμαχισμός των αποβλήτων, με τον οποίο αυξάνει η επιφάνεια των προς ζύμωση υλικών (διευκόλυνση προσβολής από μικροοργανισμούς) αλλά μειώνεται το πορώδες. Η κατανάλωση O<sub>2</sub> είναι ανάλογη με την ένταση της μικροβιακής δραστηριότητας και σε θερμοκρασίες 45 – 55°C παρατηρείται η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου.

Ο αερισμός ωστόσο, κατά την κομποστοποίηση έχει διττό ρόλο: εκτός από την εξασφάλιση αερόβιων συνθηκών, η παροχή αέρα έχει στόχο και τον έλεγχο της θερμοκρασίας του σωρού, η οποία αλλιώς μπορεί να ανέλθει σε δυσμενή για τους μικροοργανισμούς επίπεδα (π.χ. άνω των 55–60°C).

#### v) pH

Το αρχικό οργανικό κλάσμα έχει pH περίπου 7 (βέλτιστες τιμές για κομποστοποίηση 5.5 μέχρι 8.0). Τα βακτήρια προτιμούν pH ουδέτερο ενώ οι μύκητες όξινο. Κατά την έναρξη της βιοσταθεροποίησης το pH μειώνεται, επειδή κατά τα πρώτα στάδια της αποσύνθεσης και με τη δράση μιας οξυγενούς βακτηριακής μικροχλωρίδας, παράγονται οργανικά οξέα (π.χ. αμινοξέα). Στη συνέχεια η τιμή του αυξάνεται, επειδή αφ' ενός τα οργανικά οξέα καταναλώνονται και αφ' ετέρου, με την έναρξη της πρωτεϊνολυτικής διαδικασίας παράγεται άζωτο και αμμωνία, το δε υλικό μετατρέπεται σε αλκαλικό (το pH φτάνει μέχρι περίπου 8). Τελικά το pH πέφτει λίγο και σταθεροποιείται σε ελαφρά αλκαλική περιοχή (7,5 έως 8,5) ενώ για την κανονική ανάπτυξη των φυτών συνίσταται περιοχή pH 5,5 έως 8,0.

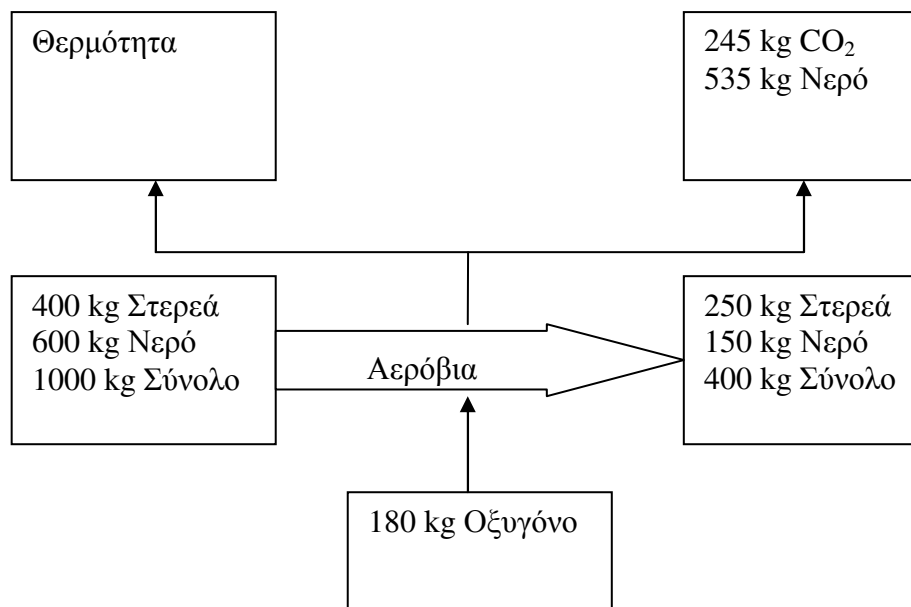
Ένα τυπικό ισοζύγιο μάζας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης φαίνεται στο **Σχήμα 3-1**, ενώ οι φυσικοχημικές και βιολογικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα κατά τις διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης αναπαριστώνται σχηματικά στο **Σχήμα 3-2**.

#### **3.1.2.2 Συστήματα και τεχνολογίες κομποστοποίησης**

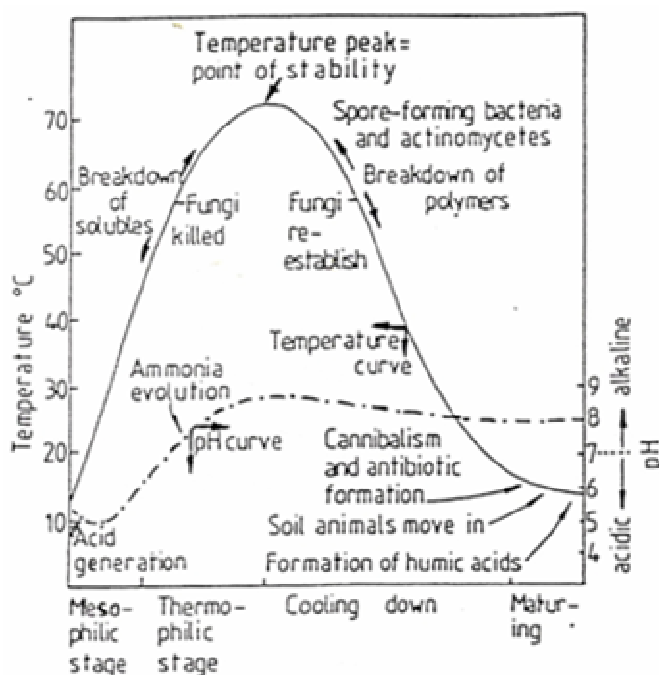
Η αυθόρμητη ή μερικώς ελεγχόμενη αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων με στόχο την αγροτική χρήση του παραγόμενου προϊόντος ήταν γνωστή εδώ και αιώνες. Ωστόσο η οργάνωση της διαδικασίας στη μορφή των διαφόρων τεχνολογιών κομποστοποίησης συνέβη τις τελευταίες δεκαετίες, ως αποτέλεσμα της ανάγκης επεξεργασίας πιο απαιτητικών αποβλήτων, όπως τα ΑΣΑ και της αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

Τα συστήματα κομποστοποίησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε *ανοικτά* και *κλειστά* συστήματα (**Πίνακας 3-1** και **Σχήμα 3-3**). Στα ανοικτά συστήματα η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα στην ύπαιθρο ή σε ημίκλειστα κτίρια. Στα κλειστά συστήματα η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα σε ειδικά σχεδιασμένους βιοαντιδραστήρες ή σε κλειστά κτίρια, απ' όπου είναι εφικτή η απαγωγή και επεξεργασία του αέρα και των οσμών, οι οποίες

αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για πολλές μονάδες κομποστοποίησης, ειδικά όταν είναι εγκατεστημένες κοντά σε κατοικημένες περιοχές.



**Σχήμα 3-1** Τυπικό ισοζύγιο μάζας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης (Πηγή: DEFRA, 2005a).



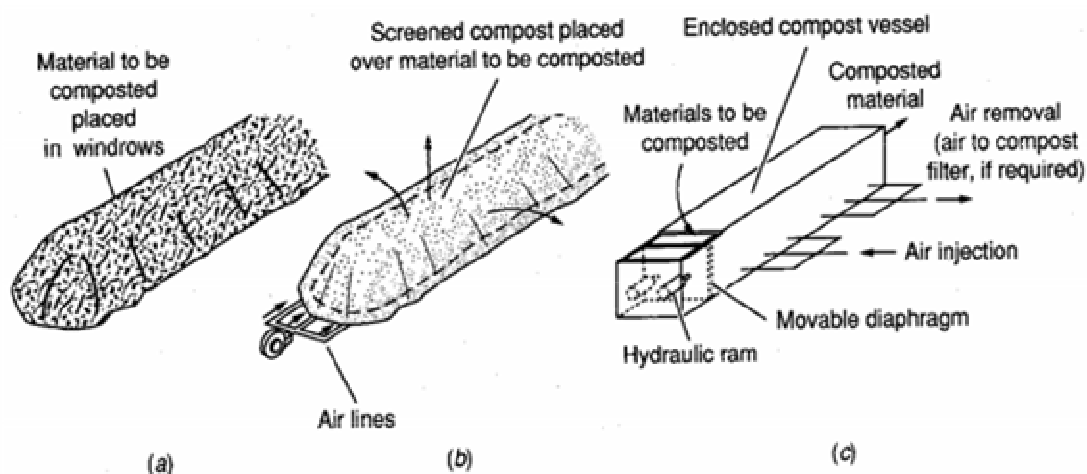
**Σχήμα 3-2** Τυπικές φυσικοχημικές και βιολογικές μεταβολές κατά τις φάσεις της κομποστοποίησης (Πηγή: Gray, 1992).

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα ζωικά προϊόντα επιβάλλει να πραγματοποιείται η επεξεργασία ΑΣΑ που περιέχουν απόβλητα κουζίνας σε κλειστά συστήματα. Για αναλυτικότερη περιγραφή των διαφορετικών συστημάτων καθώς και για κατάλογο των

βασικότερων προμηθευτών ο αναγνώστης παραπέμπεται στους Chiumenti et al. (2005), EA (2002) και Edwards et al. (1998).

**Πίνακας 3-1 Συστήματα κομποστοποίησης**

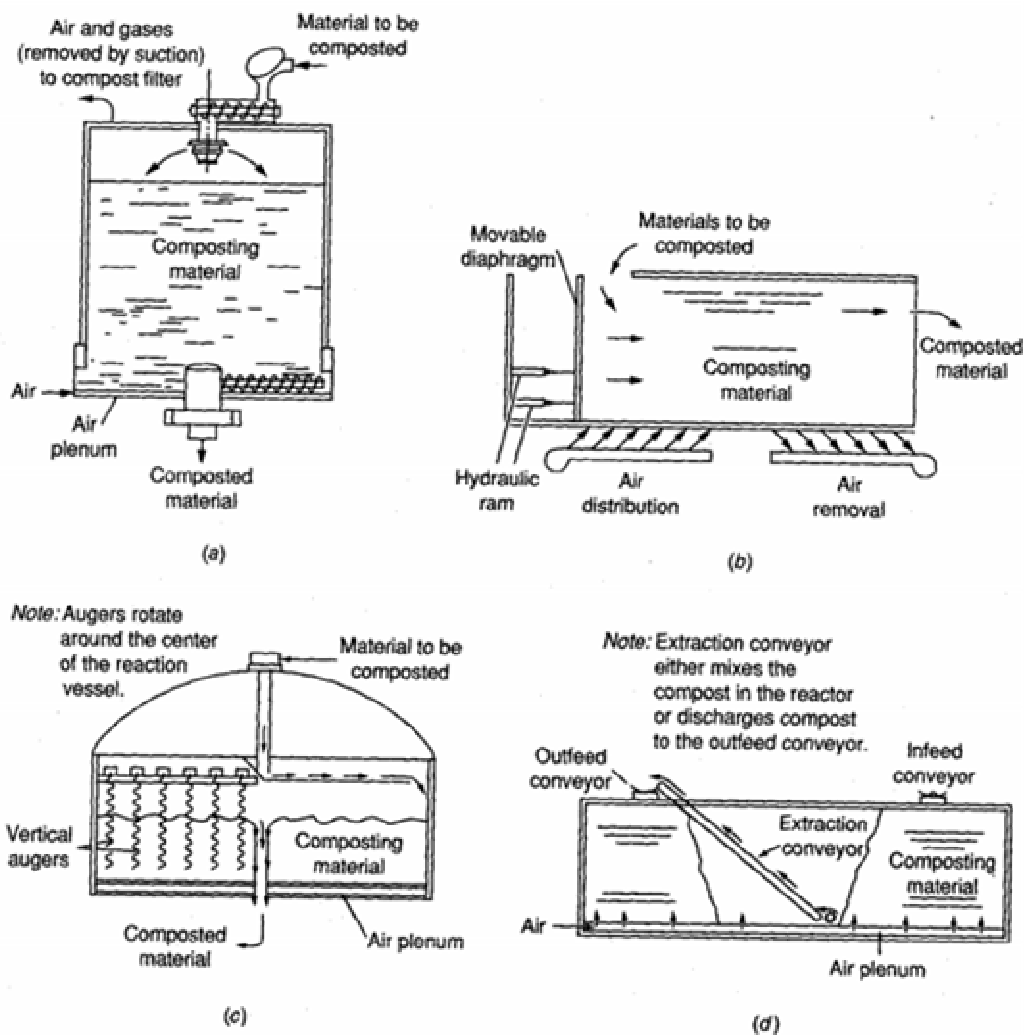
ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (βιοαντιδραστήρες και κλειστά κτίρια)	ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (σειράδια)
Κάθετοι αντιδραστήρες - συνεχούς ροής - ασυνεχούς ροής	- Αναδεδυόμενοι σωροί (windrows)  - Στατικοί σωροί (aerated static piles – ASP) -με απορρόφηση αέρα
Οριζόντιοι αντιδραστήρες - στατικοί - με κίνηση του υλικού	-με εμφύσηση αέρα -με μεταβαλλόμενο αερισμό (απορρόφηση και εμφύσηση) -με εμφύσηση ή/και απορρόφηση αέρα σε συνδυασμό με έλεγχο θερμοκρασίας



**Σχήμα 3-3** Απλουστευμένη σχηματική αναπαράσταση των τριών βασικών συστημάτων κομποστοποίησης: (α) αναδεδυόμενα σειράδια, (β) αεριζόμενοι στατικοί σωροί, (γ) κλειστά συστήματα.

### 3.1.2.2.1 Κλειστά συστήματα

Με τα συστήματα αυτά, τα οποία χαρακτηρίζονται συνήθως από δυναμικό αερισμό, με ή χωρίς ανάδευση, επιτυγχάνεται η ταχύτερη βιοχημική σταθεροποίηση του οργανικού υλικού, η καλύτερη ποιότητα των χαρακτηριστικών του, αλλά κυρίως υπάρχει δυνατότητα ελέγχου και επεξεργασίας των οσμών. Η κυριότερη παράμετρος που επηρεάζει την επιλογή του συστήματος είναι το κόστος αρχικής επένδυσης και λειτουργίας σε συνάρτηση με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και τις επικρατούσες συνθήκες στην αγορά του προϊόντος. Βασικοί τύποι κλειστών συστημάτων παρουσιάζονται στο **Σχήμα 3-4**.



**Σχήμα 3-4** Σχηματική αναπαράσταση των βασικών τύπων κλειστών συστημάτων κομποστοποίησης (a & c: κάθετοι αντιδραστήρες, b & d: οριζόντιοι αντιδραστήρες).

#### Κάθετοι αντιδραστήρες

Ένα συνεχές κάθετο σύστημα χωρίς ανάδευση (Σχήμα 3-4a) αποτελείται από ένα θερμικά μονωμένο αεροστεγή κλειστό κύλινδρο (ύψους μέχρι 9m). Το υλικό εισάγεται από την κορυφή και κατεβαίνει με τη βαρύτητα σε περίοδο δύο περίπου εβδομάδων. Η μάζα αερίζεται με ρεύμα αέρα από τον πυθμένα προς την κορυφή, με θετική πίεση στον πυθμένα και απορρόφηση στην κορυφή. Δεν υπάρχει μηχανική ανάδευση για να μη διαταραχθούν οι βιολογικές διαδικασίες και η διαδικασία είναι δύσκολο να ελεγχθεί λόγω αδυναμίας ομοιογενούς κατανομής του οξυγόνου. Το υλικό τροφοδοτείται στην κορυφή του κυλίνδρου με ατέρμονα κοχλία και διασπείρεται με υποκείμενα πτερύγια, που περιστρέφονται και παρέχουν ομοιόμορφη κατανομή (η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη με την πλήρωση του αντιδραστήρα). Ο αέρας εισάγεται με ειδικό σύστημα σωληνώσεων υπό σταθερή ροή και πίεση και ελέγχεται η υγρασία του όταν εξέρχεται στην κορυφή, όπου μαζί με το παραγόμενο  $\text{CO}_2$  κατά τη βιοαποδόμηση περνούν από φίλτρο απόσμησης (συνήθως βιόφιλτρο) και καταλήγουν στην ατμόσφαιρα. Το έτοιμο υλικό εξέρχεται από το κέντρο του πυθμένα του αντιδραστήρα με ειδική διάταξη κοχλία προσαρμοσμένου σε κεντρικό κύλινδρο



περιστρεφόμενο περί άξονα (υδραυλική κίνηση) μέσω του οποίου αδειάζει η δεξαμενή. Ο κοχλίας χρησιμεύει στη μεταφορά του υλικού από την περιφέρεια στο κέντρο, ενώ ο κύλινδρος επιτρέπει τη διαδρομή του σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα. Προβλήματα εκκένωσης παρουσιάζονται σε περίπτωση βλάβης των μηχανισμών ή συντήρησης.

Ένα κάθετο σύστημα με εσωτερικό αναδευτήρα (Σχήμα 3-4c) αποτελείται από μια κυλινδρική κατακόρυφου άξονα δεξαμενή, που φέρει περιστρεφόμενη γέφυρα με ατέρμονες κοχλίες στο μισό της μήκος. Το προς κομποστοποίηση υλικό εισάγεται στο κέντρο περιστροφής της γέφυρας και με τη βοήθεια του ατέρμονα κοχλία μετατοπίζεται προς την περίμετρο και περιοδικά έρχεται σε επαφή με τον αέρα ενώ σταδιακά κινείται προς τα κάτω μέχρι που τελικά απάγεται από τον πυθμένα και οδηγείται σε κατάλληλο χώρο για ωρίμανση. Το σύστημα μπορεί να συμπληρωθεί με εγκατάσταση ελεγχόμενης παροχής αέρα καθώς και από υδραυλική εγκατάσταση ψεκασμού νερού για την προσθήκη υγρασίας.

Καλύτερος αερισμός μπορεί να επιτευχθεί με κάθετο ασυνεχή αντιδραστήρα, δηλ. με το υλικό τοποθετημένο σε στρώματα, όχι υψηλότερα από 3m, σε επάλληλα επίπεδα. Ένας τέτοιος αντιδραστήρας αποτελείται από έναν κάθετο κυλινδρικό πύργο που περιέχει μέχρι έξι επίπεδα. Τα απόβλητα εισάγονται στην κορυφή και παραμένουν εκεί για κάποιο χρονικό διάστημα (π.χ. μια μέρα), κατόπιν διέρχονται από κάθε επίπεδο και εξέρχονται μετά από ολική πορεία μιας ή δύο εβδομάδων. Τα διάφορα επίπεδα μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να δουλεύουν με ανεξάρτητο πρόγραμμα αερισμού ανάλογα με τις ανάγκες (οξυγόνωσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, κλπ.) της βιομάζας που περιέχουν.



**Σχήμα 3-5** Σύστημα κάθετου βιοαντιδραστήρα τύπου σιλό

#### Οριζόντια συστήματα

Στα συστήματα αυτά η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε 15 - 30 ημέρες περίπου, αν και θα πρέπει να ακολουθηθεί περαιτέρω επεξεργασία σε ανοικτούς σωρούς για 4-12 εβδομάδες (φάση ωρίμανσης). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τέτοιων συστημάτων, που διακρίνονται σε εγκιβωτισμένα συστήματα (βιοκελιά – biocells, τούνελ - tunnel composting, κιβώτια - box composting), σε δεξαμενές (bay composting), τράπεζες κομποστοποίησης (extended beds) ή σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους (rotating drum composting). Παρακάτω δίνονται σύντομες περιγραφές των βασικών συστημάτων (Chiumenti et al. 2005, DEFRA 2005a), καθώς επίσης παρουσιάζονται φωτογραφίες χαρακτηριστικών συστημάτων (Edwards *et al.*, 1998).

Τα βιοκελιά, τα τούνελ και τα κιβώτια (Σχήμα 3-6 και 3-7) αποτελούν παραλλαγές εγκιβωτισμένων, αεροστεγών συστημάτων που προσφέρουν πολύ καλό έλεγχο της διεργασίας, καθώς η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε ένα σχεδόν πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον, ως προς τη θερμοκρασία και τον αερισμό. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της δυνατότητας που παρέχουν τα συστήματα αυτά για ρύθμιση της αναλογίας του αέρα που ανακυκλώνεται προς το φρέσκο αέρα που εισέρχεται στο σύστημα, καθώς και της ροής του αέρα μέσα από το υλικό. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι χρησιμοποιούν δυναμικό αερισμό, συνήθως με εμφύσηση αέρα, μέσα από το πάτωμα της κατασκευής με κανάλια ή σωλήνες, ενώ τα απαέρια απομακρύνονται συνήθως από το πάνω μέρος της. Ο αέρας ανακυκλώνεται εύκολα, επιτυγχάνοντας ομοιόμορφες και καλά ελεγχόμενες θερμοκρασίες σε όλη τη μάζα του οργανικού υλικού, ενώ μπορεί να υποστεί επεξεργασία για την απομάκρυνση οσμών και άλλων ρύπων.

Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι μόνιμες κατασκευές μεταλλικές ή από μπετόν, αλλά μπορεί να είναι και πιο προσωρινές κατασκευές, με κινούμενη είσοδο από μπετό ή άλλα υλικά. Τα μεγέθη τους κυμαίνονται, με τα βιοκελιά και τα τούνελ να είναι συνήθως μεγαλύτερες κατασκευές (100 έως 1000 m<sup>3</sup>) και τα κιβώτια μικρότερες (20 έως 40 m<sup>3</sup>), που λειτουργούν ασυνεχώς και χρησιμοποιούνται ως παράλληλα στοιχεία, ώστε να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες μικρότερων μονάδων (περίπου 3000-5000 τόνοι ανά έτος). Η βασική διαφορά των τούνελ με τα βιοκελιά είναι ότι τα τούνελ έχουν χωριστούς χώρους για φόρτωση και εκφόρτωση των υλικών στα άκρα του αντιδραστήρα ενώ συχνά είναι συστήματα συνεχούς ροής, σε αντίθεση με τα κιβώτια.

Στα συστήματα με δεξαμενές και τράπεζες κομποστοποίησης (composting bays and extended beds) το προς κομποστοποίηση υλικό εισέρχεται σε μεγάλα κτίρια, διαμορφωμένα με μακριές παραλληλόγραμμες δεξαμενές από μπετόν (Σχήμα 3-8) ή με μεγάλες «τράπεζες» όπου το υλικό τοποθετείται σε ένα συνεχές στρώμα και αναστρέφεται τμηματικά από κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό (Σχήμα 3-9). Και στις δύο περιπτώσεις το υλικό αναδεύεται και μετακινείται σταδιακά από το σημείο εισόδου στο σημείο εξόδου, με τη βοήθεια εξοπλισμού που περιλαμβάνει περιστρεφόμενα τύμπανα, ατέρμονους κοχλίες ή άλλες κατάλληλες διατάξεις. Οι διατάξεις αυτές είναι συνήθως τηλεχειριζόμενες και δεν απαιτούν την επί τόπου παραμονή των χειριστών. Η επεξεργασία και μετακίνηση του υλικού ολοκληρώνονται σε 2 έως 3 εβδομάδες.

Συνήθως, εκτός από την ανάδευση η επεξεργασία περιλαμβάνει και παροχή αερισμού μέσα από ένα διάτρητο πάτωμα απ' όπου διέρχονται κανάλια ή σωλήνες αερισμού. Συχνά ακολουθείται διαφορετικό πρόγραμμα αερισμού κατά μήκος της δεξαμενής ή της τράπεζας, ανάλογα με το βαθμό σταθεροποίησης του υλικού (π.χ. πιο έντονος αερισμός στο πρώτο τμήμα της δεξαμενής, καθόλου στο τελευταίο τμήμα της κλπ). Σε αυτά τα συστήματα ο αερισμός συνήθως επιτυγχάνεται με αναρρόφηση αέρα (εφαρμογή υποπίεσης) έτσι ώστε να μειώνονται οι οσμές μέσα στο κτίριο και να είναι εφικτή η επεξεργασία των απαερίων (με βιόφιλτρα ή πλυντρίδες).

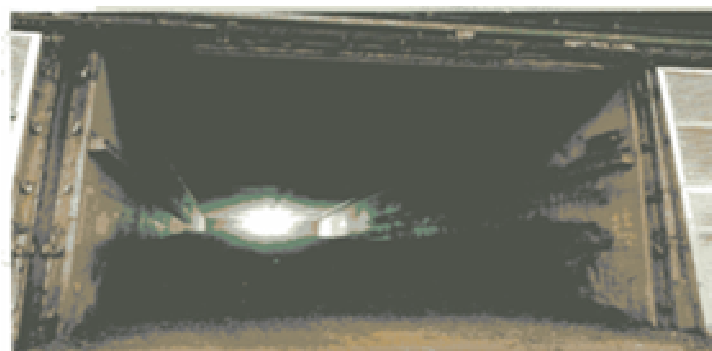
Τα περιστρεφόμενα τύμπανα είναι κυλινδρικοί, μεταλλικοί βιοαντιδραστήρες συνεχούς ροής του υλικού (Σχήμα 3-10). Το υλικό εισέρχεται στο ένα άκρο ενός μεγάλου, αργά περιστρεφόμενου κυλίνδρου, όπου τεμαχίζεται με τη βοήθεια του ίδιου του βάρους και κατάλληλων προεξοχών στα τοιχώματα του κυλίνδρου, αερίζεται και σταθεροποιείται μερικώς έως ότου εξέλθει από την άλλη πλευρά του κυλίνδρου. Τα περιστρεφόμενα τύμπανα

είναι συστήματα υψηλού κόστους και χρησιμοποιούνται συνήθως για την πρώτη φάση έντονης βιολογικής δραστηριότητας της κομποστοποίησης (περίπου 72 ώρες) η οποία ακολουθείται από αερισμό σε δεξαμενές ή τράπεζες κομποστοποίησης ή επεξεργασία σε ανοικτά συστήματα.

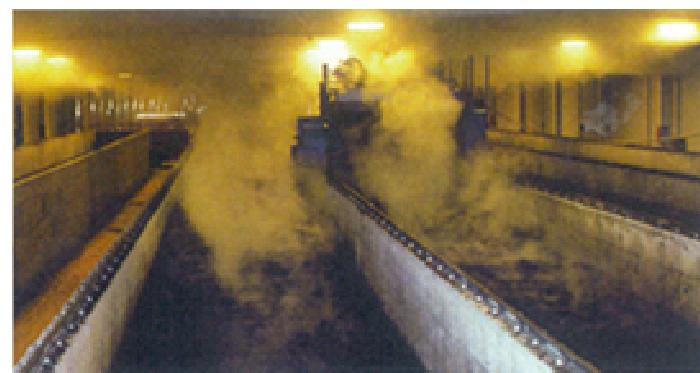
Εξ' αιτίας του ήπιου τεμαχισμού που επιτυγχάνουν, τα περιστρεφόμενα τύμπανα χρησιμοποιούνται συχνά και ως σύστημα προεπεξεργασίας (τεμαχισμού των πλαστικών σάκων, μείωσης του μεγέθους και διευκόλυνσης του διαχωρισμού του οργανικού κλάσματος), το οποίο ταυτόχρονα διευκολύνει την έναρξη της βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού υλικού. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί με χρόνο παραμονής 12-24 ώρες περίπου.



**Σχήμα 3-6** Σύστημα κομποστοποίησης σε κιβώτια



**Σχήμα 3-7** Σύστημα κομποστοποίησης σε τούνελ



**Σχήμα 3-8** Σύστημα κομποστοποίησης σε δεξαμενές



**Σχήμα 3-9** Σύστημα τράπεζας κομποστοποίησης



**Σχήμα 3-10** Σύστημα κομποστοποίησης σε περιστρεφόμενα τύπανα

### **3.1.2.2.2 Ανοικτά συστήματα**

Τα ανοικτά συστήματα ή σειράδια διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα με τη μέθοδο του αερισμού: τα αναστρεφόμενα σειράδια (windrows) και τους αεριζόμενους στατικούς σωρούς (aerated static pile – ASP) και χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα κλειστά συστήματα.

Η επιφάνεια που καταλαμβάνεται από τα σειράδια πρέπει να είναι επιστρωμένη και να υπάρχει σύστημα αποχέτευσης και ύδρευσης. Αυτές είναι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος κεφαλαίου, όπως και ο τρόπος αερισμού των σειραδίων (με ανάδευση ή εμφύσηση-απορρόφηση αέρα). Βέλτιστο ύψος θεωρούνται τα 1,5 – 3,0m, αφού σε μικρότερα ύψη υπάρχουν μεγάλες απώλειες θερμότητας και κατά συνέπεια η θερμοκρασία είναι χαμηλή, ενώ σε μεγαλύτερα ύψη υπάρχει κίνδυνος εγκατάστασης αναερόβιων συνθηκών. Το πλάτος του σειραδιού δεν έχει μεγάλη επίδραση στη διεργασία (κυμαίνεται γύρω στα 3-5 m, ανάλογα με το μέγεθος του αναστροφές), όπως και το μήκος που επιλέγεται συνήθως ως η ισοδύναμη παραγωγή μιας ημέρας ή ανάλογα με τη γεωμετρία της κομποστοπλατίας. Η διατομή των σειραδίων είναι συνήθως τριγωνική.

Η αναστροφή των σειραδίων είναι απαραίτητη για την παροχή οξυγόνου και τον έλεγχο της θερμοκρασίας στα συστήματα των αναστρεφόμενων σειραδίων, αλλά μπορεί να είναι χρήσιμη σε αραιά διαστήματα (1-2 φορές κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας) και για τους αεριζόμενους σωρούς, καθώς βελτιώνει τη δομή και το πορώδες του υλικού. Η αναστροφή μπορεί να επιτευχθεί είτε με φορτωτές είτε με ειδικά μηχανήματα αναστροφής του κομποστ

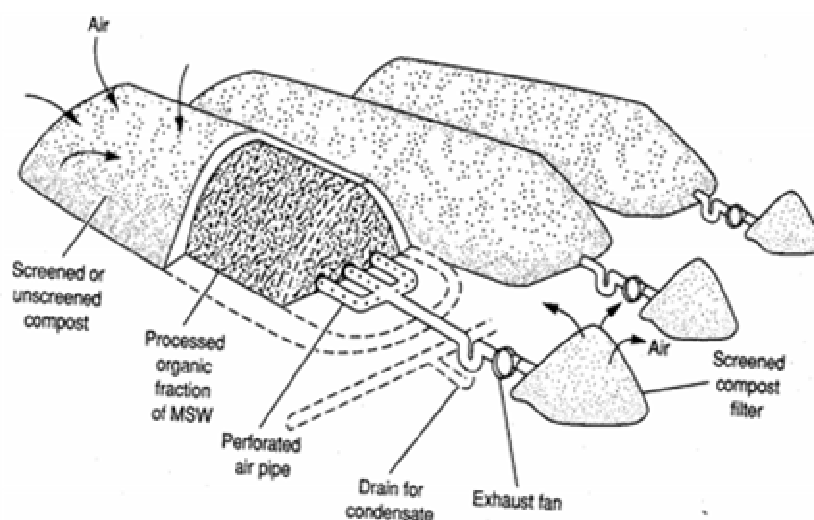
(**Σχήμα 3-11**). Τα μηχανήματα αυτά φέρουν ατέρμονα κοχλία και περνώντας πάνω από τα σειράδια προκαλούν μια πλήρη στατική ανάδευση της μάζας τους. Οι αναστροφείς μπορεί να είναι ελκόμενοι από ένα τρακτέρ ή συναφές μηχάνημα (για μονάδες χαμηλής δυναμικότητας) ή αυτοκινούμενοι.

Τα συστήματα στατικών αεριζόμενων σωρών χρησιμοποιούν εξαναγκασμένο αερισμό για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της περιεκτικότητας σε οξυγόνο του υλικού. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους, όπως και οι αναστρεφόμενοι σωροί, απαιτεί μικρότερο χώρο και δεν υπάρχει περιοδική ανάδευση των σειραδίων με όλα τα μειονεκτήματα που τη συνοδεύουν (π.χ. οσμές, σκόνη στον αέρα που πιθανόν να είναι βακτηριακά βεβαρημένη).

Τα συστήματα αυτά μπορούν να είναι εντελώς ανοικτά (γεγονός που με βάση την ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν επιτρέπεται για απόβλητα που περιέχουν υπολείμματα κρέατος - συμπεριλαμβανομένων και των αποβλήτων κουζίνας) ή στεγασμένα. Όσον αφορά τα ΑΣΑ και τις συνιστώσες τους, τα συστήματα αυτά προσφέρονται για την επεξεργασία των αποβλήτων κήπου, που προκαλούν χαμηλή όχληση κατά την επεξεργασία τους, ενώ δεν απαιτούν ακριβές τεχνολογίες υψηλού επιπέδου για τον έλεγχο των παραμέτρων της κομποστοποίησης.



**Σχήμα 3-11** Σύστημα αναστρεφόμενων σειραδίων με χρήση αυτοκινούμενου αναστροφέα.



**Σχήμα 3-12** Σύστημα αεριζόμενων στατικών σωρών με απορρόφηση αέρα.

### 3.1.2.3 Υπάρχουσα εμπειρία – εγκαταστάσεις εν λειτουργία

Η κομποστοποίηση, σε όλες της τις παραλλαγές, είναι μια αποδεδειγμένη και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία για μια μεγάλη ποικιλία οργανικών υλικών, συμπεριλαμβανομένου του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων, είτε μετά από διαλογή στην πηγή (ΔσΠ) είτε μετά από μηχανική διαλογή. Υπάρχουν πάνω από 60 κατασκευαστές διαφορετικών συστημάτων κομποστοποίησης στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική (Chiumenti et al., 2005), ο καθένας με πολλές μονάδες στο ενεργητικό του.

Η μεγαλύτερη εμπειρία στην κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ υπάρχει στις χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης, αλλά και στην Ιταλία, στις οποίες κομποστοποιείται συνήθως το οργανικό κλάσμα μετά από ΔσΠ (biowaste-βιοαπόβλητα) με στόχο την παραγωγή υψηλής ποιότητας κομπόστ (για αγροτική και οικιακή χρήση) ενώ συχνά κομποστοποιείται και το οργανικό υπόλειμμα στο ρεύμα των αποβλήτων που μένει μετά τη διαλογή των ανακυκλώσιμων και των οργανικών στην πηγή (restwaste), μετά από μηχανική διαλογή. Κατά τη δεκαετία του 1980 είχαν γίνει προσπάθειες κομποστοποίησης σύμμεικτων ΑΣΑ, κυρίως σε χώρες όπως η Γαλλία, η Ισπανία και η Ιταλία, οι οποίες όμως δεν ευδοχώθηκαν λόγω της χαμηλής ποιότητας και της δυσκολίας διάθεσης του παραγόμενου προϊόντος.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο, δηλ. την ποιότητα του κομπόστ, το ποσοστό των ξένων προσμίξεων και τις συγκεντρώσεις των πιθανών ρύπων (βαρέα μέταλλα και εμμένοντες οργανικοί ρύποι), οι οποίες καθορίζουν τη δυνατότητα ασφαλούς αξιοποίησής – διάθεσης στο περιβάλλον, εστιάζονται οι μεγαλύτερες αβεβαιότητες γύρω από την τεχνολογία της κομποστοποίησης. Η ευρωπαϊκή εμπειρία έχει δείξει ότι η χρήση «καθαρών» πρώτων υλών, προερχόμενων από ΔσΠ οδηγεί σε καλής ποιότητας, πιστοποιημένο κομπόστ. Αντίθετα, η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος από μηχανική διαλογή είναι χαμηλότερη και οι δυνατότητες αξιοποίησης-διάθεσης περιορισμένες, δεν επιφέρουν έσοδα ενώ συχνά μπορεί να υπάρχει και κάποιο κόστος διάθεσης (π.χ. ως κάλυψη σε ΧΥΤΑ). Για τους λόγους αυτούς, και με εξαίρεση την Ελλάδα και μεγάλα τμήματα της Ισπανίας, της Πορτογαλίας και της Ιρλανδίας, όλες οι άλλες Ευρωπαϊκές χώρες εφαρμόζουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό προγράμματα ΔσΠ του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ (απόβλητα κήπου και / ή κουζίνας). Έτσι σήμερα στην ΕΕ υπάρχουν (Barth, 2006):

- Περίπου 1800 μεγάλες μονάδες που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ μετά από διαλογή στην πηγή, εκ των οποίων περίπου το 40% επεξεργάζεται μόνο πράσινα απόβλητα.
- Η δυναμικότητα των μονάδων αυτών είναι περίπου 11 εκατομμύρια τόνοι ετησίως για τα βιοαπόβλητα και 7 εκατομμύρια τόνοι για τα πράσινα απόβλητα.
- Επιπρόσθετα, υπάρχουν 800 μικρότερες μονάδες που συγκομποστοποιούν αγροτικά απόβλητα με βιοαπόβλητα.
- Για λόγους δημόσιας υγιεινής και της νομοθεσίας για τα ζωικά απόβλητα και υποπροϊόντα, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση χρήσης κλειστών μονάδων κομποστοποίησης, μεγαλύτερης δυναμικότητας.
- Όσον αφορά τα πράσινα απόβλητα, αυτά κομποστοποιούνται εκτεταμένα σε ανοικτά συστήματα με κινητό εξοπλισμό. Τα συστήματα αυτά αποτελούν τον επικρατέστερο τύπο κομποστοποίησης στη Φιλανδία, τη Δανία, τη Γαλλία, την Ιρλανδία και σε

μεγάλο βαθμό, τη Μ. Βρετανία. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι κομποστοποιούνται ετησίως 1,5 εκατομμύρια τόνοι πράσινων αποβλήτων στην Ολλανδία, 0,65 εκατομμύρια τόνοι στη Δανία, 1 εκατομμύριο τόνοι στη Μ. Βρετανία και από 0,4 εκατομμύρια τόνοι στο Βέλγιο και τη Σουηδία.

- Εκτός από την κεντρική Ευρώπη, και Μεσογειακές χώρες έχουν δείξει πρόσφατα αξιοσημείωτες εξελίξεις στη χωριστή διαλογή και κομποστοποίηση των βιοαποβλήτων. Έτσι, η Ιταλία συλλέγει χωριστά 2,8 εκατομμύρια τόνους βιοαπόβλητα, ενώ η περιοχή της Καταλονίας στην Ισπανία έχει επίσης οργανώσει ένα επιτυχημένο σύστημα ΔσΠ για τα οργανικά.
- Ο στόχος των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ενός προϊόντος για την αγορά των οργανικών εδαφοβελτιωτικών και λιπασμάτων, ο οποίος και επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της εμπιστοσύνης που δημιουργεί στην αγορά η ύπαρξη εθνικών προγραμμάτων διασφάλισης της ποιότητας του κομπόστ.

#### 3.1.2.4 Περιβαλλοντικά θέματα

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την κομποστοποίηση αφορούν στις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων των οσμών, κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, την πιθανή ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους κατά τη χρήση του κομπόστ, το θόρυβο, τη διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών και την κατανάλωση ενέργειας (EA, 2002a,b, Lasaridi et al., 2006, Imppola et al., 2004, McDougall et al., 2001).

##### Αέρας

Οι αέριες εκπομπές της κομποστοποίησης δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από το είδος του υποστρώματος (π.χ. πράσινα απόβλητα, διαλεγμένα στην πηγή βιοαπόβλητα ή εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα μετά από μηχανική διαλογή). Αντίθετα, επηρεάζονται σημαντικά από τον τύπο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, με τα ανοικτά συστήματα να παρουσιάζουν περισσότερες εκπομπές, που δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν. Τα κυριότερα προβλήματα εστιάζονται στις εκπομπές βιο-αερολυμάτων (bioaerosols), πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), οσμών και σκόνης.

Τα βιο-αερολύματα είναι αιωρούμενα στον αέρα σωματίδια, βιολογικής προέλευσης και αποτελούνται από ζωντανούς ή νεκρούς μικρο-οργανισμούς, ή τμήματά τους ή σπόρια που αυτοί παράγουν. Βιο-αερολύματα παράγονται από όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και μπορούν να προκαλέσουν αλλεργίες ή και ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, κυρίως στους εργαζόμενους. Οι εκπομπές βιο-αερολυμάτων είναι πιο έντονες κατά τη φάση αναστροφής των σειραδιών σε ανοικτά ή στεγαζόμενα συστήματα και είναι σημαντικά χαμηλότερες όταν χρησιμοποιούνται συστήματα βιοαντιδραστήρων.

Οι οσμές είναι το πρόβλημα που προκαλεί τις περισσότερες διαμαρτυρίες για τις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης, ενώ δεν είναι λίγες οι μονάδες που αναγκάστηκαν σε προσωρινή ή και μόνιμη παύση λειτουργίας λόγω των οσμών, ειδικά όταν είναι εγκατεστημένες κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Οι οσμές μπορούν να περιοριστούν με πρακτικές καλού χειρισμού της διεργασίας, έτσι ώστε να μην αναπτύσσονται έντονες αναερόβιες συνθήκες στη μάζα του υλικού (η αναερόβια αποδόμηση δημιουργεί πολύ εντονότερες οσμές από την αερόβια). Ωστόσο, ακόμη και στην καλύτερα διαχειριζόμενη διεργασία κομποστοποίησης κατά διαστήματα παράγονται έντονες οσμές, οι οποίες, σε

κάποιες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά (π.χ. κατά την αναστροφή ανοικτών σειραδίων). Αντίθετα, τα κλειστά συστήματα, όπως και οι στατικοί αεριζόμενοι σωροί με απορρόφηση αέρα, επιτρέπουν τη χρήση συστημάτων για την επεξεργασία των οσμών από τα απαέρια της διεργασίας με χρήση βιόφιλτρων ή φυσικοχημικών επεξεργασιών.

### Νερά

Η απορροή του νερού της βροχής σε ανοικτά συστήματα καθώς και τα στραγγίσματα που πιθανόν να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης μπορούν να ρυπάνουν επιφανειακά και υπόγεια νερά, αν διαφύγουν στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία. Ωστόσο, το πρόβλημα δεν είναι σημαντικό και μπορεί να αντιμετωπιστεί με απλά μέτρα κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, τα στραγγίσματα που παράγονται – συνήθως σε περιορισμένες ποσότητες – μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαβροχή των αποβλήτων στα διάφορα στάδια της διεργασίας όπου απαιτείται προσθήκη νερού, για την αποφυγή της πρόωξης ξήρανσης του υλικού και τη συνεπαγόμενη παρεμπόδιση των βιολογικών διεργασιών. Όλες οι εγκαταστάσεις κομποστοποίησης (με εξαίρεση πολύ μικρές μονάδες επεξεργασίας πράσινων αποβλήτων) θα πρέπει να διαθέτουν μια αδιαπέρατη επιφάνεια, από σκυρόδεμα ή άσφαλτο, πάνω στην οποία εκτελείται η κομποστοποίηση. Η επιφάνεια αυτή θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλη κλίση και συστήματα για τη συλλογή των στραγγισμάτων και της απορροής, τα οποία θα πρέπει κατόπιν να υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία (συμπεριλαμβανομένης της επαναχρησιμοποίησής τους για διαβροχή των αποβλήτων).

### Έδαφος

Η πιθανή ρύπανση του εδάφους από ρυπαντές και προσμίξεις που μπορεί να υπάρχουν στο κομπόστ αποτελεί σημαντικό θέμα, για το οποίο υπάρχουν προβλέψεις στην εθνική νομοθεσία όλων των κρατών-μελών της ΕΕ καθώς επίσης και στη θεματική Στρατηγική για το Έδαφος (ΕΕ, 2006). Οι προβλέψεις αυτές έχουν τη μορφή προδιαγραφών που θεσπίζουν ανώτατα επιτρεπόμενα όρια για ανεπιθύμητες ουσίες όπως τα βαρέα μέταλλα, κάποιες οργανικές ενώσεις και ξένες προσμίξεις όπως το γυαλί και το πλαστικό, καθώς και κατώτατα όρια για κάποια επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως η οργανική ουσία. Οι προδιαγραφές ποιότητας του κομπόστ διαφέρουν σημαντικά από χώρα σε χώρα, ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της «αρχής της προφύλαξης» και τις περιβαλλοντικές προτεραιότητες της χώρας. Για παράδειγμα τείνουν να είναι πιο ανεκτικές στις ΗΠΑ, όπου ακολουθείται η προσέγγιση της εκτίμησης του κινδύνου με βάση την υπάρχουσα επιστημονική γνώση σε σχέση με τις χώρες της ΕΕ, όπου κυριαρχεί η προσέγγιση της προφύλαξης ενός πολυτίμου πόρου όπως το έδαφος. Ανάμεσα στις χώρες μέλη της ΕΕ, ακολουθείται μια πιο αυστηρή προσέγγιση στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη, όπου τα εδάφη είναι πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ στη νότια Ευρώπη τείνει να αξιολογείται ως σχετικά σημαντικότερη η συνεισφορά του κομπόστ στην καταπολέμηση της ερημοποίησης με αποτέλεσμα να ισχύουν πιο χαλαρά όρια για τα βαρέα μέταλλα (Brinton, 2000; Hogg et al., 2002; Lasaridi et al., 2006; Λαζαρίδη κ.ά., 2002). Ωστόσο, η απουσία ενιαίων προδιαγραφών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι πιθανό να μη διατηρηθεί για πολύ ακόμη, καθώς συζητείται στην ΕΕ μια νέα πρόταση Οδηγίας για την ποιότητα του κομπόστ.



Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και προσμίξεων στο κομπόστ εξαρτάται άμεσα από το αρχικό υλικό που χρησιμοποιείται ενώ δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη διαδικασία<sup>20</sup>. Έτσι, το κομπόστ που προέρχεται από πράσινα απόβλητα έχει συνήθως πολύ χαμηλές προσμίξεις και ρύπους, ενώ χαμηλές είναι και οι συγκεντρώσεις στο κομπόστ που παράγεται με διαλογή στην πηγή του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ. Αντίθετα, το «κομπόστ» που παράγεται από το εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα που λαμβάνεται μετά από ΜΒΕ είναι περισσότερο επιβαρυνμένο και σε αρκετές χώρες η χρήση του περιορίζεται σε αποκατάσταση χώρων και ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ. Είναι γενικά πλέον παραδεκτό ότι υψηλής ποιότητας κομπόστ από ΑΣΑ, που να ικανοποιεί τις όλο και αυστηρότερες προδιαγραφές για αγρονομικές χρήσεις μπορεί να παραχθεί μόνο μέσα από συστήματα χωριστής διαλογής του οργανικού κλάσματος στην πηγή. Χαρακτηριστικά παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα για κομπόστ από ΑΣΑ και κομπόστ από «καθαρό» οργανικό (μετά από διαλογή στην πηγή), στον **Πίνακα 3-2** (Brinton, 2000).

**Πίνακας 3-2** Τυπική συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε κομπόστ από ανάμικτα ΑΣΑ και κομπόστ από βιοαπορρίμματα (με διαλογή στην πηγή) (Μ.Ο. 4 περιοχών) (Brinton, 2000)

Στοιχείο	Ανάμικτα ΑΣΑ (mg/kg)	Βιοαπορρίμματα (mg/kg)
Pb	420	83
Cu	222	41
Zn	919	224
Cr	107	61
Ni	84	26
Cd	2,8	0,4
Hg	1,9	<0,2

Οι ποιοτικές προδιαγραφές της πρότασης Οδηγίας της ΕΕ (EC, 2001) για τις διαφορετικές προβλεπόμενες κατηγορίες κομπόστ σε σύγκριση με τις Ελληνικές (ΚΥΑ 114218, ΦΕΚ 1016/Β/17-11-1997) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3-3**. Αν και αυτή η πρόταση Οδηγίας έχει αποσυρθεί, η νέα αναμενόμενη πρόταση δεν θα διαφέρει σημαντικά ως προς τις οριακές τιμές των ρύπων. Πρέπει να σημειωθεί ότι για το κομπόστ κατηγορίας 1 δεν τίθενται περιορισμοί χρήσης, πέρα από αυτούς που επιβάλλει η καλή αγρονομική πρακτική ενώ κομπόστ κατηγορίας 2 μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε ποσότητα που δεν υπερβαίνει τους 3 τόνους ξηρής ουσίας ανά στρέμμα κατά μέσο όρο τριετίας. Η Ελληνικές προδιαγραφές είναι παρόμοιες και συχνά χαλαρότερες από αυτές για τα σταθεροποιημένα απορρίμματα, το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς έχουν θεσπιστεί με άξονα αναφοράς τα συστήματα ΜΒΕ.

Μία ενδεικτική σύγκριση των επιτρεπόμενων ορίων των βαρέων μετάλλων μεταξύ Ευρώπης, ΗΠΑ και Καναδά (Brinton, 2000), παρουσιάζεται στον **Πίνακα 3-4**, ενώ αναλυτικές οριακές τιμές για βαρέα μέταλλα και άλλους ρύπους σε επιλεγμένες χώρες της ΕΕ παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3-5** (Hogg et al., 2002). Πρέπει να σημειωθεί ότι ο **Πίνακας 3-5** είναι ενδεικτικός και όχι εξαντλητικός των περιπτώσεων που καλύπτουν οι εθνικές νομοθεσίες,

<sup>20</sup> Γενικά η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και άλλων ρυπαντών και ανόργανων προσμίξεων τείνει να είναι λίγο μεγαλύτερη στο τελικό προϊόν απ' ό τι στο αρχικό υπόστρωμα, λόγω των απωλειών σε οργανική ουσία (επί ξηρού βάρους) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

καθώς υπάρχουν πολλές υποπεριπτώσεις που καθιστούν αδύνατη τη συγκεντρωτική παρουσίαση των ορίων.

Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι εφόσον λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης, κυρίως ως προς την καθαρότητα των αποβλήτων και τηρούνται οι ποιοτικές προδιαγραφές, η εδαφική εφαρμογή του κομπόστ προσφέρει καθαρά περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία όμως είναι σχετικά δύσκολο να αποτιμηθούν ποσοτικά. Πιο συγκεκριμένα, είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η οργανική ουσία από το κομπόστ βελτιώνει την υδατο-ικανότητα και τη δομή του εδάφους, αυξάνει τη μικροβιακή του δραστηριότητα, ενισχύει τη δράση των χημικών λιπασμάτων καθώς μειώνει την έκπλυσή τους, καταστέλλει τα φυτοπαθογόνα και αυξάνει την παραγωγικότητα του εδάφους, ενώ συνολικά συνεισφέρει στην καταπολέμηση της ερημοποίησης. Οι ιδιότητες αυτές έχουν μεγαλύτερη σημασία για τις Μεσογειακές χώρες σε σχέση με την κεντρική και βόρεια Ευρώπη, καθώς τα Μεσογειακά εδάφη είναι πολύ φτωχότερα σε οργανική ουσία και ευάλωτα στην ερημοποίηση. Ωστόσο, απαιτείται πού περισσότερη έρευνα προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν τα παραπάνω οφέλη, έτσι ώστε να μπορούν να συνυπολογιστούν σε απλά εργαλεία λήψης αποφάσεων.

### Θόρυβος

Υπάρχουν δύο βασικές πηγές θορύβου στις εγκαταστάσεις κομποστοποίησης: οι θρυμματιστές και το προειδοποιητικό σήμα οπισθοκίνησης των φορτωτών. Ο θόρυβος από τους θρυμματιστές μπορεί να φτάσει τα 90 dB, επίπεδο που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε ανοικτά συστήματα, μπορεί όμως να αντιμετωπιστεί με κατάλληλη χωροθέτηση του θρυμματιστή στην εγκατάσταση και χρήση των σειραδίων ως ηχοπετασμάτων. Το προειδοποιητικό σήμα οπισθοκίνησης για τους φορτωτές συνδέεται άμεσα με την υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας στο χώρο και δεν πρέπει να αδρανοποιείται, μπορούν όμως να επιλεγθούν λιγότερο ενοχλητικοί ήχοι.

**Πίνακας 3-3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ στην πρόταση Οδηγίας της ΕΕ και στην Ελλάδα.**

Παράμετρος	Πρόταση Οδηγίας			KYA 114218
	Κομπόστ / Digestate		Σταθεροποιημένα Βιοαπορρίμματα	Κομπόστ
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2		
Cd (mg/kg dm)	0,7	1,5	5	10
Cr (mg/kg dm)	100	150	600	510
Cu (mg/kg dm)	100	150	600	500
Hg (mg/kg dm)	0,5	1	5	5
Ni (mg/kg dm)	50	75	150	200
Pb (mg/kg dm)	100	150	500	500
Zn (mg/kg dm)	200	400	1500	2000
As (mg/kg dm)	-	-	-	15
PCBs (mg/kg dm)	.*	.*	0,4	-
PAHs (mg/kg dm)	.*	.*	3	-
Προσμείξεις >2mm	<0,5%	<0,5%	<3%	<0.8**
Πέτρες >5mm	<5%	<5%	-	-

\* Σε συμφωνία με την αναθεώρηση της Οδηγίας για την ιλύ βιολογικών καθαρισμών

\*\* Πλαστικό και γυαλί

**Πίνακας 3-4 Σύγκριση ορίων για τα βαρέα μέταλλα μεταξύ ΕΕ, ΗΠΑ και Καναδά (Brinton, 2000)**

Στοιχείο	Ε.Ε (διακύμανση) mg/kg	ΗΠΑ, κομπόστ από ιλύ (mg/kg)	Καναδάς (mg/kg)	
			Τύποι AA & A	Τύπος B
Κάδμιο	0,7-10	39	3	20
Χρώμιο	70-200	1200	210	1060
Χαλκός	70-600	1500	100	757
Υδράργυρος	0,7-10	17	0,8	5
Νικέλιο	20-200	420	62	180
Μόλυβδος	70-1000	300	150	500
Ψευδάργυρος	210-4000	2800	500	1850

Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Η παρουσία παθογόνων είναι ένα σημαντικό θέμα δημόσιας υγείας που ρυθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του κομπόστ και γι' αυτό όλες οι χώρες έχουν συμπεριλάβει υγειονομικά κριτήρια ποιότητας του κομπόστ, τόσο για παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο, όσο και για τα ζώα και τα φυτά. Βέβαια, η κομποστοποίηση ως θερμοφιλή διαδικασία οδηγεί στη θερμική καταστροφή των περισσότερων παθογόνων, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται πως λειτουργούν και άλλοι μηχανισμοί καταστροφής (σχέσεις ανταγωνισμού, παραγωγή αντιβιοτικών από τη μικροχλωρίδα του κομπόστ, σταθεροποίηση του οργανικού κλάσματος κλπ).

Όσον αφορά τις θεσμοθετημένες προδιαγραφές, τα κριτήρια ποιότητας αναφέρονται στο προϊόν, στη διεργασία ή και στα δύο.

Τα κριτήρια που αναφέρονται στο προϊόν απαιτούν απουσία σαλμονέλας, και απουσία ή πολύ χαμηλές τιμές εντεροβακτηρίων και περιττωματικών στρεπτόκοκκων, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται απουσία νηματοειδών, κυστοειδών και άλλων φυτοπαθογόνων. Επίσης τίθενται όρια στον αριθμό των ικανών προς βλάστηση σπορών παρασιτικών φυτών και κριτήρια φυτοτοξικότητας για το κομπόστ. Σε άλλες περιπτώσεις η υγειονομοποίηση του κομπόστ εξασφαλίζεται μέσα από την εφαρμοζόμενη διεργασία, με την απαίτηση να έχει παραμείνει το υλικό πάνω από κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία για ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα, το οποίο συνήθως κυμαίνεται από απαίτηση για παραμονή σε θερμοκρασία άνω των 55°C για τρεις ημέρες, έως παραμονή σε θερμοκρασία άνω των 60°C για πέντε ημέρες (Hogg et al., 2002; Lasaridi et al., 2006). Οι απαιτήσεις αυτές αναφέρονται συνήθως σε συστήματα αναστρεφόμενων σειραδιών, όπου η έκθεση του υλικού στις υψηλές θερμοκρασίες δεν είναι ομοιόμορφη, καθυστερώντας έτσι την υγειονομοποίηση. Τα αστικά απόβλητα κομποστοποιούνται συνήθως σε κλειστούς βιοαντιδραστήρες, που παρέχουν καλύτερο έλεγχο και ομοιογένεια της θερμοκρασίας, επιτυγχάνοντας καλύτερη και ταχύτερη καταστροφή των παθογόνων. Βέβαια το εύρος των πιθανών παθογόνων στα ΑΣΑ είναι μεγάλο (Deportes et al., 1995; 1998) και θα πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι απαραίτητες προφυλάξεις.

**Πίνακας 3-5 Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων στο κομπόστ, σε επιλεγμένες χώρες (Hogg et al., 2002).**

Παράμετρος (mg/kg dm)	Αυστρία <sup>1</sup>			Βέλγιο	Γερμανία <sup>2</sup>			Δανία <sup>3</sup>	Ισπανία <sup>4</sup>			Ιταλία <sup>5</sup>	Ολλανδία <sup>6</sup>		UK <sup>7</sup>	Eco-label <sup>8</sup>
	A+	A	B		A	B	RAL		Υπ.Γ	K1	K2		A	A+		
Cd	0,7	1	3	1,5	1	1,5	1,5	0,4	10	2	3	10	1	0,7	1,5	1
Cr <sub>tot</sub>	70	70	250	70	70	100	100	100	400	100	250	510	50	50	100	100
Cu	70	150	500	90	70	100	100	1000	450	100	500	600	60	25	200	100
Hg	0,4	0,7	3	1	0,7	1	1	0,8	7	1	3	10	0,3	0,2	1	1
Ni	25	60	100	20	35	50	50	30	120	60	100	200	20	10	50	50
Pb	45	120	200	120	100	150	150	120/60	300	150	300	500	100	65	150	100
Zn	200	500	1800	300	300	400	400	4000	1100	400	1000	2500	200	75	400	300
As	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	10	15	5	-	10
PCBs	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAHs	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
NPE	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
DEHP	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Κομπόστ κατηγορίας A+, A και B μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιολογική γεωργία, γεωργικές εφαρμογές και αποκατάσταση εδαφών αντίστοιχα

<sup>2</sup> Κομπόστ που πληροί τα όρια της στήλης A και B μπορεί να εφαρμόζεται στο έδαφος σε μέγιστη ποσότητα 3 και 2 t dm ανά στρέμμα κατά μέσο όρο 3 ετών, αντίστοιχα, έτσι ώστε η συνολική ποσότητα βαρέων μετάλλων που προστίθενται στο έδαφος να είναι ίδια. RAL είναι το σήμα ποιότητας που αποδίδει ο Οργανισμός Πιστοποίησης Ποιότητας Κομπόστ (Bundesgütegemeinschaft Kompost – BGK). Η εφαρμογή πιστοποιημένου κομπόστ υπόκειται σε λιγότερους περιορισμούς. Οι βασικοί νόμοι είναι οι: Biowaste Ordinance (1/10/98) και Fertiliser Ordinance.

<sup>3</sup> Το όριο για το αρσενικό και η χαμηλότερη τιμή για το μόλυβδο ισχύουν για εφαρμογή σε κήπους. NPE: nonylphenol, DEHP: Di(2-ethylhexyl)phthalate

<sup>4</sup> Υπ.Γ. Προδιαγραφές του Νόμου για τα λιπάσματα και συναφή προϊόντα, του Υπ. Γεωργίας (28/5/1998), K1 και K2 κομπόστ κατηγορίας 1 (διαλογή στην πηγή) και 2 (σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα) αντίστοιχα σύμφωνα με την υπό ψήφιση νομοθεσία στην περιοχή της Καταλονίας. Η κατηγορία 2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως υλικό αποκαταστάσεων και κάλυψης ΧΥΤΑ

<sup>5</sup> Νόμος DCI 27/7/84, επίκειται αλλαγή συμπεριλαμβανομένων περιορισμών στις επιτρεπόμενες χρήσεις (απαγόρευση για παραγωγή τροφών και ζωοτροφών)

<sup>6</sup> Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται σε εθελοντικά σχήματα πιστοποίησης VFG κομπόστ (A) και υψηλής ποιότητας κομπόστ (A+)

<sup>7</sup> Πρόκειται για εθελοντικό σχήμα πιστοποίησης που το διαχειρίζεται ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Composting Association. Η θέσπιση υποχρεωτικών εθνικών προδιαγραφών είναι πιθανή.

<sup>8</sup> Πρόκειται για τα νέα αναθεωρημένα κριτήρια, που καλύπτουν εδαφοβελτιωτικά και (για πρώτη φορά) υποστρώματα. Απαγορεύεται η χρήση βιολογικής ιλύος (λόγω της αβεβαιότητας για τη φύση και εξέλιξη των οργανικών ρύπων) τύρφης (προστασία των τυρφώνων) και φλοιών που έχουν υποστεί επεξεργασία με παρασιτοκτόνα.

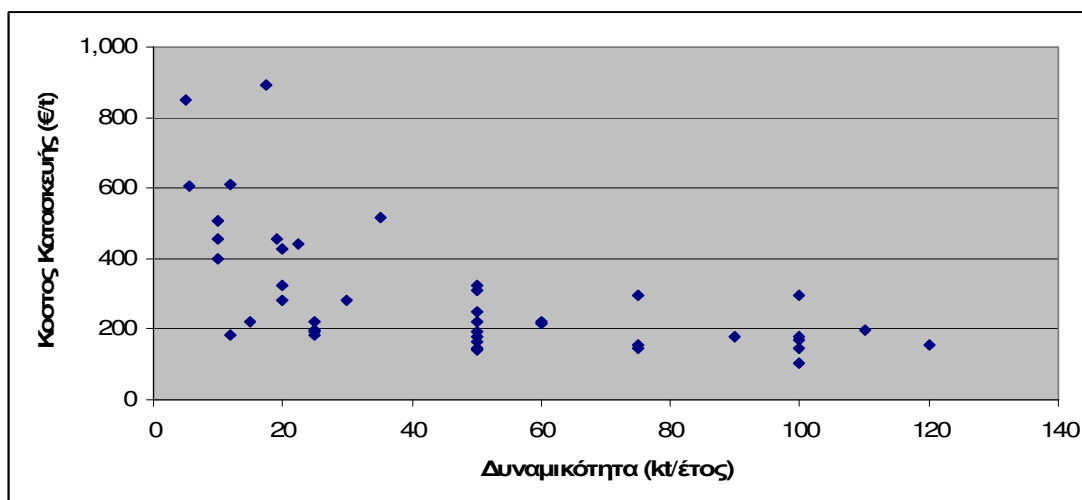
### 3.1.2.5 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας

Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας μιας μονάδας κομποστοποίησης εξαρτάται άμεσα από τον τύπο της εγκατάστασης (κλειστά ή ανοικτά συστήματα), το είδος των αποβλήτων που επεξεργάζεται (πράσινα απόβλητα, βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή ή εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα μετά από μηχανική διαλογή) και τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση από μονάδα σε μονάδα. Γενικά, σχετικά με το κόστος μπορούν να διατυπωθούν δύο γενικές παρατηρήσεις: Α) όσο πιο «καθαρό» είναι το ρεύμα των επεξεργαζόμενων αποβλήτων (π.χ. πράσινα απόβλητα), τόσο απλούστερα και φθηνότερα είναι η απαιτούμενα συστήματα κομποστοποίησης, και Β) όσο υψηλότερη είναι η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία (π.χ. βιοαντιδραστήρες), τόσο υψηλότερο είναι το κόστος κατασκευής, ενώ συνήθως αντιστρόφως ανάλογα κυμαίνεται το εργατικό κόστος.

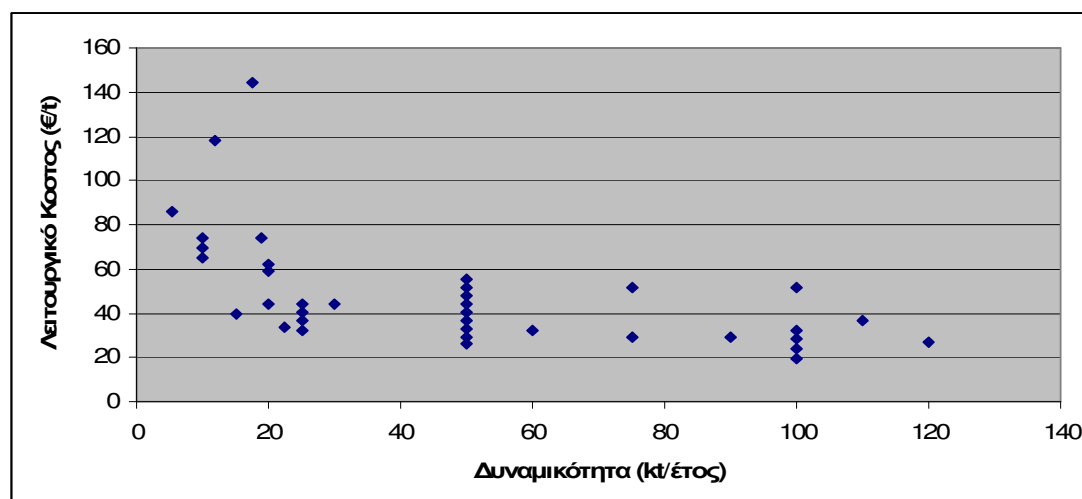
Πιο συγκεκριμένα, η κομποστοποίηση πράσινων αποβλήτων σε ανοικτά σειράδια είναι μια από τις οικονομικότερες μορφές επεξεργασίας αποβλήτων, με αναφερόμενο συνολικό κόστος (ετησιοποιημένο κόστος κεφαλαίου + λειτουργικό κόστος) €20-35 (ΕΑ, 2002b, Eunomia, 2002). Εδώ το κόστος κεφαλαίου περιλαμβάνει το κόστος αγοράς της γης, τη διαμόρφωση και επίστρωση του γηπέδου με μπετόν ή ασφαλτικά υλικά και την προμήθεια εξοπλισμού (θρυμματιστή, αναστροφέα, κόσκινων και φορτωτή). Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η πώληση του κομπόστ από πράσινα απόβλητα επιτυγχάνει θετικές, και σε ορισμένες περιπτώσεις υψηλές, τιμές. Έτσι, ένα μέρος του υλικού που θα πουληθεί ενστικτωδώς στην αγορά προϊόντων κήπου, μπορεί να πετύχει τιμές της τάξεως των €100-120/ τόνο. Ωστόσο, η μεγαλύτερη ποσότητα θα πουληθεί χύμα, σε τιμές της τάξεως των €10-15/ τόνο. Πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχες εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, τα κόστη και ειδικά οι τιμές πώλησης του κομπόστ μπορεί να διαφέρουν σημαντικά.

Η κομποστοποίηση σε ανοικτά σειράδια δεν θεωρείται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες ως αποδεκτή μέθοδος για την επεξεργασία οργανικών αποβλήτων που περιέχουν τροφικά υπολείμματα. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται κλειστά συστήματα με κόστος που μπορεί να παρουσιάζει σημαντική διακύμανση. Η προσομοίωση ενός συστήματος «βέλτιστης διαθέσιμης τεχνολογίας» για την επεξεργασία του βιοαποδομήσιμου κλάσματος μετά από καλή διαλογή στην πηγή, υποδεικνύει ένα συνολικό κόστος €35-60/τόνο για μια μονάδα δυναμικότητας 20.000 τόνων (χωρίς να υπολογιστούν πιθανά έσοδα από την πώληση προϊόντων), ανάλογα με το κόστος εργασίας, ενέργειας κλπ. στις διάφορες χώρες της ΕΕ (Eunomia, 2002). Σε αυτή την περίπτωση το κόστος κατασκευής υπολογίζεται σε €150 ανά τόνο εγκατεστημένης δυναμικότητας.

Μια αντίστοιχη μονάδα, δυναμικότητας 17.200 τόνων στο Ipswich της Αγγλίας είχε κόστος κατασκευής €1,85 εκατ. (δηλ. €108 ανά τόνο εγκατεστημένης δυναμικότητας) και τέλη εισόδου (που εκφράζουν το λειτουργικό της κόστος) €25/τόνο (ΕΑ, 2002b). Ωστόσο, αρκετά υψηλότερες τιμές αναφέρονται σε διάφορες μελέτες, για άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η διακύμανση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας για κλειστά συστήματα κομποστοποίησης βιοαποδομήσιμων αποβλήτων (πράσινα απόβλητα και απόβλητα κουζίνας) μετά από διαλογή στην πηγή παρουσιάζεται καλύτερα στα **Σχήματα 3-13** και **3-14** (προσαρμοσμένα από ΕΑ, 2002b).



**Σχήμα 3-13** Διακύμανση κόστους κατασκευής κλειστών μονάδων κομποστοποίησης σε σχέση με τη δυναμικότητά τους (σε τιμές 2000 - προσαρμογή από ΕΑ, 2002b).



**Σχήμα 3-14** Διακύμανση τελών εισόδου κλειστών μονάδων κομποστοποίησης σε σχέση με τη δυναμικότητά τους (σε τιμές 2000- προσαρμογή από ΕΑ, 2002b).

### 3.1.2.6 Συνεισφορά στους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους της πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

#### Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή

Η οδηγία για την Υγειονομική Ταφή, όπως ενσωματώνεται και στην εθνική νομοθεσία, περιορίζει για την Ελλάδα την ποσότητα των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων (BAA) που μπορούν να διατεθούν σε ΧΥΤΑ για τα έτη 2010, 2013 και 2020 στο 25%, 50% και 65% αντίστοιχα της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων που παρήχθησαν το 1995.

Ως βιοαποδομήσιμα χαρακτηρίζονται όλα τα απόβλητα που μπορούν να υποστούν βιολογική αποδόμηση κάτω από αερόβιες ή/και αναερόβιες συνθήκες. Ο ορισμός αυτός, που έχει υιοθετηθεί και στην εθνική νομοθεσία, είναι πολύ γενικός και δεν διαχωρίζει τα απόβλητα και τα επεξεργασμένα προϊόντα τους (κομπόστ, προϊόν αναερόβιας χώνευσης κλπ) ως προς το βαθμό βιοσταθεροποίησης / βιοαποδομησιμότητάς τους. Ένα κομπόστ, ακόμη και αν έχει πετύχει υψηλό

βαθμό ωρίμανσης, μπορεί πάντα να υποστεί μια περαιτέρω βιοαποδόμηση σε βάθος χρόνου, έστω και πολύ μικρή. Έτσι, αν εφαρμοστεί επακριβώς ο προηγούμενος ορισμός των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, τα προϊόντα κομποστοποίησης – όπως και όλα τα προϊόντα βιολογικής επεξεργασίας – δεν θα μπορούν να διατεθούν σε ΧΥΤΑ (π.χ. ως υλικό επικάλυψης) χωρίς να προσμετρηθούν στις επιτρεπόμενες ποσότητες ΒΑΑ. Έτσι το παραγόμενο κομπόστ θα πρέπει να διατεθεί σε άλλες χρήσεις, κάτι που μπορεί να αποδειχθεί δύσκολο όταν το οργανικό κλάσμα προέρχεται από μηχανική διαλογή. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα αρκετές χώρες έχουν θεσπίσει μεθόδους μέτρησης του βαθμού βιοαποδομησιμότητας των οργανικών υλικών, βασιζόμενες στο ρυθμό της αναπνευστικής δραστηριότητας του υλικού. Έτσι π.χ. στη Γερμανία δεν θεωρούνται βιοαποδομήσιμα τα απόβλητα με δείκτη αναπνευστικής δραστηριότητας  $AT_4 < 5 \text{ mg O}_2/\text{g ξηρής ουσίας}$  (Papadimitriou et al., 2001). Στην Ελλάδα δεν έχει ξεκινήσει ακόμη η σχετική συζήτηση, αλλά αναμένεται ότι η Οδηγία για τα ΒΑΑ που βρίσκεται υπό προετοιμασία θα θεσπίσει μια προσέγγιση παρόμοια με τη Γερμανική.

Σε αυτό το πλαίσιο, η κομποστοποίηση, σε οποιαδήποτε μορφή συνεισφέρει σημαντικά στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την υγειονομική Ταφή:

- Όταν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα το οργανικό κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το κομπόστ βρίσκει διέξοδο στην αγορά, σε αγροτικές και άλλες χρήσεις. Τα υπολείμματα της διεργασίας που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ έχουν συνήθως περιεχόμενο ΒΑΑ μικρότερο του 5%.
- Όταν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα το οργανικό κλάσμα μετά από μηχανική διαλογή, το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποκατάσταση χώρων, μεγάλο μέρος του όμως θα καταλήξει σε ΧΥΤΑ, κυρίως ως υλικό επικάλυψης. Εφόσον έχει υποστεί επαρκή σταθεροποίηση, και σε αυτή την περίπτωση δεν προσμετράται ως βιοαποδομήσιμο απόβλητο και συνεπώς συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων εκτροπής.

#### Περιορισμός Αέριων του Θερμοκηπίου

Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο η Ελλάδα πρέπει να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της σε αέρια του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 στο 25% της τιμής του 1990.

Κατά την κομποστοποίηση εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα, όπως είναι αναμενόμενο για μια διαδικασία αερόβιας αποδόμησης οργανικής ουσίας. Ωστόσο, τα βιοαποδομούμενα υλικά (κυρίως φυτικά υπολείμματα) αποτελούνται εξ' ολοκλήρου από πρόσφατα δεσμευμένο άνθρακα και έτσι μπορούν να θεωρηθούν «ουδέτερα» ως προς την προκαλούμενη κλιματική αλλαγή. Κατά την κομποστοποίηση παράγονται επίσης και άλλα αέρια του θερμοκηπίου, όπως  $N_2O$  και μεθάνιο, για τα οποία δεν υπάρχουν πολλές μετρήσεις. Ειδικά για το μεθάνιο, οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι σε συστήματα με καλή λειτουργία οι εκπομπές είναι πολύ χαμηλές, συχνά κάτω από τα όρια ανίχνευσης, πιθανά και λόγω της οξείδωσης του μεθανίου που παράγεται σε αναερόβιους θύλακες από μεθανότροφους μικροοργανισμούς (Manios et al., 2006).

Επιπλέον, τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στη χωνεμένη ιλύ μπορούν να υποκαταστήσουν μέρος των χημικών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, εξοικονομώντας την αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται για την παρασκευή τους. Αν και η συνεισφορά αυτή είναι σημαντική, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί και έτσι δεν έχει ληφθεί υπ' όψη σε αυτή τη μελέτη.

Επιπλέον, τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στο κομπόστ μπορούν να υποκαταστήσουν μέρος των χημικών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, εξοικονομώντας την

αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται για την παρασκευή τους. Αν και η συνεισφορά αυτή είναι σημαντική, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί ποσοτικά και έτσι δεν έχει ληφθεί υπ' όψη σε αυτή τη μελέτη.

### Στόχοι για Αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η κομποστοποίηση δεν συνεισφέρει στον περιβαλλοντικό και θεσμικό (Ν. 3468/2006) στόχο παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, αντίθετα, η διεργασία είναι καθαρός καταναλωτής ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στις μονάδες κομποστοποίησης παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, με τα απλούστερα συστήματα να καταναλώνουν περίπου 5 kWh/t, ενώ τα πιο πολύπλοκα κλειστά συστήματα, που περιλαμβάνουν διεργασίες τεμαχισμού και διαλογής, μπορεί να καταναλώνουν έως και 50 kWh/t.

## **3.1.3 Αναερόβια χώνευση**

### *3.1.3.1 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή λειτουργίας*

Ο όρος «**αναερόβια χώνευση**» (ΑΧ) αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μείγμα  $\text{CH}_4$  και  $\text{CO}_2$  το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) και ενός υδαρούς υπολείμματος (digestate = χωνεμένη ιλύς). Η χωνεμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί απ' ευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για τη σταθεροποίησή της και να μετατραπεί σε κομπόστ (με την προϋπόθεση ότι ικανοποιεί κάποια θεσμοθετημένα κριτήρια ποιότητας).

Η αναερόβια χώνευση έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για αρκετές δεκαετίες για την επεξεργασία της βιολογικής ιλύος από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (ΜΕΛ) ή ρευστών αγροτικών αποβλήτων, αλλά μόνο σχετικά πρόσφατα εφαρμόζεται ως μέθοδος βιοεπεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, συχνά σε συνδυασμό με ιλύ βιολογικών καθαρισμών και / ή κτηνοτροφικά απόβλητα (Λαζαρίδη κ.ά. 2003, DEFRA 2005a).

Η αναερόβια χώνευση στερεών αποβλήτων συχνά αναφέρεται και ως βιοαεριοποίηση (biogasification). Ο τελευταίος όρος υπονοεί τη μερική μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε αέριο (βιοαέριο), κύριο συστατικό του οποίου είναι το καύσιμο μεθάνιο. Η παραγωγή του μεθανίου κάνει την αναερόβια χώνευση μία βιολογική διεργασία μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια (waste to energy). Η αναερόβια χώνευση, η οποία αποτελεί μία διεργασία που λαμβάνει χώρα αυθόρμητα σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως οι ορυζώνες, τα έλη, οι ΧΥΤΑ και οι χωματερές, μπορεί να λειτουργήσει 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).

Η αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει βιολογικές διεργασίες που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διακριτές φάσεις (ΕΑ, 2002b, Παναγιωτακόπουλος, 2002):

*Υδρόλυση* των πολυμερών οργανικών ενώσεων (λίπη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) με τη βοήθεια ενζύμων που εκλύονται από υδρολυτικά βακτήρια και μετατροπή τους σε υδατοδιαλυτά προϊόντα μικρότερου μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, κλπ).

*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 υδρογόνου από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια υποχρεωτικά οξεογενών βακτηρίων. Στη φάση αυτή 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.

Καθεμία από τις παραπάνω φάσεις λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια συγκεκριμένων ομάδων βακτηρίων, τα οποία ταξινομούνται με βάση τις τροφικές τους απαιτήσεις. Ταυτόχρονα, λαμβάνουν χώρα πολλές άλλες αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν και ομάδες βακτηρίων, ανταγωνιστικές με τα μεθανιογενή. Η όλη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από την καλή ισορροπία και συνύπαρξη των παραπάνω ομάδων μικροοργανισμών, καθώς καμία από τις ομάδες δεν μπορεί να λειτουργήσει μόνη της. Έτσι, για παράδειγμα αν εκλείψουν τα αργά αναπτυσσόμενα μεθανιογενή βακτήρια, τότε το οξικό οξύ και τα άλλα οργανικά οξέα που παράγονται κατά τις προηγούμενες φάσεις δεν θα αποδομούνται και η οξύτητα του συστήματος θα αυξηθεί σταδιακά σε επίπεδα που θα παρεμποδίζουν τόσο τη ζύμωση όσο και την οξεογένεση. Λόγω αυτής της αλληλεξάρτησης, η αναερόβια χώνευση είναι αρκετά πιο ευαίσθητη και απαιτητική διεργασία σε σχέση με την κομποστοποίηση και απαιτεί ένα υψηλότερο επίπεδο ελέγχου.

Η αναερόβια χώνευση είναι μια διεργασία που λαμβάνει χώρα στην υγρή φάση και χρησιμοποιείται σε υποστρώματα με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση στερεών και υγρασία που κυμαίνεται από 60 έως 95%. Για υγρά υποστρώματα (>80% υγρασία), το τελικό στάδιο της μεθανιογένεσης είναι συνήθως το περιοριστικό της όλης διεργασίας. Για τα στερεά υποστρώματα όμως (60-80% υγρασία), όπως τα ΑΣΑ, η περιοριστική φάση στη συνολική διεργασία είναι η υδρόλυση των στερεών, δηλαδή το πρώτο στάδιο. Σημειώνεται ότι τα ΑΣΑ θα πρέπει να αναμειχθούν με νερό ή άλλα υγρά απόβλητα προκειμένου να επιτευχθούν αυτά τα επίπεδα υγρασίας.

Η αναερόβια χώνευση μπορεί να λειτουργήσει σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, ωστόσο υπάρχουν δύο περιοχές θερμοκρασίας όπου η απόδοσή της βελτιστοποιείται:

- ❑ η μεσόφιλη (περίπου 35 °C) με εύρος από 30 °C έως 40 °C, και
- ❑ η θεرمόφιλη περιοχή (περίπου 55 °C) με εύρος από 50 °C έως 65 °C.

Καθώς οι αναερόβιες διεργασίες δεν είναι έντονα εξώθερμες, η βιολογικά παραγόμενη θερμότητα δεν επαρκεί για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στο βέλτιστο επίπεδο, ακόμη και για τη μεσόφιλη χώνευση. Έτσι, χρειάζεται η παροχή πρόσθετης, εξωτερικής θερμότητας, η οποία όμως μπορεί να προέλθει από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου, η ποσότητα του οποίου επαρκεί τόσο για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας όσο και για την παραγωγή περίσσειας ενέργειας (ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας).

Άλλες παράμετροι που προσδιορίζουν την απόδοση της αναερόβιας χώνευσης είναι το μέγεθος των σωματιδίων του υποστρώματος, ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N) και η πιθανή παρουσία τοξικών για τους μικροοργανισμούς ουσιών στο υπόστρωμα. Πιο συγκεκριμένα (Λαζαρίδη κ.ά., 2003):

Μέγεθος σωματιδίων: Το βέλτιστο μέγεθος των σωματιδίων εξαρτάται από το βαθμό βιοδιασπασιμότητας του υποστρώματος. Έτσι υποστρώματα με μικρή έως μέτρια βιοαποδομησιμότητα (π.χ. χαρτί) θα πρέπει να είναι τεμαχισμένα σε ένα σχετικά μικρό μέγεθος σωματιδίων. Αντίθετα, για ταχέως βιοαποδομήσιμα απόβλητα (π.χ. υπολείμματα φαγητών), το

μικρό μέγεθος αποτελεί μειονέκτημα αφού οδηγεί σε μεγάλη παραγωγή οξέων τα οποία χαμηλώνουν το pH παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη των περισσότερο «ευαίσθητων» μεθανιογενών βακτηρίων.

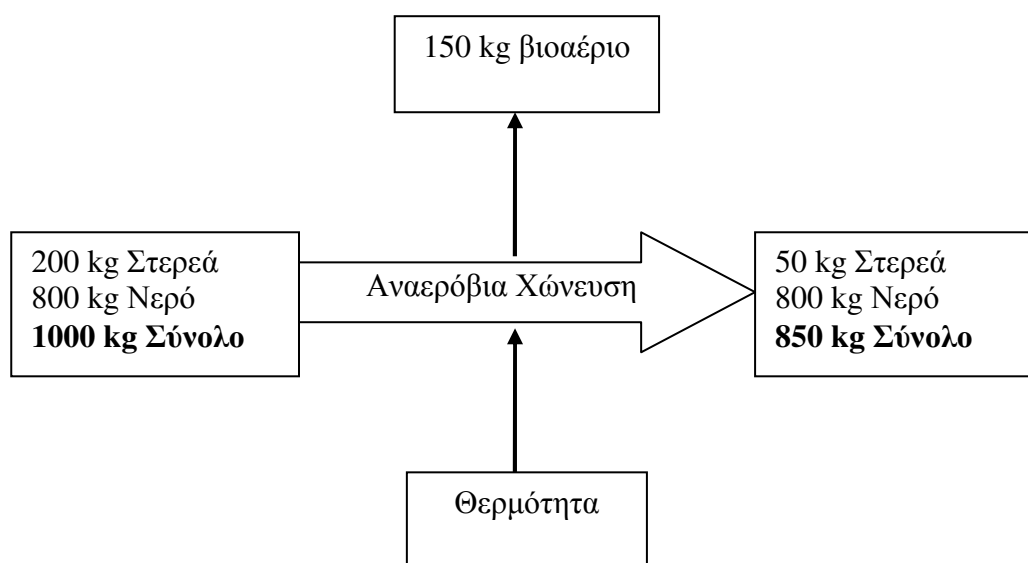
Ο λόγος C/N: Για υποστρώματα με μέτρια έως υψηλή βιοαποδομησιμότητα (π.χ. χαρτί, υπολείμματα τροφών), ο βέλτιστος λόγος άνθρακα προς άζωτο κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30 ενώ για βραδέως βιοαποδομούμενα υποστρώματα (π.χ. ξύλα), ο λόγος αυτός μπορεί και να ανέρχεται στο 40, καθώς σε αυτή την περίπτωση μόνο ένα μικρό μέρος του άνθρακα είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς. Χαμηλές τιμές C/N γενικά έχουν σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εκπομπή αζώτου με τη μορφή αέριας αμμωνίας, η συγκέντρωση της οποίας μπορεί να αποβεί τοξική για τον μικροβιακό πληθυσμό. Οι βέλτιστες τιμές C/N επιτυγχάνονται με την κατάλληλη μίξη συστατικών των αποβλήτων, κάτι που απαιτεί καλό σχεδιασμό για τα απόβλητα που δέχεται κάθε εγκατάσταση, την αποθήκευσή τους και την τροφοδοσία του βιοαντιδραστήρα.

Η πιθανή παρουσία τοξικών ουσιών στο υπόστρωμα: Η ύπαρξη ουσιών που μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στον μικροβιακό πληθυσμό είναι πιθανή σε ένα υπόστρωμα όπως τα ΑΣΑ (βαρέα μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις κλπ.). Κάποιες ουσίες (π.χ. ορισμένα μέταλλα όπως Cu και Zn) είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών κάτω από συγκεκριμένες συγκεντρώσεις, μεγαλύτερες όμως συγκεντρώσεις μπορούν να αποβούν τοξικές. Ο Πίνακας 3-6 παρουσιάζει τις παρεμποδιστικές κατά την αναερόβια χώνευση συγκεντρώσεις συγκεκριμένων ενώσεων (Λαζαρίδη κ.ά., 2003).

Εκτός λίγων εξαιρέσεων, η χρήση της βιοαεριοποίησης σε αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) ήταν περιορισμένη παγκοσμίως έως και την αρχή της δεκαετίας του 1980. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας αυτής, παρατηρήθηκε μία βαθμιαία αύξηση στη χρήση της τεχνικής αυτής ως συνοδευτικής ή εναλλακτικής λύσης της πιο συχνά χρησιμοποιούμενης αερόβιας βιοεπεξεργασίας (κομποστοποίησης) των ΑΣΑ. Το ενδιαφέρον αυξήθηκε με την ανάπτυξη τεχνολογιών Αναερόβιας Χώνευσης Υψηλού Ποσοστού Στερεών (ΑΧΥΠΣ). Η ΑΧΥΠΣ διαφέρει από την παραδοσιακή αναερόβια χώνευση που χρησιμοποιείται ευρέως για την ιλύ των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, καθώς το ποσοστό στερεών του οργανικού υποστρώματος είναι τουλάχιστον 25% (και μπορεί να φτάσει το 40%), ενώ στην παραδοσιακή αναερόβια χώνευση το ποσοστό στερεών δεν υπερβαίνει το 5-10%, δηλαδή το υπόστρωμα έχει τη μορφή της λάσπης (slurry). Ένα τυπικό ισοζύγιο μάζας κατά την αναερόβια χώνευση παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-15.

**Πίνακας 3-6 Όρια παρεμποδιστικών συγκεντρώσεων ορισμένων ουσιών στο υγρό κλάσμα κατά την αναερόβια χώνευση ΑΣΑ**

ΟΥΣΙΑ	ΚΑΤΩΦΛΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ (ΣΕ MG/L)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Αέρια αμμωνία	1500 – 3000 mg/l (ως N)	Σε pH > 7.4
Αμμωνιακό κατιόν	3000 mg/l (ως N)	
Θειώδη (S <sup>2-</sup> )	50 – 100 mg/l	
Μέταλλα	< 10 συνήθως	
Na	3500	Θρεπτικό συστατικό σε επίπεδα 100 – 200 mg/l
K	2500	Θρεπτικό συστατικό σε επίπεδα 200 - 400 mg/l
Ca	2500	Θρεπτικό συστατικό σε επίπεδα 100 – 200 mg/l
Mg	1000	Θρεπτικό συστατικό σε επίπεδα 75 – 150 mg/l



**Σχήμα 3-15** Τυπικό ισοζύγιο μάζας αναερόβιας χώνευσης ΑΣΑ (Πηγή: DEFRA, 2005a).

### 3.1.3.2 Συστήματα και τεχνολογίες αναερόβιας χώνευσης

Τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων μπορούν να ταξινομηθούν στη βάση τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών, που προσδιορίζουν και τον τύπο της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας: α) τη συγκέντρωση των στερεών, β) τη θερμοκρασία, γ) το σύστημα ανάμειξης και δ) τον αριθμό των φάσεων / αντιδραστήρων (Πίνακας 3-7). Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να περιγράψει τα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα, αν και κάποια συστήματα παραμένουν ενδιάμεσα αυτών των κατηγοριοποιήσεων (EA, 2002b).

**Πίνακας 3-7** Λειτουργικές παράμετροι των συστημάτων αναερόβιας χώνευσης (EA, 2002b).

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΙΞΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΔΙΩΝ
Μεσόφιλο (~35 °C)	Χαμηλά στερεά (<10% ξ.ο.)	Μηχανική ανάδευση	Ενός σταδίου (ένας αντιδραστήρας)
Θερμόφιλο (~55 °C)	Μεσαία στερεά (10-25% ξ.ο.)	Ανάδευση μέσω των αερίων	Πολλαπλών σταδίων
	Υψηλά στερεά (>25% ξ.ο.)	Στρωτής ροής	
		Διακοπόμενης τροφοδοσίας	

#### Α) Θερμοκρασία

Όπως προαναφέρθηκε, η αναερόβια χώνευση λειτουργεί σε δύο εύρη θερμοκρασιών, το μεσόφιλο, περίπου στους 35°C και το θερμόφιλο, περίπου στους 55°C. Το πλεονέκτημα της μεσόφιλης αναερόβιας χώνευσης είναι ότι είναι επαρκώς γνωστή και κατανοητή ως διεργασία, απαιτεί

λιγότερη θέρμανση για τη λειτουργία της, επιτυγχάνει μεγαλύτερο βαθμό βιοσταθεροποίησης του οργανικού κλάσματος και θεωρείται πιο σταθερή / ανθεκτική λόγω της μεγαλύτερης βιοποικιλότητας των μικροοργανισμών που συμμετέχουν. Ωστόσο, η θερμοφιλή αναερόβια χώνευση θεωρείται ότι επιτυγχάνει υψηλότερη ταχύτητα βιοαποδόμησης, συνεπώς χρειάζεται μικρότερους χρόνους παραμονής, ενώ τα επιχειρήματα για μικρότερο βαθμό σταθεροποίησης του υποστρώματος δεν έχουν επιβεβαιωθεί στην πράξη σε εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας. Επιπλέον, η λειτουργία σε θερμοφιλά επίπεδα επιτυγχάνει ταχύτερη και πληρέστερη υγιεινοποίηση των αποβλήτων.

Η επιλογή του λειτουργικού συστήματος αναερόβιας χώνευσης ανάμεσα σε μεσόφιλα και θερμοφιλά συστήματα εξαρτάται από τις ειδικές τοπικές συνθήκες (διαθέσιμος χώρος, επιθυμητός βαθμός σταθεροποίησης, περεταίρω επεξεργασία και χρήση της χωνεμένης ύλης, θεσμικές απαιτήσεις υγιεινοποίησης κλπ).

#### B) Συγκέντρωση στερεών

Τα παραδοσιακά συστήματα αναερόβιας χώνευσης ύλης και υγρών αποβλήτων λειτουργούν σε μια πολύ χαμηλή συγκέντρωση στερεών, της τάξης του 5%, το οποίο προσιδιάζει στη φύση του υποστρώματος. Η χρήση της αναερόβιας χώνευσης για την επεξεργασία ΑΣΑ δίνει τη δυνατότητα αύξησης της συγκέντρωσης των στερεών στο βιοαντιδραστήρα, γεγονός που προσφέρει δύο πλεονεκτήματα: αύξηση της παραγωγής βιοαερίου ανά μονάδα όγκου του βιοαντιδραστήρα και μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση του υποστρώματος.

Ωστόσο υπάρχουν όρια στη δυνατότητα αύξησης της συγκέντρωσης των στερεών. Οι μικροβιακές διεργασίες λαμβάνουν χώρα σε υγρή φάση και κατά συνέπεια απαιτούν ένα ελάχιστο ποσοστό υγρασίας της τάξης του 50-60%. Επιπλέον, τα τεχνικά προβλήματα άντλησης των αποβλήτων προς και από το βιοαντιδραστήρα απαιτούν το υπόστρωμα να είναι αρκετά ρευστό, περιορίζοντας έτσι τη μέγιστη συγκέντρωση στερεών στο 30-35% (π.χ. σύστημα DRANCO). Κάποια συστήματα παρακάμπτουν αυτό το πρόβλημα αποφεύγοντας πλήρως την άντληση των αποβλήτων και συνεπώς και τη συνεχή τροφοδότηση της μονάδας. Σε αυτά ο βιοαντιδραστήρας είναι διακοπτόμενης τροφοδοσίας και η φόρτιση και το άδειασμα του γίνονται με τη βοήθεια μεταφορικών ταινιών.

#### Γ) Σύστημα μίξης

Η ανάγκη μίξης των αποβλήτων στο βιοαντιδραστήρα προκύπτει από την απαίτηση για καλή και ομοιόμορφη επαφή των μικροοργανισμών με το υπόστρωμα και για αποφυγή της τοπικής συγκέντρωσης των προϊόντων της χώνευσης καθώς και του διαχωρισμού των αποβλήτων σε ελαφρύ και βαρύ κλάσμα εντός του βιοαντιδραστήρα. Επιπλέον, στα περισσότερα συστήματα υπάρχουν κάποια προβλήματα διαχωρισμού και συγκέντρωσης του βιοαερίου, τα οποία αντιμετωπίζονται με τη μίξη.

Υπάρχουν δύο τρόποι ανάδευσης των αποβλήτων στο βιοαντιδραστήρα: μηχανική ανάδευση ή ανάδευση μέσω των αερίων, με διαφορετικά πλεονεκτήματα και τεχνικές δυσκολίες το καθένα. Επιπλέον, υπάρχουν συστήματα που αποφεύγουν πλήρως την ανάδευση εντός του αντιδραστήρα και τις τεχνικές δυσκολίες που αυτή συνεπάγεται, χρησιμοποιώντας διακοπτόμενη τροφοδοσία. Σε αυτή την περίπτωση, η απαιτούμενη μίξη επιτυγχάνεται με την κατάλληλη προετοιμασία του υποστρώματος εκτός του αντιδραστήρα καθώς επίσης και με την ανακύκλωση μέρους της επεξεργασμένης χωνεμένης ύλης. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός ανάδευσης σε αυτή την περίπτωση είναι εξωτερικός του βιοαντιδραστήρα, επιτρέποντας καλύτερο έλεγχο και συντήρηση. Τα

συστήματα αυτά παρέχουν και μεγαλύτερη ασφάλεια στην εκτίμηση του χρόνου παραμονής των αποβλήτων σε ορισμένη θερμοκρασία, όπως απαιτείται για την υγιεινοποίησή τους.

#### Δ) Αριθμός σταδίων

Οι βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες για τις βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στις διακριτές φάσεις της αναερόβιας χώνευσης διαφέρουν ελαφρώς από φάση σε φάση. Συνεπώς, όταν η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου σε ένα βιοαντιδραστήρα, δεν μπορούν να βελτιστοποιηθούν οι επιμέρους φάσεις της. Αντίθετα, ο διαχωρισμός της διεργασίας σε χωριστούς αντιδραστήρες, έτσι ώστε η υδρόλυση / οξεογένεση να λαμβάνουν χώρα ανεξάρτητα από τη μεθανιογένεση επιτρέπει την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση των διαφορετικών φάσεων και αυξάνει τη συνολική ταχύτητα και απόδοση όλης της αναερόβιας χώνευσης. Βέβαια, αυτό το πλεονέκτημα αντισταθμίζεται από το μειονέκτημα του αυξημένου κόστους του πρόσθετου βιοαντιδραστήρα και των συστημάτων μεταφοράς των αποβλήτων. Καθώς τα ΑΣΑ λόγω της ανομοιογένειάς τους έχουν κάποιες πρόσθετες δυσκολίες χειρισμού, οι περισσότερες εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες τείνουν να προτιμούν τις απλούστερες λύσεις και έτσι σήμερα επικρατούν στην αγορά τα συστήματα ενός σταδίου, παρά τη μειωμένη απόδοση σε σχέση με τα συστήματα δύο φάσεων.

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση, διακρίνονται δύο κύρια συστήματα αναερόβιας χώνευσης στερεών αποβλήτων (Λαζαρίδη κ.ά., 2003): το κλασσικό (Σ1) και το σύστημα υψηλού ρυθμού (Σ2).

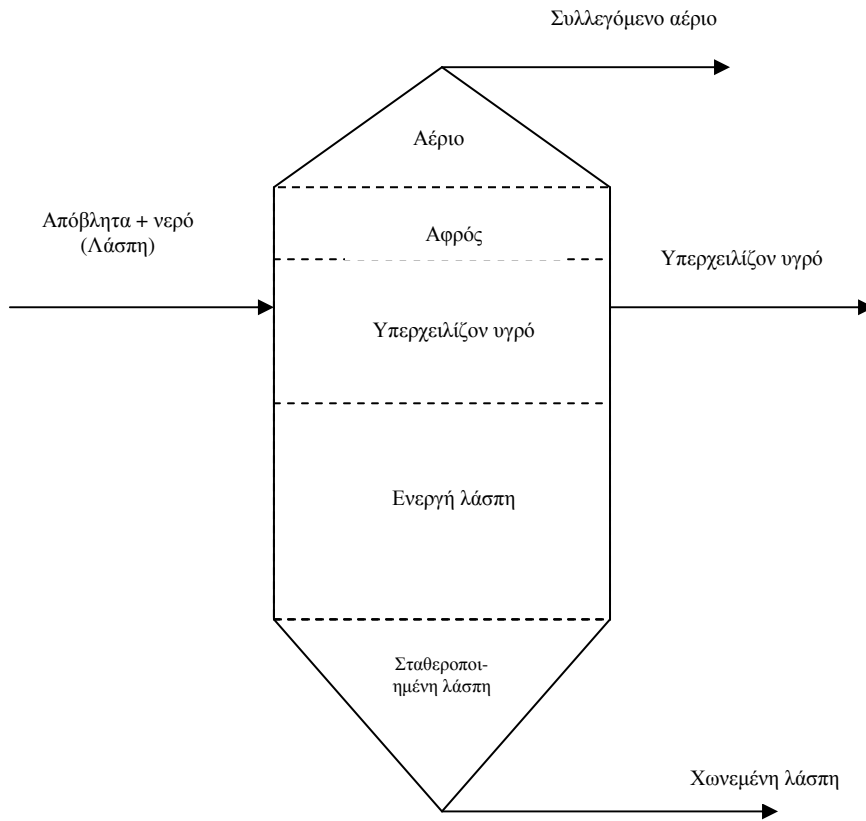
#### Σ1: Κλασσικό σύστημα αναερόβιας χώνευσης, ενός αντιδραστήρα

Αποτελείται από έναν αντιδραστήρα, με χρόνο παραμονής κάποιων εβδομάδων, στον οποίο συνήθως πραγματοποιείται ανάμιξη του περιεχομένου. Στόχος της ανάμιξης είναι η αποφυγή συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων που μπορούν να οδηγήσουν στη θανάτωση των ενεργών μικροβίων. Στην περίπτωση μη ανάμιξης, δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του αντιδραστήρα – όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3-16**, ενώ στην κορυφή αυτού γίνεται συλλογή του παραγόμενου αερίου.

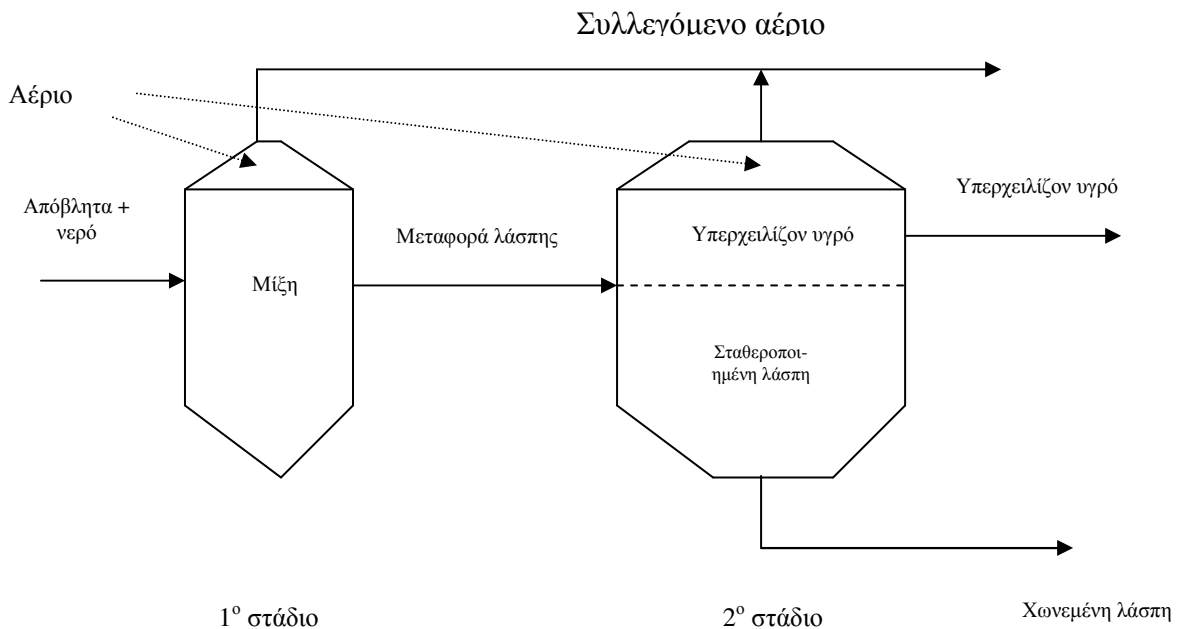
#### Σ2: Σύστημα υψηλού ρυθμού

Τα συστήματα υψηλού ρυθμού αποτελούνται από δύο στάδια και περιλαμβάνουν τουλάχιστον δύο αντιδραστήρες που λειτουργούν σε σειρά (**Σχήμα 3-17**). Το ενεργό στάδιο της χώνευσης πραγματοποιείται στον πρώτο αντιδραστήρα. Τα περιεχόμενα του πρώτου αντιδραστήρα αναμιγνύονται πλήρως (με προσθήκη νερού) και ο χρόνος παραμονής είναι μερικές ημέρες. Στη συνέχεια, το περιεχόμενο του πρώτου αντιδραστήρα περνάει στο στάδιο 2, δηλαδή στον δεύτερο αντιδραστήρα. Στο στάδιο αυτό δεν γίνεται ανάμιξη και πραγματοποιείται καθίζηση του στερεού κλάσματος και διαχωρισμός του από το υγρό κλάσμα καθώς και από το αέριο κλάσμα (βιοαέριο), το οποίο συλλέγεται στην κορυφή του αντιδραστήρα. Το συλλεγόμενο αέριο του δεύτερου σταδίου συνδυάζεται με το συλλεγόμενο αέριο του πρώτου σταδίου, αφού και σε αυτό παράγεται βιοαέριο.

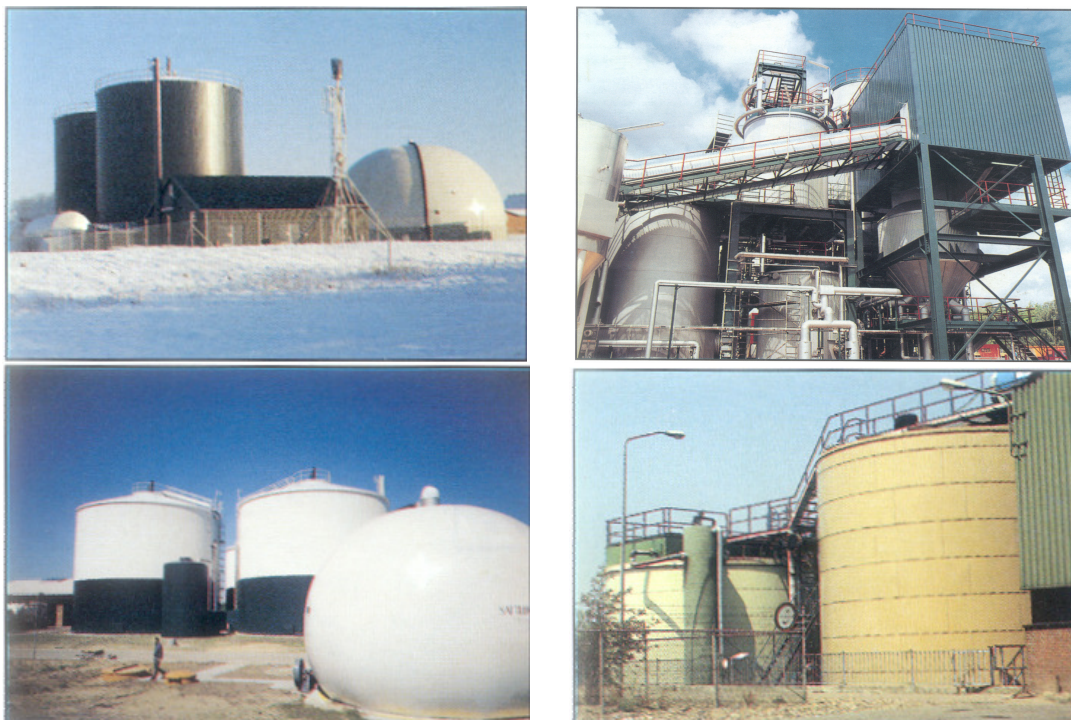
Φωτογραφικό υλικό από τυπικά συστήματα αναερόβιας χώνευσης ΑΣΑ παρουσιάζονται στο **Σχήμα 3-18**.



Σχήμα 3-16 Σχηματική αναπαράσταση κλασικού συστήματος ενός αντιδραστήρα (Σ1).



Σχήμα 3-17 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υψηλού ρυθμού (Σ2).



**Σχήμα 3-18** Τυπικά συστήματα αναερόβιας χώνευσης αστικών στερεών αποβλήτων.

#### Βασικές σχεδιαστικές παράμετροι

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού για την αναερόβια χώνευση είναι ο όγκος του αντιδραστήρα και οι απαιτήσεις σε θερμότητα. Και οι δύο παραπάνω παράμετροι εξαρτώνται από την ποσότητα των αποβλήτων που θα χωνευτεί, τον χρόνο παραμονής, τις ποσότητες των τελικών προϊόντων που θα διατίθενται καθημερινά και τη χρήση τους, καθώς και το σύστημα για τη θέρμανση και ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του αντιδραστήρα (Λαζαρίδη κ.ά., 2003).

Ο όγκος του αντιδραστήρα εξαρτάται από την ημερήσια ποσότητα των αποβλήτων προς επεξεργασία, την υγρασία τους, τη συγκέντρωση των πτητικών στερεών, το ρυθμό φόρτισης του αντιδραστήρα, τη συγκέντρωση στερεών του μίγματος αποβλήτων-νερού καθώς και το χρόνο παραμονής. Είναι πιο σύνηθες να σχεδιάζονται οι αντιδραστήρες με βάση έναν επιθυμητό ρυθμό φόρτισης πτητικών στερεών, κάτι που φυσικά απαιτεί γνώση του ποσοστού πτητικών στερεών των αποβλήτων. Τυπικοί ρυθμοί φόρτισης συγκεκριμένων υποστρωμάτων σε αναερόβιους αντιδραστήρες φαίνονται στον **Πίνακα 3-8**.

Η απαιτούμενη θέρμανση εξαρτάται από τις θερμοκρασίες λειτουργίας του αντιδραστήρα (μεσόφιλες – θερμοφιλες). Η θέρμανση γίνεται με σωληνώσεις εντός του αντιδραστήρα στους οποίους ανακυκλώνεται θερμό νερό. Για μεγαλύτερους αντιδραστήρες, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που απαιτείται καταναλώνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στο επιθυμητό επίπεδο, και όχι για τη διατήρησή της στην τιμή αυτή. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια εξαρτώνται από τον ρυθμό εισόδου των αποβλήτων στον αντιδραστήρα, τη θερμοκρασία των αποβλήτων εκτός του αντιδραστήρα και την (επιθυμητή) θερμοκρασία εντός του αντιδραστήρα.

Ο χρόνος παραμονής σε αναερόβιους αντιδραστήρες αναφέρεται στον υδραυλικό χρόνο παραμονής και εξαρτάται από τον ωφέλιμο όγκο και το ρυθμό παροχής των αποβλήτων εντός του αντιδραστήρα. Ο ιδανικός χρόνος παραμονής είναι εκείνος κατά τον οποίο:

- ❑ ο μικροβιακός πληθυσμός – ιδιαίτερα των μεθανιογενών – διατηρείται στο εκθετικό στάδιο ανάπτυξης, και
- ❑ το μεγαλύτερο μέρος της (ανακτώμενης) χημικής ενέργειας των αποβλήτων μετατρέπεται σε χημική ενέργεια του μεθανίου.

Γενικότερα, ο κατάλληλος χρόνος παραμονής είναι συνάρτηση πολλών περιβαλλοντικών και λειτουργικών παραγόντων καθώς και της σύστασης του υποστρώματος. Όσο περισσότερο οι περιβαλλοντικές (π.χ. θερμοκρασία) και λειτουργικές (π.χ. λόγος C/N) συνθήκες πλησιάζουν τις βέλτιστες τιμές και όσο πιο εύκολα βιοαποδομήσιμο είναι το υπόστρωμα, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος παραμονής και άρα μικρότερος και ο ωφέλιμος όγκος του αντιδραστήρα που απαιτείται για μία συγκεκριμένη παροχή. Λόγω της φύσης των μεθανιογενών βακτηρίων, που είναι γενικά αργά αναπτυσσόμενοι μικροοργανισμοί, οι χρόνοι παραμονής σε αναερόβιους αντιδραστήρες οργανικών υποστρωμάτων είναι της τάξης των εβδομάδων και όχι ωρών. Για τυπικά αστικά απόβλητα ένας ικανοποιητικός χρόνος παραμονής είναι περίπου 15-20 ημέρες.

**Πίνακας 3-8 Τυπικοί ρυθμοί φόρτισης συγκεκριμένων υποστρωμάτων σε αναερόβιους αντιδραστήρες (Λαζαρίδη κ.ά., 2003).**

Είδος υποστρώματος	Φόρτιση πτητικών στερεών σε kg/m <sup>3</sup> - d
Βιολογική ιλύς υγρών αποβλήτων	1,3 – 2,6
Μίγμα λάσπης με ΑΣΑ με υψηλό ποσοστό χαρτιού	3,2
Κοπριές αγελάδων	1,1 – 5,3
Τυπική τιμή (για χρόνο παραμονής 17 ημερών)	3,7

### 3.1.3.3 Υπάρχουσα εμπειρία – εγκαταστάσεις εν λειτουργία

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί, σε παγκόσμια κλίμακα, μια αποδεδειγμένη τεχνολογία για την επεξεργασία ιλύος από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, καθώς και για κτηνοτροφικά απόβλητα. Η χρήση της στο οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων είναι σχετικά πιο πρόσφατη και περιορισμένη, υπάρχουν όμως πλέον αρκετές μονάδες και εγκατεστημένη δυναμικότητα στην ΕΕ ώστε να θεωρηθεί ως ασφαλής επιλογή. Έτσι η κατάσταση στην ΕΕ διαμορφώνεται ως εξής (Barth, 2006):

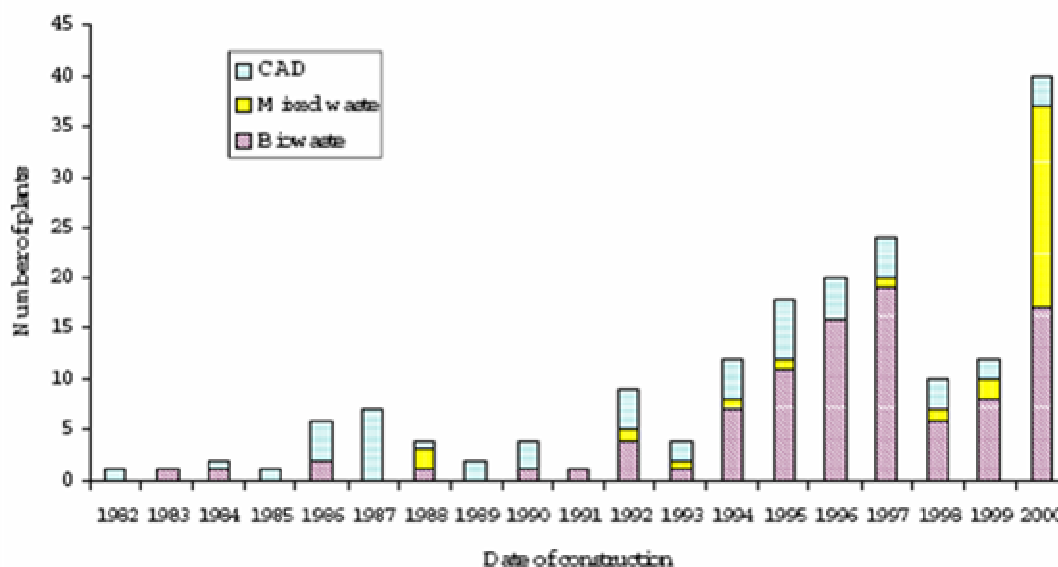
- ❑ Παρατηρείται αύξηση της εγκατεστημένης δυναμικότητας αναερόβιας χώνευσης για εμπορικά και οικιακά τροφικά απόβλητα, ειδικά σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αυστρία, οι οποίες παρέχουν επιδοτήσεις για την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια. Επίσης σημαντικό ενδιαφέρον για την τεχνολογία υπάρχει και στην Ισπανία, όπου γίνονται προσπάθειες παραγωγής ενός εμπορεύσιμου προϊόντος από την αναερόβια χώνευση σύμμεικτων ΑΣΑ.
- ❑ Συνολικά η εγκατεστημένη δυναμικότητα ανέρχεται σε 3,5 εκατομμύρια τόνους.
- ❑ Η τάση είναι να κατασκευάζονται μεγαλύτερες μονάδες (δυναμικότητας άνω των 50.000 τόνων/ έτος).
- ❑ Από τα υπάρχοντα συστήματα, το 46% εφαρμόζει «ξηρή» και το 49% «υγρή» αναερόβια χώνευση.



- ❑ Η Σουηδία υποστηρίζει μόνο την παραγωγή καυσίμου από το βιοαέριο και όχι την παραγωγή ενέργειας.
- ❑ Η Δανία έχει ως στόχο την επεξεργασία των διαλεγμένων στην πηγή οικιακών βιοαποβλήτων σε υπάρχουσες μονάδες αναερόβιας χώνευσης αγροτικών αποβλήτων.
- ❑ Οι μονάδες αυτές, εκτός από το βιοαέριο, στοχεύουν και στην παραγωγή ενός εμπορικά αξιοποιήσιμου προϊόντος για την αγορά των οργανικών εδαφοβελτιωτικών και λιπασμάτων.
- ❑ Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης στερεών αποβλήτων μπορούν να διακριθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες, ανάλογα με τα υλικά που επεξεργάζονται (ΕΑ, 2002b):
- ❑ Μονάδες χώνευσης διαλεγμένων στην πηγή βιοαποβλήτων, δηλ. ενός σχετικά καθαρού ρεύματος οργανικών αποβλήτων (απόβλητα κουζίνας και μικρού μεγέθους απόβλητα κήπου – γρασίδι, φύλλα<sup>21</sup>).
- ❑ Μονάδες χώνευσης του οργανικού κλάσματος των σύμμεικτων αποβλήτων, ως μέρος ενός συστήματος μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας (ΜΒΕ – βλ. §3.3), με στόχο την παραγωγή βιοαερίου και ενός χαμηλής αξίας εδαφοβελτιωτικού ή υλικού κάλυψης σε ΧΥΤΑ.
- ❑ Κεντρικές μονάδες χώνευσης, όπου το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ μετά από διαλογή στην πηγή υφίσταται επεξεργασία σε συνδυασμό με άλλα απόβλητα (κυρίως αγροτικά απόβλητα αλλά και ιλύ από ΜΕΛ).
- ❑ Στην πρώτη κατηγορία εμφανίζεται η μεγαλύτερη ποικιλία συστημάτων που κάνουν χρήση σχεδόν όλων των διαθέσιμων τεχνολογιών αναερόβιας χώνευσης και υπάρχουν περισσότεροι από 40 ανεξάρτητοι κατασκευαστές βιοαντιδραστήρων. Ωστόσο, τέσσερα συστήματα φαίνεται να έχουν επικρατήσει, για διάφορους λόγους, στην αγορά και έχουν να επιδείξουν τις περισσότερες κατασκευασμένες μονάδες: DRANCO, VALORGA, KOMPOGAS και ΒΤΑ.
- ❑ Η δεύτερη κατηγορία, της αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων αποβλήτων, δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Αν και η βιολογική διεργασία της χώνευσης λειτουργεί ικανοποιητικά και για σύμμεικτα ΑΣΑ, οι ξένες προσμείξεις μπορούν να δημιουργήσουν τεχνικά προβλήματα και βλάβες που επηρεάζουν αρνητικά τα οικονομικά της μονάδας. Ωστόσο, υπάρχουν σήμερα αρκετές μονάδες που λειτουργούν σε πλήρη κλίμακα, όπως π.χ. η εγκατάσταση της Vargon στο Groningen της Ολλανδίας, η οποία επεξεργάζεται 230.000 tpa υπολειμματικά ΑΣΑ (δηλ. το τρίτο ρεύμα αποβλήτων, μετά από διαλογή στην πηγή των ξηρών ανακυκλώσιμων και των βιοαποβλήτων). Μετά από μηχανική διαλογή λαμβάνονται 90.000 tpa εμπλουτισμένου οργανικού κλάσματος το οποίο υφίσταται θερμοφιλή αναερόβια χώνευση με χαμηλή συγκέντρωση στερεών (12-15%) σε τέσσερις βιοαντιδραστήρες χωρητικότητας 2750 m<sup>3</sup> έκαστος, για την παραγωγή 8,8x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> βιοαερίου ετησίως. Εκτός από το βιοαέριο, η μονάδα ανακτά και RDF, μέταλλα, αδρανή, χαρτί και πλαστικό.

<sup>21</sup> Η αναερόβια χώνευση δεν προσφέρεται για την επεξεργασία πράσινων αποβλήτων, πλούσιων σε λιγνινο-κυτταρούχα υλικά.

- Η αναερόβια χώνευση σύμμεικτων αποβλήτων παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με την κομποστοποίησή τους, καθώς η υδαρής φάση των αποβλήτων επιτρέπει κάποιες πρόσθετες διεργασίες για το διαχωρισμό του οργανικού κλάσματος από τις προσμείξεις, οδηγώντας έτσι σε ελαφρώς καλύτερη ποιότητα τελικού προϊόντος. Επιπλέον, το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να αξιοποιηθεί ανεξάρτητα από την ποιότητα του στερεού υπολείμματος.
- Τέλος, η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει μονάδες που συγκεντρώνουν μια ποικιλία οργανικών αποβλήτων από διάφορες πηγές, με κυριότερη τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Τα αστικά απόβλητα συνήθως δεν υπερβαίνουν το 10% της τροφοδοσίας της μονάδας βελτιώνοντας έτσι τα οικονομικά της λόγω των υψηλών τελών εισόδου χωρίς να επηρεάζουν ιδιαίτερα την ποιότητα του παραγόμενου εδαφοβελτιωτικού. Τέτοιες μονάδες βρίσκονται σε πολλές χώρες της κεντρικής Ευρώπης με κυριότερο εκπρόσωπο τη Δανία, όπου αυτή η προσέγγιση είναι πολύ διαδεδομένη.
- Στο **Σχήμα 3-19** παρουσιάζεται ο αριθμός των μονάδων αναερόβιας χώνευσης για κάθε μία από τις παραπάνω τεχνολογίες που είχαν κατασκευαστεί έως το έτος 2000, ενώ η αυξητική τάση συνεχίζεται και σήμερα (ΕΑ, 2002b).



**Σχήμα 3-19** Αριθμός μονάδων αναερόβιας χώνευσης για κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες τεχνολογίας, που είχαν κατασκευαστεί έως το έτος 2000. CAD: κατηγορία 3, Mixed waste: κατηγορία 2, και Biowaste: κατηγορία 1 (Πηγή: ΕΑ, 2002b).

#### 3.1.3.4 Περιβαλλοντικά θέματα

Όπως και στην περίπτωση της κομποστοποίησης, έτσι και στην αναερόβια χώνευση τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα αφορούν στις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων των οσμών, την πιθανή ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους κατά τη χρήση της χωνεμένης ιλύος, το θόρυβο και τη διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών (ΕΑ 2002a,b, McDougall et al. 2001).

### Αέρας

Καθώς η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα σε κλειστούς βιοαντιδραστήρες και το παραγόμενο αέριο συλλέγεται προς επεξεργασία και αξιοποίηση, δεν υπάρχουν αξιόλογες εκπομπές αέριων ρύπων κατά τη διεργασία. Οι αέριες εκπομπές της αναερόβιας χώνευσης σχετίζονται με την καύση του βιοαερίου και συνίστανται κυρίως σε οξειδία του αζώτου και του θείου και δευτερευόντως σε άλλα προϊόντα της καύσης. Οι εκπομπές αυτές είναι παρόμοιες με τις εκπομπές από την καύση φυσικού αερίου, με ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα SO<sub>x</sub> λόγω του υδρόθειου που περιέχει το βιοαέριο. Ο έλεγχος των αέριων εκπομπών από την καύση του βιοαερίου στις περισσότερες χώρες είναι σχετικά περιορισμένος λόγω της χαμηλής επικινδυνότητάς τους, με την προϋπόθεση της απομάκρυνσης του υδρόθειου πριν από την καύση.

Στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων αποβλήτων, ενδέχεται να υπάρχουν και ουσίες υψηλότερης τοξικότητας στο βιοαέριο λόγω της πιθανής παρουσίας διαλυτών και άλλων επικίνδυνων ουσιών στο υπόστρωμα. Ο έλεγχος των αποβλήτων που εισέρχονται στη μονάδα θεωρείται επαρκής για την αντιμετώπιση αυτού του κινδύνου.

Οι αέριες εκπομπές από την καύση του βιοαερίου αντισταθμίζονται, τουλάχιστον εν μέρει, από την υποκατάσταση άλλων καυσίμων λόγω της παραγωγής ενέργειας. Οι εκπομπές ανά μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο είναι συνήθως υψηλότερες από αυτές των μονάδων φυσικού αερίου αλλά χαμηλότερες από αυτές που χρησιμοποιούν άνθρακα.

Κατά την αναερόβια χώνευση οσμές παράγονται μόνο κατά την προετοιμασία του ρεύματος τροφοδοσίας και την επεξεργασία της χωνεμένης ύλης, οι οποίες λαμβάνουν χώρα εκτός του βιοαντιδραστήρα. Ωστόσο, και αυτές οι διεργασίες πραγματοποιούνται εντός κτιρίων και ο αέρας υφίσταται επεξεργασία με βιόφιλτρα ή χημική έκπλυση, με αποτέλεσμα οι οσμές που απελευθερώνονται στο περιβάλλον να είναι πολύ χαμηλές. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πολλές περιπτώσεις, μονάδες αναερόβιας χώνευσης είναι χωροθετημένες σε βιομηχανικές περιοχές, σε απόσταση μικρότερη από 10 μέτρα από άλλα κτίρια χωρίς να γίνονται παράπονα για όχληση.

### Νερά

Κατά την αναερόβια χώνευση υπάρχει περίσσεια νερού, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί εντός της διεργασίας. Αν δεν πραγματοποιείται ανακύκλωση παράγονται περίπου 100-300 m<sup>3</sup> υγρών αποβλήτων ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων, τα οποία απαιτούν επεξεργασία είτε στην ίδια την εγκατάσταση είτε στο βιολογικό καθαρισμό της πόλης, εφόσον γίνονται δεκτά.

Οι μονάδες που επεξεργάζονται οργανικά απόβλητα μετά από διαλογή στην πηγή τείνουν να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες υγρών αποβλήτων, καθώς η υγρασία του ρεύματος τροφοδοσίας τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα σύμμεικτα ΑΣΑ. Κάποιες μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ δεν έχουν καθόλου υγρά απόβλητα (Amiens, Vargon), ενώ άλλες έχουν σημαντικές ποσότητες.

### Έδαφος

Οι κίνδυνοι για πιθανή ρύπανση του εδάφους από την εφαρμογή της χωνεμένης ύλης είναι ίδιοι με την περίπτωση της κομποστοποίησης. Εξ' άλλου τις περισσότερες φορές η χωνεμένη ύλη υφίσταται περεταίρω αερόβια επεξεργασία (δηλ. κομποστοποίηση) πριν εφαρμοστεί στο έδαφος. Κατά συνέπεια ο προβληματισμός και οι προδιαγραφές ποιότητας που αναφέρθηκαν στην §3.2.2.4 ισχύουν και στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, ενώ αντίστοιχα είναι και τα περιβαλλοντικά οφέλη από την εδαφική εφαρμογή χωνεμένης ύλης μετά από περεταίρω σταθεροποίηση.

### Θόρυβος

Καθώς η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια μειώνονται και οι εκπομπές θορύβου από τον τεμαχισμό και την επεξεργασία των αποβλήτων και της χωνεμένης ιλύος. Ωστόσο, αρκετές εγκαταστάσεις δέχονται παράπονα για θόρυβο, κυρίως από τη λειτουργία των ανεμιστήρων και των αντλιών κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης, σε περίπτωση παραγωγής ηλεκτρισμού από το βιοαέριο στην ίδια την εγκατάσταση όχληση προκαλούν και οι γεννήτριες, οι οποίες συχνά προκαλούν θόρυβο που υπερβαίνει τα 100 bB στο 1 μέτρο, απαιτώντας κατάλληλη ηχητική προστασία.

### Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Λόγω της ύψιστης σημασίας που έχει η προστασία της δημόσιας υγείας από τον κίνδυνο διάδοσης μολυσματικών ασθενειών, όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει κριτήρια για την υγιεινοποίηση των αποβλήτων. Τα κριτήρια αυτά είναι τα ίδια για όλα τα προϊόντα βιολογικής επεξεργασίας, είτε προέρχονται από αερόβιες είτε από αναερόβιες διεργασίες, όπως αναλύθηκε στην §3.2.2.4 και αφορούν τη διεργασία (δηλ. απαιτούν έκθεση του υλικού σε υψηλή θερμοκρασία για ορισμένο χρονικό διάστημα) ή το προϊόν (θέσπιση ανώτατων επιτρεπόμενων ορίων για δείκτες παθογόνων ή και παθογόνους μικροοργανισμούς) ή συνδυασμό τους.

Η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση είναι πιο αποτελεσματική από τη μεσόφιλη στην καταστροφή των παθογόνων. Ωστόσο, η περαιτέρω αερόβια επεξεργασία της χωνεμένης ιλύος εξασφαλίζει και στις δύο περιπτώσεις καλή υγιεινοποίηση και σταθεροποίηση του υποστρώματος.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα, όπως σε όλες τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, είναι η ασφάλεια των εργαζομένων από την έκθεσή τους σε παθογόνα και άλλους κινδύνους, όπως τραυματισμός από αιχμηρά αντικείμενα. Η αναερόβια χώνευση έχει το πρόσθετο ρίσκο της πρόκλησης ασφυξίας ή έκρηξης από το βιοαέριο που μπορεί να συσσωρευτεί σε κλειστούς χώρους. Για το λόγο αυτό η εγκατάσταση πρέπει να αερίζεται καλά, ειδικά στους χώρους που γίνεται ο χειρισμός του στερεού υποστρώματος μετά τη χώνευση και να χρησιμοποιούνται επιτοίχιοι ή προσωπικοί ανιχνευτές αερίων.

#### *3.1.3.5 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας*

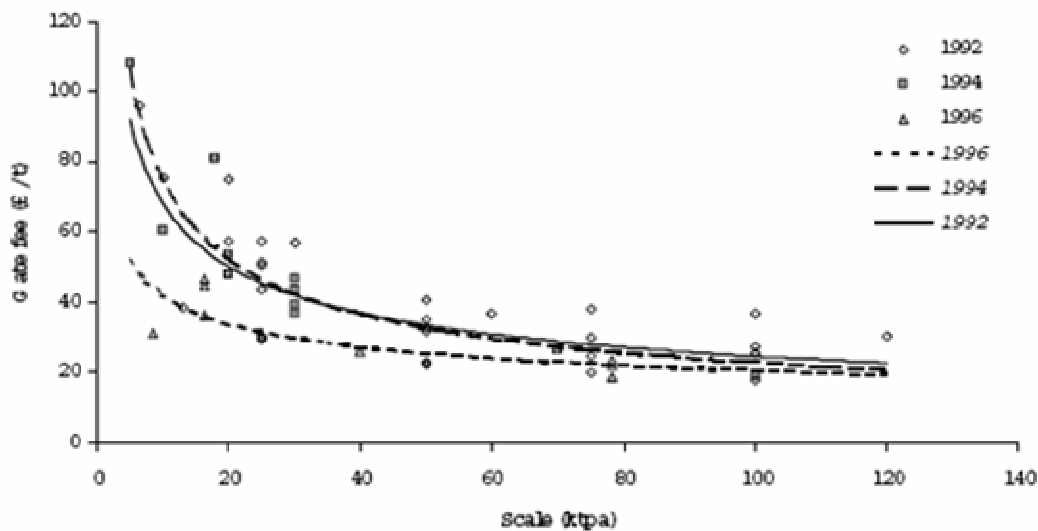
Είναι αρκετά δύσκολο να εκτιμηθεί το κόστος της αναερόβιας χώνευσης καθώς υπάρχει ποικιλία τεχνολογιών, σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις κατηγορίες συστημάτων που προαναφέρθηκαν, διαφορετικές δομές κόστους στις διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (λόγω διαφορών στη φορολογία και τις επιδοτήσεις καθώς και στις θεσμικές / περιβαλλοντικές απαιτήσεις), ενώ τέλος οι εταιρείες σπάνια δίνουν ακριβή στοιχεία κόστους, για λόγους εμπορικού απορρήτου.

Ωστόσο, είναι σαφές ότι τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων είναι ευαίσθητα σε οικονομίες κλίμακας. Το μοναδιαίο κόστος επεξεργασίας διαλεγμένων στην πηγή αστικών αποβλήτων (περιλαμβάνεται και η απόσβεση του επενδυτικού κόστους) φαίνεται στο **Σχήμα 3-20**. Τα κόστη – όπως φαίνεται - κυμαίνονται από €30/τόνο έως €160/τόνο και είναι συνάρτηση του μεγέθους των εγκαταστάσεων, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται μια σαφής πτώση του κόστους με την ωρίμανση της τεχνολογίας, κυρίως για τις μικρότερες μονάδες.

Η αβεβαιότητα για τα στοιχεία κόστους είναι ακόμη μεγαλύτερη για τις μονάδες αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων αποβλήτων, καθώς εδώ υπάρχουν πολύ λιγότερες εγκαταστάσεις ενώ οι περισσότερες από αυτές είναι πολύ πρόσφατες και δεν διαθέτουν στοιχεία λειτουργικού κόστους. Στον **Πίνακα 3-9** παρουσιάζονται ενδεικτικά στοιχεία κόστους από τέσσερις σημαντικές

εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας, όπου φαίνεται ότι το κόστος λειτουργίας κυμαίνεται από €40 έως €50 ανά τόνο (ΕΑ, 2002b).

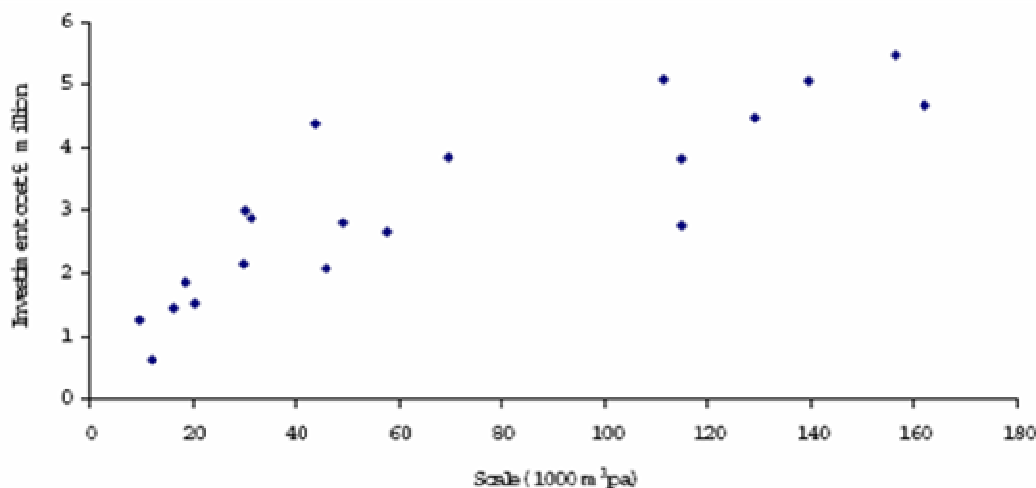
Τέλος, στα **Σχήματα 3-21** και **3-22** παρουσιάζονται στοιχεία για το συνολικό και το μοναδιαίο κόστος κατασκευής των κεντρικών μονάδων αναερόβιας συνεπεξεργασίας ΑΣΑ, αντίστοιχα.



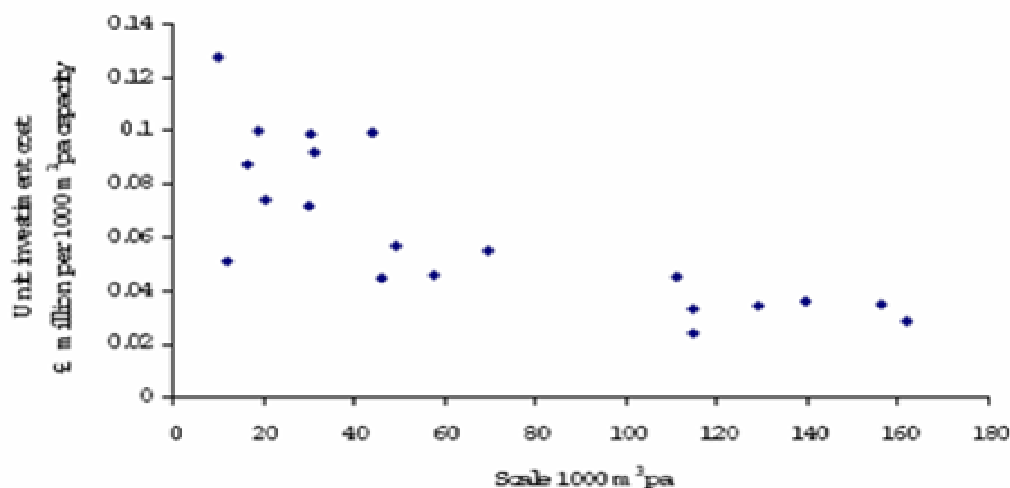
**Σχήμα 3-20** Κόστη αναερόβιας χώνευσης ΑΣΑ, σε λίρες Αγγλίας (Πηγή: ΕΑ, 2002b).

**Πίνακας 3-9** Κόστος κατασκευής και λειτουργίας επιλεγμένων μονάδων αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων ή υπολειμματικών ΑΣΑ (ΕΑ, 2002b).

Μονάδα / Έτος κατασκευής	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	Κόστος επένδυσης (€)	Λειτουργικό κόστος (€)	Τέλη εισόδου (€)
Vaasa / 1994	40.000	$6,2 \times 10^6$	39,1	39,1
Amiens / 1988	72.000	$1,2 \times 10^6$ (€16,6/t/tpa)	49,0	37,7
Ashford / 1999	40.000	$11,8 \times 10^6$		44-52 (κατ' εκτίμηση)
Vargon / 2000	230.000 σύμμεικτα 92.000 οργανικά	$19,1 \times 10^6$		



**Σχήμα 3-21** Κόστος κατασκευής των κεντρικών μονάδων αναερόβιας συνεπεξεργασίας στη Δανία. Τιμές σε λίρες Αγγλίας. (Πηγή: EA, 2002b).



**Σχήμα 3-22** Μοναδιαίο κόστος κατασκευής των κεντρικών μονάδων αναερόβιας συνεπεξεργασίας στη Δανία. Τιμές σε λίρες Αγγλίας. (Πηγή: EA, 2002b).

Σημαντικό στοιχείο στη διαμόρφωση του καθαρού κόστους λειτουργίας για την αναερόβια χώνευση αποτελεί η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, η οποία – σε αντίθεση με άλλα προϊόντα της επεξεργασίας των αποβλήτων, όπως RDF και κομπόστ – έχει εξασφαλισμένη αγορά με θετική τιμή πώλησης.

Η παραγωγή βιοαερίου ποικίλει ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, αλλά τυπικά κυμαίνεται από 70 έως 120 m<sup>3</sup> ανά τόνο διαλεγμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων. Το βιοαέριο αποτελείται από 55% μεθάνιο κατά μέσο όρο, οπότε το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι περίπου 21 MJ m<sup>-3</sup>. Το ένα τρίτο της παραγόμενης ενέργειας απαιτείται για τις ανάγκες της ίδιας της διεργασίας, ενώ τα δύο τρίτα μπορούν να διατεθούν εμπορικά. Αν και η παραγωγή ενέργειας διαφέρει σημαντικά από μονάδα σε μονάδα ανάλογα με το σχεδιασμό και το είδος των αποβλήτων που δέχεται, οι τυπικές τιμές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνονται από 50 έως 150 kWh t<sup>-1</sup>.

Στον **Πίνακα 3-10** παρουσιάζεται η παραγωγή βιοαερίου και η πώληση ενέργειας για τις μονάδες αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων αποβλήτων, τα οικονομικά στοιχεία των οποίων παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 3-9.

**Πίνακας 3-10 Παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας για επιλεγμένες μονάδες αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων ή υπολειμματικών ΑΣΑ (ΕΑ, 2002b).**

Μονάδα /Έτος κατασκευής	Δυναμικότητα (τόνοι/έτος)	Παραγωγή βιοαερίου ( $\times 10^6 \text{ m}^3 \text{ y}^{-1}$ )	Πώληση ενέργειας
Vaasa / 1994	40.000	1,95	2.000 MWh $\text{y}^{-1}$ ηλεκτρική 5.700 MWh $\text{y}^{-1}$ θερμότητα
Amiens / 1988	72.000	7,9	40.530 MWh $\text{y}^{-1}$ ατμός
Vargon / 2000	92.000 οργανικά	8,8	14.000 MWh $\text{y}^{-1}$ ηλεκτρική
Μονάδα στη Μεγ. Βρετανία (υπό κατασκευή)	78.000	6,1	7.100 MWh $\text{y}^{-1}$ ηλεκτρική 14.000 MWh $\text{y}^{-1}$ θερμότητα

### 3.1.3.6 Συνεισφορά στους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους της πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

#### Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή

Η αναερόβια χώνευση συνεισφέρει στους στόχους της οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή σχετικά με την εκτροπή του βιοαποδομήσιμου κλάσματος από τους ΧΥΤΑ, με τον ίδιο τρόπο που συνεισφέρει και η κομποστοποίηση. Και σε αυτή την περίπτωση ρόλο κλειδί έχει ο ορισμός και η μέτρηση της βιοαποδομησιμότητας, που θα καθορίσει τα κριτήρια αποδοχής των επεξεργασμένων αποβλήτων στους ΧΥΤΑ, ως υλικό κάλυψης, σε περίπτωση που δεν θα βρουν άλλη οδό αξιοποίησης / διάθεσης. Στην Ελλάδα αυτή η συζήτηση δεν έχει καν ξεκινήσει, σε άλλες χώρες όμως υπάρχουν ειδικά κριτήρια για τα προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης, με βάση τη βιολογική τους συμπεριφορά. Έτσι στη π.χ. Γερμανία δεν θεωρούνται βιοαποδομήσιμα τα προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης δείκτη παραγωγής βιοαερίου  $\text{GB}_{21} < 20 \text{ NI/ mg}$  ξηρής ουσίας (Papadimitriou et al., 2001). Στην Ελλάδα δεν έχει ξεκινήσει ακόμη η σχετική συζήτηση, αλλά αναμένεται ότι η Οδηγία για τα ΒΑΑ που βρίσκεται υπό προετοιμασία θα θεσπίσει μια προσέγγιση παρόμοια με τη Γερμανική.

Σε αυτό το πλαίσιο, η αναερόβια χώνευση, συνεισφέρει σημαντικά στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την υγειονομική Ταφή, είτε αφορά το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των ΑΣΑ μετά από διαλογή στην πηγή, είτε ως μέρος Μηχανικής-Βιολογικής Επεξεργασίας σύμμεικτων αποβλήτων.

- ❑ Στην πρώτη περίπτωση, η χωνεμένη ιλύς με ή χωρίς περεταίρω αερόβια σταθεροποίηση βρίσκει διέξοδο στην αγορά, σε αγροτικές και άλλες χρήσεις. Τα υπολείμματα της διεργασίας που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ έχουν συνήθως περιεχόμενο ΒΑΑ της τάξης του 5-10%.
- ❑ Στη δεύτερη, η χωνεμένη ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποκατάσταση χώρων ή ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ. Εφόσον έχει υποστεί επαρκή σταθεροποίηση, και σε αυτή την περίπτωση δεν προσμετράται ως βιοαποδομήσιμο απόβλητο και συνεπώς συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων εκτροπής (με την προϋπόθεση της θέσπισης κατάλληλων κριτηρίων για τον προσδιορισμό της βιοαποδομησιμότητας).

### Περιορισμός Αέριων του Θερμοκηπίου

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο η Ελλάδα πρέπει να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της σε αέρια του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 στο 25% των εκπομπών του έτους βάσης (1990 για CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O και 1995 για τα F-gases).

Κατά την αναερόβια χώνευση εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα, όπως σε όλες τις διεργασίες βιολογικής αποδόμησης οργανικών αποβλήτων. Ωστόσο, τα βιοαποδομούμενα υλικά (κυρίως φυτικά υπολείμματα) αποτελούνται εξ' ολοκλήρου από πρόσφατα δεσμευμένο άνθρακα και έτσι μπορούν να θεωρηθούν «ουδέτερα» ως προς την προκαλούμενη κλιματική αλλαγή. Κατά την αναερόβια χώνευση παράγονται επίσης και άλλα αέρια του θερμοκηπίου, όπως μεθάνιο, αμμωνία και N<sub>2</sub>O. Από αυτά, η διαφυγή μεθανίου από διαρροές ή ατυχήματα ενέχει τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα αναφορικά με την κλιματική αλλαγή. Αν και δεν υπάρχουν σχετικά δημοσιευμένα στοιχεία, οι διαρροές μεθανίου σε εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης ελέγχονται καλά, όπως προαναφέρθηκε, εξ' αιτίας των κινδύνων που θέτουν στην ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων. Έτσι εκτιμάται ότι διαφεύγει πολύ λιγότερο από το 0,1% του παραγόμενου βιοαερίου (ΕΑ, 2002b).

Η συνεισφορά των εκπομπών αυτών στην κλιματική αλλαγή αντισταθμίζεται από την παραγόμενη ενέργεια, η οποία υποκαθιστά την αντίστοιχη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η αναερόβια χώνευση παράγει περίπου 75-150 kWh t<sup>-1</sup>, οπότε εξοικονομεί την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από την αντίστοιχη ποσότητα ορυκτών καυσίμων.

Επιπλέον, τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στη χωνεμένη ιλύ μπορούν να υποκαταστήσουν μέρος των χημικών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, εξοικονομώντας την αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται για την παρασκευή τους. Αν και η συνεισφορά αυτή είναι σημαντική, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί και έτσι δεν έχει ληφθεί υπ' όψη σε αυτή τη μελέτη.

### Στόχοι για Αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η Ευρωπαϊκή αλλά και η Εθνική νομοθεσία (Ν. 3468/2006) έχουν θέσει στόχο την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, στις οποίες εντάσσεται σαφώς το βιοαέριο από τα αστικά απόβλητα. Η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου διαφέρει ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και το είδος των αποβλήτων που δέχεται η μονάδα (βιοαπόβλητα ή υπολειμματικά απόβλητα μετά από διαλογή στην πηγή, εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα μετά από μηχανική διαλογή κλπ). Τα απλούστερα συστήματα παράγουν περίπου 75 kWh t<sup>-1</sup> ενώ οι πιο σύνθετες μονάδες που εκμεταλλεύονται πλήρως το ενεργειακό δυναμικό των αποβλήτων και βελτιστοποιούν τις ενεργειακές ροές μέσα στη μονάδα μπορεί να υπερβούν τα 150 kWh t<sup>-1</sup>.



## 3.2 Μηχανική – Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ)

### 3.2.1 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή λειτουργίας

Η Μηχανική-Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ) δεν είναι μια σαφώς καθορισμένη μέθοδος επεξεργασίας, αλλά περισσότερο ένας γενικευμένος όρος που περιγράφει μια ευρεία ομάδα διεργασιών που συνδυάζονται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους προκειμένου να διαχωρίσουν και να ανακτήσουν υλικά από τα ΑΣΑ. Πρόκειται δηλαδή για μια «οικογένεια» τεχνολογιών επεξεργασίας, που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους τόσο ως προς την πολυπλοκότητα, και συνεπώς το κόστος, όσο και ως προς τους τελικούς στόχους της επεξεργασίας. Η απόδοση των διαφορετικών συνδυασμών μπορεί να ποικίλει ευρέως και κάθε προσέγγιση προσφέρει έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει συνδυασμός που να αποτελεί την «βέλτιστη λύση» αλλά κάποιοι συνδυασμοί μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο κατάλληλοι για συγκεκριμένες συνθήκες και έργα (DEFRA, 2005b, Archer et al. 2005a).

Οι εγκαταστάσεις ΜΒΕ συνδυάζουν μια ποικιλία μηχανικών και βιολογικών διεργασιών με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τα επιθυμητά προϊόντα και τους στόχους της επεξεργασίας. Οι μηχανικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση των ξηρών ανακυκλώσιμων και ενός ομογενοποιημένου στερεού καυσίμου (RDF – refuse derived fuel ή SRF – solid refuse fuel) ενώ οι βιολογικές για την απομάκρυνση της υγρασίας από τα απόβλητα (βιολογική ξήρανση), τη σταθεροποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος και την παραγωγή (χαμηλής ποιότητας) κομποστ και/ή βιοαερίου. Σε πολύ αδρές γραμμές η ΜΒΕ μπορεί να θεωρηθεί ως ένας συνδυασμός δύο μονάδων: ενός κέντρου διαλογής και ανάκτησης υλικών<sup>22</sup> (ΚΔΑΥ) και μιας μονάδας βιολογικής επεξεργασίας (βλ. §3.2.2 και 3.2.3). Οι κυριότερες διεργασίες που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν:

- Τεχνικές διάνοιξης σάκων (διατάξεις τύπου μεταλλικών ταινιών, κοχλία, χτενιού, λάμας, κλπ).
- Τεχνικές μείωσης του μεγέθους (κονιορτοποίηση και τεμαχισμός, σε τεμαχιστές, περιστρεφόμενα τύμπανα, κλπ).
- Τεχνικές διαχωρισμού (βάση μεγέθους, αεροδιαχωρισμού, βαλλιστικού διαχωρισμού και άλλες διεργασίες μηχανικής ταξινόμησης των αποβλήτων)
- Τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού για το διαχωρισμό των σιδηρούχων μετάλλων και επαγωγικών ρευμάτων, για το αλουμίνιο.
- Βιολογική ξήρανση.
- Κομποστοποίηση του εμπλουτισμένου οργανικού κλάσματος.
- Αναερόβια χώνευση.

Το κοινό στοιχείο όλων των μονάδων ΜΒΕ είναι ότι χρησιμοποιούν διεργασίες μηχανικού διαχωρισμού για να διαχωρίσουν σύμμεικτα απόβλητα σε διαφορετικά ρεύματα και να

<sup>22</sup> “Dirty MRF” (materials recovery facility) στην αγγλική ορολογία, καθώς η μονάδα δέχεται σύμμεικτα ΑΣΑ ή το ρεύμα των υπολειμματικών ΑΣΑ (rest-waste ή gray-waste, δηλ. το ρεύμα που μένει μετά από τη διαλογή στην πηγή των ξηρών ανακυκλώσιμων και του οργανικού κλάσματος). Ο όρος χρησιμοποιείται σε αντιδιαστολή με τις μονάδες “clean MRF”, δηλ. τα ΚΔΑΥ τύπου Αμαρουσίου που διαχωρίζουν περεταίρω τα ανακυκλώσιμα που λαμβάνονται από προγράμματα ΔσΠ (π.χ. μπλε κάδος).

ανακτήσουν κάποια ξηρά ανακυκλώσιμα. Επιπλέον, ανάλογα με το σχεδιασμό τους έχουν έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους στόχους:

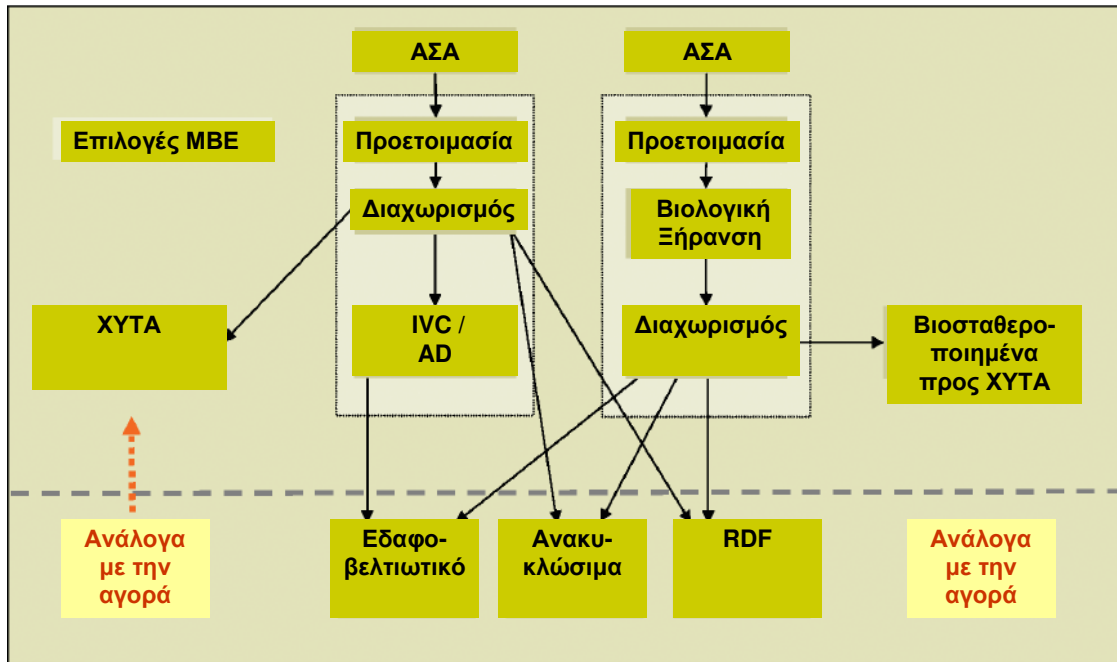
- ❑ Να σταθεροποιήσουν επαρκώς το βιοαποδομήσιμο κλάσμα, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ ή να ταφεί χωρίς να θεωρείται ως βιοαποδομήσιμο απόβλητο για τους στόχους της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (§3.2.2.6 και 3.2.3.6).
- ❑ Να παράγουν ένα εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα για κομποστοποίηση ή αναερόβια χώνευση. Το παραγόμενο υπόστρωμα σε αυτή την περίπτωση είναι χαμηλής ποιότητας και περιορισμένης χρήσης (π.χ. υλικό κάλυψης σε ΧΥΤΑ ή για αποκατάσταση λατομείων, ορυχείων κλπ.).
- ❑ Να παράγουν ένα διαχωρισμένο, σχετικά ομογενοποιημένο κλάσμα υψηλής θερμογόνου δύναμης, το οποίο αποτελείται κυρίως από χαρτί, πλαστικά και άλλα καύσιμα υλικά (RDF ή SRF<sup>23</sup>), προς αξιοποίηση σε ειδική εγκατάσταση καύσης με ανάκτηση ενέργειας ή σε υπάρχοντες βιομηχανικούς καυστήρες (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία).

Το βιολογικό τμήμα της επεξεργασίας της ΜΒΕ μπορεί να λάβει χώρα πριν ή μετά τη μηχανική διαλογή, όπως παρουσιάζεται σχηματικά στο **Σχήμα 3-23**. Καθεμιά από αυτές τις δύο προσεγγίσεις παρουσιάζει διαφορετικά πλεονεκτήματα, ενώ επιτυχημένες εφαρμογές έχουν και οι δύο.

### 3.2.2 Συστήματα και τεχνολογίες ΜΒΕ

Η ΜΒΕ μπορεί να διακριθεί σε ένα τμήμα μηχανικής επεξεργασίας, που απαρτίζεται από τεχνολογίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων και ένα τμήμα βιολογικής επεξεργασίας, αερόβιας ή αναερόβιας (**Σχήμα 3-23**). Τα συστήματα και οι τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις §3.2.2 και 3.2.3. Οι κυριότερες τεχνολογίες προετοιμασίας και διαχωρισμού αποβλήτων παρουσιάζονται συνοπτικά ακολούθως, για λόγους πληρότητας της μελέτης, καθώς πρόκειται για ένα πολύ τεχνικό θέμα που αποτελεί αντικείμενο μελέτης και επιλογής συγκεκριμένων έργων και όχι στρατηγικών επιλογών.

<sup>23</sup> Ο επικρατέστερος όρος για το καύσιμο που προέρχεται από τα ΑΣΑ είναι RDF, το οποίο παράγεται από μια πληθώρα τύπων ΜΒΕ. Ωστόσο, πρόσφατα έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία ο όρος SRF, υποδηλώνοντας συνήθως ένα καλύτερης ποιότητας καύσιμο, αφού ο όρος RDF έχει συνδεθεί με αρκετές αποτυχίες στην αγορά. Επιπλέον, η τεχνική επιτροπή του οργανισμού προτυποποίησης CEN (TC 343) που έχει αναλάβει την ανάπτυξη προδιαγραφών για τα καύσιμα που προέρχονται από τα απόβλητα, χρησιμοποιεί τον όρο SRF, ο οποίος αναμένεται έτσι να επικρατήσει στην τεχνική και εμπορική ορολογία.



Σχήμα 3-23 Σχηματική αναπαράσταση των βασικών επιλογών διαμόρφωσης ενός συστήματος ΜΒΕ (Πηγή: DEFRA, 2005b).



Σχήμα 3-24 Μονάδα ΜΒΕ στην Κολωνία, Γερμανία (Πηγή: DEFRA, 2005b).

### 3.2.2.1 Τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων

Εδώ περιλαμβάνονται τεχνολογίες σκισίματος των σακουλών, ελάττωσης του μεγέθους και αποκατάστασης της ομοιομορφίας των αποβλήτων (Bardos 2004, DEFRA 2005b, EA 2002b), οι κυριότερες των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-11.

**Πίνακας 3-11 Κυριότερες τεχνολογίες μηχανικής προετοιμασίας των αποβλήτων**

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

### 3.2.2.2 Τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων

Εδώ περιλαμβάνονται τεχνολογίες που επιτυγχάνουν το διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων σε δύο ρεύματα, από τα οποία το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό σε υψηλή συγκέντρωση ενώ το άλλο είναι σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένο από την παρουσία του. Οι κυριότερες τεχνολογίες διαχωρισμού παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3-12** (Archer et al. 2005c, Bardos 2004, DEFRA 2005b, EA 2002b).

**Πίνακας 3-12 Κυριότερες τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων**

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

### 3.2.3 Υπάρχουσα εμπειρία – εγκαταστάσεις εν λειτουργία

Η αρχική ιδέα της μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας προέρχεται από τη Γερμανία, όπου θεωρείται πλέον ως μια αξιόπιστη και αποδεδειγμένη τεχνολογία. Η τεχνολογία αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει τους αυξανόμενους περιορισμούς στην εδαφική διάθεση των αποβλήτων, και ως μια εναλλακτική - συμπληρωματική λύση της καύσης. Οι θεσμικοί περιορισμοί της εδαφικής διάθεσης, οι οποίοι εφαρμόστηκαν στη Γερμανία πριν από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή, καθώς και το διαρκώς αυξανόμενο κόστος των ΧΥΤΑ, οδήγησαν στη γρήγορη ανάπτυξη και εξέλιξη της τεχνολογίας.

Στις χώρες όπου εφαρμόζεται η μηχανική-βιολογική επεξεργασία μπορεί να έχει δύο εναλλακτικούς λειτουργικούς στόχους: α) να επιφέρει επαρκή βιολογική σταθεροποίηση στο οργανικό κλάσμα των αποβλήτων, ώστε να πληροί αυτό τα κριτήρια αποδοχής στους ΧΥΤΑ (π.χ. αναπνευστική δραστηριότητα κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο), ή β) να αυξήσει τη θερμογόνο δύναμη των αποβλήτων (με απομάκρυνση της υγρασίας και των μη καύσιμων υλικών, όπως το γυαλί και τα μέταλλα) πριν από την ενεργειακή τους αξιοποίηση. Η κατάσταση στην ΕΕ σήμερα διαμορφώνεται ως εξής (Barth 2006, Steiner 2005, 2006):

- ❑ Στην Ιταλία υπάρχουν 94 μονάδες με συνολική δυναμικότητα 7,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως (στοιχεία 2003).
- ❑ Στη Γερμανία υπάρχουν 60 μονάδες με συνολική δυναμικότητα 5,2 εκατομμύρια τόνους ετησίως (στοιχεία 2004).
- ❑ Στην Αυστρία υπάρχουν 15 μονάδες με συνολική δυναμικότητα 0,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως (στοιχεία 2004).
- ❑ Αναπτύσσονται μονάδες στο Βέλγιο, τη Μ. Βρετανία και την Ανατολική Ευρώπη.

Η ΜΒΕ μπορεί να παίξει ένα σημαντικό ρόλο στην άμεση επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή, αφού δεν προαπαιτεί την ανάπτυξη προγραμμάτων διαλογής στην πηγή.

έχει σχετικά χαμηλό κόστος και δεν απαιτεί μεγάλες οικονομίες κλίμακας (οπότε καθίσταται κατάλληλη και για μικρότερες πληθυσμιακές συγκεντρώσεις). Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από αρκετή ευελιξία, καθώς μπορεί να λειτουργήσει με χαμηλότερη τροφοδοσία από αυτή του σχεδιασμού και μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε μονάδα κομποστοποίησης για απόβλητα μετά από ΔσΠ. Έτσι η ανάπτυξη μονάδων MBE δεν δεσμεύει τις δυνατές επιλογές μιας περιοχής, περιορίζοντας τις δυνατότητες ανάπτυξης προγραμμάτων ανακύκλωσης για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα στο μέλλον.

Κάποιες χώρες, κυρίως η Γαλλία και η Ισπανία, στοχεύουν στην παραγωγή κομπόστ από σύμμεικτα ΑΣΑ για αγροτική χρήση μετά από MBE. Έτσι, στη Γαλλία το 2000 βρίσκονταν σε λειτουργία 77 εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής-κομποστοποίησης δυναμικότητας 1,9 εκατομμυρίων τόνων. Στην Ισπανία κατασκευάστηκαν πρόσφατα μονάδες μηχανικής διαλογής – αναερόβιας χώνευσης δυναμικότητας 1,1 εκατομμυρίων τόνων (Barth, 2006). Ωστόσο, η στρατηγική παραγωγής κομπόστ από σύμμεικτα απόβλητα, με στόχο τη διάθεση του στην αγορά και την εφαρμογή του σε αγροτικά εδάφη, σπάνια έχει χαρακτηριστεί από επιτυχία. Οι προδιαγραφές για την αγροτική διάθεση του κομπόστ καθώς και οι συνθήκες της αγοράς (π.χ. απαιτήσεις των μεγάλων αλυσίδων τροφίμων από τους παραγωγούς) αναμένεται να κάνουν τη διάθεση αυτών των προϊόντων ακόμα δυσχερέστερη. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την Προστασία του Εδάφους αναμένεται να αυξήσει και αυτή τους περιορισμούς στην επιτρεπόμενη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και των οργανικών ρύπων, συστατικά που απαντώνται σε σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο οργανικό κλάσμα που λαμβάνεται από τη μηχανική διαλογή σε σχέση με τα διαχωρισμένα στην πηγή οργανικά. Συνεπώς είναι πιθανό ότι στο μέλλον θα επιτρέπεται μόνο περιορισμένη και αυστηρά ελεγχόμενη εδαφική εφαρμογή κομπόστ προερχόμενων από σύμμεικτα ΑΣΑ μετά από MBE (π.χ. σε εκτάσεις που δεν προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, ανάπλαση χώρων, υλικό κάλυψης σε ΧΥΤΑ).

Στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί 3 μονάδες, στην Καλαμάτα, τα Άνω Λιόσια (Αττική) και τα Χανιά (κατά χρονολογική σειρά κατασκευής), οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στην §2.1.3.1.

Αναλυτικότερα στοιχεία για τη διάδοση της MBE στην Ευρώπη παρατίθενται από τους Steiner (2005, 2006) και Archer et al. (2005b).

### 3.2.4 Περιβαλλοντικά θέματα

Όπως όλες οι διεργασίες και εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, η MBE δημιουργεί μια σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στον αέρα, τα νερά, το έδαφος και τον άνθρωπο. Το είδος και το μέγεθος αυτών των επιπτώσεων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό, τους στόχους της μονάδας και τα διαχωριζόμενα προϊόντα. Για παράδειγμα, διαφορετικά θέματα προκύπτουν για μια μονάδα που έχει στόχο την παραγωγή ενός προϊόντος τύπου κομπόστ και τη διάθεσή του στο έδαφος και διαφορετικά για μια εγκατάσταση που αποσκοπεί κυρίως στην παραγωγή RDF και την παραγωγή ενέργειας από αυτό. Στην πρώτη περίπτωση οι κυριότερες επιπτώσεις σχετίζονται με τη βιολογική επεξεργασία (π.χ. οσμές) και την εδαφική εφαρμογή του προϊόντος (ξένες προσμίξεις, βαρέα μέταλλα και εμμένοντες οργανικοί ρύποι, παθογόνα κλπ), ενώ στη δεύτερη με την καύση του RDF (αέριες εκπομπές, NO<sub>x</sub>, διοξίνες κλπ).

Στην παράγραφο αυτή αναλύονται τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τις διεργασίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων, δηλαδή το τμήμα της μηχανικής επεξεργασίας μιας μονάδας MBE (EA 2002b, McDougall et al. 2001). Τα θέματα που σχετίζονται με το τμήμα της βιολογικής επεξεργασίας (αερόβια και αναερόβια) έχουν αναλυθεί στις αντίστοιχες

παραγράφους (§3.1.2.4 και 3.1.3.4) ενώ τα θέματα που σχετίζονται με την καύση του RDF περιγράφονται στην §3.4.3.

#### Αέρας

Οι κυριότερες αέριες εκπομπές από τις διεργασίες μηχανικής επεξεργασίας των αποβλήτων σε μια μονάδα MBE είναι οι οσμές και η σκόνη.

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

#### Νερά

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

#### Έδαφος

Κατά το μηχανικό διαχωρισμό των αποβλήτων ένα ποσοστό 10-15% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος απορρίπτεται ως ακατάλληλο προς ανάκτηση / αξιοποίηση. Ανάλογα με το σχεδιασμό και το βασικό στόχο επεξεργασίας της μονάδας, καθώς και τις διαθέσιμες αγορές, ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να χρειαστεί εδαφική διάθεση. Έτσι, σε μια MBE που στοχεύει στην παραγωγή βιοσταθεροποιημένων αποβλήτων για διάθεση σε ΧΥΤΑ, περίπου το 20-50% κ.β. των εισερχόμενων αποβλήτων θα χρειαστεί εδαφική διάθεση. Αν στόχος είναι η παραγωγή «κομπόστ», περίπου το 50% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος αποβλήτων θα πρέπει να διατεθεί σε ΧΥΤΑ στην (πιθανή) περίπτωση που δεν εξασφαλιστεί μακροπρόθεσμη πρόσβαση σε κάποια αγορά. Τέλος, οι MBE που αποσκοπούν κυρίως στην παραγωγή RDF έχουν υπολειμματικό ρεύμα για εδαφική διάθεση που ανέρχεται σε περίπου 20% κ.β. των εισερχόμενων ΑΣΑ. Το ποσοστό αυτό αυξάνει στο 70% στην περίπτωση που δεν εξασφαλιστούν αγορές για το RDF, οπότε αναγκαστικά και αυτό διατίθεται εδαφικά. Αν η MBE συνοδεύεται από δική της μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης του RDF, τότε παράγονται τέφρες που και αυτές με τη σειρά τους απαιτούν εξειδικευμένη εδαφική διάθεση.

#### Θόρυβος

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

### Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Από το μηχανικό μέρος της επεξεργασίας δεν παράγονται προϊόντα για άμεση χρήση ή εφαρμογή στο έδαφος. Συνεπώς ο κίνδυνος επαφής με παθογόνα αφορά τους εργαζομένους στη μονάδα, για τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνυόμενα μέτρα προστασίας (π.χ. προστασία από αιχμηρά αντικείμενα, χρήση μάσκας κλπ), όπως και για όλους τους εργαζομένους στη συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων.

Ένα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και αφορά και τον γενικό πληθυσμό στη γειτνίαση με τη μονάδα είναι η πιθανή εκπομπή βιοαερολυμάτων, δηλ. βιολογικά ενεργών συστατικών που αιωρούνται στον αέρα με τη μορφή σκόνης και μπορεί να περιλαμβάνουν μύκητες και τα σπόριά τους, βακτήρια, ακτινομύκητες, ενδοτοξίνες και μυκοτοξίνες. Τα βιοαερολύματα συνδέονται με αλλεργικές παθήσεις (αλλεργική ρινίτιδα, άσθμα, βρογχίτιδα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια) και άλλες βλάβες του αναπνευστικού συστήματος, ενώ θα μπορούσαν να αποβούν θανατηφόρα για ανοσοκατεσταλμένα άτομα. Οι περισσότερες μελέτες για τα βιοαερολύματα αφορούν μονάδες κομποστοποίησης και έχουν εστιάσει στη μέτρηση της συγκέντρωσης και διασποράς τους. Ωστόσο, δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα επιδημιολογική σύνδεση με την κατάσταση υγείας των εργαζομένων (ούτε βέβαια του γειτονικού γενικού πληθυσμού) ενώ δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία και έρευνες για μονάδες ΜΒΕ.

### **3.2.5 Κόστη κατασκευής και λειτουργίας**

Καθώς ο όρος Μηχανική-Βιολογική Επεξεργασία δεν αναφέρεται σε ένα τύπο εγκαταστάσεων αλλά σε μια «οικογένεια» πολύ διαφορετικών συνδυασμών τεχνολογιών προετοιμασίας, διαχωρισμού και βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων, το εύρος της διακύμανσης του πιθανού κόστους μιας τέτοιας μονάδας είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων.

Ακόμη και ο ίδιος γενικός τύπος ΜΒΕ για την ίδια δυναμικότητα, από τον ίδιο κατασκευαστή και στην ίδια χώρα μπορεί να παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στο κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, ανάλογα με τους στόχους της επεξεργασίας που θέτει ο φορέας ανάθεσης του έργου. Η πολυπλοκότητα και κατά συνέπεια το κόστος του μηχανικού μέρους της επεξεργασίας θα εξαρτηθεί από τον επιθυμητό βαθμό ανακύκλωσης των ξηρών ανακυκλώσιμων, ενώ για το βιολογικό από τον απαιτούμενο βαθμό εξευγενισμού του παραγόμενου «κομπόστ» (απομάκρυνση προσμίξεων, βαθμός ωρίμανσης).

Τα στοιχεία κόστους από μονάδες αναφοράς που λειτουργούν σε διαφορετικές χώρες, επεξεργάζονται απόβλητα διαφορετικής σύστασης για την παραγωγή προϊόντων διαφόρων ποιοτήτων και στόχων, κάτω από διαφορετικές οικονομικές συνθήκες δεν μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη λήψη αποφάσεων από τους φορείς διαχείρισης των ΑΣΑ, καθώς η πιθανότητα εξαγωγής λανθασμένων συμπερασμάτων είναι πολύ μεγάλη. Ακόμη και όταν οι εταιρείες παρουσιάζουν στοιχεία κόστους προσαρμοσμένα στις ελληνικές συνθήκες, χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικές λύσεις γιατί δεν είναι συνήθως γνωστές οι υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζεται η εξαγωγή του κόστους.

Από την προηγούμενη ανάλυση προκύπτει ότι η μόνη αναφορά κόστους που μπορεί να συνεισφέρει στη λήψη αποφάσεων από την τοπική αυτοδιοίκηση είναι αυτή που γίνεται σε επίπεδο ανάλυσης προσφορών μετά από προκήρυξη εκδήλωσης ενδιαφέροντος για συγκεκριμένα έργα.

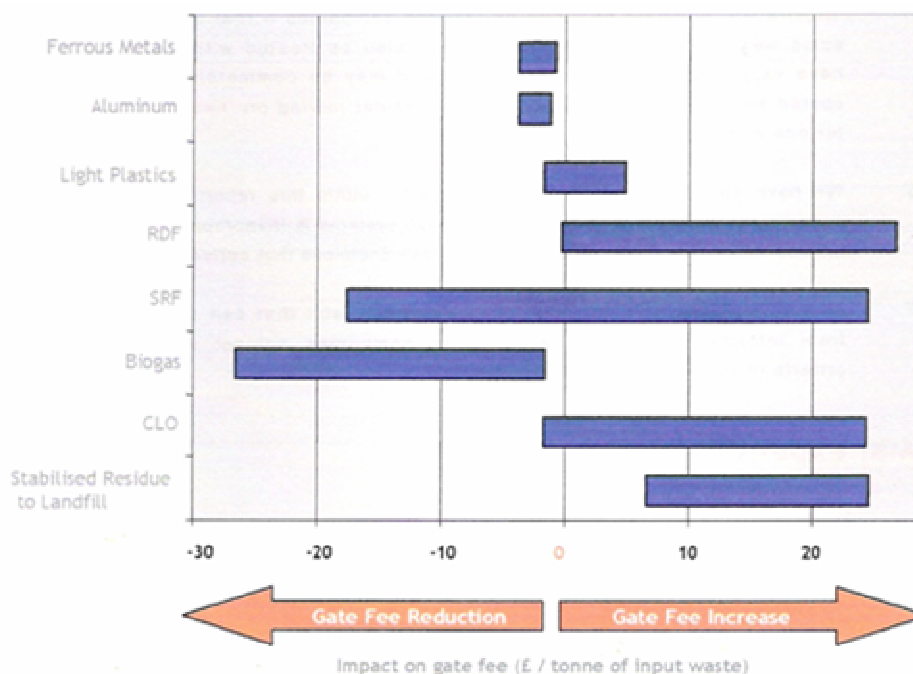
Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, μπορούν να εξαχθούν κάποια γενικά συμπεράσματα για το κόστος της ΜΒΕ.



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

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

Στο **Σχήμα 3-25** παρουσιάζεται μια εκτίμηση της επίδρασης των τιμών διάθεσης (θετικές και αρνητικές) των διαφόρων πιθανών προϊόντων της ΜΒΕ στη διαμόρφωση του τέλους εισόδου. Η διάθεση του SRF<sup>24</sup> για παράδειγμα μπορεί να επηρεάσει το συνολικό κόστος της μεθόδου έως και κατά €60/ τόνο (Archer et al., 2005a). Μια λογική εκτίμηση του λειτουργικού κόστους μιας ΜΒΕ, εκτός του κόστους / οφέλους διάθεσης των προϊόντων, αλλά συμπεριλαμβανομένου του κόστους κεφαλαίου κυμαίνεται από €40 έως €90 ανά τόνο.



**Σχήμα 3-25** Επίδραση της τιμής διάθεσης των προϊόντων της ΜΒΕ στη διαμόρφωση των τελών εισόδου προκειμένου να εξασφαλιστεί η οικονομική αυτοδυναμία της μονάδας (Πηγή: Archer et al., 2005a).

<sup>24</sup> SRF: Καύσιμο από απόβλητα που πληροί αυστηρές και υψηλότερες προδιαγραφές από το RDF

Τέλος, στον **Πίνακα 3-13** παρατίθενται ενδεικτικές τιμές για το κόστος κατασκευής και λειτουργίας ορισμένων εμπορικών μονάδων MBE, με βάση στοιχεία που παρέχουν οι κατασκευαστές τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλοί κατασκευαστές αρνούνται να δώσουν τιμές καθώς αυτές εξαρτώνται άμεσα από το συγκεκριμένο έργο και τις τοπικές του συνθήκες, όπως αναλύθηκε και προηγουμένως. Κάποιοι άλλοι ωστόσο παρέχουν ενδεικτικές τιμές και αυτές παρατίθενται στον Πίνακα. Σε κάθε περίπτωση όμως τονίζεται ότι οι τιμές αυτές θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κριτικά και με τις επιφυλάξεις που προαναφέρθηκαν, συνεπώς δεν προσφέρονται για άμεσες συγκρίσεις μεταξύ τεχνολογιών (Archer et al., 2005β).

**Πίνακας 3-13 Ενδεικτικές τιμές κόστους κατασκευής και λειτουργίας μονάδων MBE, όπως παρατίθενται από τους κατασκευαστές τους (Πηγή: Archer et al., 2005b).**

Κατασκευαστής	Δυναμικότητα (Tpa)	Κόστος κατασκευής (€)	Μοναδιαίο κόστος κατασκευής (€/t)	Κόστος επεξεργασίας (€/t)	Τέλη εισόδου (€/t)
ArrowBio	70,000	11,100,000	158		21-25
Bedminster	250,000	65,830,258	266	46	
Biodegma	200,000			68	
BTA		2,215,000- 3,690,000			
Civic	90,000	22,140,000	246		52-102
Civic	90,000	19,200,000	213		52-102
Ecodeco					
GRL	200,000	51,660,000	258		59-89
GRL	200,000	66,420,000	332		59-89
Grontmij					
Haase					
Herhof					
Hese	112,000	44,280,000	395		
Horstmann					
ISKA	150,000	35,425,000	236		68
Komptech					
Linde	140,000	35,425,000	253		
Nehlsen					
New Earth					
OWS					
Ros Roca					
Rumen					
SBI	220,000	36,900,000	168		
SRS	26,000	3,690,000	142	51-59	
Sutco					127i á áέέέέ / 108 ÷ü ññ áέέέέέ
Valorga					
VKW	75,000	16,236,000	216		
VKW	150,000	26,570,000	177		
Wastec	100,000	4,870,000	49		
Wehrle				78	

### 3.2.6 Συνεισφορά στους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους της πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

#### Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή

Η Οδηγία 99/31/EK για την Υγειονομική Ταφή απαιτεί το σταδιακό περιορισμό των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που διατίθενται σε ΧΥΤΑ. Η απαίτηση αυτή είναι που δημιουργεί το αυξημένο ενδιαφέρον για τις τεχνολογίες MBE, καθώς μπορούν να συνεισφέρουν στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Στη MBE διαχωρίζεται με μηχανικό τρόπο ένα εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα από τα σύμμεικτα ΑΣΑ ή από το υπολειμματικό ρεύμα των αποβλήτων και υφίσταται περαιτέρω βιολογική επεξεργασία και σταθεροποίηση είτε με κομποστοποίηση είτε με αναερόβια χώνευση. Όπως αναφέρθηκε και στις αντίστοιχες παραγράφους (§3.1.2.6 και 3.1.3.6), ρόλο κλειδί στη δυνατότητα της MBE να συνεισφέρει στους στόχους της Οδηγίας έχει ο ορισμός και η μέτρηση της

βιοαποδομησιμότητας, που θα καθορίσει τα κριτήρια αποδοχής των επεξεργασμένων αποβλήτων στους ΧΥΤΑ, ως υλικό κάλυψης, σε περίπτωση που δεν θα βρουν άλλη οδό αξιοποίησης / διάθεσης. Στην Ελλάδα αυτή η συζήτηση δεν έχει καν ξεκινήσει, σε άλλες χώρες όμως υπάρχουν ειδικά κριτήρια για τα προϊόντα τόσο της κομποστοποίησης όσο και της αναερόβιας χώνευσης,

#### Περιορισμός Αέριων του Θερμοκηπίου

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο η Ελλάδα πρέπει να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της σε αέρια του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 στο 25% της τιμής του 1990.

Οι εκπομπές αέριων θερμοκηπίου κατά την επεξεργασία αποβλήτων σε μονάδες ΜΒΕ σχετίζονται κυρίως με το βιολογικό τμήμα τους και αναπτύχθηκαν στις αντίστοιχες παραγράφους (§3.1.2.6 και 3.1.3.6). Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες εκπομπές θερμοκηπιακών αέριων κατά το μηχανικό μέρος της επεξεργασίας, πέρα από αυτές που συνδέονται με την κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού.

#### Στόχοι για Αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η Ευρωπαϊκή αλλά και η Εθνική νομοθεσία (Ν. 3468/2006) έχουν θέσει στόχο την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η ΜΒΕ μπορεί να συνεισφέρει σε αυτό το στόχο στην περίπτωση που περιλαμβάνει διεργασίες αναερόβιας χώνευσης με παραγωγή και εκμετάλλευση του βιοαερίου. Αν η μονάδα περιλαμβάνει διεργασίες βιολογικής ξήρανσης ή κομποστοποίησης δεν συνεισφέρει στο στόχο της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, αλλά αντίθετα παρουσιάζει καθαρή κατανάλωση ενέργειας.

### 3.3 Γενικευμένα κριτήρια αξιολόγησης καταλληλότητας των μεθόδων βιολογικής επεξεργασίας

	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ			ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ		
	Απόβλητα κήπου – Ανοικτά συστήματα	Βιοαπόβλητα (ΔσΠ) – Βιοαντιδραστήρες	Σύμμεικτα ΑΣΑ (ΜΒΕ)	Βιοαπόβλητα (ΔσΠ)	Σύμμεικτα ΑΣΑ (ΜΒΕ)	Κεντρικές μονάδες Συγχώνευσης
<b>Οικονομικά</b>						
Κατασκευαστικό κόστος (€/t <sub>tra</sub> )	35-130	100-600	50-400 / (συνήθως 125-220)	100-300	85-300	35-190
Λειτουργικό κόστος (€/t)	15-35 (ανάλογα με το μέγεθος)	20-80 (ανάλογα με το μέγεθος)	20-120 (ανάλογα με το μέγεθος) / (συνήθως 40-100)	30-160 (ανάλογα με το μέγεθος)	25-55 (ανάλογα με το μέγεθος)	25-35 (ανάλογα με το μέγεθος)
<b>Τεχνικά</b>						
Επεξεργάσιμο κλάσμα των ΑΣΑ	8-10%*	Θεωρητικά 60% (απόβλητα κουζίνας, κήπου και χαρτί). Στην πράξη 30-35% (ανακύκλωση χαρτιού και όχι πλήρης συμμετοχή του κοινού)	Όλα τα ΑΣΑ. Ωστόσο μεγάλο ποσοστό απορρίπτεται σε διάφορα στάδια της διεργασίας. Συνήθης εκτροπή από ΧΥΤΑ (με αξιοποίηση RDF/SRF και κομπόστ) ~ 70%	Θεωρητικά 40-45% (απόβλητα κουζίνας & κήπου). Στην πράξη <30% (όχι πλήρης συμμετοχή του κοινού)	Όλα τα ΑΣΑ. Ωστόσο μεγάλο ποσοστό απορρίπτεται σε διάφορα στάδια της διεργασίας. Συνήθης εκτροπή από ΧΥΤΑ (με αξιοποίηση RDF/SRF και χωνεμένης ιλύος) ~ 70%	Θεωρητικά 60% (απόβλητα κουζίνας, κήπου και χαρτί). Στην πράξη 30-35% (ανακύκλωση χαρτιού και όχι πλήρης συμμετοχή του κοινού). Το περισσότερο υπόστρωμα είναι αγροτικά απόβλητα.
Ελάχιστη / Τυπική δυναμικότητα	2 κt <sub>pa</sub> / 10-20 κt <sub>pa</sub>	2 κt <sub>pa</sub> / 50-100 κt <sub>pa</sub>	25 κt <sub>pa</sub> / 100-250 κt <sub>pa</sub> (σύμμεικτα ΑΣΑ)	5 κt <sub>pa</sub> / 50-100 κt <sub>pa</sub>	50 κt <sub>pa</sub> / 150-250 κt <sub>pa</sub> (σύμμεικτα ΑΣΑ)	10 κt <sub>pa</sub> / 50-150 κt <sub>pa</sub>
Ενέργεια	Κατανάλωση ενέργειας ~15kWh <sup>t</sup> <sup>-1</sup>	Κατανάλωση ενέργειας ~25 kWh t <sup>-1</sup>	Κατανάλωση ενέργειας ~50 kWh t <sup>-1</sup>	110 kWh <sup>t</sup> <sup>-1</sup>	100 kWh <sup>t</sup> <sup>-1</sup>	90 kWh <sup>t</sup> <sup>-1</sup>
Έκταση	2 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>	0,5 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>	0,4 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>	0,5 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>	0,4 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>	0,5 m <sup>2</sup> t <sup>-1</sup>
<b>Λειτουργικά</b>						
Ποιότητα προϊόντων	Γενικά υψηλή	Γενικά υψηλή, αλλά μπορεί να περιέχονται κάποιοι ρύποι - προσμίξεις	Σημαντική συγκέντρωση ρύπων – προσμίξεων αλλά μπορεί να δώσει κομπόστ κατάλληλο για ορισμένες χαμηλών απαιτήσεων χρήσεις	Γενικά υψηλή, αλλά μπορεί να περιέχονται κάποιοι ρύποι - προσμίξεις	Σημαντική συγκέντρωση ρύπων – προσμίξεων αλλά μπορεί να δώσει υλικό κατάλληλο για ορισμένες χαμηλών απαιτήσεων χρήσεις	Γενικά υψηλή
Εγκαταστάσεις σε λειτουργία	>5000	>800	>200	>100	~20	~20

	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ			ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ		
Λειτουργική επιτυχία / βιωσιμότητα εγκατεστημένων μονάδων	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Κάποιες δυσκολίες στη διάθεση των προϊόντων στις αγορές, οι εγκαταστάσεις παραμένουν λειτουργικές	Καλή, εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ	Ικανοποιητική, εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Υπάρχουν δυσκολίες στη διάθεση των προϊόντων, εκτός της ενέργειας, στις αγορές	Καλή, εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, τοπικούς παράγοντες και επιδοτήσεις
Απαιτήσεις χωροθέτησης / σχεδιασμού	Μικρής κλίμακας θέματα οσμών και βιοαερολυμάτων	Οπτική όχληση, οσμές και βιοαερολύματα	Παρεμφερή με άλλες μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων. Μειωμένες σε σχέση με την καύση.	Έλεγχος εκπομπών από την καύση του βιοαερίου, οσμές	Παρεμφερή με άλλες μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων. Μειωμένες σε σχέση με την καύση.	Έλεγχος εκπομπών από την καύση του βιοαερίου, οσμές
Ενσωμάτωση σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης ΑΣΑ	Αφορά την επεξεργασία ενός συγκεκριμένου και μικρού κλάσματος των ΑΣΑ	Αφορά περίπου το 50% των ΑΣΑ. Κάποια ευελιξία ως προς το χαρτί και άλλα οργανικά (π.χ. ιλύς).	Αφορά το σύνολο των ΑΣΑ και δέχεται απόβλητα ακατάλληλα για άλλες διεργασίες (rest waste – grey waste)	Αφορά περίπου το 35% των ΑΣΑ. Κάποια ευελιξία ως προς το χαρτί και άλλα οργανικά (π.χ. ιλύς).	Αφορά το σύνολο των ΑΣΑ και δέχεται απόβλητα ακατάλληλα για άλλες διεργασίες (rest waste – grey waste)	Αφορά περίπου το 25% των ΑΣΑ, καθώς υφίστανται περισσότεροι περιορισμοί σε θέματα ποιότητας της χωνεμένης ιλύος
Διάθεση προϊόντων στην αγορά	Ικανοποιητική, αλλά υπάρχουν θέματα ποιότητας	Ικανοποιητική, αλλά τα θέματα ποιότητας του κομπόστ απαιτούν συνεχείς ελέγχους	Η χαμηλή ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ περιορίζει τις διαθέσιμες αγορές. Ρευστή η κατάσταση ως προς το RDF.	Πολύ ικανοποιητική η αγορά ενέργειας. Για το στερεό υπόλειμμα, ικανοποιητική, αλλά υπάρχουν θέματα ποιοτικού ελέγχου	Πολύ ικανοποιητική η αγορά ενέργειας. Η χαμηλή ποιότητα της παραγόμενης χωνεμένης ιλύος περιορίζει τις διαθέσιμες αγορές.	Πολύ ικανοποιητική η αγορά ενέργειας. Καλή η διάθεση της χωνεμένης ιλύος σε συνεργασία με αγροτικούς συνεταιρισμούς, αλλά η επεξεργασία βιοαποβλήτων απαιτεί αυστηρούς ποιοτικούς ελέγχους
Ευαισθητοποίηση του κοινού	Απαιτείται, αλλά σχετικά εύκολη καθώς δεν αλλάζουν σημαντικά οι υπάρχουσες πρακτικές	Συστηματική και εντατική εκστρατεία ενημέρωσης απαιτείται για τη σωστή ΔσΠ των βιοαποβλήτων	Δεν απαιτείται	Συστηματική και εντατική εκστρατεία ενημέρωσης απαιτείται για τη σωστή ΔσΠ των βιοαποβλήτων	Δεν απαιτείται	Συστηματική και εντατική εκστρατεία ενημέρωσης απαιτείται για τη σωστή ΔσΠ των βιοαποβλήτων
Εξάρτηση από τη συμμετοχή των πολιτών	Σημαντική	Σημαντική	Καμία	Σημαντική	Καμία	Σημαντική

	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ			ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ		
<b>Περιβαλλοντικά</b>						
Αέρια θερμοκηπίου	10 kg.t <sup>-1</sup> από την καταναλισκόμενη ενέργεια. Κατανάλωση ενέργειας και για χωριστή συλλογή – μεταφορά αποβλήτων	16 kg.t <sup>-1</sup> από την καταναλισκόμενη ενέργεια. Κατανάλωση ενέργειας και για χωριστή συλλογή – μεταφορά βιοαποβλήτων	42 kg.t <sup>-1</sup> από την καταναλισκόμενη ενέργεια. Περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας για συλλογή – μεταφορά.	Μείωση εκπομπών κατά 28-33 kg.t <sup>-1</sup> λόγω παραγωγής ενέργειας	Μείωση εκπομπών κατά 13 kg.t <sup>-1</sup> λόγω παραγωγής ενέργειας	Μείωση εκπομπών κατά 24 kg.t <sup>-1</sup> λόγω παραγωγής ενέργειας
Αέρια ρύπανση	Λίγες οσμές και βιοαερολύματα	Οσμές και βιοαερολύματα, αλλά περιορίζονται λόγω κλειστών συστημάτων & επεξεργασίας	Οσμές και βιοαερολύματα αλλά περιορίζονται λόγω κλειστών συστημάτων & επεξεργασίας	Οσμές, αμμωνία και εκπομπές καύσης	Οσμές, αμμωνία και εκπομπές καύσης	Οσμές, αμμωνία και εκπομπές καύσης
Ρύπανση υδάτων	Πιθανότητα διασταλαγμάτων λόγω έκθεσης στη βροχή	Έγκλειστο σύστημα, μικρή πιθανότητα διαφυγής διασταλαγμάτων	Έγκλειστο σύστημα, μικρή πιθανότητα διαφυγής διασταλαγμάτων	Μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων υψηλού οργανικού φορτίου προς επεξεργασία	Περιορισμένη παραγωγή υγρών αποβλήτων	Μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων τα οποία διατίθενται στη γεωργία μαζί με τις κοπριές
Ρύποι στο προϊόν / στερεά υπολείμματα	Χαμηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, μικρή ποσότητα υπολειμμάτων.	Χαμηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, μικρή ποσότητα υπολειμμάτων.	Υψηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, κυρίως διάθεση σε ΧΥΤΑ.	Χαμηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, μικρή ποσότητα υπολειμμάτων.	Υψηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, κυρίως διάθεση σε ΧΥΤΑ.	Χαμηλό ποσοστό ρύπων και προσμίξεων στο προϊόν, μικρή ποσότητα υπολειμμάτων.
Θόρυβος	Ανοικτή διεργασία, πιθανότητα θορύβου	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση θορύβου	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση θορύβου	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση θορύβου	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση θορύβου	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση θορύβου
Οσμές	Αν και χαμηλά επίπεδα οσμών, υπάρχει πιθανότητα όχλησης	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση οσμών, λόγω δυνατότητας επεξεργασίας τους	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση οσμών, λόγω δυνατότητας επεξεργασίας τους	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση οσμών, λόγω δυνατότητας επεξεργασίας τους	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση οσμών, λόγω δυνατότητας επεξεργασίας τους	Έγκλειστο σύστημα, χαμηλή όχληση οσμών, λόγω δυνατότητας επεξεργασίας τους
Μεταφορές	1% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά	1% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά	30% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά, εφόσον υπάρχει (κομπόστ & RDF)	1% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά	30% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά, εφόσον υπάρχει (χωνεμένη ιλύς & RDF)	1% υπολείμματα προς ΧΥΤΑ, 50% ως προϊόν προς την αγορά
Χρήση φυσικών πόρων	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Περιορισμένη	Περιορισμένη
<b>Πολιτική, ΕΕ - Εθνική</b>						
Ανακύκλωση / ανάκτηση αποβλήτων	Όλα τα υλικά-στόχος ανακυκλώνονται	Όλα τα υλικά-στόχος ανακυκλώνονται	Κάποια υλικά ανακυκλώνονται	Όλα τα υλικά-στόχος ανακυκλώνονται. Ανάκτηση ενέργειας - ΑΠΕ	Κάποια υλικά ανακυκλώνονται. Ανάκτηση ενέργειας - ΑΠΕ	Όλα τα υλικά-στόχος ανακυκλώνονται. Ανάκτηση ενέργειας - ΑΠΕ
Μείωση	Πρακτικά όλο το ρεύμα	Πολύ υψηλή εκτροπή των	Σημαντική μείωση της	Πολύ υψηλή εκτροπή των	Σημαντική μείωση της	Πολύ υψηλή εκτροπή των

	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ			ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ		
βιοαποδοσιμότητας	εκτρέπεται από το ΧΥΤΑ	χωριστά συλλεγόμενων ΒΑΑ από το ΧΥΤΑ	βιοαποδοσιμότητας του κλάσματος που καταλήγει σε ΧΥΤΑ. Απαιτούνται κατάλληλα κριτήρια αποδοχής.	χωριστά συλλεγόμενων ΒΑΑ από το ΧΥΤΑ	βιοαποδοσιμότητας του κλάσματος που καταλήγει σε ΧΥΤΑ. Απαιτούνται κατάλληλα κριτήρια αποδοχής.	χωριστά συλλεγόμενων ΒΑΑ από το ΧΥΤΑ
Αποψη κοινής γνώμης	Γενικά θετική	Γενικά θετική ως προς την επεξεργασία, ελάχιστη εξοικείωση με τη ΔσΠ των ΒΑΑ	Γενικά θετική	Νέα τεχνολογία. Συχνή υπερεκτίμηση δυνατοτήτων.	Νέα τεχνολογία. Συχνή υπερεκτίμηση δυνατοτήτων.	Νέα τεχνολογία. Συχνή υπερεκτίμηση δυνατοτήτων.
Απασχόληση	0,2 θέσεις ανά κτρα	0,33 θέσεις ανά κτρα	0,33 θέσεις ανά κτρα	0,4 θέσεις ανά κτρα	0,33 θέσεις ανά κτρα	0,4 θέσεις ανά κτρα
Εμπλοκή του κοινού	Μικρή	Υψηλή απαίτηση καλής συμμετοχής	Καθόλου	Υψηλή απαίτηση καλής συμμετοχής	Καθόλου	Υψηλή απαίτηση καλής συμμετοχής

Πηγή: Προσαρμογή από EA 2002b, McDougall et al. 2001 & Archer et al. 2005b.

\*Λαζαρίδη και Χαριτοπούλου, 2001.

### 3.4 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων

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

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

Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των προαναφερόμενων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, δίνοντας έμφαση στα βασικά τους χαρακτηριστικά, στις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, στο κόστος εφαρμογής τους, καθώς και στα κύρια κριτήρια επιλογής και καταλληλότητας αυτών. Επίσης, παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής αυτών σε διάφορες χώρες και τέλος γίνεται μια σύντομη αναφορά στη συνεισφορά των συγκεκριμένων μεθόδων σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ.

#### 3.4.1 Στόχοι θερμικής επεξεργασίας

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/1997 για την “Κατάρτιση Πλαισίου Προδιαγραφών και Γενικών Προγραμμάτων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων” ο σκοπός της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ είναι τριπλός:

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

Παράλληλα, έχουν θεσπιστεί ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τον έλεγχο εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και άλλων ειδών αποβλήτων (Οδηγία 2000/76/ΕΚ «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και Όροι για την Πρόληψη και τον Περιορισμό της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος από την Αποτέφρωση των



Αποβλήτων»), προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, που δύναται να παραχθούν κατά τη λειτουργία τους.

Γενικά, η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω των Οδηγιών που εκδίδει για τα κράτη μέλη της, προάγει έμμεσα την εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, ως έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης των ποσοτήτων και των κλασμάτων των ΑΣΑ, που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και άμβλυνσης του υφιστάμενου ενεργειακού προβλήματος, μέσω της αξιοποίησης του θερμικού περιεχομένου των απορριμμάτων για την παραγωγή θερμότητας και/ή ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.4.2 Βασικές αρχές και συνοπτική περιγραφή

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

- Σταθερές συνθήκες λειτουργίας.
- Ευχέρεια προσαρμογής σε απότομες αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας τροφοδοσίας.
- Ευελιξία προσαρμογής στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις της σύνθεσης και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.
- Πλήρης έλεγχος των ρύπων στις εκπομπές.
- Μειστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Ο Πίνακας 3-14 συνοψίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, όσον αφορά στις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προκύπτοντα προϊόντα.

**Πίνακας 3-14 Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (European Commission, 2005).**

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

### 3.4.2.1 Αποτέφρωση - Καύση

Η αποτέφρωση ή πιο κοινά η καύση των στερεών απορριμμάτων/αποβλήτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (850 έως 1500 °C), με παρουσία φλόγας, για την οξειδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωσή τους με το οξυγόνο (Γιδαράκος, 2006). 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 (Γιδαράκος και Αϊβαλιώτη, 2005).

Τα προϊόντα της διαδικασίας της αποτέφρωσης περιλαμβάνουν αέριες ενώσεις (π.χ. CO<sub>2</sub>, οξείδια αζώτου, όξινα αέρια, κ.α.), οι οποίες χρίζουν κατάλληλης επεξεργασίας πριν την έκλυσή τους στην ατμόσφαιρα και σχετικά αδρανή στερεά υπολείμματα (τέφρα), τα οποία εκπροσωπούν το 15 – 40% του βάρους της τροφοδοσίας του αποτεφρωτή και ενδέχεται να περιέχουν σημαντικούς ανόργανους ρύπους, όπως βαρέα μέταλλα.

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

- ❑ επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O<sub>2</sub>) στην εστία καύσης,
- ❑ επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης,
- ❑ σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου),
- ❑ συνεχής απομάκρυνση των απαερίων, τα οποία παράγονται κατά την καύση,
- ❑ συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης.

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

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

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

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

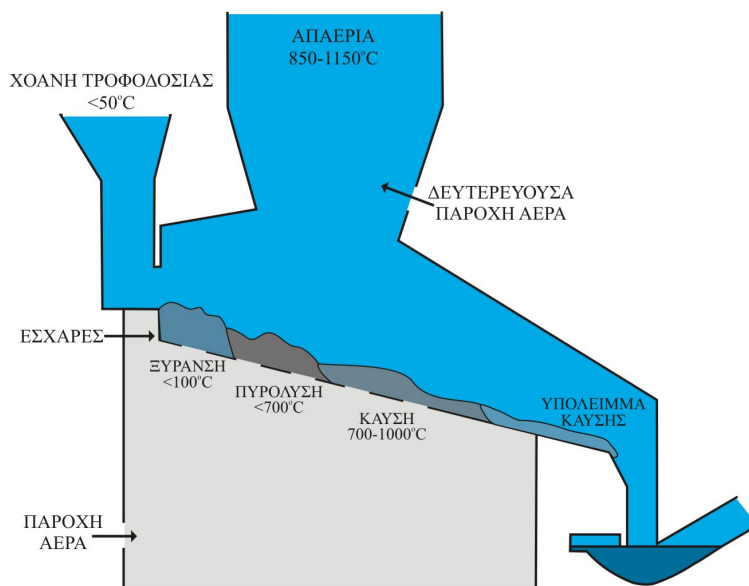
Το δεύτερο είδος μονάδων αποτέφρωσης χρησιμοποιεί ως υλικό τροφοδοσίας το λεγόμενο RDF, το οποίο ουσιαστικά εκπροσωπεί ένα μίγμα συγκεκριμένων κλασμάτων των ΑΣΑ, που προκύπτει έπειτα από διαχωρισμό και μπορεί να περιλαμβάνει χαρτί, υφάσματα, δέρμα, ελαστικά, κ.α. (Σκορδύλης, 1997). Στόχος είναι το τελικό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

- ❑ κατώτερη θερμογόνος δύναμη = 4.000kcal/g (16.744MJ/kg)
- ❑ υγρασία < 20%
- ❑ ποσοστό χαρτιού και πλαστικού > 95% (επί ξηρού βάρους).

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

- ❑ αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων,
- ❑ αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου,
- ❑ αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

Ένας αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων απεικονίζεται στο **Σχήμα 3-26**.



**Σχήμα 3-26** Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες (Γιδαράκος, 2006).

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

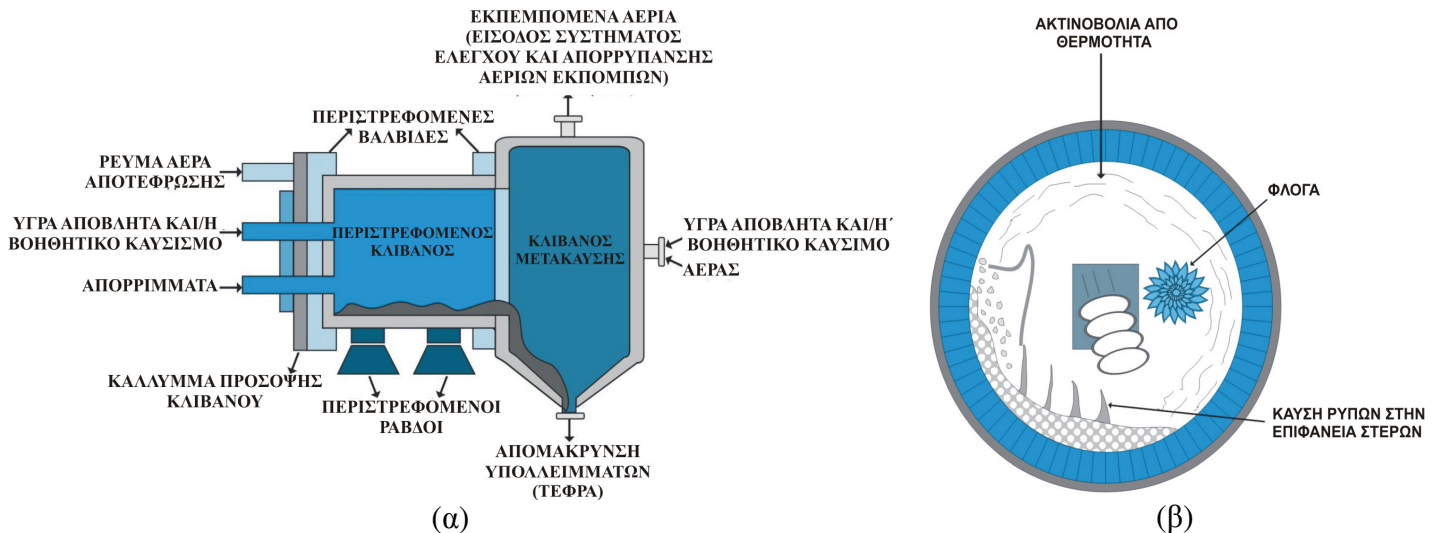
- ❑ Ξήρανση: Τα εισερχόμενα απορρίμματα λαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα και με συναγωγή από την παροχή θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η εξάτμιση της περιεχόμενης στα απορρίμματα υγρασίας και των πτητικών συστατικών.
- ❑ Πυρόλυση: Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα περισσότερα πτητικά συστατικά εξατμίζονται.
- ❑ Ανάφλεξη: Η απαιτούμενη θερμότητα για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης προσδίδεται στα απορρίμματα μέσω 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.

Ένας αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (Σχήμα 3-27) επεξεργάζεται με επιτυχία πολλά είδη απορριμμάτων και ρύπους, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο κλιβάνο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αέριων εκπομπών. Βασικές παράμετροι λειτουργίας ενός τέτοιου είδους αποτεφρωτή είναι:

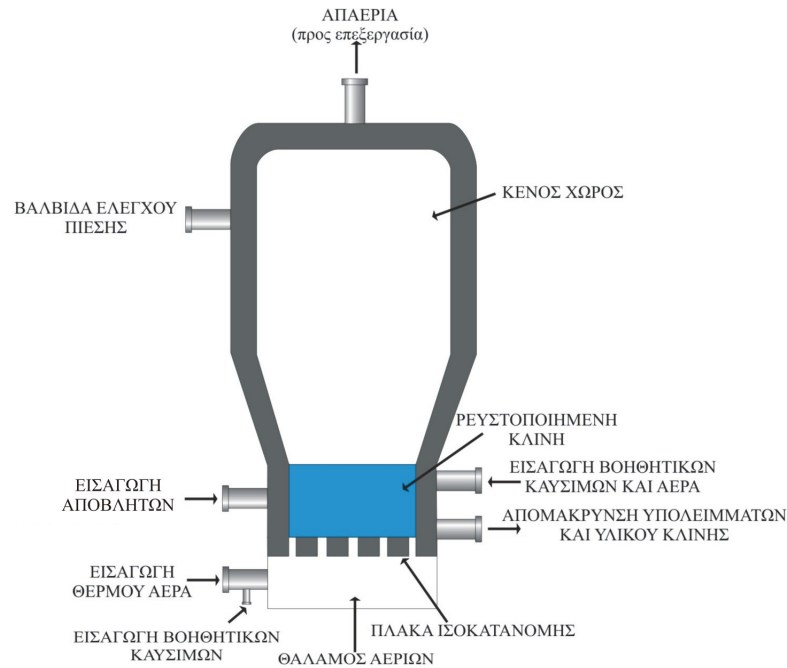
- ❑ η θερμοκρασία εξόδου του περιστροφικού κλιβάνου και του μετακαυστήρα, η οποία πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποτέφρωση των απορριμμάτων,
- ❑ η εσωτερική πίεση του κλιβάνου, που πρέπει να είναι αρνητική για την αποφυγή αέριων εκπομπών και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα,
- ❑ ο ρυθμός παροχής αέρα (οξυγόνου)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



Σχήμα 3-27 (α) Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (LaGrega et al., 2001), (β) Κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman, 1998).

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

Ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (Σχήμα 3-28) 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.



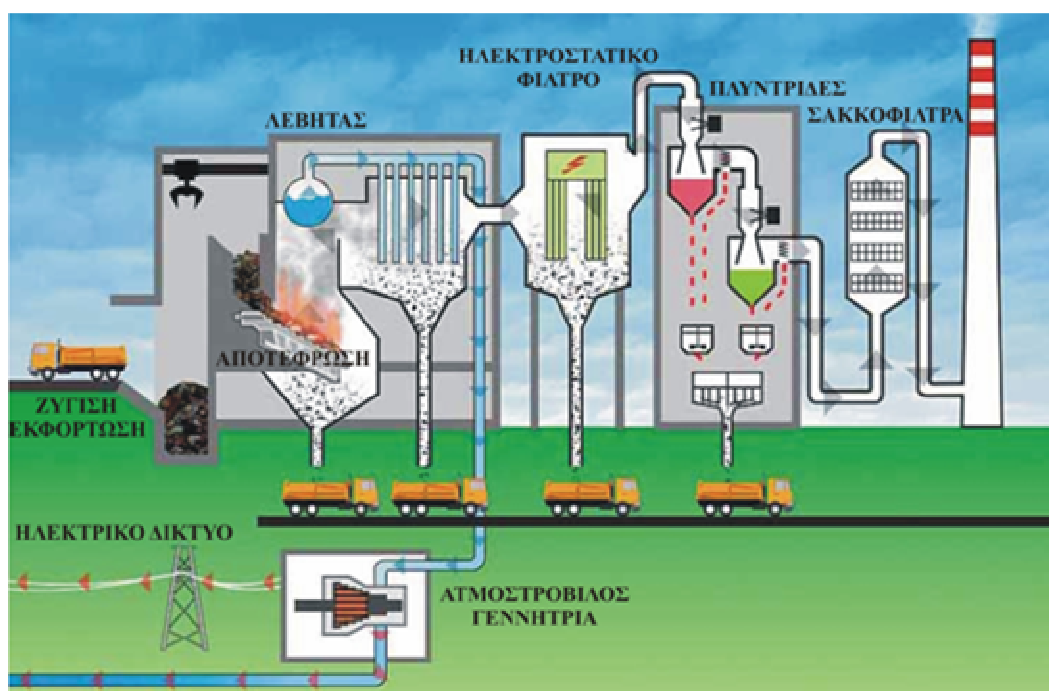
**Σχήμα 3-28** Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (LaGrega et al., 2001).

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

Τα κύρια πλεονεκτήματα ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης περιλαμβάνουν τα εξής:

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

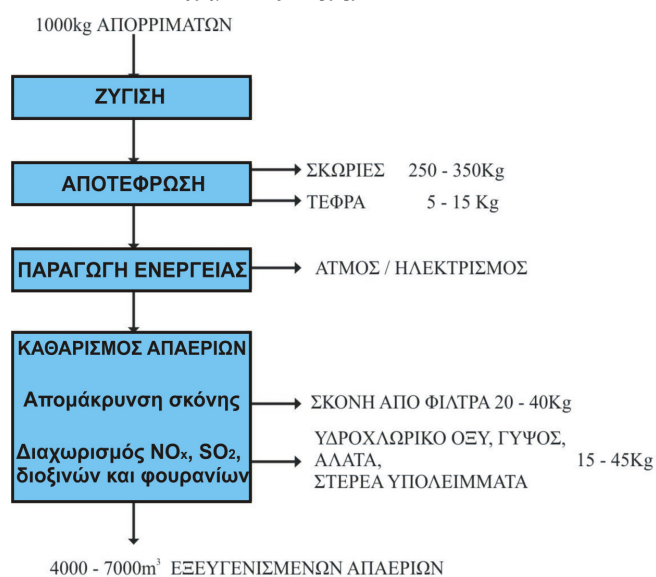
Για την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας και την ανάκτηση ενέργειας, οι σύγχρονοι αποτεφρωτές διαθέτουν ειδικούς λέβητες (boilers), με τη βοήθεια των οποίων η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Στη συνέχεια, ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται είτε ως πηγή θέρμανσης, είτε ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση ατμοστρόβιλων και γεννητριών. Στο **Σχήμα 3-29** παρουσιάζεται γραφικά μια ολοκληρωμένη μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 3-29 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (www.bsu.hr).

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

Βάσει των παραπάνω, η διεργασία της αποτέφρωσης των ΑΣΑ μπορεί να περιγραφεί σχηματικά από το διάγραμμα ροής του ακόλουθου σχήματος (Σχήμα 3-30).



Σχήμα 3-30 Διάγραμμα ροής μιας τυπικής σύγχρονης εγκατάστασης αποτέφρωσης αστικών απορριμμάτων (Γιδαράκος, 2006).

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

- ❑ εισερχόμενων στερεών απορριμμάτων,
- ❑ παραγόμενων στερεών (υπολείμματα – ιπτάμενη τέφρα),
- ❑ παραγόμενων αερίων,
- ❑ υγρών αποβλήτων, που παράγονται κατά την επεξεργασία των αερίων.

### 3.4.2.2 Πυρόλυση

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών (Alibardi and Cossu, 2006).

Η πυρόλυση εκπροσωπεί την θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των απορριμμάτων, απουσία οξυγόνου (ή ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου) και άλλων παραγόντων πρόκλησης αεριοποίησης, όπως CO<sub>2</sub>, ατμού, κ.α. (Bilitewski, 2006b). Τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ατσάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση καύση αυτών. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη καύση των προς επεξεργασία απορριμμάτων (Alibardi and Cossu, 2006).

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την πυρόλυση ΑΣΑ κυμαίνεται από 100 έως 900°C, ενώ οι συνολικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα επηρεάζονται άμεσα από αυτήν. Στον **Πίνακα 3-15** παρουσιάζονται οι επιμέρους αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων.

Με την πυρόλυση των στερεών απορριμμάτων σχηματίζονται τα εξής προϊόντα:

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

Με περαιτέρω επεξεργασία τα υγρά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό καύσιμο, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενό τους εκτιμάται γύρω στα 1,6 MJ/kg. Το ενεργειακό περιεχόμενο των παραγόμενων αερίων κυμαίνεται μεταξύ 12.500 και 46.000kJ/Nm<sup>3</sup> (Bilitewski,

2006b). Επιπλέον, τα παραγόμενα στερεά μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την ανάκτηση υλικών.

### Πίνακας 3-15 Πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων (Bilitewski et al., 1997).

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

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

Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται σημαντικά από τις κάτωθι παραμέτρους:

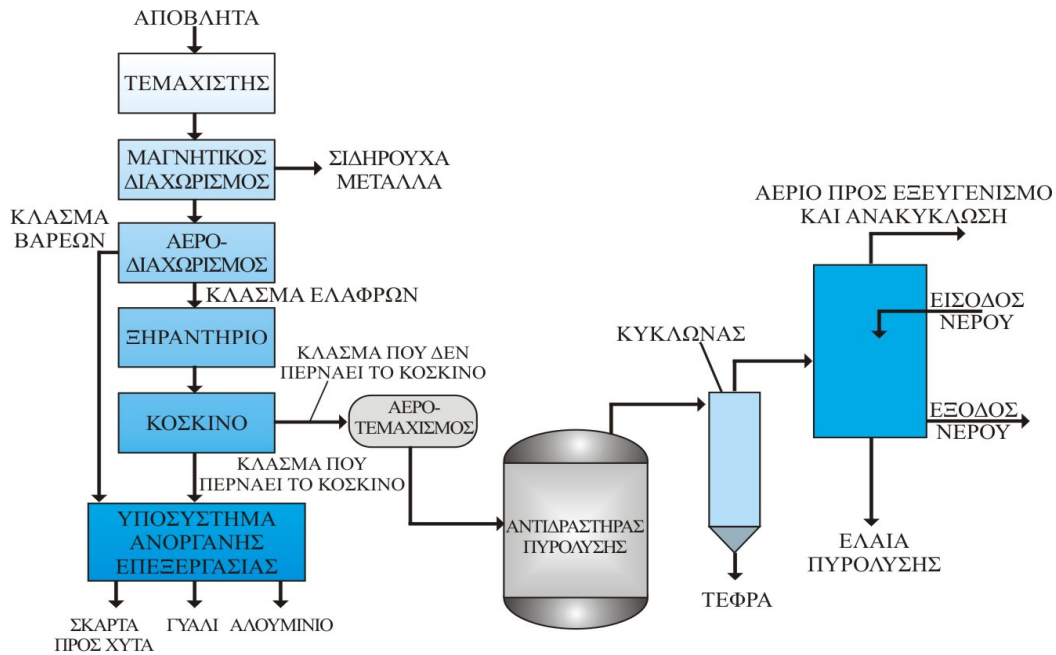
- τη σύσταση του αποβλήτου,
- τις συνθήκες θέρμανσης,
- τη θερμοκρασία πυρόλυσης,
- τον χρόνο αντίδρασης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα.

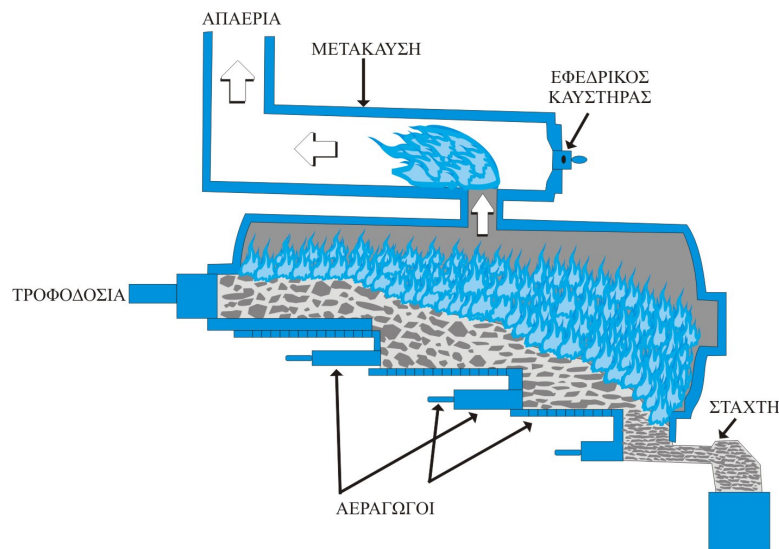
Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία (Σχήμα 3-31) των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.α.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.

Η πυρόλυση συνήθως λαμβάνει χώρα σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου απλά αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, διαθέτοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής «καυσίμων» (αέριων και υγρών). Στο Σχήμα 3-32 παρουσιάζεται ένας τυπικός πυρολυτικός αντιδραστήρας.





Σχήμα 3-31 Διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης (Γιδαράκος, 2006).



Σχήμα 3-32 Πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου (Γιδαράκος, 2006).

### 3.4.2.3 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξείδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500 °C) (Alibardi and Cossu, 2006).

Ένα από τα πιο συνηθισμένα λάθη είναι η ταύτιση της πυρόλυσης με την αεριοποίηση των απορριμμάτων. Οι δύο μέθοδοι έχουν ομοιότητες, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε

αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζουν και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή τους, η οποία μπορεί να συνοψιστεί ως εξής (Φάττα, 2007):

- ❑ 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, H<sub>2</sub> και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο.

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

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

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

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

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

Τα παραγόμενα 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 γύρω στα 0,35 MJ/m<sup>3</sup>. Η δε τυπική σύστασή του είναι η εξής: 10% CO<sub>2</sub>, 20% CO, 15% H<sub>2</sub>, 2% CH<sub>4</sub>, 53% N<sub>2</sub>.

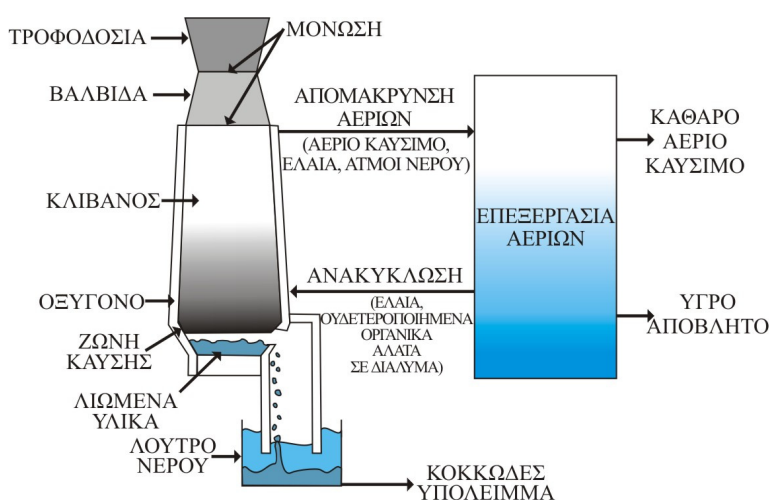
Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου προϊόντος αυξάνεται στα 0,7 MJ/m<sup>3</sup>. Η δε τυπική σύστασή του είναι η ακόλουθη 14% CO<sub>2</sub>, 50% CO, 30% H<sub>2</sub>, 4% CH<sub>4</sub>, 1% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, 1% N<sub>2</sub>.

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

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

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

Στο **Σχήμα 3-33** απεικονίζεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης απορριμμάτων.



**Σχήμα 3-33** Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης (Γιδαράκος, 2006).

### 3.4.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται να δημιουργούν αρκετά σημαντικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία περιέχονται τόσο στα ααέρια, 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 αφορά στις αέριες εκπομπές από μεθόδους θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, στα τέλη της δεκαετίας του '80 η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) τις παρουσίαζε ως υπεύθυνες για την παρουσία του μεγαλύτερου μέρους των ποσοτήτων διοξινών και φουρανίων, καθώς επίσης και υδραργύρου, στην ατμόσφαιρα (Themelis, 2003). Στον **Πίνακα 3-16** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τις κυριότερες πηγές εκπομπής διοξινών στην Αμερική, όπου την πρώτη θέση καταλαμβάνουν (για το έτος 1987) οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το

υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση (Martinotti and Foa, 2006). Το εν λόγω γεγονός επιβεβαιώνεται από τη σύγκριση παλαιών και νεότερων στοιχείων εκπομπών επικινδύνων αέριων ρύπων (όπως διοξινών) από εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Πίνακας 3). Μάλιστα, πριν 3 έτη, η Αμερικανική ΕΡΑ 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 (Themelis, 2003).

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

**Πίνακας 3-16 Πηγές εκπομπής διοξινών στις Η.Π.Α. την περίοδο 1987 – 2000 (Θέμελης και Κορωνάιος, 2004).**

Καταγεγραμμένες πηγές διοξινών	Εκπομπές 1987 (gr TEQ - %)		Εκπομπές 1995 (gr TEQ - %)		Εκτιμήσεις 2002 (gr TEQ - %)	
	gr TEQ	%	gr TEQ	%	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%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>13.848</b>	<b>100%</b>	<b>3.132</b>	<b>100%</b>	<b>1.006</b>	<b>100%</b>

#### Αποτέφρωση

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

- Αέρια:

Κατά την καύση των απορριμμάτων εκλύονται στην ατμόσφαιρα τυπικά προϊόντα καύσης (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>), 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)·10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> απαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα απαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C (Φάττα, 2007).

Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι γνωστά καρκινογόνα που έχουν την ικανότητα να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς. Η ύπαρξή τους στα απαέρια οφείλεται (Γρηγοροπούλου και Κατσίρη, 2006):

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

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

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

Ως προς τα αέρια του θερμοκηπίου και ιδιαίτερος το CO<sub>2</sub>, οι παραγόμενες εκπομπές είναι αρκετά σημαντικές, δεδομένου ότι στα απορρίμματα περιέχεται περίπου 25% κ.β. άνθρακας, ο οποίος κατά την καύση του δημιουργεί περίπου 1 τόνο CO<sub>2</sub> ανά τόνο απορριμμάτων (Γρηγοροπούλου και Κατσίρη, 2006).

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

- Υγρά

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

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

- Στερεά

Περιέχουν γενικώς τους ίδιους ρύπους με τις αέριες εκπομπές, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες και συγκεντρώσεις. Στο στερεό υπόλειμμα περιέχονται μέταλλα, ενώ μια τυπική σύσταση αυτών είναι 45-60% SiO<sub>2</sub>, 5-10% ενώσεις Ca και Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3-15% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και μικρότερα ποσοστά Mg, Na και K (Γρηγοροπούλου και Κατσίρη, 2006).

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.

### Πυρόλυση - Αεριοποίηση

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

- ❑ Αέρια: πλούσια σε υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, κ.α. (ανάλογα με την αρχική σύσταση των απορριμμάτων), τα οποία χρησιμοποιούνται περαιτέρω ως καύσιμο,
- ❑ Υγρά: μεγάλου ιξώδους και ελαιώδους σύστασης, που περιέχουν κετόνες, υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ως καύσιμα,
- ❑ Στερεά: υπολείμματα με κύριο συστατικό τον άνθρακα και ορισμένα ανόργανα υλικά, όπως μέταλλα, γυαλί, κ.α., τα οποία μπορούν και αυτά να διαχωριστούν και να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ως καύσιμα.

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

Οι μέθοδοι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου - αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων ([www.foe.co.uk](http://www.foe.co.uk)). 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 ([www.wasteresearch.co.uk](http://www.wasteresearch.co.uk)).

Ανεξάρτητα από τις εκλυόμενες ποσότητες, πολλά από τα αέρια συστατικά των απαερίων, που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, είναι κοινά. Σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάζονται σε έκθεση της Greenpeace, οι διεργασίες της αποτέφρωσης και της αεριοποίησης ΑΣΑ παράγουν ορισμένους κοινούς ρύπους σε διαφορετική μεν ποσότητα (**Πίνακας 3-17**), χωρίς όμως κάποια από αυτές να υπερτερεί σημαντικά στο σύνολό της στην προστασία της ατμοσφαιρικής ποιότητας.

**Πίνακας 3-17** Αέριες εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση απορριμμάτων (σε κιλά ρύπων ετησίως) (Ψωμάς, 2005).

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%

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

### 3.4.4 Κόστος εφαρμογής

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

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

- το είδος της μεθόδου που εφαρμόζεται (π.χ. η πυρόλυση εμφανίζεται να είναι αρκετά πιο ακριβή από ότι η αποτέφρωση),
- τη δυναμικότητα της αναγκαίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας,
- το βαθμό απόδοσης της μονάδας,
- τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων,
- 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 2.000ton ημερησίως κόστισε (στα μέσα της δεκαετίας του '90) περίπου 500 εκατ. δολάρια. Πιο πρόσφατα στοιχεία από την Ιαπωνία ανεβάζουν σημαντικά αυτό το κόστος. Δύο αποτεφρωτές που ολοκληρώθηκαν το 1999 κόστισαν 658 εκατ. δολάρια (για δυναμικότητα 200 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) και 808 εκατ. Δολάρια, αντίστοιχα (για δυναμικότητα 400 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) (Ψωμάς, 2005).

Το λειτουργικό κόστος είναι εξίσου υψηλό. Το κόστος προ φόρων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, κυμαίνεται από 21 έως 332 € ανά τόνο (ανάλογα με τον όγκο των προς καύση απορριμμάτων), ενώ στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και το κόστος για την επιπλέον διάθεση των τοξικών στερεών αποβλήτων της καύσης, το οποίο με τη σειρά του κυμαίνεται από 8 έως 363€ ανά τόνο (Ψωμάς, 2005). Ο **Πίνακας 3-18** συνοψίζει τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης για το κόστος της καύσης σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.

**Πίνακας 3-18 Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες (Ψωμάς, 2005).**

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

Για σύγκριση, αναφέρεται ότι στην Ελλάδα, η δαπάνη κατασκευής των εν λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής ξεπερνά τα 54 εκατ. €, ενώ οι υπό κατασκευή ή υπό δημοπράτηση ΧΥΤ έχουν προϋπολογισμό που ξεπερνάει τα 29 εκατ. €. Το λειτουργικό κόστος των χώρων υγειονομικής ταφής κυμαίνεται από 5–20 €/tn και είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη δυναμικότητά τους (Μαυρόπουλος κ.α, 2002).

Επίσης, στους **Πίνακες 3-19** και **3-20** 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 CEWEP (Confederation of European Waste-to-Energy Plants) στη 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 (**Πίνακας 3-21**).



**Πίνακας 3-19 Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecoprolog & Fraunhofer UMISICHT, 2006).**

Περιοχή	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα (τόνοι/ έτος)	Κόστος επένδυσης (σε εκατ. €)	Ειδικό κόστος επένδυσης (€/τόνο)
Kempten, 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

**Πίνακας 3-20 Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecoprolog & Fraunhofer UMISICHT, 2006).**

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, πυρασφάλεια)	περίπου 19%	
Έργα διεργασιών (αποτεφρωτής και παραγωγή ατμού)		περίπου 38%
Καθαρισμός απαερίων 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 αποδοχής	περίπου 3,5%	
Αρχική λειτουργία και εκπαίδευση προσωπικού	περίπου 0,5%	
Άλλα	περίπου 3%	
<b>Σύνολο</b>	<b>περίπου 27%</b>	<b>περίπου 73%</b>

**Πίνακας 3-21 Ποσότητες και 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 αποτεφ. ΑΣΑ (επί συνόλου) (Gton/yr)	Παραχθείσα ενέργεια (ηλεκ/θερμ σε GWh)	Τιμή αποτέφρωσης (€/ton)	Μέσο κόστος επένδυσης (€/ton δυναμικότη.)
Αυστρία	8	1.46 (3.14)	189/2094	120-250	500-800
Βέλγιο	1	0.9(3.38)	320/1800	17-58	500
Γερμανία	67	16.5(20.5)	6800/16370	90-340	ΜΔ
Δανία	30	NA(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/NA	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	-	NA(3.0)	0/0	NA	ΜΔ

\*ΜΔ = Μη διαθέσιμο

### 3.4.5 Σύγκριση διαθέσιμων μεθόδων

Οι διαθέσιμες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω, παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, έκαστη.

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:

- ❑ 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 απαέρια, 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 απαερίων 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 απαερίων 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 κλασσική αποτέφρωση, τα οποία περιλαμβάνουν:

- ❑ 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 ‘κλασσικής’ 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 «κλασσική» αποτέφρωση τύπου mass-fired υστερεί έναντι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, διότι:

- ❑ 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/ft<sup>3</sup>.
- ❑ Στην μέθοδο της αποτέφρωσης και της πυρόλυσης οι αέριες εκπομπές έχουν τιμές 5.000 m<sup>3</sup>/ton και 700 m<sup>3</sup>/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 “κλασσική” αποτέφρωση τύπου mass-fired υπερτερεί έναντι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, διότι:

- ❑ 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 αυτές αποτελεί ένα πείραμα, το οποίο μπορεί να πετύχει, μπορεί και όχι.

#### 3.4.6 Κριτήρια αξιολόγησης - καταλληλότητας

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 → εναπαχρησιμοποίηση → ανακύκλωση → επεξεργασία - ανάκτηση ενέργειας → τελική διάθεση (Scottish Environmental Protection Agency, 2004).

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. Από την άλλη πλευρά, δεν είναι λίγοι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι οι εν λόγω μέθοδοι δρουν ανταγωνιστικά προς την ανακύκλωση (π.χ. χαρτιού), επιβαρύνοντας παράλληλα το περιβάλλον με την παραγωγή επικινδύνων αποβλήτων (αέριων και στερεών).

Δεδομένου ότι και οι δύο αντιπαρατιθέμενες πλευρές διαθέτουν σημαντικά επιχειρήματα, δεν μπορεί να εξαχθεί ένα κοινώς αποδεκτό συμπέρασμα επί της ικανότητας των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ να ικανοποιήσουν την εκπλήρωση των υφιστάμενων πολιτικών στόχων. Ως εκ τούτου, η κάθε χώρα, η κάθε πόλη και ο κάθε αρμόδιος φορέας καλείται να επιλέξει ή μη την εφαρμογή αυτών, βασιζόμενος κατά κύριο λόγο σε τοπικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και τεχνικοοικονομικές παραμέτρους.

Τα γεωγραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά ενός τόπου αποτελούν το πρώτο κριτήριο εφαρμογής ή μη μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Όσον αφορά στα μεν γεωγραφικά χαρακτηριστικά, η συσχέτιση είναι εμφανής, καθώς δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι χώρες με μικρή έκταση και μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα στράφηκαν πολύ γρήγορα προς τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, παρακάμπτοντας σχεδόν τελείως τη λύση της υγειονομικής ταφής, λόγω έλλειψης των αναγκαίων εκτάσεων και το αντίθετο.

Όσον αφορά στα δε κοινωνικά χαρακτηριστικά ενός τόπου, αυτά συμπεριλαμβάνουν την περιβαλλοντική παιδεία των κατοίκων, τις προϋπάρχουσες μεθόδους διαχείρισης και επεξεργασίας ΑΣΑ, καθώς επίσης και το γενικότερο ιστορικό μιας περιοχής ή χώρας. Για παράδειγμα, η ενδεχόμενη εισαγωγή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ελλάδα δεν αναμένεται να γίνει ιδιαίτερα αποδεκτή, καθώς η ιδέα μιας μεγάλης εγκατάστασης «καύσης» με καμινάδες, που εκλύουν καθημερινά αρκετές ποσότητες αερίων, δεν είναι καθόλου γνώριμη για μια μέση ελληνική πόλη, όπως π.χ. τα Χανιά. Αντίθετα, οι Δανοί θεωρούν απόλυτα φυσιολογική την παρουσία τέτοιων μονάδων στην χώρα τους, καθώς έχουν αποδεχτεί και υιοθετήσει τη θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Όσον αφορά στα ίδια τα χαρακτηριστικά των προς επεξεργασία απορριμμάτων, αυτά, σε συνδυασμό με τις συνολικά παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων, καθορίζουν όχι μόνο τη δυνατότητα εφαρμογής των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, αλλά και το κόστος λειτουργίας αυτών. Η περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε οργανικό κλάσμα, η υγρασία τους, καθώς και η συγκέντρωσή τους σε βαρέα μέταλλα ή άλλους επικίνδυνους ρύπους είναι μονάχα λίγα από τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να μελετηθούν και να αξιολογηθούν πριν την επιλογή της θερμικής επεξεργασίας αυτών.

Τέλος, το κόστος, αλλά και η τεχνογνωσία κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης μονάδων θερμικής επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων είναι από μόνα τους καθοριστικά κριτήρια για την επιλογή και την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι όλες οι μέχρι τώρα προσπάθειες εφαρμογής της αποτέφρωσης ΑΣΑ στην Ελλάδα απέτυχαν, κυρίως λόγω οικονομικών, αλλά και λειτουργικών προβλημάτων.

Στον **Πίνακα 3-22** παρουσιάζονται ορισμένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά εφαρμογής διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας ΑΣΑ, συμπεριλαμβανομένων και των θερμικών. Όπως προκύπτει, το εκάστοτε όριο των προς επεξεργασία ποσοτήτων για κάθε μια από τις αναφερόμενες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ διαφέρει σημαντικά. Η συγκεκριμένη παράμετρος, η οποία αποτελεί σημαντικό κριτήριο εφαρμογής των εν λόγω μεθόδων, λαμβάνεται υπόψη μαζί με τις λοιπές προϋποθέσεις (Πίνακας 3-22 - Στήλη 6) εφαρμογής τους, πριν την λήψη οποιασδήποτε τελικής απόφασης.

Συνοπτικά, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι θερμικές μέθοδοι, παρόλο που σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αποτελέσουν ευρεία και καθολική λύση στην επεξεργασία των ΑΣΑ, αξίζουν να εξετάζονται και να αξιολογούνται με σοβαρότητα ως μια ενδεχόμενη λύση στο πρόβλημα διαχείρισης, επεξεργασίας και διάθεσης ΑΣΑ. Όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και αυτές παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (**Πίνακας 3-23**), κάθε ένα από τα οποία υπερισχύει, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες, καθιστώντας τες εφαρμόσιμες και αποδοτικές ή μη.

**Πίνακας 3-22 Προϋποθέσεις εφαρμογής διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας ΑΣΑ (Ένωση Δήμων Κύπρου - «Στρατηγικό Σχέδιο Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων στην Κύπρο», Τεχνική Έκθεση, Ιούνιος 2002).**

Μέθοδος	Όριο ποσοτήτων (τόνοι / έτος)	Προϊόντα	Διάθεση προϊόντων	Είδη επεξεργαζόμενων ΣΑ	Άλλες προϋποθέσεις	Σκοπιμότητα εφαρμογής
Αερόβια επεξεργασία με μηχανική διαλογή	> 9.000 (οργανικά)	Compost*	Γεωργία Αποκαταστάσεις εδάφους Διαμορφώσεις τοπίου	Οικιακά** Γεωργικά Κτηνοτροφικά Ιλύες	- Εξασφαλισμένη διάθεση compost	Μείωση όγκου και βιοαποδομήσιμου υλικού προς διάθεση Αμελητέο οργανικό φορτίο υπολειμμάτων επεξεργασίας Παραγωγή χρήσιμου προϊόντος
Αναερόβια επεξεργασία με μηχανική διαλογή – ανάκτηση ενέργειας	> 9.000 (οργανικά)	Σταθεροποιημένο οργανικό * Ενέργεια	Γεωργία Αποκαταστάσεις εδάφους Διαμορφώσεις τοπίου Καταναλωτές ενέργειας	Οικιακά** Γεωργικά Κτηνοτροφικά Ιλύες	- Θετική εμπειρία - Εξασφαλισμένη διάθεση σταθεροποιημένου οργανικού υλικού	Μείωση όγκου και βιοαποδομήσιμου υλικού προς διάθεση Αμελητέο οργανικό φορτίο υπολειμμάτων Παραγωγή χρήσιμων προϊόντων Ανάκτηση ενέργειας
Αναερόβια επεξεργασία χωρίς ανάκτηση ενέργειας	> 2.500 (οργανικά)	Σταθεροποιημένο οργανικό *	Αποκαταστάσεις εδάφους Διαμορφώσεις τοπίου	Οικιακά** Γεωργικά Κτηνοτροφικά Ιλύες	- Θετική εμπειρία - Εξασφαλισμένη διάθεση σταθεροποιημένου οργανικού υλικού	Μείωση όγκου και βιοαποδομήσιμου υλικού προς ταφή Αμελητέο οργανικό φορτίο υπολειμμάτων
Αποτέφρωση	> 14.000 (καύσιμα)	-	-	Οικιακά** Γεωργικά Διάφορα καύσιμα	- Θετική εμπειρία για διακοπτόμενη λειτουργία	Μείωση όγκου προς ταφή Αδρανοποίηση υπολειμμάτων
Αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας	> 28.000 (καύσιμα)	Ενέργεια	Καταναλωτές ενέργειας	Οικιακά** Γεωργικά Διάφορα καύσιμα	- Θετική εμπειρία για διακοπτόμενη λειτουργία	Μείωση όγκου προς ταφή Αδρανοποίηση υπολειμμάτων Ανάκτηση ενέργειας
Πυρόλυση – Αεριοποίηση – Τεχνική πλάσματος	> 8.000	Στερεά Υγρά Αέρια	Καταναλωτές ενέργειας Αγορά λιπαντικών	Οικιακά** Γεωργικά Διάφορα καύσιμα	- Θετική εμπειρία - Διάθεση προϊόντων	Μείωση όγκου προς ταφή Αδρανοποίηση υπολειμμάτων Ανάκτηση ενέργειας
ΚΔΑΥ	> 8.000	Ανακυκλωμένα υλικά	Αγορά ανακύκλωσης	Οικιακά**	- Διάθεση προϊόντων	Μείωση όγκου προς ταφή Ανάκτηση υλικών

\* Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πιθανή και η ανάκτηση υλικών, ανάλογα με το σχεδιασμό της μονάδας.

\*\* Στον όρο «οικιακά» περιλαμβάνονται όλα τα στερεά που συλλέγονται από τις Υπηρεσίες Καθαριότητας

**Πίνακας 3-23 Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, 2007).**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Αποδεδειγμένη εφαρμογή, πολυάριθμες μονάδες σε όλη την Ευρώπη</li> <li>- Δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου εύρους υλικών</li> <li>- Οι τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν την εγκατάσταση μονάδων καύσης σε μικρότερη κλίμακα</li> <li>- Χωροθέτηση πολύ μικρότερης έκτασης συγκριτικά με ΧΥΤΑ για τη λειτουργία της μονάδας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Περιορισμένη κοινωνική αποδοχή</li> <li>- Υψηλό κόστος για την εφαρμογή τεχνολογίας αντιρρύπανσης</li> <li>- Ένα μέρος της τέφρας είναι επικίνδυνο και απαιτεί ξεχωριστή επεξεργασία και χώρους διάθεσης επικινδύνων αποβλήτων (ΧΥΤΕΑ)</li> <li>- Αυξημένη οπτική όχληση</li> <li>- Υψηλό κόστος επένδυσης</li> </ul>

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η αξιολόγηση της δυνατότητας θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ πολλές φορές εξαρτάται και από το είδος της μεθόδου, που μελετάται να εφαρμοστεί, π.χ. αποτέφρωση, πυρόλυση ή αεριοποίηση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί υπάρχουν αρκετές διαφορές (Πίνακας 3-24) μεταξύ των διαθέσιμων μεθόδων, οι οποίες αφορούν τόσο σε τεχνικά στοιχεία, όσο και σε οικονομικές παραμέτρους (κόστος λειτουργίας και συντήρησης). Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι αν και η μέθοδος της αποτέφρωσης εφαρμόζεται ευρέως σε ολόκληρη την Ευρώπη, η πυρόλυση δεν είναι καθόλου διαδεδομένη. Αντίθετα, σε αρκετές ασιατικές χώρες (π.χ. Ιαπωνία), η πυρόλυση είναι ιδιαίτερα δημοφιλής και αποδοτική, γεγονός το οποίο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποδίδεται κατά κύριο λόγο στα διαφορετικά χαρακτηριστικά των προς επεξεργασία αστικών απορριμμάτων.

**Πίνακας 3-24 Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της πυρόλυσης και της αεριοποίησης σε σχέση με την αποτέφρωση ΑΣΑ (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, 2007).**

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χρησιμοποιούν RDF</li> <li>- Χαμηλότερη οπτική όχληση από τις συμβατικές μονάδες καύσης</li> <li>- Υψηλότερη απόδοση από τις μονάδες καύσης</li> <li>- Ανάκτηση ενέργειας μέσω μονάδων συμπαραγωγής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Υψηλό ρίσκο, νέα τεχνολογία</li> <li>- Προεπεξεργασία των εισερχομένων ΑΣΑ πριν την καύση</li> </ul>

### 3.4.7 Υπάρχουσα εμπειρία

Η χρήση φωτιάς για την «απαλλαγή» του ανθρώπου από διάφορα είδη απορριμμάτων, που παρήγαγε, φαίνεται να είναι γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια, δεδομένου ότι οι πρώτες αναφορές, που απαντώνται στη Βίβλο, παραπέμπουν στο 1.000 π.Χ. και στην πόλη της Ιερουσαλήμ. Παρόλα αυτά, η θερμική επεξεργασία (και συγκεκριμένα η αποτέφρωση) των απορριμμάτων ως μια ελεγχόμενη, ασφαλής και συστηματική πρακτική διαχείρισης αυτών εμφανίστηκε στην Ευρώπη για πρώτη φορά στα μέσα του 19ου αιώνα στην Αγγλία (πλησίον του Λονδίνου - 1870) και αμέσως μετά στη Γερμανία (στο Αμβούργο - 1892) και στη Δανία (Κοπεγχάγη - 1910) (Vehlow, 2006). Φυσικά, τόσο η διαθέσιμη τεχνογνωσία, όσο και η υπάρχουσα επιστημονική γνώση της εποχής εκείνης δεν επαρκούσαν για την αποτελεσματική επεξεργασία των απορριμμάτων και την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος εν γένει.

Η εμπειρία και η γνώση που αποκτήθηκε με την πάροδο του χρόνου, καθώς επίσης και η εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων (π.χ. ρύπανσης εδάφους και υπογείων υδάτων, ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μείωσης αποθεμάτων σε ορυκτά καύσιμα, αύξησης ενεργειακών αναγκών, κ.α.), τα οποία κατέστησαν αναγκαία την επιβολή αυστηρών προδιαγραφών και

περιορισμών στη διαχείριση πάσης φύσεως αποβλήτων και στις ανθρώπινες δραστηριότητες γενικότερα, άλλαξαν σημαντικά τον χαρακτήρα των λεγόμενων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

Αν και στην Ευρώπη (αλλά και παγκοσμίως, π.χ. στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία), η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ αποτελεί έναν δημοφιλέστατο τρόπο διαχείρισης αυτών, η Ελλάδα (μαζί με την Ιρλανδία) αποτελεί τη μοναδική χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που δεν έχει συμπεριλάβει καθόλου τη συγκεκριμένη μέθοδο στο πρόγραμμα διαχείρισης και επεξεργασίας των παραγόμενων απορριμμάτων της, το οποίο ουσιαστικά εκπροσωπείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από την υγειονομική ταφή. Πρωτοπόρες χώρες στην εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας παρουσιάζονται να είναι η Ελβετία, η Σουηδία, η Ολλανδία, η Δανία και η Γερμανία (Bilitewski B., 2006α). Στον **Πίνακα 3-25** παρουσιάζονται ενδεικτικά στοιχεία για τη διαχείριση των ΑΣΑ σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.

**Πίνακας 3-25 Ποσοστά εφαρμογής βασικών μεθόδων διαχείρισης ΑΣΑ σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες (Stengler, 2006).**

Χώρα	Ανακύκλωση, κομποστοποίηση και λοιπές μέθοδοι (%)	Υγειονομική ταφή (%)	Αποτέφρωση (%)	ΑΣΑ ανά κάτοικο (kg)
Ολλανδία	65	3	32	624
Αυστρία	59	31	10	627
Γερμανία	58	20	22	600
Βέλγιο	52	13	35	469
Σουηδία	41	14	45	464
Δανία	41	5	54	696
Λουξεμβούργο	36	23	41	668
Ιρλανδία	35	59	6	662
Ισπανία	31	69	0	869
Ιταλία	29	62	9	538
Φιλανδία	28	63	9	455
Γαλλία	28	38	34	567
Ηνωμένο Βασίλειο	18	74	8	600
Ελλάδα	8	92	0	433
Πορτογαλία	3	75	22	434

Στο **Σχήμα 3-34** παρουσιάζεται ο αριθμός αυτών των υφιστάμενων μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (εν λειτουργία το έτος 2004) ανά χώρα στην Ευρώπη, καθώς και οι αντίστοιχες επεξεργαζόμενες ποσότητες απορριμμάτων.

Όπως γίνεται κατανοητό, η υπάρχουσα εμπειρία και τεχνογνωσία στις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, είναι ιδιαίτερα μεγάλη, καθιστώντας τις εν λόγω μεθόδους αρκετά αξιόπιστες, αλλά και αποδοτικές. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία εφαρμογής της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ παγκοσμίως.





**Σχήμα 3-34** Μονάδες παραγωγής θερμικής ενέργειας από αστικά απορρίμματα – απόβλητα στην Ευρώπη το 2004 και αντίστοιχες επεξεργαζόμενες ποσότητες [Confederation of Waste to Energy Plants].

### Δανία

Η Δανία πρόσφατα (2003) γιόρτασε 100 χρόνια εφαρμογής μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτέλεσε μια από τις πρωτοπόρες χώρες στον τομέα αυτόν (τουλάχιστον στην Ευρώπη). Κατά την πάροδο αυτών των 100 χρόνων, οι Δανοί είδαν τις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ να μεταβάλλονται και σιγά σιγά να μετατρέπονται από χώρους «καταστροφής» απορριμμάτων, σε «περιβαλλοντικά φιλικές» και αξιόπιστες μονάδες παραγωγής ενέργειας.

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, η Δανία διαθέτει συνολικά 30 μονάδες παραγωγής ενέργειας (θερμότητας και ηλεκτρισμού) από ΑΣΑ, οι οποίες λειτουργούν με πολύ καλές αποδόσεις και προκαλούν ελάχιστη περιβαλλοντική όχληση. Στον **Πίνακα 3-26** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων νεότερων εγκαταστάσεων της Δανίας.

**Πίνακας 3-26 Χαρακτηριστικά των τεσσάρων νεότερων μονάδων παραγωγής ενέργειας από αστικά απορρίμματα και απόβλητα στη Δανία (Kleis and Dalager, 2004).**

Μονάδα	Vestforbrænding Unit 5	REFA Unit 3	Svendborg CHP Plant	Reno-Nord Unit 4
Έναρξη λειτουργίας	1998	1999	1999	2005
Δυναμικότητα	26 t/h	9 t/h	6 t/h	20 t/h
Πίεση ατμού	52 bar	40 bar	50 bar	50 bar
Θερμοκρασία ατμού	380°C	400°C	400°C	425°C
Παραγωγή ατμού	28.67 kg/s	9.7 kg/s	6.54 kg/s	22.12 kg/s
Παραγωγή ατμού	4.0 kg/kg ΑΣΑ	3.9 kg/kg ΑΣΑ	3.9 kg/kg ΑΣΑ	4.0 kg/kg ΑΣΑ
Ατμοστρόβιλος	Allen	Allen	ABB	BV Industrietech.
Παραγωγή ενέργειας	17 MW	6.7 MW	4.5 MW	17.5 MW
Ηλεκτροστατικό φίλτρο	FLS miljø	-	Rotemühle	Alstom
Ανακυκλοφορία απαιριών	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
Επεξεργασία απαιριών	Υγρή	Ήμι-ξηρή	Υγρή	Υγρή
Απομάκρυνση SO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaOH	CaCO <sub>3</sub>
Παραγωγή γύψου	Ναι	-	Όχι	Ναι
Συμπύκνωση απαιριών	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι
Φίλτρο διοξινών	Σακκόφιλτρο	Σακκόφιλτρο	Πλυντρίδα	Πλυντρίδα
Θερμική απόδοση	86.7%	86.9%	87.9%	98.0%
Ηλεκτρική απόδοση	19.6%	22.3%	22.5%	26.9%

**Σχήμα 3-35 Όψη της μονάδας θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ με παραγωγή ενέργειας Svendborg CHP Plant (Kleis and Dalager, 2004).**

### Γερμανία

Η Γερμανία επίσης αποτελεί μια από τις πρώτες χώρες που υιοθέτησαν τη θερμική επεξεργασία ΑΣΑ. Σύμφωνα με στοιχεία του 2004, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από θερμική επεξεργασία ΑΣΑ ανέρχονται στις 61, αριθμός ο οποίος αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον, καθώς η Γερμανία είναι ίσως η μοναδική χώρα, η οποία απαγόρευσε πλήρως την υγειονομική ταφή απορριμμάτων.

Μια από τις σχετικά νέες εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ της Γερμανίας αποτελεί η μονάδα αποτέφρωσης της πόλης του Αμβούργου (**Σχήμα 3-36**). Η κατασκευή της ολοκληρώθηκε το 1998 και βάσει του σχεδιασμού της διαθέτει δυο παράλληλες σειρές επεξεργασίας, δυναμικότητας 21,5Mg/h, έκαστη. Τα παραγόμενα απαέρια της μονάδας ανέρχονται σε 180.000m<sup>3</sup>/h, ενώ ο παραγόμενος ατμός και η ηλεκτρική ενέργεια είναι 137Mg/h (45bar/425oC) και 58MW, αντίστοιχα. Διαθέτει κατάλληλες μονάδες επεξεργασίας των απαερίων (πλυντρίδα με χλώριο και παραγωγή γύψου, σακκόφιλτρα, κ.α.), ενώ το στερεό υπόλειμμα της όλης διεργασίας (τέφρα) επεξεργάζεται περαιτέρω, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό.



**Σχήμα 3-36** Όψη της μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ του Αμβούργου.

### Ηνωμένο Βασίλειο

Το Ηνωμένο Βασίλειο, αν και αποτέλεσε την πρώτη χώρα της Ευρώπης, που υλοποίησε την αποτέφρωση των ΑΣΑ, δεν εξακολουθεί και σήμερα να είναι πρωτοπόρα στον συγκεκριμένο τομέα, καθώς, σύμφωνα με το Σχήμα 3-34, οι μονάδες που διαθέτει είναι μόλις 15, ενώ ποσοστό παραγόμενων ΑΣΑ μεγαλύτερο από 70% διαχειρίζεται μέσω της υγειονομικής ταφής. Οι μονάδες, που διαθέτει, παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις ως προς τη δυναμικότητά τους. Για παράδειγμα, εν λειτουργία μονάδα στην πόλη Lerwick έχει δυναμικότητα 26.000ton ΑΣΑ/έτος, παράγοντας μικρές ποσότητες θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μια άλλη μονάδα στην πόλη Edmonton, επεξεργάζεται 600.000ton ΑΣΑ/έτος, παράγοντας 30MW ηλεκτρικής ενέργειας (U.K. Parliamentary Office of Science and Technology, 2000).

Το πιο σύγχρονο επίτευγμα που έχει να δείξει το Ηνωμένο Βασίλειο πάνω στην παραγωγή ενέργειας μέσω θερμικής επεξεργασίας είναι η νέα μονάδα αποτέφρωσης στο Allington Quarry (**Σχήμα 3-37**), η οποία άρχισε την λειτουργία της μόλις το 2007. Η συγκεκριμένη μονάδα έχει δυναμικότητα 500.000ton/έτος, διαθέτει αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης και αναμένεται να παράγει 43MW/h ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα διανέμεται απευθείας στο υπάρχον δίκτυο. Το κόστος της ανέρχεται σε 150 εκ. αγγλικές λίρες και λειτουργεί τηρώντας τους αυστηρότερους εθνικούς και ευρωπαϊκούς περιβαλλοντικούς περιορισμούς.



**Σχήμα 3-37** Όψη της μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ στο Allington Quarry.

### Η.Π.Α.

Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά εφαρμογής μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Σύμφωνα με στοιχεία του 2005, από τους 245,7 εκ. τόνους ΑΣΑ, που παρήχθησαν στις Η.Π.Α., το 23,8% ανακυκλώθηκε, το 8,3% κομποστοποιήθηκε, το 13,6% επεξεργάστηκε θερμικά σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και το 54,3% κατέληξε σε υγειονομική ταφή (EPA, 2006), γεγονός το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται και στη μεγάλη διαθεσιμότητα γης. Παρόλα αυτά, σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η Νέα Υόρκη, οι διαθέσιμες εκτάσεις για υγειονομική ταφή έχουν περιοριστεί σημαντικά, καθιστώντας αναγκαία την εύρεση εναλλακτικών λύσεων, συμπεριλαμβανομένης και της θερμικής επεξεργασίας.

Χαρακτηριστική μονάδα θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στις Η.Π.Α. αποτελεί μια αρκετά μεγάλη μονάδα αποτέφρωσης 400km από τη Νέα Υόρκη (Onondaga County) (**Σχήμα 3-38**), η οποία λειτουργεί από το 1994 και διαθέτει τρεις διαφορετικούς αποτεφρωτές, δυναμικότητας 990ton ΑΣΑ ημερησίως. Διαθέτει ζυγιστήριο, ειδικό έλεγχο ραδιενέργειας των εισερχόμενων απορριμμάτων, χώρο προσωρινής εναπόθεσης των απορριμμάτων, συστήματα επεξεργασίας απαερίων (πλυντρίδα και σακκόφιλτρα), σύστημα ανακυκλοφορίας νερού – ατμού και μονάδα ανάκτησης σιδηρούχων υλικών από την παραγόμενη τέφρα.



(α)



(β)

**Σχήμα 3-38** (α) Όψη μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ για την πολιτεία της Νέας Υόρκης, (β) Υφιστάμενη μονάδα ελέγχου ραδιενέργειας στα απόβλητα ([www.ocrra.org](http://www.ocrra.org)).

Από την αρχή της λειτουργίας της η συγκεκριμένη μονάδα έχει επεξεργαστεί περισσότερους από 3 εκ. τόνους απορριμμάτων, παράγοντας παράλληλα πάνω από 2 δις. KWh για την πολιτεία της Νέας Υόρκης. Η αντίστοιχη εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων από την προαναφερόμενη παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται στα 3.8 εκ. βαρέλια πετρελαίου ([www.ocfra.org](http://www.ocfra.org)).

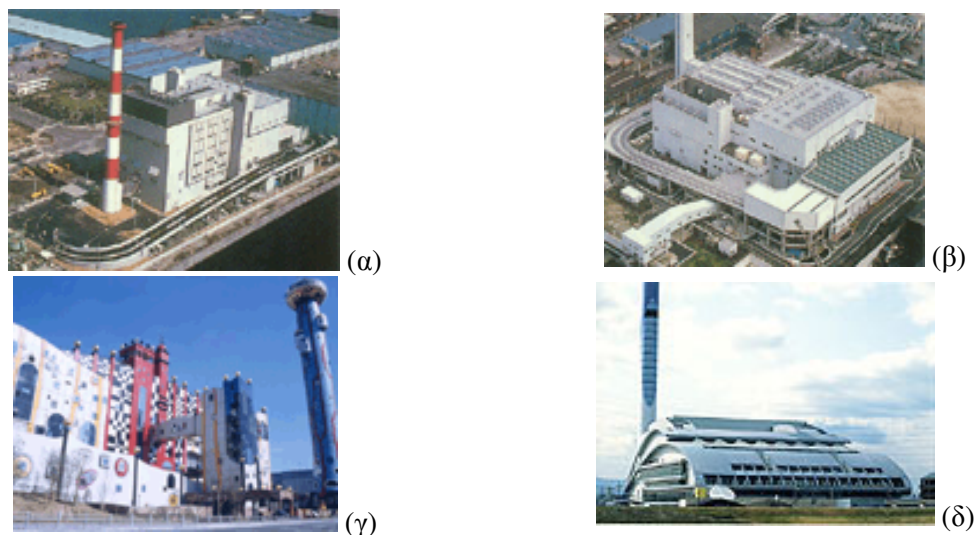
### Ιαπωνία

Η Ιαπωνία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη όσον αφορά στην εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και μάλιστα σε συγκεκριμένες μεθόδους, που τουλάχιστον στην Ευρώπη δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες (π.χ. πυρόλυση). Η εν λόγω ανάπτυξη μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενη και σχεδόν επιβαλλόμενη από τη μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα, τις μεγάλες παραγόμενες ποσότητες ΑΣΑ και τη μικρή διαθεσιμότητα σε γη.

Ενδεικτικό είναι το παράδειγμα της πόλης Osaka, η οποία διαθέτει συνολικά 10 διαφορετικές μονάδες θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ με παραγωγή ενέργειας (**Πίνακας 3-27**), προκειμένου να ικανοποιήσει τις υπάρχουσες ανάγκες.

**Πίνακας 3-27 Μονάδες θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ με ανάκτηση ενέργειας στην πόλη Osaka της Ιαπωνίας ([www.city.osaka.jp](http://www.city.osaka.jp)).**

Εγκατάσταση	Χωρητικότητα	Περίοδος κατασκευής	Χρήση θερμότητας
Morinomiya	300ton/day, 3 μονάδες	1966-1968	Παροχή ατμού σε κοντινές εγκαταστάσεις
Minato	300ton/day, 2 μονάδες	1974-1977	Παραγωγή ενέργειας (2.750kW)
Nanko	300ton/day, 2 μονάδες	1974-1977	Παραγωγή ενέργειας (3.000kW)
Taisho	300ton/day, 2 μονάδες	1976-1980	Παραγωγή ενέργειας (3.000kW)
Suminoe	300ton/day, 2 μονάδες	1985-1988	Παραγωγή ενέργειας (11.000kW) και παροχή σε κοντινές εγκαταστάσεις – Παροχή ζεστού νερού
Tsurumi	300ton/day, 2 μονάδες	1987-1990	Παραγωγή ενέργειας (12.000kW) και παροχή στο πάρκο Tsurumi
Nishiyodo	300ton/day, 2 μονάδες	1990-1994	Παραγωγή ενέργειας (14.500kW)
Yao	300ton/day, 2 μονάδες	1991-1994	Παραγωγή ενέργειας (14.500kW) και παροχή στο ΧΥΤΑ Yao
Maishima	450ton/day, 2 μονάδες	1996-2001	Παραγωγή ενέργειας (32.000kW)
Hirano	450ton/day, 2 μονάδες	1998-2002	Παραγωγή ενέργειας (27.400kW)



**Σχήμα 3-39** Όψη εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην πόλη Osaka (α) Nanko, (β) Suminoe, (γ) Maishima, (δ) Hirano ([www.city.osaka.jp](http://www.city.osaka.jp)).

### 3.4.8 Συνεισφορά σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, μαζί ίσως με τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας αυτών (π.χ. κομποστοποίηση και παραγωγή βιομάζας), αποτελούν τα μοναδικά «εργαλεία» επίτευξης των στόχων πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ, που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572Β) «Μέτρα και Όροι για την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων», η οποία εναρμονίζει στο εθνικό δίκαιο της Ελλάδας την Οδηγία 99/31/ΕΚ «Περί Υγειονομικής Ταφής των Αποβλήτων», επιβάλλεται η μείωση των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων, που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής, στο:

- ❑ 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat έως την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2010
- ❑ 50% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat έως την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2013
- ❑ 35% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat έως την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2020

Απώτερος στόχος των παραπάνω μέτρων αποτελεί «...η προώθηση της αξιοποίησης των αποβλήτων και ειδικότερα η ανακύκλωση, λιπασματοποίηση ή παραγωγή βιομεθανίου ή ανάκτηση υλικών/ ενέργειας».

Όπως είναι αυτονόητο, η επιβολή των παραπάνω μέτρων, σε μια χώρα που σχεδόν εξ' ολοκλήρου βασίζεται στην υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και σε ένα σχετικά μικρό ποσοστό στην ανάκτηση συγκεκριμένων υλικών (όπως π.χ. γυαλί και χαρτί), απαιτεί την άμεση κινητοποίηση των αρμόδιων φορέων και τη δημιουργία ενός ενιαίου κατάλληλου πλάνου δράσης.

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα, οι μοναδικές υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων, οι οποίες συντελούν στην επίτευξη των παραπάνω στόχων, δηλαδή στην εκτροπή



του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ από τους χώρους υγειονομικής ταφής, είναι δυο Μονάδες Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης ΑΣΑ, που έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια στην Αθήνα και στα Χανιά. Οι συγκεκριμένες μονάδες είναι σχετικά νέες και δεν έχει αποδειχθεί ακόμη η ορθή λειτουργία τους και η απόδοσή τους. Πέραν αυτών και ειδικά όσον αφορά στις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων, η Ελλάδα έχει να δείξει μονάχα δυο αποτυχημένες, λόγω οικονομικών και λειτουργικών προβλημάτων, προσπάθειες εφαρμογής τους την δεκαετία του '90 στην Ζάκυνθο και στη Σαντορίνη.

Παρόλα αυτά, οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ θα πρέπει να ενσωματωθούν άμεσα στο πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα, καθώς μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη των προαναφερόμενων στόχων. Οι συνθήκες που ευνοούν την εν λόγω ενσωμάτωση περιλαμβάνουν:

- την «ωρίμανση» των διαθέσιμων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας και την μεγάλη εμπειρία, που έχει αποκτηθεί από την εφαρμογή αυτών σε χώρες του εξωτερικού, καθιστώντας τες οικονομικά βιώσιμες και περιβαλλοντικά αποδεκτές, αν όχι φιλικές,
- την θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών και όρων λειτουργίας αυτών από το Ευρωπαϊκό, αλλά και Ελληνικό δίκαιο, που εξασφαλίζουν την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος από την εφαρμογή τους,
- την ανάγκη περιορισμού της υγειονομικής ταφής ΑΣΑ για λόγους περιβαλλοντικούς (λόγω εμφάνισης φαινομένων ρύπανσης εδάφους και υπογείων υδάτων, σημαντικών εκπομπών μεθανίου), κοινωνικούς (λόγω προβλημάτων χωροθέτησης ΧΥΤΑ από αντιδράσεις των κατοίκων), αλλά και χωροταξικούς (λόγω έλλειψης διαθέσιμων εκτάσεων για την κατασκευή ΧΥΤΑ),
- τη δυνατότητα των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ να συμβάλουν σημαντικά και στην επίτευξη και άλλων πολιτικών στόχων πέρα αυτών που αφορούν στη διαχείριση των απορριμμάτων, όπως για παράδειγμα της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Όπως είναι γνωστό, η εξάντληση και η αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων, καθώς και οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε ενέργεια καθιστούν αναγκαία την χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/71/ΕΚ «Για την Προαγωγή της Ηλεκτρικής Ενέργειας που Παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές στην Εσωτερική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας», το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων θεωρείται ως βιομάζα και κατ' επέκταση ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γεγονός το οποίο έμμεσα επιβάλλει την ενεργειακή του αξιοποίηση. Επίσης, σύμφωνα με την ίδια Οδηγία η Ελλάδα θα πρέπει έως το έτος 2010 να παράγει το 20,1% της συνολικής ηλεκτρικής της ενέργειας από ΑΠΕ.

Παράλληλα, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/76/ΕΚ «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων» στόχος των μονάδων αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης οφείλει να είναι «...η μέγιστη εφικτή ανάκτηση της θερμότητας που παράγεται κατά τη διεργασία αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης, π.χ. μέσω της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, της παραγωγής ατμού για βιομηχανική χρήση ή της αστικής τηλεθέρμανσης...».

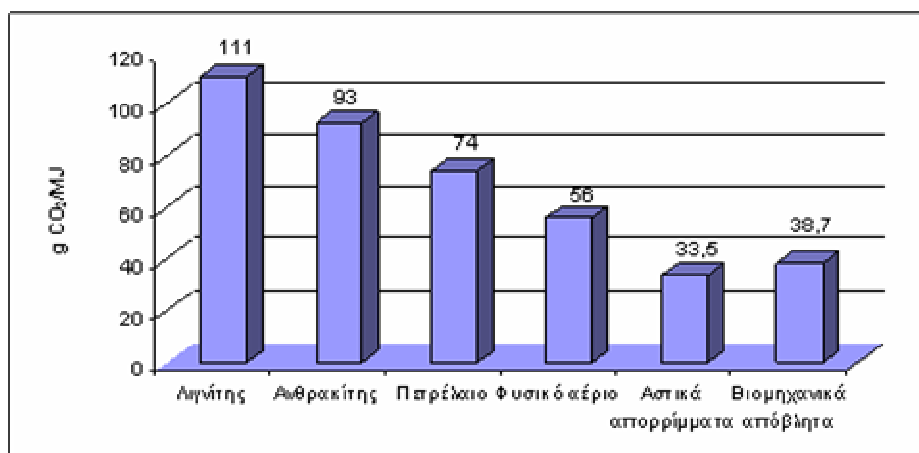
Βάσει των παραπάνω, η Ελλάδα, αν και θεωρείται πλούσια σε πολλές μορφές ΑΠΕ, όπως ήλιο, άνεμο, κτλ., μπορεί να πλησιάσει σημαντικά τους υφιστάμενους στόχους της, τόσο σε θέματα διαχείρισης των ΑΣΑ, όσο και σε θέματα υιοθέτησης ΑΠΕ, με εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Η υπάρχουσα εμπειρία 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 200.000MWh/έτος, εκ των οποίων οι 163.000MWh χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση 50.000 νοικοκυριών (Stengler, 2006). 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. m<sup>3</sup> φυσικού αερίου (Alibardi and Cossu, 2006).

Τέλος, 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 διοξεινίων, αποτελούν πλέον απαγορευτικά, αλλά και αντιμετώπισιμα (λόγω της ήδη υπάρχουσας τεχνογνωσίας) φαινόμενα.

Φυσικά, 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. CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub> σε έναν ΧΥΤΑ διαφοροποιείται από πόλη σε πόλη ή από χώρα σε χώρα αρκετά σημαντικά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι όσον αφορά στην παραγωγή CH<sub>4</sub> σε ΧΥΤΑ για την Ελλάδα οι εκτιμώμενες ποσότητες κυμαίνονται μεταξύ 30 – 250m<sup>3</sup>/ton ξηρών απορριμμάτων (Κόλλιας, 1993), ενώ για τις Η.Π.Α. ανέρχονται σε 62 standard m<sup>3</sup>/ton απορριμμάτων. Αντίστοιχα, οι παραγόμενες ποσότητες CO<sub>2</sub> ανέρχονται σε 1,32ton/ ton απορριμμάτων στις Η.Π.Α. και 1,5ton/ ton απορριμμάτων στην Αυστραλία και στο Ισραήλ (Themelis, 2003).

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 CO<sub>2</sub>. Όπως ενδεικτικά φαίνεται στο **Σχήμα 3-40**, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την καύση ΑΣΑ για την παραγωγή ενέργειας είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες άλλων καυσίμων, όπως π.χ. πετρελαίου και φυσικού αερίου.



**Σχήμα 3-40** Εκπομπή CO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή ενέργειας από την καύση διαφορετικών καυσίμων [(Bilitewski, 2006<sup>a</sup>).



Επίσης, το παραγόμενο CO<sub>2</sub> κατά την αποτέφρωση ΑΣΑ για την παραγωγή ενέργειας θεωρείται ως «αναπαραγόμενο» (regenerated) CO<sub>2</sub>, το οποίο συμβάλει στη μείωση της παραγωγής «πρωτογενούς» CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα, όπως λιγνίτη. Επομένως, θεωρείται ότι συμβάλει στη μείωση των «νέων» εισαγόμενων ποσοτήτων CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και τελικά στην επίτευξη των στόχων του Πρωτοκόλλου του Κιότο (Vehlow, 2006). Παράλληλα, το κόστος «εξοικονόμησης» 1ton CO<sub>2</sub> 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 1000€) (Stengler, 2006).

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.

### **3.5 Ζητήματα σχετικά με τη διάθεση των προϊόντων από τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία ΑΣΑ**

#### **3.5.1 Εισαγωγή**

Η νομοθεσία για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και ιδιαίτερα η απαίτηση για μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων υλικών που οδηγούνται προς ταφή και για ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και προώθηση τεχνολογιών οι οποίες βασίζονται στην μηχανική επεξεργασία των αποβλήτων για την ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών (μετάλλων, πλαστικού, κλπ.) ακολουθούμενη από βιολογική επεξεργασία προκειμένου για την παραγωγή σταθεροποιημένου προϊόντος το οποίο είτε θα αξιοποιηθεί με εφαρμογές σε εδάφη (υλικό τύπου compost), είτε θα αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας (π.χ. με παραγωγή δευτερογενών καυσίμων Solid Recovered Fuel / Residue Derived Fuel, παραγωγή βιοαερίου), είτε θα οδηγηθεί προς ταφή.

Το πρόβλημα το οποίο παραμένει τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο είναι η διάθεση των προϊόντων επεξεργασίας από τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία (MBT – Mechanical – Biological Treatment) των ΑΣΑ, η οποία δεν είναι εξασφαλισμένη δημιουργώντας σημαντικούς περιορισμούς στις δυνατότητες αξιοποίησης των αποβλήτων. Ιδιαίτερα για την περίπτωση του υλικού τύπου compost (CLO – Compost Like Output) και των ανακυκλώσιμων υλικών που παράγονται, τα οποία και εξετάζονται στην παρούσα αναφορά, οι δυνατότητες και οι όροι αξιοποίησής του είναι ακόμη ασαφείς, όπως θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια.

#### **3.5.2 Δυνατότητες διάθεσης προϊόντων MBT**

##### **3.5.2.1 Γενικά**

Η διάθεση των προϊόντων που παράγονται από τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ, αποτελούν μία παράμετρο η οποία εμποδίζει σημαντικά την περαιτέρω ανάπτυξη πρακτικής αυτής. Πιο συγκεκριμένα, βασικά προϊόντα της επεξεργασίας MBT (εξαιρώντας τα δευτερογενή καύσιμα και το βιοαέριο) είναι ένα υλικό τύπου compost (CLO) και ανακυκλώσιμα υλικά (Juniper, 2005)

Ειδικά για το CLO η δυνατότητα αξιοποίησής του στην αγορά εμφανίζεται επί του παρόντος μειωμένη, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Οι βασικές παράμετροι οι οποίες

επηρεάζουν τη δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων από την επεξεργασία MBT περιλαμβάνουν (AEAT, 1999):

- Τεχνικούς / νομοθετικούς περιορισμούς
- Υφιστάμενες ή μη προδιαγραφές
- Μεγάλες ποσότητες πρωτογενών ή ανταγωνιστικών προϊόντων
- Θέματα υγιεινής και ασφάλειας
- Τιμή πώλησης
- Διασφάλιση διαθεσιμότητας
- Μέγεθος αγοράς
- Ενημέρωση του ενδιαφερομένων

Ειδικά για το CLO το οποίο παράγεται κατά την επεξεργασία των ΑΣΑ, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, οι δυνατότητες αξιοποίησής του ως εδαφοβελτιωτικό είναι αρκετά περιορισμένες, εξαιτίας της χαμηλής ποιότητάς του και το γεγονός ότι το compost που προέρχεται από τη διαλογή στην πηγή του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ είναι πολύ καλύτερης ποιότητας και δύναται να αξιοποιηθεί εύκολα χωρίς μεγάλο κόστος.

### 3.5.2.2 Υλικό τύπου compost - CLO

#### Δυνατότητες αξιοποίησης

Σύμφωνα με τη θεματική στρατηγική της ΕΕ για την προστασία των εδαφών, η χρήση οργανικού κλάσματος (compost) προερχόμενου από απόβλητα στα εδάφη προτείνεται μόνο εφόσον το υλικό είναι πολύ καλής ποιότητας και η εφαρμογή του γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της ορθής αγροτικής πρακτικής. Η χρήση του υλικού αυτού προτείνεται για τους παρακάτω λόγους (Van-Camp et al, 2004):

- Διατήρηση του απαραίτητου επιπέδου οργανικού κλάσματος στα εδάφη
- Μείωση της διάβρωσης του εδάφους
- Βελτίωση βάθους άροσης και της διατήρησης του νερού και μείωση της διάχυσης θρεπτικών συστατικών
- Ολοκλήρωση του κύκλου ζωής των θρεπτικών συστατικών μέσω της επιστροφής τους στο έδαφος
- Μείωση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (το οποίο συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου)
- Η εφαρμογή σε ευαίσθητες περιοχές αυξάνει το θρεπτικό περιεχόμενό τους

Σε κάθε περίπτωση πάντως, η εφαρμογή του compost προερχόμενο από ΑΣΑ στο έδαφος θα πρέπει να γίνεται αφού αναλυθούν τα χαρακτηριστικά του εδάφους, οι χρήσεις του, οι κλιματικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του compost.

Το κυριότερο προϊόν της επεξεργασίας MBT, είναι ένα χαμηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό, το οποίο όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια δύσκολα μπορεί να απορροφηθεί στην αγορά. Η ποιότητα του προϊόντος αυτού, εξαρτάται από την συγκεκριμένη MBT τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί

για την επεξεργασία των ΑΣΑ καθώς και την περαιτέρω επεξεργασία του προϊόντος αυτού για βελτίωση των ιδιοτήτων αυτού. (DEFRA, 2005)

Στον **Πίνακα 3-28** παρατίθενται όλες οι δυνατότητες αξιοποίησης του CLO που παράγεται κατά την MBT επεξεργασία των ΑΣΑ (Juniper, 2005).

**Πίνακας 3-28 Πιθανές χρήσεις του CLO.**

Εφαρμογή	Σχόλια
Σε αγροτικές καλλιέργειες	Απαιτείται παραγωγή υλικού πολύ καλής ποιότητας – γενικά η χρήση είναι εξαιρετικά περιορισμένη
Στη δασοκομία	Απαιτεί υλικό χαμηλότερης ποιότητας – συνήθως ο τελικός χρήστης απαιτεί αποζημίωση προκειμένου να το χρησιμοποιήσει
Ως εδαφοβελτιωτικό ειδικά σε άγονες περιοχές	Για βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και διατήρηση της υγρασίας αυτού – έχει μεγάλη εφαρμοσιμότητα σε περιοχές όπως η Ελλάδα
Σε ενεργειακές καλλιέργειες	Περιορισμένες δυνατότητες χρήσης σε καλλιέργειες κράμβης για βιοντίζελ, και ιτιάς
Στην κηπουρική	Απαιτείται παραγωγή υλικού πολύ καλής ποιότητας – γενικά η χρήση είναι εξαιρετικά περιορισμένη
Σε αθλητικές εγκαταστάσεις (γήπεδα γκολφ, πλαγιές για σκι)	Περιορισμένη εφαρμογή λόγω χαμηλής ποιότητας
Σε κράσπεδα οδικών αρτηριών – αναχώματα, κατασκευές κτιρίων	Απαιτείται η επίστρωση στρώματος φύλλων για συγκράτηση υγρασίας σε δρόμους – συνήθως οι εργολάβοι ζητούν αντίτιμο προκειμένου να το χρησιμοποιήσουν
Πληρωτικό υλικό σε βιοφίλτρα απόσμησης (EPA)	Πρόκειται για χρήση για την μείωση των οσμών που προκαλούνται από οργανικές ενώσεις.
Σε ρυπασμένους χώρους – για αποκατάσταση χώρων	Παροδική χρήση η οποία δεν είναι μόνιμη και επομένως απαιτείται η εξεύρεση και εναλλακτικού τρόπου διάθεσης
Ως υλικό επικάλυψης ή τελική κάλυψη σε ΧΥΤΑ	Μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής, χωρίς να αναμένονται έσοδα

Σε περίπτωση που καμιά από τις παραπάνω δυνατότητες αξιοποίησης δεν καταστεί δυνατή θα πρέπει το βιοσταθεροποιημένο υλικό να καταλήξει για ταφή σε ΧΥΤΑ. Στην περίπτωση αυτή, ενώ επιτυγχάνεται η εκτροπή της ταφής βιοαποδομήσιμων υλικών σε ΧΥΤΑ, όπως αυτή απαιτείται από την Οδηγία 1999/31/ΕΚ, εν τούτοις το γεγονός της διάθεσης σε ΧΥΤΑ μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων διατηρεί το πρόβλημα της εξεύρεσης, κατασκευής και λειτουργίας χώρων ταφής αποβλήτων.

#### Περιορισμοί των δυνατοτήτων αξιοποίησης του CLO

Τα μεγαλύτερα εμπόδια για την εκτεταμένη χρήση του CLO σε διάφορες εφαρμογές σε εδάφη είναι η χαμηλή ποιότητα του υλικού αυτού, οι αυστηρές προδιαγραφές για την εφαρμογή υλικών στα εδάφη, και ο μεγάλη ανταγωνισμός από άλλα προϊόντα.

Ειδικότερα η χρήση του υλικού αυτού ως compost καλής ποιότητας είναι εξαιρετικά δύσκολη για τους εξής λόγους (Juniper, 2005):

- ❑ Οι εμφανείς ακαθαρσίες (π.χ. με γυαλιά και πλαστικά) στο τελικό προϊόν προδιαθέτουν αρνητικά τους χρήστες του υλικού αυτού

- ❑ Η παρουσία βαρέων μετάλλων στο υλικό αυτό ενδέχεται να οδηγήσει σε ρύπανση του εδάφους και κατά συνέπεια σε επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία.
- ❑ Οι βιομηχανίες τροφίμων πιέζουν προς την κατεύθυνση της μη χρήσης του υλικού αυτού σε καλλιέργειες
- ❑ Το προϊόν αυτό περιέχει σχετικά μικρό περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά
- ❑ Δεν υφίστανται προδιαγραφές (σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο) τόσο για τις διεργασίες επεξεργασίας ΑΣΑ για την παραγωγή compost όσο και για το παραγόμενο τελικό προϊόν το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εδάφη. Τέτοιες προδιαγραφές αναμένονται να αναπτυχθούν στο πλαίσιο της Οδηγίας για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα (EC, 2005). Η ύπαρξη των προδιαγραφών και προτύπων αυτών θα καταστήσει το CLO περισσότερο αξιόπιστο για χρήση σε εδάφη.

Οι προδιαγραφές ποιότητας του compost ποικίλουν ευρύτατα από χώρα σε χώρα, ακόμη και μέσα στην ΕΕ, τόσο όσον αφορά στη φιλοσοφία τους όσο και στις παραμέτρους που προσδιορίζονται, τα θεσμοθετημένα όριά τους και τα συστήματα πιστοποίησης (Λαζαρίδη et al., 2002). Οι ποιοτικές προδιαγραφές που προβλέπονται για την Ελλάδα, όπως αυτές αναφέρονται στην ΚΥΑ 114218 (ΦΕΚ 1016Β/1997) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3-29**.

**Πίνακας 3-29 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων βιολογικής επεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ στην Ελλάδα.**

Παράμετρος	Ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά
Cd (mg/kg dm)	10
Cr (mg/kg dm)	510
Cu (mg/kg dm)	500
Hg (mg/kg dm)	5
Ni (mg/kg dm)	200
Pb (mg/kg dm)	500
Zn (mg/kg dm)	2000
As (mg/kg dm)	15
Εντεροβακτήρια (αριθμός)	0
Περιεκτικότητα σε πλαστικό (% Ξηρού βάρους)	<0,3
Περιεκτικότητα σε γυαλί (% Ξηρού βάρους)	<0,5
Υγρασία (%)	<40
Κοκκομετρική διαβάθμιση για το 90% κατά βάρος <10 mm	

Οι παραπάνω προδιαγραφές είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθούν στα συστήματα MBT επεξεργασίας, αφού σε κάθε περίπτωση απαιτείται πολύ σημαντική – και πολύ ακριβή - περαιτέρω επεξεργασία του παραγόμενου προϊόντος, και μάλιστα θα είναι και πάλι αμφίβολη η επίτευξη των προδιαγραφών και η απορρόφηση του προϊόντος..

Ακόμη, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή στρατηγική για την προστασία του εδάφους, προτείνεται η χρήση compost προερχόμενο από διαλογή οργανικού στην πηγή και όχι η χρήση compost προερχόμενο από μηχανική και βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ. Μόνο με διαλογή στην πηγή είναι δυνατή η επίτευξη των προδιαγραφών που απαιτούνται για την παραγωγή compost καλής

ποιότητας το οποίο θα βελτιώνει και θα προστατεύει το έδαφος. Το CLO που προέρχεται από την επεξεργασία με MBT των ΑΣΑ είναι δυνατό να αξιοποιηθεί μόνο ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ (Van-Camp et al., 2004).

Επιπλέον, οι δυνατότητες διάθεσης CLO από MBT περιορίζονται ακόμα περισσότερο από το γεγονός ότι στην αγορά διατίθενται προϊόντα compost πολύ καλής ποιότητας που προτιμώνται από τους καλλιεργητές (DEFRA. 2005) τα οποία προέρχονται από:

- ❑ την επεξεργασία βιοαποδομήσιμων απόβλητων προερχόμενα από διαλογή στην πηγή
- ❑ την επεξεργασία κτηνοτροφικών και γεωργικών αποβλήτων
- ❑ την επεξεργασία ιλύος από την επεξεργασία αστικών λυμάτων
- ❑ πρωτογενή λιπάσματα

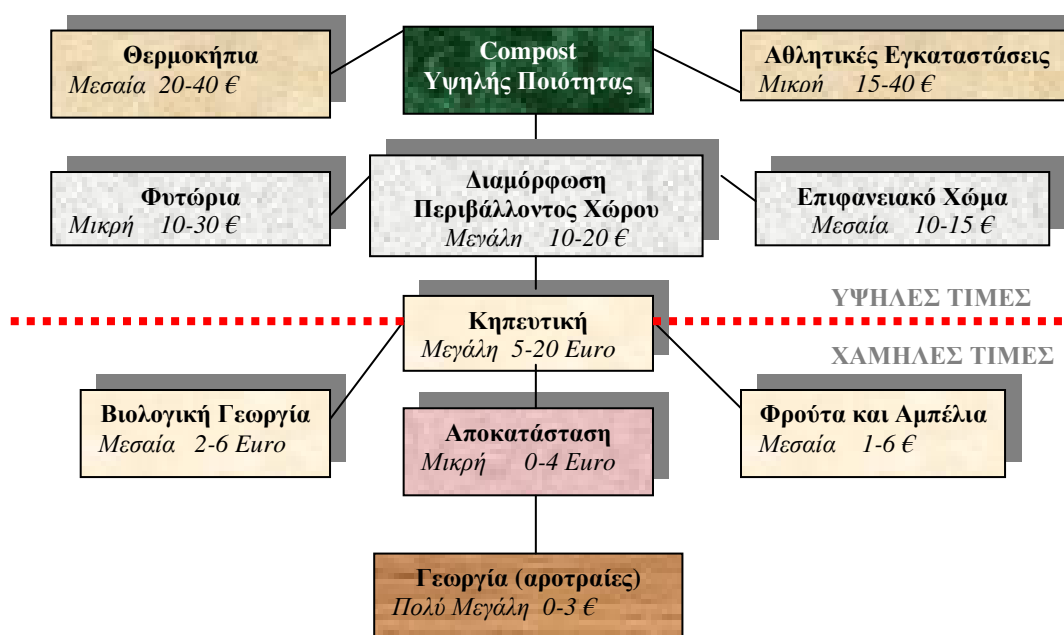
Κάθε προσπάθεια επίτευξης των προδιαγραφών υψηλής ποιότητας και «ανταγωνισμού» του compost που προκύπτει από διαλογή οργανικού στην πηγή, συνεπάγεται πολύ υψηλό κόστος επεξεργασίας το οποίο ενδέχεται να καταστήσει τη μονάδα επεξεργασίας μη βιώσιμη. Επομένως οδηγούμαστε προς τη λύση της διάθεσης του CLO είτε σε ΧΥΤΑ είτε σε χρήσεις που δεν αναμένεται να επιφέρουν έσοδα για την εγκατάσταση.

#### Ευκαιρίες αξιοποίησης του CLO

Οι μεγαλύτερες δυνατότητες αξιοποίησης του CLO που παράγεται από την επεξεργασία MBT των ΑΣΑ περιλαμβάνουν κυρίως:

- ❑ Τη χρήση ως εδαφοβελτιωτικό σε άγονες ή ξηρές περιοχές, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του εδάφους και να διατηρηθεί η υγρασία του. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί η μείωση των κινδύνων πλημμύρων και επέκτασης των φαινομένων της ερημοποίησης και αλμυρότητας των εδαφών. Η δυνατότητα αυτή είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα για τις Μεσογειακές χώρες, όπως η Ελλάδα. (Juniper, 2005)
- ❑ Τη χρήση ως υλικό επικάλυψης και τελικής κάλυψης σε ΧΥΤΑ. Η χρήση αυτή μπορεί να βρει μεγάλη εφαρμογή στην Ελλάδα, όπου η υγειονομική ταφή αποβλήτων αποτελεί μέχρι σήμερα τη σημαντικότερη πρακτική διαχείρισης αυτών
- ❑ Τη χρήση ως υλικό αποκατάστασης λατομείων ή παλαιών χωματερών. Πρόκειται για αγορά πολλά υποσχόμενη στην Ελλάδα με δεδομένη την πολιτική αποκατάστασης χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και ανενεργών Λατομείων
- ❑ Τεχνολογικές χρήσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η χρήση του ως πληρωτικό υλικό σε βιοφίλτρα απόσπησης για την μείωση των οσμών που προκαλούνται από κυρίως από οργανικές ενώσεις.(EPA)

Στο **Σχήμα 3-41** που ακολουθεί δίδονται ενδεικτικές τιμές και το μέγεθος για την αγορά του compost που προκύπτει από την επεξεργασία των ΑΣΑ (EEA. 2002)



Σχήμα 3-41 Τιμές και εύρος αγοράς για compost (οι τιμές εκφράζονται ανά m<sup>3</sup>)

#### Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η αγορά δεν είναι ακόμα ώριμη για την απορρόφηση CLO από αστικά απορρίμματα, για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό, πόσο μάλλον αφού δεν υφίστανται προδιαγραφές για την αξιοποίηση του υλικού αυτού σε διάφορες χρήσεις. Οι πιθανές χρήσεις του υλικού αυτού επηρεάζονται κατά πολύ από την ποιότητά του. Η ευρωπαϊκή προσέγγιση για την προστασία του εδάφους καθιστά ακόμη δυσκολότερη την αξιοποίηση του CLO ως εδαφοβελτιωτικό. Δεδομένου ότι η ποιότητα του παραγόμενου υλικού για γεωργική χρήση οφείλει να καλύπτει τις αυστηρές προδιαγραφές της νομοθεσίας εφόσον θα προέρχεται από σύμμεικτα αστικά απορρίμματα, η αγορά περιορίζεται σε εφαρμογές που είτε αποφέρουν χαμηλά έσοδα, είτε έχουν μηδενική εισφορά είτε δημιουργούν έξοδα (υλικό επικάλυψης, αποκαταστάσεις χώρων). Πιο συγκεκριμένα και όπως έχει ήδη αναφερθεί για διάφορες χρήσεις (δασοκομία, τεχνικά έργα) είναι συνήθως απαραίτητη η αποζημίωση του τελικού αποδέκτη του υλικού. Επομένως, η λύση αυτή είναι επιθυμητή μόνο εφόσον η ζητούμενη αποζημίωση είναι χαμηλότερη από το κόστος διάθεσης του υλικού σε ΧΥΤΑ, η οποία θα αποτελεί και την μοναδική εναλλακτική λύση για τη διαχείριση του CLO.

Σε κάθε περίπτωση, η αγορά compost από ΑΣΑ, πληρώνει γενικά χαμηλές τιμές, εκτός αν αποδεικνύεται ότι το παραγόμενο υλικό είναι υψηλής ποιότητας. Όταν στην περιοχή δεν υπάρχει διαθέσιμη ποσότητα κτηνοτροφικών αποβλήτων (ή άλλων εναλλακτικών υλικών καλύτερης ποιότητας), τα οποία και χρησιμοποιούνται απευθείας ως λίπασμα /οργανικό εδαφοβελτιωτικό, τότε η ζήτηση του compost από ΑΣΑ αυξάνεται.

Επομένως, ο φορέας εκμετάλλευσης μονάδας επεξεργασίας ΑΣΑ με MBT, δεν θα πρέπει να αναμένει ιδιαίτερα έσοδα από τη διάθεση του CLO. Ο πρώτος στόχος θα πρέπει να είναι η εξασφάλιση της διάθεσης του CLO, χωρίς κόστος για τη μονάδα (π.χ. με κάλυψη κόστους μεταφοράς από τον χρήστη), και κατόπιν να τεθεί ο στόχος πώλησης όλου ή μέρους του παραγόμενου υλικού. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι είναι πολύ πιθανό τελικά το CLO να

καταλήξει σε ΧΥΤΑ, λόγω του ότι δεν θα καταστεί δυνατή η αξιοποίησή του με οικονομικά βιώσιμους όρους. Στην περίπτωση αυτή η επεξεργασία των ΑΣΑ με ΜΒΤ συνεισφέρει στην επίτευξη των στόχων μείωσης των βιοαποδομήσιμων υλικών που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, μειώνει σε κάποιο βαθμό τη συνολική ποσότητα των αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή αλλά δεν εξασφαλίζει την αξιοποίηση του μεγαλύτερου μέρους των αποβλήτων.

Η κινητοποίηση της αγοράς μπορεί να συμβεί με το συνδυασμό των εξής δράσεων:

- ❑ Την υιοθέτηση της Οδηγίας για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα, στην οποία θα τίθενται προδιαγραφές επεξεργασίας και χρήσης των προϊόντων επεξεργασίας
- ❑ Εκτεταμένη ενημέρωση του ενδιαφερομένων φορέων και του κοινού σχετικά με τη χρήση του compost στα εδάφη
- ❑ Υιοθέτηση κινήτρων από την κυβέρνηση για προώθηση της ασφαλούς χρήσης του CLO ως εδαφοβελτιωτικό

Ιδιαίτερα η υιοθέτηση των κριτηρίων σύμφωνα με τα οποία ένα υλικό δεν θα θεωρείται πλέον απόβλητο αλλά δευτερογενές προϊόν (end of waste criteria) σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η οποία και αναμένεται, , αναμένεται να έχει σημαντική επίδραση στην αξιοποίηση του CLO και τις δυνατότητες διάθεσής του. Με τα κριτήρια αυτά θα καταστούν σαφείς οι απαιτήσεις για την παραγωγή προϊόντων επεξεργασίας τα οποία θα δύνανται πλέον να χρησιμοποιηθούν για διάφορες χρήσεις. Τα κριτήρια αυτά θα αφορούν τόσο στις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων όσο και στην καταλληλότητά τους για την προβλεπόμενη χρήση.

### 3.5.3 Ανακυκλώσιμα υλικά

#### 3.5.3.1 Παραγόμενα προϊόντα

Τα βασικά ανακυκλώσιμα υλικά τα οποία παράγονται κατά τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ είναι τα μέταλλα (σιδηρούχα και μη). Εφόσον το σύστημα επεξεργασίας αποσκοπεί στην μέγιστη δυνατή ανάκτηση ανακυκλώσιμων προϊόντων, είναι δυνατή, κυρίως με εφαρμογή χειροδιαλογής ή άλλων μηχανικών τεχνικών, και η ανάκτηση ποσοτήτων πλαστικού, χαρτιού και γυαλιού. Τα υλικά αυτά δεν είναι καθαρά αφού προέρχονται από σύμμεικτα ΑΣΑ και επομένως περιέχουν διάφορες προσμίξεις κυρίως οργανικού υλικού. Κατά συνέπεια, συγκρινόμενα με τα υλικά που προέρχονται από διαλογή στην πηγή, απορροφούνται πολύ πιο δύσκολα από την αγορά δευτερογενών προϊόντων. Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία αναφορικά με τις δυνατότητες και τα προβλήματα διάθεσης καθενός υλικού στην αγορά.

#### 3.5.3.2 Χαρτί

Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες/ ποιότητες, ανάλογα με την ποιότητα των ινών του και την ύπαρξη ξένων προσμίξεων. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που το χαρτί προέρχεται από σύμμεικτα απορρίμματα, αν και με τη χειροδιαλογή δύναται να προκύψουν μεγάλα ποσοστά ανά κατηγορία, η εμπορευσιμότητά του επιβαρύνεται λόγω των παρακάτω αναμενόμενων προσμίξεων:

- ❑ πλαστικών που δεν έχουν πλήρως διαχωριστεί (π.χ. θερμοπλαστικά film), τα οποία καταστρέφουν τον εξοπλισμό επανεπεξεργασίας (μορφοποίησης) χαρτιού
- ❑ οργανικών που είτε επικολλούνται (π.χ. τροφές), είτε αφορούν προσροφημένα υγρά,
- ❑ μικρών μετάλλων (συνδετήρες κλπ.).

Το χαρτί αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη αγορά για δευτερογενή υλικά στην Ελλάδα, και αποτελεί την κύρια κατηγορία υλικών-στόχων. Σύμφωνα με έρευνες αγοράς που έχουν υλοποιηθεί, προέκυψε ότι η ζήτηση για παλιό χαρτί προς ανακύκλωση στην ελληνική αγορά είναι σημαντική και παρουσιάζει αυξητικές τάσεις.

Οι γενικές απαιτήσεις για να είναι αποδεκτό το χαρτί στην αγορά είναι να είναι καθαρό κλάσμα, απαλλαγμένο από προσμίξεις άλλων υλικών(πλαστικά, ζελατίνες, εξώφυλλα, κλασέρ, μέταλλα, οργανικά ή άλλα υλικά) και να μην περιέχει υγρασία.

Οι τιμές πώλησης του παλιού χάρτου παρουσιάζουν διακυμάνσεις, επηρεαζόμενες από τη διαμόρφωση της τιμής του στη διεθνή αγορά. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 35 – 170 € / τόνο ανάλογα με την ποιότητα του χαρτιού.

### 3.5.3.3 Μέταλλα

#### Σιδηρούχα μέταλλα

Η ανακύκλωση σιδηρούχων αφορά κυρίως τα σιδερένια κουτιά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία και αποτελούνται από χάλυβα, με λεπτή εσωτερική επικάλυψη κασσίτερου (tin cans) για να αποφεύγεται η σκωρία και να προστατεύεται το περιεχόμενο του κουτιού. Οι απαιτήσεις που τίθενται από τις ενδιαφερόμενες εταιρίες προκειμένου να απορροφήσουν τα ανακτώμενα μέταλλα, εστιάζονται στα εξής:

- ❑ Τα μέταλλα πρέπει να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους και απαλλαγμένα από ξένα σώματα (π.χ. πλαστικά, ξύλο, χόματα, κλπ).
- ❑ Ο διαχωρισμός των ανακτήσιμων σιδηρούχων μετάλλων σε διάφορες κατηγορίες είναι συνήθως απαραίτητη προϋπόθεση και παράλληλα αυξάνει την τιμή πώλησης.

Στο σύνολό τους, οι εταιρίες δηλώνουν ικανότητα και επιθυμία να απορροφήσουν το σύνολο της ανακτήσιμης ποσότητας scrap μετάλλων. Οι τιμές που επιτυγχάνονται για τα σιδηρούχα μέταλλα είναι της τάξης των 120 – 130 € / τόνο αλλά τονίζεται ότι οι τιμές εξαρτώνται κατά πολύ από το είδος, το βαθμό συμπίεσης και την καθαρότητα του scrap.

#### Μη σιδηρούχα μέταλλα

Η βασική κατηγορία μη σιδηρούχων μετάλλων είναι το αλουμίνιο. Η ανακύκλωση αλουμινίου αφορά κυρίως τα κουτιά αναψυκτικών και μπύρας. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του αλουμινίου είναι η πολύ υψηλή τιμή που έχει το υλικό ως scrap, κάτι που ευνοεί την ανακύκλωσή του σε υψηλά ποσοστά. Τα κουτιά του αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν πολλαπλές φορές χωρίς το τελικό προϊόν να υστερεί σε ποιότητα, όπως συμβαίνει με το χαρτί. Οι απαιτήσεις που τίθενται από τις ενδιαφερόμενες εταιρίες προκειμένου να απορροφήσουν τα ανακτώμενα μέταλλα, εστιάζονται στα εξής:

- ❑ Τα μέταλλα πρέπει να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους και απαλλαγμένα από ξένα σώματα (π.χ. πλαστικά, ξύλο, χόματα, κλπ).
- ❑ Πολλές φορές η συμπίεση δεν είναι επιθυμητή, κυρίως στα κουτιά αλουμινίου, για τη διασφάλιση της καθαρότητας αλλά και τον εύκολο διαχωρισμό της φύρας. Εναλλακτικά, είναι επιθυμητή η ελαφριά συμπίεση σε μπάλες (δεμάτια).
- ❑ Η διακύμανση των τιμών του ανακυκλωμένου αλουμινίου μεταβάλλεται πολύ συχνά, σύμφωνα με το χρηματιστήριο μετάλλων.



Οι τιμές που επιτυγχάνονται για το scrap αλουμινίου είναι της τάξης των 1.000 € / τόνο αλλά τονίζεται ότι οι τιμές εξαρτώνται κατά πολύ από το είδος, το βαθμό συμπίεσης και την καθαρότητά του.

#### 3.5.3.4 Γυαλί

Το γυαλί, σε αντίθεση με το χαρτί, μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς αλλοίωση και χαρακτηρίζεται από μηδενική διαπίδυση προς το περιεχόμενό του. Για τους λόγους αυτούς, το γυαλί θεωρείται για πολλές χρήσεις το φιλικότερο προς το περιβάλλον υλικό. Η ανακύκλωση του γυαλιού αφορά μπουκάλια, γυάλινα δοχεία, τζάμια, πιάτα, γυαλιά υψηλής αντοχής σε θερμότητα και κρύσταλλα. Κατά τη συλλογή, θραύεται προκειμένου να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Το τελικό προϊόν της ανακύκλωσης γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή προϊόντων της βιομηχανίας γυαλιού, υαλοβάμβακα, fiberglass, σημάτων για τους δρόμους κλπ..

Η αύξηση της ανακύκλωσης του γυαλιού περιορίζεται από την διαφορετική χημική σύσταση των φιαλών, το διαφορετικό χρωματισμό τους και το κόστος μεταφοράς. Επιπλέον, οι προδιαγραφές του υαλοθραύσματος που αναπτύσσονται διεθνώς αποτελούν ακόμα ένα πρόβλημα το οποίο οδηγά στη χρήση του ανακυκλωμένου γυαλιού για την παραγωγή συγκεκριμένων μόνο γυάλινων προϊόντων (AEAT, 1999)

Στην Ελλάδα υπάρχει μόνο μία βιομηχανική μονάδα που μπορεί να απορροφήσει scrap γυαλιού, ενώ το υπόλοιπο μπορεί να εξαχθεί. Οι βασικές προϋποθέσεις που τίθενται για την διάθεση του γυαλιού είναι:

- ❑ Να είναι απαλλαγμένο από οποιαδήποτε πρόσμιξη, όπως ετικέτες, καπάκια, ξύλα, μέταλλα, πλαστικά, χώμα, πέτρες, κλπ.
- ❑ Να είναι διαχωρισμένο ανά χρώμα (δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς διαχωρισμό για λόγους ποιότητας παραγόμενου γυαλιού και χρώματος).
- ❑ Να προέρχεται από φιάλες γνωστής χημικής σύνθεσης (να μην υπάρχουν προσμίξεις με πορσελάνες, πυρέξ ή κρύσταλλα).

Η τιμή διάθεσης του γυαλιού κυμαίνεται από 30 – 50 € /τόνο ανάλογα με τις διάφορες ποιότητές του, όσον αφορά το χρώμα, και την καθαρότητά του από ξένες ύλες.

#### 3.5.3.5 Πλαστικό

Τα πλαστικά προϊόντα είναι υλικά υψηλής τεχνολογίας και ποιότητας, χαμηλής τιμής και πολύ πρακτικά και χρήσιμα για τη συσκευασία πολλών προϊόντων. Τα διάφορα είδη πλαστικών συσκευασιών σχετίζονται με την πρώτη ύλη του πολυμερούς (πολυαιθυλένιο – PE, τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο – PET, πολυπροπυλένιο – PP, πολυστυρένιο – PS, πολυκαρβονικό –PC, πολυβινυλοχλωρίδιο – PVC).

Σε γενικές γραμμές ο ρυθμός ανακύκλωσης των πλαστικών είναι χαμηλός συγκριτικά με τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα υλικά οφείλεται κατά κύριο λόγο στα ακόλουθα:

- ❑ Υπάρχουν πολλές ποιότητες και τύποι πλαστικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση, γεγονός που καθιστά μη εφικτή την από κοινού αναγέννησή τους, δεδομένου ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν μονάδες χημικής αναγέννησης πλαστικών
- ❑ Είναι αρκετά δύσκολο να αναγνωρισθούν τα διάφορα είδη πλαστικού.

- ❑ Συνήθως περιέχουν πολλές προσμίξεις αφού οι περισσότερες συσκευασίες χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία τροφίμων. Υφίστανται επίσης βιολογικές προσμίξεις, οι οποίες δεν καταστρέφονται. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι τα μπουκάλια PET και HDPE δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για συσκευασία τροφίμων.
- ❑ Υψηλό κόστος ανάκτησης.

Η ανακύκλωση των πλαστικών αφορά κυρίως PET και PE (για προϊόντα όπως διάφορα υποβοηθητικά υλικά για επιστρώσεις και επενδύσεις, σχοινιά και σπάγγοι, γεωφάσματα, επιστρώσεις δαπέδων, δεξαμενές, κάδους, γλάστρες, κλπ). Δεν υπάρχει ενδιαφέρον για ανάμικτο πλαστικό, αφού δεν γίνεται να αναγεννηθεί με μηχανική διεργασία στην Ελλάδα..

Οι γενικές απαιτήσεις που τίθενται από τις επιχειρήσεις, συνοψίζονται στα παρακάτω:

- ❑ Τα κάθε είδους πλαστικά απαιτείται να είναι σχεδόν απολύτως διαχωρισμένα μεταξύ τους, με μηδενικές προσμίξεις από άλλης κατηγορίας πλαστικά.
- ❑ Τα ανακτώμενα πλαστικά πρέπει να διατίθενται απολύτως καθαρά, χωρίς προσμίξεις ξένων ουσιών, όπως υπολείμματα οργανικών ουσιών.

Οι τιμές των πλαστικών διαμορφώνονται ανάλογα με την κατάσταση που διατίθεται το ανακτώμενο υλικό και είναι της τάξης των 80 – 350 € / τόνο ανάλογα με τον τύπο του πλαστικού, την καθαρότητα του υλικού τόσο ως προς προσμίξεις ξένων ουσιών, όσο και ως προς προσμίξεις με άλλα πλαστικά.

### 3.5.3.6 Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω η διάθεση των ανακυκλώσιμων υλικών τα οποία προέρχονται από την μηχανική – βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω των προσμίξεων που περιέχονται στα υλικά αυτά και των αυστηρών προδιαγραφών που τίθενται από τους τελικούς χρήστες. Σε κάθε περίπτωση τα υλικά αυτά δεν δύνανται να ανταγωνιστούν τα αντίστοιχα υλικά που προέρχονται από συστήματα ανακύκλωσης με διαλογή στην πηγή, τα οποία πωλούνται σε υψηλότερες τιμές και δύνανται να αξιοποιηθούν σε πολύ περισσότερες χρήσεις. Μόνο το scrap μετάλλων φαίνεται να διαθέτει σημαντική αξία μεταπώλησης, αποφέροντας τα σημαντικότερα έσοδα για τις μονάδες επεξεργασίας ΑΣΑ με MBT. Τα υπόλοιπα υλικά δύνανται να αξιοποιηθούν μόνο εφόσον είναι υψηλής καθαρότητας γεγονός το οποίο συνεπάγεται σημαντική αύξηση του κόστους επεξεργασίας στη μονάδα MBT, η οποία ενδέχεται να την καταστήσει μη βιώσιμη. Η υιοθέτηση των κριτηρίων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η οποία και αναμένεται, σύμφωνα με τα οποία ένα υλικό δεν θα θεωρείται πλέον απόβλητο αλλά προϊόν, αναμένεται να έχει πολύ θετική επίδραση στην αξιοποίηση των ανακυκλώσιμων προϊόντων από την επεξεργασία των ΑΣΑ, τα οποία θα μπορούν να απορροφηθούν ευκολότερα από την αγορά.

Σε κάθε περίπτωση τονίζεται ότι η μηχανική – βιολογική επεξεργασία δεν είναι σε θέση από μόνη της να επιτύχει (ούτε καν να πλησιάσει) τους στόχους που τίθενται από τις Οδηγίες για τις συσκευασίες.

### 3.5.4 Βασικά συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση η μηχανική – βιολογική επεξεργασία ΑΣΑ αν και περιλαμβάνει σύγχρονες και σχετικά απλές εναλλακτικές διεργασίες επεξεργασίας, αντιμετωπίζει το πρόβλημα της διάθεσης των παραγόμενων προϊόντων. Όπως περιγράφηκε παραπάνω τόσο η

διάθεση του παραγόμενου CLO όσο και η διάθεση των παραγόμενων ανακυκλώσιμων υλικών είναι προβληματική για λόγους που έχουν να κάνουν κυρίως με:

- ❑ Την ποιότητα του προϊόντος
- ❑ Τον ανταγωνισμό από προϊόντα καλής ποιότητας
- ❑ Την έλλειψη εθνικών ή διεθνών προτύπων και προδιαγραφών για την επεξεργασία των ΑΣΑ και τα παραγόμενα προϊόντα
- ❑ Τις αυστηρές προδιαγραφές που τίθενται για τη χρήση των υλικών είτε ως εδαφοβελτιωτικό (CLO) είτε για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων από ανακυκλώσιμα υλικά
- ❑ Την Ευρωπαϊκή στρατηγική για την προστασία των εδαφών η οποία ουσιαστικά προβλέπει τη χρήση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ ως εδαφοβελτιωτικό μόνο στην περίπτωση που προέρχεται από διαλογή στην πηγή

Όπως προκύπτει από την ανάλυση που προηγήθηκε η αγορά στην Ελλάδα (αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο) για την αξιοποίηση του CLO ως εδαφοβελτιωτικό ή άλλες χρήσεις, από τις οποίες θα μπορούσαν να αναμένονται έσοδα, δεν είναι ώριμη αφού και το προϊόν αυτό δεν είναι υψηλής ποιότητας. Μόνο για το compost που παράγεται από τη διαλογή στην πηγή του οργανικού, το οποίο και είναι και υψηλής ποιότητας, είναι άμεσο διαθέσιμο στην αγορά με σχετικά χαμηλό κόστος. Προκειμένου το CLO να καταστεί ποιοτικά ανταγωνιστικό με το compost από τη διαλογή στην πηγή του οργανικού απαιτείται η σημαντική αύξηση του κόστους επεξεργασίας, η οποία μπορεί να καταστήσει τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης εξαιρετικά αμφίβολη.

Από την άλλη με την μηχανική – βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ επιτυγχάνονται οι στόχοι που τίθενται από την νομοθεσία αναφορικά με την μείωση της ταφής των βιοαποδομήσιμων υλικών από τα ΑΣΑ, αφού το παραγόμενο προϊόν είναι σταθεροποιημένο. Επιπλέον, επιτυγχάνεται και μείωση του συνολικού όγκου των αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, αντιμετωπίζοντας ως ένα βαθμό το πρόβλημα της μείωσης των διαθέσιμων χώρων ταφής.

Η εμπειρία και η ελληνική και διεθνής πρακτική δείχνει ότι οι δυνατότητες αξιοποίησης των CLO περιορίζονται σε χρήσεις σε ΧΥΤΑ ως υλικό επικάλυψης ή υλικό τελικής κάλυψης, για την αποκατάσταση λατομείων και άλλων επιβαρημένων χώρων καθώς και σε διάφορες κατασκευές (π.χ. δρόμων, πάρκων, κλπ). Επίσης ιδιαίτερης προσοχής θα πρέπει να έχει η δυνατότητα αξιοποίησης του υλικού αυτού σε συστήματα απόσμισης. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτού του είδους οι εκμετάλλευσης του CLO δεν αναμένονται να επιφέρουν έσοδα για τη μονάδα MBT, ενώ είναι πιθανό ο τελικός χρήστης του υλικού να απαιτήσει αποζημίωση. Η λύση αυτή προτιμάται μόνο εφόσον το κόστος της αποζημίωσης είναι μικρότερο από το κόστος ταφής του CLO. Επομένως, ο βασικός στόχος των φορέων εκμετάλλευσης των μονάδων MBT θα πρέπει να είναι η διάθεση του υλικού αυτού χωρίς κόστος.

Αναφορικά με τα ανακυκλώσιμα υλικά τις μεγαλύτερες δυνατότητες αξιοποίησης έχουν τα μέταλλα, στην ανάκτηση των οποίων θα πρέπει να εστιάζει η μηχανική επεξεργασία.

Η καθιέρωση κριτηρίων σύμφωνα με τα οποία ένα υλικό παύει να είναι απόβλητο και θεωρείται πλέον προϊόν, η οποία και αναμένεται να λάβει χώρα σύντομα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, θα επιδράσει θετικά στην ωρίμανση και αύξηση των αγορών αξιοποίησης των προϊόντων από την επεξεργασία των ΑΣΑ με MBT και ιδιαίτερα στην περίπτωση του CLO. Με τα κριτήρια αυτά, τα οποία θα αφορούν τόσο στις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων όσο και στην καταλληλότητά τους

για την προβλεπόμενη χρήση, αναμένεται να προωθηθεί η ανάπτυξη της βιομηχανίας επεξεργασίας αποβλήτων προς την κατεύθυνση της παραγωγής δευτερογενών προϊόντων καλής ποιότητας και θα μειωθεί η ύπαρξη δράσεων ανάκτησης υλικών αμφιβόλου ποιότητας.

Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ πιθανό τελικά όλα τα προϊόντα της επεξεργασίας των ΑΣΑ να καταλήξουν σε ΧΥΤΑ, επιτυγχάνοντας κάποια μείωση του όγκου και σταθεροποίηση του οργανικού κλάσματος.

### 3.6 Παραγωγή δευτερογενών καυσίμων

#### 3.6.1 Εισαγωγή

Ένα σημαντικό ζήτημα τόσο για τη Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ) όσο και για τη Θερμική (ΘΕ), είναι αυτό της παραγωγής και διάθεσης δευτερογενούς καυσίμου, προερχόμενου από την επεξεργασία στερεών αποβλήτων. Στη συνέχεια θα αναφερθούν:

- ❑ Οι επιδράσεις του θεσμικού πλαισίου στη διαχείριση του δευτερογενούς καυσίμου
- ❑ Τεχνικά ζητήματα που σχετίζονται με την αποτέφρωση ή την συναποτέφρωση δευτερογενούς καυσίμου
- ❑ Βασικά συμπεράσματα

Κατά τη ΜΒΕ παράγονται αρκετοί τύποι προϊόντων, τα οποία συνήθως ονομάζονται RDF (Residual Derived Fuel) ή SRF (Solid Residual Fuel). Η ποιότητα τους δεν είναι σταθερή και εξαρτάται τόσο από τα εισερχόμενα απόβλητα όσο και από τις απαιτήσεις της αγοράς.

Αν και δεν υπάρχει κάποια σαφής ορολογία που να αποτυπώνει διαφορές μεταξύ RDF και SRF, σε γενικές γραμμές το SRF είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για το προϊόν που προκύπτει μετά από επεξεργασία υψηλότερου βαθμού.

Μια άλλη τυποποίηση που συναντάται έγκειται στη σειρά κατά την οποία γίνονται οι διεργασίες επεξεργασίας και στο περιεχόμενο του δευτερογενούς καυσίμου. Έτσι, ο όρος RDF χρησιμοποιείται συχνότερα για δευτερογενές καύσιμο που παράγεται κατά τη φάση της μηχανικής διαλογής (εκτρέποντας από τη βιολογική επεξεργασία τα καύσιμα υλικά) και αποτελείται κυρίως από πλαστικά, χαρτί και ξύλα, ενώ ο όρος SRF χρησιμοποιείται συχνότερα για δευτερογενές καύσιμο που παράγεται μετά και το πέρας της βιολογικής επεξεργασίας και περιλαμβάνει υψηλό ποσοστό οργανικής ύλης, μεταξύ άλλων καυσίμων υλικών (στην περίπτωση ατή η μηχανική διαλογή απομακρύνει κυρίως τα αδρανή για να ανέβει η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου).

#### 3.6.2 Χρήσεις παραγόμενων προϊόντων

Οι εναλλακτικές λύσεις εκμετάλλευσης των προϊόντων ΜΒΕ, ήτοι του RDF & SRF, είναι οι εξής :

- ❑ Καύση του παραγόμενου προϊόντος σε εγκατάσταση που σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτό
- ❑ Χρήση ως καυσίμου υλικού στην τσιμεντοβιομηχανία
- ❑ Χρήση ως καυσίμου υλικού σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας
- ❑ Χρήση ως καυσίμου υλικού σε άλλες βιομηχανίες (χαρτοβιομηχανία, βιομηχανίες παραγωγής χημικών, φαρμακοβιομηχανία, μεταλλουργία κ.α)

Η επιλογή της χρήσης του παραγόμενου προϊόντος άπτεται νομικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών θεμάτων που παρουσιάζονται παρακάτω.

### 3.6.3 Νομικό πλαίσιο

Η χρήση του παραγόμενου RDF/SRF ως καύσιμου υλικού, σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω περιπτώσεις, διέπεται από το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την καύση, τη διαχείριση ΑΣΑ και την ενεργειακή παραγωγή. Παρακάτω, περιγράφονται συνοπτικά οι κοινοτικές οδηγίες που έχουν εκδοθεί και αφορούν τη χρήση αυτή.

#### Οδηγία 75/442/EE

Η ερμηνεία του όρου 'στερεά απόβλητα' όπως αποσαφηνίζεται από την παραπάνω οδηγία πλαίσιο για τα στερεά απόβλητα, αλλά και από την τροποποίηση της με τις οδηγίες 91/156/EE & 2003/12/EE, είναι ευρεία και καλύπτει και τα δευτερογενή καύσιμα υλικά που εξετάζει το κεφάλαιο αυτό. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να λησμονείται το γεγονός ότι τα υλικά αυτά θεωρούνται ακόμη απόβλητα, παρά το γεγονός ότι αποτελούν καύσιμα υλικά που έχουν προέλθει μετά από επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ.

Το ευρωπαϊκό δικαστήριο σύμφωνα με τις αποφάσεις του, ορίζει το πότε ένα υλικό θεωρείται απόβλητο αλλά δεν αποσαφηνίζει πλήρως το πότε ένα υλικό παύει να χαρακτηρίζεται έτσι. Ως σήμερα, το ευρωπαϊκό δικαστήριο θεωρεί ένα υλικό ως απόβλητο ακόμη και μετά από πολλά στάδια τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία και ανάκτησή του.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση των υλικών αυτών ως καυσίμων, δημιουργεί περαιτέρω επιπλοκές, μια και στην περίπτωση αυτή υπάγονται στη σχετική νομοθεσία και στους κανονισμούς αδειοδότησης που διέπουν τη μεταφορά και εκμετάλλευση των καυσίμων υλών. Παραταύτα, στο παράρτημα ΙΙΒ της οδηγίας αυτής, αναφέρεται ό,τι στις περιπτώσεις εκείνες όπου τα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας, τα κράτη μέλη (ΚΜ) μπορούν, υπό όρους, να τα εξαιρέσουν από τις διαδικασίες αδειοδότησης.

Το ευρωπαϊκό δικαστήριο τέλος, εξέδωσε πρόσφατα δύο αποφάσεις με σημαντικό αντίκτυπο στην αγορά των δευτερογενών προϊόντων RDF/SRF. Σύμφωνα με την πρώτη, η χρήση των αποβλήτων ως καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία θεωρείται ανάκτηση, όταν παράγεται περίσσεια θερμότητας και η θερμότητα αυτή χρησιμοποιείται για τις ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας. Η δεύτερη υπαγορεύει ότι, η αποτέφρωση απορριμμάτων σε εγκαταστάσεις καύσης αστικών ΑΣΑ με συμπαραγωγή ή μη ενέργειας, θεωρείται τελική διάθεση και όχι ανάκτηση. Αυτό έχει ως επακόλουθο, να μη συνυπολογίζονται πλέον τα ποσά ενέργειας τα οποία ανακτώνται από τους αποτεφρωτήρες αυτούς, στην εκπλήρωση των εθνικών στόχων ανάκτησης για τα υλικά συσκευασίας, τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και τα οχήματα τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ), όπως ορίζονται από την κοινοτική και εθνική νομοθεσία. Αυτό θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την εκτροπή και χρήση των αποβλήτων αυτών ως δευτερογενών καυσίμων σε βιομηχανικές μονάδες, ώστε τα ΚΜ να εκπληρώσουν τους στόχους αυτούς.

*Δεν είναι ακόμη σαφές από τις αποφάσεις αυτές, αν η καύση RDF/SRF σε εγκατάσταση που σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτό, θεωρείται τελική διάθεση ή ανάκτηση.*

#### Οδηγία 99/31/EE

Η οδηγία 99/31 περί υγειονομικής ταφής, υπαγορεύει τη σταδιακή μείωση του ποσοστού των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή από το 2010. Ο σκοπός αυτός μπορεί να

επιτευχθεί από τα ΚΜ είτε με την εφαρμογή προγραμμάτων διαλογής στην πηγή (ΔσΠ), είτε με το διαχωρισμό του βιοαποδομήσιμου κλάσματος στις μονάδες επεξεργασίας. Το υπολειμματικό κλάσμα αποβλήτων από μια τέτοια διαδικασία μπορεί στη συνέχεια να επεξεργασθεί και να μετατραπεί σε RDF/SRF το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο υλικό. Το υλικό αυτό θα είναι σαφώς ξηρότερο με μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο. Εναλλακτικά, το υπολειμματικό κλάσμα μπορεί να οδηγηθεί σε μαζικούς καυστήρες χωρίς προεπεξεργασία.

#### Οδηγία 2000/76

Με την νέα οδηγία 2000/76, αντικαθίστανται οι προηγούμενες οδηγίες 89/369/ΕΕ και 89/429/ΕΕ που αφορούσαν την αποτέφρωση ΑΣΑ. και την 94/67/ΕΕ σχετικά με την καύση επικίνδυνων αποβλήτων. Η νέα οδηγία αναφέρεται στους όρους αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης<sup>25</sup> αποβλήτων. Η νέα οδηγία επιβάλλει αυστηρότερα όρια εκπομπής και ως εκ τούτου αυστηρότερες τεχνικές προδιαγραφές για τις μονάδες αποτέφρωσης.

Η διαφορά στα όρια εκπομπής αέριων ρύπων που παράγονται από την αποτέφρωση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων, που υπήρχε στις προηγούμενες οδηγίες, αναιρείται μέχρι ενός σημείου στη νέα οδηγία. Επιπρόσθετα, η συναποτέφρωση αποβλήτων στην τσιμεντοβιομηχανία δεν εμπίπτει πλέον στον 'κανόνα ανάμειξης' που όριζαν οι οδηγίες αυτές.

Στην οδηγία αυτή, όπως και στην προηγούμενη περί καύσης επικινδύνων αποβλήτων, ισχύουν τα όρια εκπομπής αέριων ρύπων σε ό,τι αφορά την συναποτέφρωση αποβλήτων, όπως αυτά υπολογίζονται από τον 'κανόνα ανάμειξης'. Αναγκαία προϋπόθεση για αυτό είναι, το λιγότερο από το 40% της παραγόμενης θερμότητας να οφείλεται στην καύση επικινδύνων αποβλήτων, δεδομένου ότι δεν συναποτεφρώνονται και μη επεξεργασμένα ΑΣΑ. Τέλος, ο 'κανόνα ανάμειξης' δεν θα εφαρμόζεται πλέον στην τσιμεντοβιομηχανία.

#### Οδηγία 96/61 (IPPC)

Η οδηγία 96/61/ΕΕ επηρεάζει την εκμετάλλευση του RDF/SRF, καθώς θέτει όρια και κανόνες για τις μονάδες καύσης με εγκατεστημένη θερμική ισχύ >50 MW, για τις μονάδες απόθεσης ή ανάκτησης επικίνδυνων αποβλήτων και για τις μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ.

Σύμφωνα με την οδηγία IPPC, εκδίδονται από την ΕΕ συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές (BREFs) τα οποία εισάγουν την χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών (ΒΔΤ) στη βιομηχανία. Ο σκοπός των BREFs είναι να βοηθήσουν τα ΚΜ στην εναρμόνιση τους με την παραπάνω οδηγία. Έχουν ήδη δημοσιευθεί τα BREFs που αφορούν την τσιμεντοβιομηχανία και αναμένεται η έκδοση των αντίστοιχων για την επεξεργασία και καύση των ΑΣΑ.

Τα όρια εκπομπής τα οποία περιγράφονται στην οδηγία 2000/76 είναι σε συμφωνία με αυτά που επιτυγχάνονται με τη χρήση ΒΔΤ όπως αναφέρονται στα BREFs στην περίπτωση της τσιμεντοβιομηχανίας. Έτσι με την υιοθέτηση των ΒΔΤ, τα όρια εκπομπής ρύπων από τη συναποτέφρωση, θα ανταποκρίνονται στις πραγματικές εκπομπές της βιομηχανίας. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας, μια και το κόστος επένδυσης προς συμμόρφωση με την οδηγία 2000/76 πρακτικά θα μηδενιστεί, εφόσον η βιομηχανία θα λειτουργεί ήδη υπό τις επιταγές της οδηγίας IPPC, ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται απόβλητα ως καύσιμη ύλη.

Το υπό έκδοση BREF για την αποτέφρωση αποβλήτων, δε θα καλύπτει και τη συναποτέφρωση αυτών με άλλα υλικά. Η περίπτωση αυτή θα καλύπτεται από το BREF της αντίστοιχης βιομηχανίας στην οποία τα απόβλητα θα συναποτεφρώνονται (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία). Τέλος, το

<sup>25</sup> Εννοείται στο εξής, η αποτέφρωση σε συνδυασμό με άλλες καύσιμες ύλες

BREF που θα αφορά την επεξεργασία αποβλήτων θα πραγματοποιείται και την παραγωγή του RDF/SRF.

#### Οδηγία 2001/77/ΕΕ

Η πρόσφατη οδηγία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχει ως κύριο στόχο την προώθηση των εν λόγω ενεργειακών πόρων στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Στην οδηγία αυτή αναφέρεται ό,τι η αποτέφρωση σύμμεικτων ΑΣΑ προς παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, στην περίπτωση που αυτή αντίκειται στην ιεραρχία βιώσιμης διαχείρισης των αποβλήτων.

Από την άλλη πλευρά, η εν λόγω οδηγία προωθεί την καύση βιομάζας ως μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η βιομάζα, η οποία θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ορίζεται ως το βιοαποδομήσιμο κλάσμα προϊόντων και αποβλήτων γεωργικών και ζωικών υπολειμμάτων, αλλά και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών στερεών αποβλήτων. Δεν περιλαμβάνει το υψηλής θερμογόνου δύναμης RDF/SRF. Παρόλα αυτά, είναι τεχνικά αδύνατο να μην υπάρχει βιοαποδομήσιμο κλάσμα στο RDF/SRF.

Το γεγονός αυτό θα επηρεάσει την αγορά του RDF/SRF για βιοαποδομήσιμα υλικά και πιθανώς να δράσει αρνητικά στο ενδεχόμενο αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης ΑΣΑ. Είναι ωστόσο ακόμη δύσκολο να γίνουν ασφαλείς προβλέψεις για το τι θα συμβεί μελλοντικά.

#### Οδηγίες 2000/766/ΕΕ & 2000/53/ΕΕ

Οι οδηγίες αυτές περί ζωικών αποβλήτων και ΟΤΚΖ αντίστοιχα, είναι πολύ πιθανό να επηρεάσουν έμμεσα την αγορά δευτερογενών προϊόντων, άρα και την αγορά των RDF/SRF. Αυτό διότι, τα απόβλητα αυτά μπορεί να αποτελέσουν πηγή φθηνών καυσίμων υλικών για τις βιομηχανίες, πράγμα που θα λειτουργήσει ανταγωνιστικά στην αξιοποίηση του παραγόμενου από την επεξεργασία ΑΣΑ, RDF/SRF.

#### Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση του νομοθετικού πλαισίου που περιγράφει την παραγωγή και μελλοντική χρήση του RDF/SRF, παρατίθενται παρακάτω :

- Είναι αναγκαία η διαμόρφωση νέου νομοθετικού πλαισίου ώστε το RDF/SRF να θεωρείται πλέον περισσότερο προϊόν παρά υλικό που προκύπτει από την επεξεργασία αποβλήτων. Η κατεύθυνση της ΕΕ για θεσμοθέτηση κριτηρίων «end of waste» αναμένεται να δώσει λύση σε αυτό το πρόβλημα.
- Η παρούσα κοινοτική νομοθεσία υποδηλώνει πως αν το RDF/SRF, χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη προς παραγωγή ενέργειας, μπορεί να εξαιρεθεί από τους κανονισμούς περί διακίνησης και εκμετάλλευσης καυσίμων
- Σύμφωνα με αποφάσεις του ευρωπαϊκού δικαστηρίου, η χρήση του RDF/SRF ως καυσίμου θεωρείται ανάκτηση, όταν παράγεται θερμότητα και η περίσσεια αυτής, χρησιμοποιείται για τις ενεργειακές απαιτήσεις της ίδιας μονάδας. Αντίθετα, η αποτέφρωση ΑΣΑ ανεξάρτητα αν συνοδεύεται από την παραγωγή ή όχι ενέργειας, θεωρείται τελική διάθεση και όχι ανάκτηση. Δεν αποσαφηνίζεται αν η καύση RDF/SRF, σε εγκατάσταση που σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτό θεωρείται τελική διάθεση ή ανάκτηση.
- Η νέα οδηγία περί αποτέφρωσης, επιβάλλει αυστηρότερα όρια εκπομπής και ως εκ τούτου αυστηρότερες τεχνικές προδιαγραφές για τις μονάδες αποτέφρωσης.

- Τα όρια αέριων εκπομπών στη νέα οδηγία αποτέφρωσης, για ορισμένες παραμέτρους είναι σημαντικά υψηλότερα στην περίπτωση των τσιμεντοβιομηχανιών και των μονάδων βιομηχανίας που συναποτεφρώνουν στερεά απόβλητα, παρά για τους αποτεφρωτήρες εκτός αν το υλικό που συναποτεφρώνεται είναι μη επεξεργασμένα ΑΣΑ. Ο όρος ‘μη επεξεργασμένα ΑΣΑ’ δεν αποσαφηνίζεται πλήρως. Αν σε μια μονάδα όπου συναποτεφρώνονται στερεά απόβλητα, το 40 % και πλέον της παραγόμενης θερμότητας προέρχεται από την καύση επικινδύνων αποβλήτων, τότε ισχύουν τα πιο αυστηρά όρια αέριων εκπομπών που ορίζονται από τη νέα οδηγία περί αποτέφρωσης.
- Η οδηγία IPPC επηρεάζει την εκμετάλλευση του RDF/SRF, καθώς θέτει όρια και κανόνες για τις μονάδες καύσης με εγκατεστημένη θερμική ισχύ >50 MW, για τις μονάδες απόθεσης ή ανάκτησης επικινδύνων αποβλήτων και για τις μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της τσιμεντοβιομηχανίας όμως, τα όρια εκπομπής τα οποία περιγράφονται στην οδηγία 2000/76 είναι σε συμφωνία με αυτά που επιτυγχάνονται με τη χρήση ΒΔΤ όπως αναφέρονται στα BREFs. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας, μια και το κόστος επένδυσης προς συμμόρφωση με την οδηγία 2000/76 πρακτικά θα μηδενιστεί, εφόσον η βιομηχανία θα λειτουργεί ήδη υπό τις επιταγές της οδηγίας IPPC, ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται απόβλητα ως καύσιμη ύλη.

#### 3.6.4 Τεχνικά ζητήματα αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης ΑΣΑ

Η συναποτέφρωση του παραγόμενου RDF/SRF από την επεξεργασία ΑΣΑ είναι ακόμη περιορισμένη στον ευρωπαϊκό χώρο. Υπάρχουν ωστόσο παραδείγματα αποτέφρωσης του προς παραγωγή ενέργειας, σε καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης στη Μεγάλη Βρετανία αλλά και αρκετές περιπτώσεις συναποτέφρωσης του σε χαρτοβιομηχανίες στη Φιλανδία και τσιμεντοβιομηχανίες στη Δανία, την Αυστρία, την Ιταλία και την Ολλανδία. Δεν είναι πάντα εφικτό να διοχετευθούν στην αγορά όλες οι ποσότητες του παραγόμενου RDF/SRF και έτσι σε μερικές περιπτώσεις είναι αναγκαία η αποθήκευση του. Η ποσότητα του RDF/SRF που χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη, ανέρχεται στο 70% της συνολικής παραγόμενης ποσότητας. Η καύση του παραγόμενου RDF/SRF σε εγκαταστάσεις που σχεδιάστηκαν για το σκοπό αυτό, πλεονεκτεί όπως είναι κατανοητό, μια και οι εγκαταστάσεις αυτές θα δέχονται πάντα το σύνολο της παραγωγής.

Τα κύρια χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται η χρησιμοποίηση ή όχι του RDF/SRF σε βιομηχανίες χάρτου, τσιμέντου κλπ, είναι η ποσότητα του, η ποιότητα του, η θερμογόνο δύναμη κ.α.

##### 3.6.4.1 Συναποτέφρωση σε βιομηχανικές μονάδες

Η ποσότητα του παραγόμενου RDF/SRF ανά τόνο επεξεργαζόμενων ΑΣΑ εξαρτάται από τη συλλογή, την επεξεργασία και τις απαιτήσεις ποιότητας του τελικού προϊόντος. Με βάση τα μέχρι σήμερα δεδομένα, η ποσότητα αυτή ανέρχεται από 23-50% κ.β. των επεξεργαζόμενων ΑΣΑ.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα, η ποσότητα του παραγόμενου RDF/SRF υπερκαλύπτει τις ανάγκες της αγοράς, κυρίως λόγω της αυξημένης εξάρτησης των βιομηχανικών μονάδων από τα παραδοσιακά καύσιμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νότια Ιταλία, όπου εγκαθίστανται πολλές MBE, η οποίες παράγουν RDF. Παρόλα αυτά, οι παραγόμενες ποσότητες αποθηκεύονται, μια και το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης σχεδιασμένης να υποδέχεται αποκλειστικά



RDF/SRF είναι πολύ μεγάλο. Η μεταφορά του προϊόντος στις βιομηχανικές περιοχές της Βόρειας Ιταλίας δεν εξετάζεται ως πιθανό ενδεχόμενο μια και κάτι τέτοιο θα ήταν οικονομικά ασύμφορο.

Η ποιοτική σύσταση του RDF/SRF αλλά και η θερμογόνος δύναμη είναι ιδιαίτερης σημασίας μια και είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ποιότητα και ποσότητα των αέριων εκπομπών που παράγονται κατά την καύση του. Άλλες σημαντικές παράμετροι ποιότητας του καύσιμου υλικού εκτός της θερμογόνου δύναμης είναι η υγρασία, το περιεχόμενο τέφρας, το χλώριο και το θείο. Μια τυπική σύσταση του RDF/SRF παρουσιάζεται στον **Πίνακα 3-30**.

**Πίνακας 3-30 Τυπική σύσταση RDF/SRF<sup>26</sup>**

Καύσιμο	C	H	N	S	Cl	CV
	%					MJ/kg
Άνθρακας	60-80	3-5	1-2	1-5	0.01-0.1	26
Ξύλο	40-50	c.6	c.0.2	c.0.1	c.0.01	19
ΑΣΑ	c.25	c.3	c.0.5	c.0.2	c.0.5	10
RDF	c.45	c.5	c.0.5	c.0.2	c.0.5	15
SRF	39.3-42.2	6.0-9.0	0.8-1.0	0.18	0.8	16.9-17.6

Η EURITS, η ευρωπαϊκή ένωση εταιρειών θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων, έχει εκδώσει ποιοτικά κριτήρια για τη συναποτέφρωση RDF/SRF στην τσιμεντοβιομηχανία (**Πίνακας 3-31**). Ωστόσο, εκπρόσωποι της τσιμεντοβιομηχανίας θεωρούν τις τιμές αυτές πολύ αυστηρές και ειδικότερα αυτές που αναφέρονται στη θερμογόνο δύναμη (CV) του υλικού.

**Πίνακας 3-31 Τιμές παραμέτρων για τη χρήση RDF/SRF στην τσιμεντοβιομηχανία, κατά EURITS.**

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Θερμογόνος δύναμη	MJ/kg	15
Cl	%	0.5
S	%	0.4
Br/l	%	0.01
N	%	0.7
F	%	0.1
Be	Mg/Kg	1
Hg/Ti	Mg/Kg	2
As, Se (Te), Cd, Sb	Mg/Kg	10
Mo	Mg/Kg	20
V, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Mn, Sn	Mg/Kg	200
Zn	Mg/Kg	500
Περιεχόμενη τέφρα (πλην Ca, Al, Fe, Si)	%	5

<sup>26</sup> ("Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers. Processes, Policies and Markets", Juniper Consultancy Services Ltd., 2005)

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης (CEN) έχει ήδη δημιουργήσει τεχνική επιτροπή με σκοπό τον προσδιορισμό ποιοτικών κριτηρίων για την παραγωγή RDF/SRF στην Ευρώπη. Από τη μελέτη της επιτροπής αυτής δεν έχουν εκδοθεί ακόμη αποτελέσματα.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή εμπειρία, η μέση θερμογόνο δύναμη του RDF που προέρχεται από ΑΣΑ που υφίστανται ΔσΠ είναι 20-23 MJ/kg. Η τιμή αυτή είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή CV του RDF των σύμμεικτων ΑΣΑ (13-15 MJ/kg) αλλά και από αυτήν των μη επεξεργασμένων ΑΣΑ (8-11 MJ/kg). Οι τελευταίες αυτές τιμές θερμογόνου δύναμης, όπως άλλωστε φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα, δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της EURITS για χρήση του παραγόμενου RDF ως δευτερογενούς καυσίμου στη βιομηχανία παραγωγής κλίνκερ. Η αντίστοιχη τιμή του SRF που παράγεται από βιολογική ξήρανση, έχει μία μάλλον μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη αλλά η τιμή της συγκέντρωση του χλωρίου είναι εκτός των ορίων που ορίζει η EURITS.

Η περιεχόμενη υγρασία στο RDF που προέρχεται από αδρανή ή βιομηχανικά στερεά απόβλητα (11-17%) είναι προτιμητέα σε σχέση με αυτή των ΑΣΑ (25-34%). Το περιεχόμενο τέφρας στο RDF που παράγεται από βιομηχανικά στερεά απόβλητα (7-10%) είναι μικρότερο από αυτό άλλων ρευμάτων (10-16%) αλλά πάλι δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις της EURITS.

Η συγκέντρωση χλωρίου, η οποία επηρεάζεται από την παρουσία πλαστικών στο RDF, είναι σχετικά υψηλό για όλα τα ρεύματα στερεών αποβλήτων (0,3-0,7%) συγκρινόμενο με τις απαιτήσεις κατά EURITS.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι, τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου RDF/SRF (CV, ποιότητα κλπ.) είναι συμβατά με τη χρήση του στις βιομηχανίες υψηλής ενεργειακής ζήτησης. Παρόλα αυτά, η χρήση ή μη RDF/SRF ως καύσιμου υλικού σε μια τέτοια βιομηχανία θα πρέπει να εξετασθεί εκτενέστερα. Αυτός είναι δε ο λόγος, που το παραγόμενο RDF/SRF σε πολλές ΜΒΕ, έχει συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά που ορίζονται από την αντίστοιχη βιομηχανική μονάδα που θα το χρησιμοποιήσει ως καύσιμο υλικό.

Τα κύρια πλεονεκτήματα συναποτέφρωσης του παραγόμενου RDF/SRF στις βιομηχανικές μονάδες, συνοψίζονται στα εξής :

- Η εκμετάλλευση του παραγόμενου RDF/SRF στις βιομηχανικές μονάδες παρουσιάζει ελαστικότητα εν συγκρίσει με την καύση αυτού, δεδομένου ότι:
  - ✓ επιτρέπει την εφαρμογή μελλοντικών προγραμμάτων ανακύκλωσης,
  - ✓ η διοχέτευση του συνόλου των παραγόμενων ποσοτήτων στις μονάδες δεν είναι προαπαιτούμενη και υποχρεωτική και
  - ✓ δεν απαιτεί την κατασκευή και λειτουργία νέων μονάδων που θα έχουν ως συνέπεια πρόσθετο επενδυτικό κόστος
- Η χρήση του RDF/SRF σε μονάδες παραγωγής ενέργειας από την καύση λιγνίτη και στην τσιμεντοβιομηχανία παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με την καύση αυτού σε μαζικούς αποτεφρωτήρες.

### 3.6.4.2 Παραδείγματα χρήσης RDF/SRF στη βιομηχανία

#### A) Τσιμεντοβιομηχανία

Οι εγκατεστημένοι κάμινοι που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία παρουσιάζουν ιδιότητες που ευνοούν σημαντικά τη συναποτέφρωση RDF/SRF. Οι υψηλές θερμοκρασίες (~1500

°C) σε συνδυασμό με το σχετικά μεγάλο χρόνο παραμονής σε αέρια φάση (4-5 sec), τον υψηλό βαθμό ανάμειξης των καυσίμων υλών μέσα στην κάμινο και την πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή αέριων ρύπων.

Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του RDF/SRF (εκτός της θερμογόνου δύναμης) που πρέπει να συνυπολογιστούν κατά τη χρήση του στην τσιμεντοβιομηχανία, είναι τα οργανικά συστατικά του και η συγκέντρωση μετάλλων σε αυτό. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά μπορεί να επιδράσουν καταλυτικά τόσο στα προϊόντα καύσης όσο και στην ποιότητα του παραγόμενου κλίνκερ.

Συμπερασματικά, δεν υπάρχουν τεχνικά προβλήματα στην εκμετάλλευση του RDF/SRF στην τσιμεντοβιομηχανία. Ωστόσο, θα πρέπει να συνυπολογιστεί και ο περιβαλλοντικός κίνδυνος από την παρουσία τοξικών μετάλλων ή άλλων τοξικών οργανικών ουσιών όπως αναφέρθηκε προηγούμενα.

### B) Μονάδες παραγωγής ενέργειας

Ουσιαστικά, υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι συναποτέφρωσης στις μονάδες παραγωγής ενέργειας :

- Άμεση μέθοδος, όπου το RDF/SRF αναμιγνύεται με άνθρακα ή άλλα καύσιμα υλικά και οδηγείται απευθείας στον καυστήρα
- Έμμεση μέθοδος, όπου το RDF/SRF αεριοποιείται σε ξεχωριστό θάλαμο και το παραγόμενο μίγμα αερίων εγχύεται στο θάλαμο καύσης όπου λαμβάνει χώρα η συναποτέφρωση

Η φυσικοχημικές και μηχανικές ιδιότητες του RDF/SRF όπως και η εγκατεστημένη τεχνολογία της μονάδας είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα και την απόδοση της μονάδας. Για παράδειγμα, σε περίπτωση διάβρωσης του καυστήρα, λόγω της χρήσης RDF/SRF, το κόστος από τη διακοπή λειτουργίας της μονάδας και τη συντήρηση του καυστήρα ενδεχομένως να υπερσκελίζει κατά πολύ τα πλεονεκτήματα της συναποτέφρωσης.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο στην παρούσα χρήση είναι η εκμετάλλευση της παραγόμενης τέφρας σε έργα οδοποιίας και στην τσιμεντοβιομηχανία. Η παραγόμενη τέφρα από την καύση μείγματος RDF/SRF και άνθρακα μπορεί να μην πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές για τη χρήση της στην παραγωγή σκυροδέματος.

Οι παραπάνω παράγοντες, όπως είναι κατανοητό, δεν έχουν καμία επίδραση στην περίπτωση της έμμεσης συναποτέφρωσης. Ωστόσο, ζητήματα όπως το επενδυτικό κόστος του θαλάμου αεριοποίησης, οι αέριες εκπομπές και η διαχείριση της ιπτάμενης τέφρας από την αεριοποίηση πρέπει να εξετασθούν κατά περίπτωση. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι το RDF/SRF οδηγείται στο θάλαμο αεριοποίησης, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στη σταθερή και αδιάλειπτη τροφοδοσία του με το συγκεκριμένο υλικό.

Τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των παραπάνω μεθόδων παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3-32**.

**Πίνακας 3-32 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συναποτέφρωσης σε μονάδες παραγωγής ενέργειας.**

Μέθοδος συναποτέφρωσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Άμεση	Χαμηλό επενδυτικό κόστος	Τεχνικές δυσκολίες στην ανάμειξη άνθρακα και RDF/SRF Η υπολειπόμενη τέφρα περιέχει συστατικά του RDF/SRF
Έμμεση	Ξεχωριστή αποθήκευση του RDF/SRF Η υπολειπόμενη τέφρα αποθηκεύεται ξεχωριστά Η θερμική εκμετάλλευση του RDF/SRF γίνεται ξεχωριστά από τα άλλα καύσιμα Η ενεργειακή παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την περίπτωση μείγματος RDF/SRF και άνθρακα	Υψηλό επενδυτικό κόστος Απαιτείται συνεχής τροφοδοσία θαλάμου αεριοποίησης με RDF/SRF

### 3.6.4.3 Αποτέφρωση σε εγκαταστάσεις σχεδιασμένες για το σκοπό αυτό

Η πρακτική αυτή είναι πολύ συνηθισμένη κυρίως λόγω του ότι προσφέρει ανεξαρτησία από τις τάσεις της αγοράς των στερεών καυσίμων. Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή μιας τέτοιας λύσης απαιτεί υψηλό επενδυτικό κόστος και η λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας μπορεί να δράσει ανταγωνιστικά σε προγράμματα μείωσης αποβλήτων ή προγράμματα ανακύκλωσης.

Σε γενικές γραμμές, η εναλλακτικές τεχνικές που προσφέρονται από την υιοθέτηση μιας τέτοιας πρακτικής είναι οι εξής :

- Αποτέφρωση του RDF/SRF σε αποτεφρωτήρες σχάρας
- Αποτέφρωση του RDF/SRF σε καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης
- Αεριοποίηση του RDF/SRF
- Πυρόλυση του RDF/SRF

Από τις παραπάνω τεχνικές, η αποτέφρωση σε αποτεφρωτήρες σχάρας, παρουσιάζουν τη δυσμενέστερη συμπεριφορά σε ό,τι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σε ό,τι αφορά το επενδυτικό και λειτουργικό κόστος, όλες οι παραπάνω τεχνικές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Ουσιαστικές διαφορές υπάρχουν στην ποσότητα και ποιότητα της παραγόμενης τέφρας, ιπτάμενης και μη. Λόγω μεγαλύτερης ομοιομορφίας στην κατανομή των θερμοκρασιών στις περιπτώσεις αποτέφρωσης σε ρευστοποιημένη κλίνη, στην αεριοποίηση και την πυρόλυση του RDF/SRF, η ποσότητα και η ποιότητα της παραγόμενης τέφρας είναι λιγότερη και καλύτερη αντίστοιχα από την περίπτωση αποτέφρωσης σε σχάρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μειωμένο κόστος για τη διαχείριση της παραγόμενης τέφρας στις περιπτώσεις αυτές.

Η αεριοποίηση και η πυρόλυση προωθούνται γενικότερα, ως τεχνικές φιλικότερες προς το περιβάλλον. Με την υιοθέτηση της αεριοποίησης, το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων μετατρέπεται σε αέρια προϊόντα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χημικά προϊόντα εμπορικής εκμετάλλευσης ή ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Τα αέρια προϊόντα της

πυρόλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως άνω, ενώ τα υγρά προϊόντα της ως χημικά προϊόντα εμπορικής εν δυνάμει σημασίας.

Από την άλλη πλευρά, η πυρόλυση και η αεριοποίηση είναι σχετικά νέες τεχνικές οι οποίες δεν είναι ακόμη μακροπρόθεσμα εφαρμοσμένες. Η αποτέφρωση σε σχάρες είναι μακράν η πλέον εφαρμοσμένη τεχνική ενώ η χρήση καυστήρων ρευστοποιημένης κλίνης αυξάνεται λόγω των πολύ καλών λειτουργικών χαρακτηριστικών της και του φιλικού προς το περιβάλλον προφίλ της. Τέλος, η αεριοποίηση είναι περισσότερο εφαρμοσμένη, εν σχέση με την πυρόλυση, κυρίως λόγω της μη διαμορφωμένης αγοράς στα υγρά προϊόντα της τελευταίας.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί πως οι τεχνικές της αεριοποίησης και της πυρόλυσης εφαρμόζονται με μεγαλύτερη επιτυχία σε περισσότερο ομοιογενή καύσιμα όπως το RDF/SRF, παρά σε σύμμεικτα ΑΣΑ.

#### 3.6.4.4 Οικονομικά στοιχεία

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης “REFUSE DERIVED FUEL, CURRENT PRACTICE AND PERSPECTIVES (B4-3040/2000/306517/MAR/E3), FINAL REPORT” μπορεί να υπάρχουν σημαντικά οφέλη από τη χρήση του παραγόμενου RDF/SRF, ως καύσιμο υλικό σε μονάδες συναποτέφρωσης. Αυτό μπορεί να αναδειχθεί καλύτερα στις περιπτώσεις εκείνες που η μονάδα δύναται να εισάγει και ορίσει το τέλος εισόδου για το καύσιμο RDF/SRF. Η περίπτωση αυτή είναι πιθανότερο να συμβεί, όταν οι εναλλακτικές μέθοδοι επεξεργασίας ΑΣΑ είναι δαπανηρές.

Το κόστος για τη χρήση του RDF/SRF σε εγκαταστάσεις που είναι σχεδιασμένες αποκλειστικά για το σκοπό αυτό, εξαρτώνται μεταξύ άλλων, από τα παρακάτω :

- Για να είναι βιώσιμες τέτοιες μονάδες πρέπει να έχουν δυναμικότητα σχεδιασμού >100.000 tn/έτος
- Η λειτουργία της μονάδας πρέπει να είναι συμβατή με την κείμενη νομοθεσία που αφορά τις αέριες εκπομπές ρύπων και κάτι τέτοιο μπορεί να προϋποθέτει αυξημένο επενδυτικό κόστος
- Πρέπει να συνυπολογίζονται σε κάθε περίπτωση τα έσοδα από την παραγωγή και μεταπώληση ενέργειας
- Πρέπει να συνυπολογισθεί το κόστος από τη διαχείριση της παραγόμενης τέφρας που κυμαίνεται στην ΕΕ από 3-20 € ανά τόνο αποβλήτων και εξαρτάται από το βαθμό ανακύκλωσης / επαναχρησιμοποίησης της τέφρας, το κόστος διάθεσης του τελικού υπολείμματος, το κόστος προεπεξεργασίας πριν την υγειονομική ταφή και το κόστος για την περαιτέρω χρήση σε έργα οδοποιίας.

#### 3.6.5 Τάσεις

Καθώς το κόστος προμήθειας των παραδοσιακών καυσίμων υλών θα συνεχίσει να αυξάνει, η αγορά του παραγόμενου RDF/SRF, συνεχώς θα διευρύνεται. Οι πρώτες ενδείξεις ανάπτυξης της αγοράς θα προέρχονται, όπως διαφαίνεται, από τον τομέα της συναποτέφρωσης σε βιομηχανικές μονάδες. Αν και οι ενδείξεις αυτές μπορεί να σκιαγραφούν την τάση και τη δυναμική της αγοράς, δεν μπορούν να εγγυώνται σταθερό ρυθμό ανάπτυξης μακροπρόθεσμα.

Στον αντίποδα, το αυξημένο ενδιαφέρον των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ΑΣΑ για συνεργασία με μονάδες παραγωγής ενέργειας σχεδιασμένες να χρησιμοποιούν ως καύσιμο υλικό αποκλειστικά RDF/SRF, αντιπροσωπεύει μια στροφή προς μια ολοκληρωμένη και ολιστική αντιμετώπιση της

διαχείρισης ΑΣΑ και της παραγωγής ενέργειας. Με σωστό σχεδιασμό και παραγωγή RDF/SRF με συγκεκριμένα τεχνικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, μπορεί να επιτευχθούν τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα από άποψη κόστους, οφέλους και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το γεγονός αυτό προϋποθέτει, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΣΑ να διαχειρίζονται το παραγόμενο RDF/SRF ως ένα προϊόν στο οποίο πρέπει να προσδώσουν συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Με τον τρόπο αυτό θα αναδειχθούν τα σημαντικά πλεονεκτήματα μιας τέτοιας ολοκληρωμένης αντιμετώπισης.

### **3.6.6 Συμπεράσματα**

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τις ως άνω περιγραφόμενες χρήσεις του παραγόμενου RDF/SRF συνοψίζονται στον **Πίνακα 3-33**.

**Πίνακας 3-33 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πιθανών χρήσεων του παραγόμενου SRF/RDF.**

Χρήση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αποτέφρωση σε εγκατάσταση που έχει σχεδιασθεί αποκλειστικά για το σκοπό αυτό	<p>Ανεξαρτησία από τις διακυμάνσεις της αγοράς στερεών καυσίμων</p> <p>Δέχεται το σύνολο του παραγόμενου RDF/SRF</p> <p>Η ποιότητα του παραγόμενου RDF/SRF εξαρτάται από τη λειτουργία του εγκατεστημένου καυστήρα</p> <p>Η λειτουργία της μονάδας είναι συνυφασμένη με τη συμμόρφωση της με τις προδιαγραφές της κείμενης νομοθεσίας</p> <p>Υπάρχει δυνατότητα συναποτέφρωσης άλλων υλικών (ελαστικών, αποβλήτων ΟΤΚΖ κ.α)</p> <p>Μεγάλη δυνατότητα επίτευξης των στόχων που θέτει η οδηγία 99/31</p>	<p>Υψηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος</p> <p>Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία της μονάδας</p> <p>Σε ενδεχόμενη μείωση της ποσότητας των εισερχόμενων καυσίμων η λειτουργία της μονάδας δε θα είναι βιώσιμη</p> <p>Ανταγωνιστική σε προγράμματα μείωσης και ΔσΠ</p> <p>Χαμηλή κοινωνική συναίνεση</p>
Συναποτέφρωση	<p>Περιβαλλοντικά οφέλη από την αντικατάσταση παραδοσιακών καυσίμων</p> <p>Δυνατότητα επίτευξης των ορίων παραγωγής αέριων εκπομπών που θέτει το πρωτόκολλο του Κyoto</p> <p>Χαμηλό λειτουργικό κόστος</p> <p>Δεν απαιτείται σταθερή τροφοδοσία της μονάδας</p> <p>Μπορεί να δεχθεί βιομάζα ως καύσιμο υλικό και να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της αγοράς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας</p> <p>Δεν αντίκεινται σε προγράμματα ΔσΠ ή σε προγράμματα μείωσης στην παραγωγή αποβλήτων</p> <p>Υπάρχει δυνατότητα συναποτέφρωσης άλλων υλικών (ελαστικών, αποβλήτων ΟΤΚΖ κ.α)</p> <p>Η λειτουργία της μονάδας δεν είναι ευθύνη του φορέα διαχείριση των ΑΣΑ</p>	<p>Μπορεί να απαιτηθούν σημαντικές τροποποιήσεις στον εγκατεστημένο εξοπλισμό</p> <p>Μπορεί να απαιτηθεί αποθηκευτικός χώρος για το RDF/SRF</p> <p>Απαιτείται τροποποίηση των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας της μονάδας</p> <p>Απαιτούνται μακροπρόθεσμα συμβόλαια για τη χρήση του συνόλου του παραγόμενου RDF/SRF</p> <p>Το παραγόμενο RDF/SRF πρέπει να έχει συγκεκριμένα τεχνικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά</p> <p>Πιθανότητα επιβολής τέλους εισόδου</p> <p>Σε περίπτωση μη αποδοχής του παραγόμενου RDF/SRF στις μονάδες, προκύπτουν σημαντικά προβλήματα χαρακτηριστικά</p> <p>Πιθανότητα επιβολής τέλους εισόδου</p> <p>Σε περίπτωση μη αποδοχής του παραγόμενου RDF/SRF στις μονάδες, προκύπτουν σημαντικά προβλήματα</p>

## Βιβλιογραφία

### Ξένη βιβλιογραφία

1. AEA Technology Environment (1999). Developing markets for recycled materials.
2. Alibardi L. and Cossu R. (2006). 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).
3. Archer E., Baddeley A., Klein A., Schwager J., Whiting K. (2005a). Mechanical-Biological-Treatment: a guide for decision makers. Processes, policies & markets. Summary Report. Technical report by Juniper Consultancy Services Ltd. funded by SITA Environmental Trust and ASSURRE ([www.juniper.co.uk](http://www.juniper.co.uk))
4. Archer E., Baddeley A., Klein A., Schwager J., Whiting K. (2005b). Mechanical-Biological Treatment: a guide for decision makers – processes policies and markets. Annex D: Process Reviews. Technical report by Juniper Consultancy Services Ltd. funded by SITA Environmental Trust and ASSURRE ([www.juniper.co.uk](http://www.juniper.co.uk))
5. Archer E., Baddeley A., Klein A., Schwager J., Whiting K. (2005b). Mechanical-Biological Treatment: a guide for decision makers – processes policies and markets. Annex A: Process Fundamentals. Technical report by Juniper Consultancy Services Ltd. funded by SITA Environmental Trust and ASSURRE ([www.juniper.co.uk](http://www.juniper.co.uk))
6. Bardos P. (2004). Composting of mechanically segregated fractions of Municipal Solid Waste: a Review. Technical report by r<sup>3</sup> Environmental Technology Ltd funded by SITA Environmental Trust ([www.sitaenvtrust.org.uk/research](http://www.sitaenvtrust.org.uk/research))
7. Barth J. (2006). Status and trends in biological waste treatment in Europe. In: E. Kraft, W. Bidlingmaier, M. de Bertoldi, L.F. Diaz, J. Barth (eds.), Proceedings, ORBIT 2006 International Conference on “Biological Waste Management-From Local to Global”, 13-15 September 2006, Weimar, Germany, pp.1041-1045.
8. Bilitewski B. (2006a). State of the Art and New Developments of Waste to Energy Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
9. Bilitewski B. (2006b). Pyrolysis, Gasification and Plasma Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
10. Bilitewski B., Hardtle G., Marek K., Weissbach A. (1997). Boeddicker: Waste Management, Springer Verlag, Heidelberg.
11. Brinton, W. (2000). Compost Quality Standards and Guidelines. Final Report by Woods End Research Laboratories for the New York State Association of Recyclers.
12. Chiumenti A., Chiumenti R., Diaz L., Savane G., Eggerth L., Goldstein N. (2005). Modern Composting Technologies, The JG Press, USA.



13. DEFRA (2005a). Advanced Biological Treatment of Municipal Solid Waste. Prepared by Enviros Consulting Ltd as part of the New Technologies Supporter Programme, DEFRA, UK, ([www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk), πρόσβαση 20/7/2006).
14. DEFRA (2005b). Mechanical Biological Treatment & Mechanical Heat Treatment of Municipal Solid Waste. Prepared by Enviros Consulting Ltd as part of the New Technologies Supporter Programme, DEFRA, UK, ([www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk), πρόσβαση 20/7/2006).
15. Deportes, I., Benoid-Guyod, J., Zmirou, D. (1995). Hazards to man and environment posed by the use of urban waste compost: a review. *The Science of the Total Environment* 172, 197-222.
16. Deportes, I., Benoid-Guyod, J., Zmirou, D., Bouvier, M.-C. (1998). Microbial disinfection capacity of municipal solid waste (MSW) composting. *Journal of Applied Microbiology* 85, 238-246.
17. EA (2002a). Processes and plant for waste composting and other aerobic treatment. R&D Technical Report P1-311/TR, David Border Composting Consultancy, Environment Agency, Bristol, ISBN: 184432124X.
18. EA (2002b). Waste pre-treatment: a review. R&D Technical Report P1-344/TR, AEA Technology Environment, Environment Agency, Bristol, ISBN: 1 857 05842 9.
19. EC (1999). Οδηγία 1999/31/EC για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων.
20. EC (2001). 'Working Document: Biological treatment of biowaste', DG ENV.A.2/LM/biowaste/2<sup>nd</sup> draft, 12/2/2001
21. EC (2003). Handbook on the Implementation of EC Environmental Legislation.
22. EC (2004). Οδηγία 2004/12/EC για τις συσκευασίες και τα υλικά συσκευασίας.
23. EC (2005). Communication from the Commission to the Council of the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste.
24. Ecoprog & Fraunhofer UMISICHT (2006). The European Market for Waste Incineration Plants: Market Volume – Manufacturers – Strategies – Trends.
25. Edwards, M.A., Cox A., Gale C., Walker M., Wood K. (1997). A Guide to in-vessel composting. The Composting Association, UK. (ISBN 0 9532546 0 7).
26. EEA (2002). Biodegradable municipal waste management in Europe Part 1: Strategies and instruments.
27. EPA (2001). Innovative uses of compost. Bioremediation and pollution prevention
28. Eunomia (2002). Economic analysis of option for managing biodegradable municipal waste, Final Report and Appendices prepared for European Commission, [europa.eu.int/comm/environment/waste/compost/econanalysis\\_finalreport.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/compost/econanalysis_finalreport.pdf).
29. European Commission (2005). Best Available Techniques for Waste Incineration. Reference Document, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, Seville.

30. Favoino E. (2001). Success Stories of Composting in Europe – Leading experiences and developing situations: ways to success.
31. Freeman M. H. (1997). Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal. McGraw-Hill, Second Edition.
32. Gray, N.F. (1992). Biology of Wastewater Treatment. Oxford Science Publications, Oxford, 828 pp.
33. Haug, R.T. (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, USA.
34. Hogg, D., Favoino, E., Centemero, M., Caimi, V., Amlinger, F., Devliegher, W., Brinton, W., Antler, S. (2002). Comparison of compost standards within the EU, North America and Australia, The Waste and Resources Action Programme (WRAP), Oxon. ISBN 1-84405-003-3.
35. Imppola U., Veijanen A., Hänninen K., Kyriacou M., Kotsou M., Protopapa I., Kavoussanos M. and Lasaridi K.E. (2003). Comparative Evaluation of Process Performance of Composting Plants in Greece and Finland. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), 8-10 September, Lemnos, Greece.
36. Juniper Consultancy Services Ltd. (2005). Mechanical – biological treatment: A guide for decision makers, processes, policies and markets.
37. Kleis H. and Dalager S. (2004). 100 Years of Waste Incineration in Denmark: From Refuse Destruction Plants to High-technology Energy Works» [www.wte.org].
38. LaGrega, M.D., Buckingham P.L., Evans D.C. (2001). Hazardous Waste Management, McGraw-Hill.
39. Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., Kyriacou A. (2006). Quality assessment of composts in the Greek market: the need for standards and quality assurance, *Journal of Environmental Management*, 80, 1, 58-65.
40. Lasaridi K.E. (1998). Compost stability: a comparative evaluation of respirometric techniques. Ph.D. Thesis, Dept. of Civil Engineering, University of Leeds, Leeds, UK.
41. Last S. (2006). Joining forces: combining composting and anaerobic digestion into a single plant, *CIWM*, August 2006 issue, 46-47.
42. Manios T., Maniadakis K., Boutzakis P., Naziridis Y., Lasaridi K., Markakis G., Stentiford E.I. (2006). Methane and carbon dioxide emission in a two-phase olive oil mill sludge windrow pile during composting. *Waste Management*, doi: 10.1016/j.wasman.2006.05.012 (in press).
43. Martinotti L. and Foa V. (2006). 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).
44. McDougall F.R., White P.R., Franke M., Hindle P. (2001). Integrated solid waste management: a life cycle inventory, 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell Science, Oxford. ISBN: 0-632-05889-7.

45. Papadimitriou E.K., Stentiford E.I., Savage G.M. (2001). Criteria for the acceptance of MSW in landfills based on organic and biological properties. *Wastes Management*, September 2001, 21-23.
46. Scottish Environmental Protection Agency (2004). Guidelines for Thermal Treatment of Municipal Waste [www.sepa.org.uk].
47. Steiner M. (2005). MBT in Europe: role and perspectives, Part 1. *Warmer Bulletin* 102, 14-17, November 2005.
48. Steiner M. (2006). MBT in Europe: role and perspectives, Part 2. *Warmer Bulletin* 103, 8-11, February 2006.
49. Stengler E. (2006). Developments and Perspectives for Energy Recovery from Waste in Europe. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
50. Themelis N. (2003). An Overview of the Global Waste-to-Energy Industry. *Waste Management World*, 2003-2004 Review Issue, p. 40-47
51. U.K. Parliamentary Office of Science and Technology (2000). Incineration of Household Waste» [www.parliament.uk].
52. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2006). Municipal Solid Waste in the U.S.: 2005 Facts and Figures [www.epa.gov].
53. Van-Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. (2004). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/3, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
54. Vehlow J. (2006). State of the Art of incineration Technologies. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

55. Γιδάρακος Ε., Αϊβαλιώτη Μ. (2005). Τεχνολογίες Αποκατάστασης Εδαφών και Υπογείων Υδάτων από Επικίνδυνους Ρύπους, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
56. Γιδάρακος, Ε. (2006). Επικίνδυνα Απόβλητα: Διαχείριση - Επεξεργασία – Διάθεση. Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
57. Γρηγοροπούλου Ε. και Κατσίρη Α. (2006). Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Σημειώσεις Διατμηματικού Μαθήματος “Περιβάλλον και Ανάπτυξη”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο [www.environment-develop.ntua.gr].
58. ΕΕ, (2006). Στρατηγική για το έδαφος.
59. Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2006). Τεχνικές Διαχείρισης Αστικών Αποβλήτων [http://eeds.gr].
60. Ένωση Δήμων Κύπρου (2002). Στρατηγικό Σχέδιο Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων στην Κύπρο, Τεχνική Έκθεση [www. ucm.org.cy].

61. Θέμελης Ν. και Κορωναίος Χ. (2004). Σύγκριση της Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων για Παραγωγή Ενέργειας και της Υγειονομικής Ταφής. Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονικές Εκδόσεις Τ.Ε.Ε., Τεύχος 1-2.
62. Κόλλιας Π. (1993). Απορρίμματα Αστικά & Βιομηχανικά: Συλλογή - Μεταφορά - Ανακύκλωση - Υγειονομική Ταφή - Λιπασματοποίηση - Καύση.
63. ΚΥΑ 114218, ΦΕΚ 1016/Β/17-11-1997 'Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων'
64. Λαζαρίδη Κ. και Χαριτοπούλου Ρ. (2001). Πράσινα απορρίμματα: Δυνατότητες και Προκλήσεις για την Τοπική Αυτοδιοίκηση. Στο: Κ. Λαζαρίδη & Κ. Παυλόπουλος (επιμέλεια), Ολοκληρωμένη Διαχείριση Οργανικών Αποβλήτων και Υπολειμμάτων. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2001.
65. Λαζαρίδη Κ., Κανακόπουλος Δ., Κομίλης Δ., Κουλουμπής Π., Λώλος Γ., Σκουλαξινού Σ., Φιλιππούσης Α. (2003). Τεχνολογίες Βιοεπεξεργασίας Στερεών Οργανικών Αποβλήτων, ΜΟΕ Οργανικών, ΕΕΔΣΑ.
66. Λαζαρίδη Κ., Κουλουμπής Π., Σκουλάξινου Σ., Κανακόπουλος Δ., Λώλος Γ. (2002). Προδιαγραφές ποιότητας και διάθεση κομπόστ: η ελληνική και διεθνής εμπειρία. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Βιώσιμη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων», ΕΕΔΣΑ, 28/2 - 1/3/02, Αθήνα.
67. Μαυρόπουλος Α., Στοϊλόπουλος Β., Κολοκοτρώνη Κ., Φαγογένη Ε. (2002). Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής στην Ελλάδα: Υφιστάμενη Κατάσταση και Εμπειρίες. 1ο Συνέδριο Ελληνικής Εταιρίας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, "Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων για μια βιώσιμη Ανάπτυξη στον 21ο Αιώνα", Αθήνα, 2002.
68. Σκορδύλης Α. (1997). Η Θερμική Επεξεργασία Απορριμμάτων και RDF, Εκδόσεις ΚΟΣΜΟΣ ΕΠΕ, Αθήνα.
69. Φάττα Δ.. (2007). Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων. Σημειώσεις Μαθήματος "Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος", Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου [www.eng.ucy.ac.cy].
70. Ψωμάς Σ. (2005). Καύση Αποβλήτων : Ακριβή - Αναποτελεσματική - Επικίνδυνη. Έκθεση του Ελληνικού Γραφείου της Greenpeace [www.oikologos.gr].

#### **Διαδίκτυο**

71. <http://earthsci.org> : Earth Science Australia
72. [www.bsuh.hr](http://www.bsuh.hr): Environmentally Sound and Energy Supply Waste Management Strategy without Landfill Sites
73. [www.cewep.com](http://www.cewep.com) : Confederation of Waste to Energy Plants
74. [www.ocrra.org](http://www.ocrra.org) : Onondaga County Resource Recovery Agency
75. [www.city.osaka.jp](http://www.city.osaka.jp) : Osaka City Environmental Management Bureau
76. [www.wasteresearch.co.uk](http://www.wasteresearch.co.uk) : Waste Research Station

## 4 Ποσότητες και σύσταση αποβλήτων: τάσεις σε Ελλάδα και ΕΕ

### 4.1 Ορισμοί

Ως Στερεά Απόβλητα (ΣΑ) νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχος τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καταρτίσει τον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων<sup>27</sup>, όπου παρατίθενται οι διαφορετικές ουσίες / αντικείμενα και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες χαρακτηρίζονται ως απόβλητα. Ωστόσο, δεν έχουν διαμορφωθεί ακόμη ικανοποιητικά κριτήρια που να καθορίζουν με σαφήνεια τη διαφορά μεταξύ «προϊόντος» και «αποβλήτου» καθώς και το πότε και πώς ένα απόβλητο μετατρέπεται ξανά σε προϊόν (end of waste state). Ο διαχωρισμός αυτός είναι καθοριστικής σημασίας για τη διακίνηση και αξιοποίηση των ανακτώμενων υλικών από τα απόβλητα (ανακυκλώσιμα υλικά, RDF, κομπόστ), καθώς τα προϊόντα μπορούν να διακινούνται ελεύθερα εντός της ΕΕ ενώ τα απόβλητα υπόκεινται σε αυστηρούς περιορισμούς. Σαφέστερα κριτήρια για τον αποχαρακτηρισμό των ανακτώμενων αποβλήτων αναμένεται να διατυπωθούν στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα (Waste Framework Directive) που βρίσκεται υπό τελική διαμόρφωση και αναμένεται εντός του 2007 (ΕΕ, 2005).

Αναλυτικότερα τα ΣΑ περιλαμβάνουν (Tchobanoglous et al., 1993: 40-41):

- Αστικά στερεά απόβλητα - ΑΣΑ (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ.).
- Γεωργικά απόβλητα.
- Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων.
- Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα).
- Κατασκευαστικά απόβλητα (οικοδομικών εργασιών και κατεδαφίσεων).
- Ιλύες από την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων.
- Απόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων.
- Νοσοκομειακά απόβλητα.
- Ελαστικά.
- Στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή, και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας).
- Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου,
- διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία, κλπ.).
- Σκράπ.

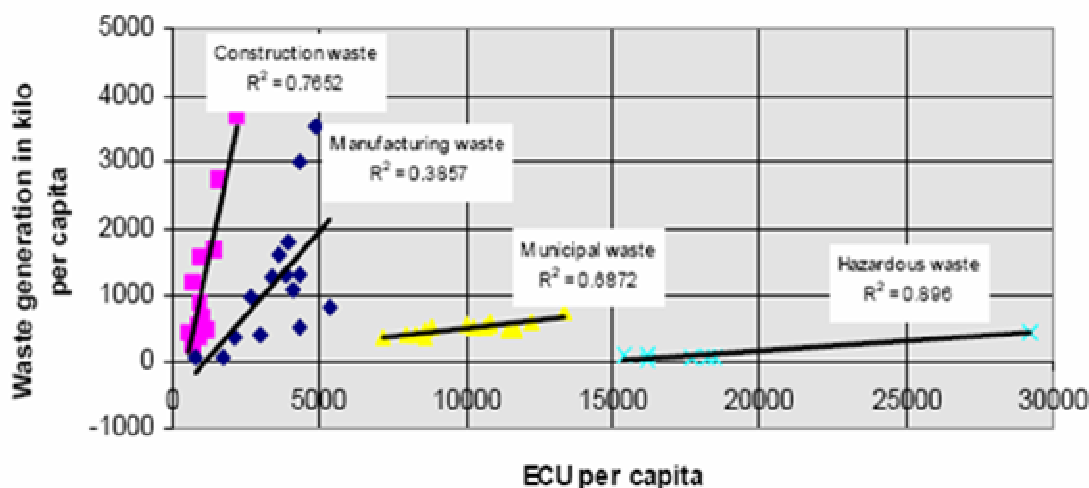
<sup>27</sup> Απόφαση 2001/118 του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «για την τροποποίηση της απόφασης 2000/532/ΕΚ όσον αφορά τον κατάλογο των αποβλήτων» (EEL 47/1/16-2-2001).

Τα αστικά στερεά απόβλητα, που αποτελούν και το κυρίως αντικείμενο αυτής της μελέτης ορίζονται στο άρθρο 2 (β) της 1999/31/ΕΚ ως «τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα τα οποία, από τη φύση ή τη σύνθεσή τους είναι παρόμοια με τα οικιακά». Αν και δεν αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοτικά ρεύμα αποβλήτων παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες και ιδιαιτερότητες στη διαχείρισή τους, καθώς χαρακτηρίζονται από ανομοιογένεια, έντονη χρονική και χωρική διακύμανση στην ποσότητα και σύσταση και από πολύ μεγάλο αριθμό σημείων παραγωγής. Για αυτούς τους λόγους, καθώς και για τη σημασία που έχουν για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, έχουν αποτελέσει ένα από τα πρώτα αντικείμενα της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας και η διαχείρισή τους ρυθμίζεται αναλυτικά από σημαντικό αριθμό νομοθετικών πράξεων<sup>28</sup>.

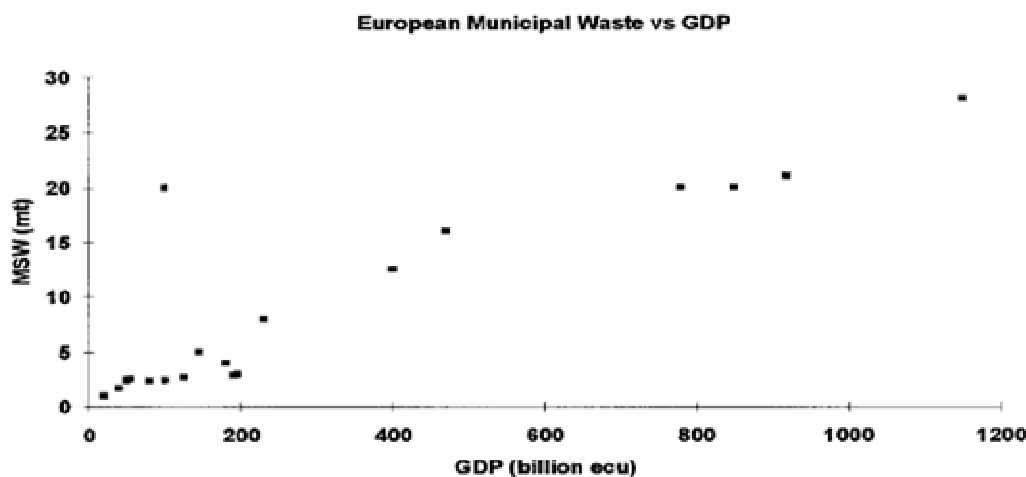
#### **4.2 Παράγοντες που καθορίζουν την ποσότητα και τη σύσταση των στερεών αποβλήτων**

Η παραγωγή αποβλήτων αποτελεί μια τεράστια απώλεια φυσικών πόρων, τόσο πρώτων υλών όσο και ενέργειας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι ποσότητες των παραγομένων αποβλήτων συνεχίζουν να αυξάνουν, ενώ το 1995 αντιστοιχούσαν 3,5 τόνοι στερεών αποβλήτων (μη συμπεριλαμβανόμενων των αγροτικών αποβλήτων) σε κάθε κάτοικο της ΕΕ-15 (Christiansen & Fischer, 1999). Η μεγάλη αυτή παραγωγή αποβλήτων προέρχεται από αναποτελεσματικές διαδικασίες παραγωγής, χαμηλή ανθεκτικότητα και διάρκεια ζωής των προϊόντων και μη βιώσιμα καταναλωτικά πρότυπα και συμπεριφορές. Καθώς η προσφορά και κατανάλωση αγαθών σε μια κοινωνία εξαρτάται από την οικονομική της ευρωστία, φαίνεται να υπάρχει μια στατιστικά σημαντική σχέση (Σχήμα 4-1 & 4-2) ανάμεσα στην παραγωγή αποβλήτων (όχι μόνο αστικών) και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), αν και η παραγωγή των αποβλήτων σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται με μεγαλύτερο ρυθμό από το ΑΕΠ: σύμφωνα με στοιχεία του ΟΟΣΑ, στις ευρωπαϊκές χώρες-μέλη του, η παραγωγή αποβλήτων αυξήθηκε κατά 10% μεταξύ 1990 και 1995 ενώ η οικονομική ανάπτυξη την ίδια περίοδο ήταν περίπου 6,5%.

<sup>28</sup> Ένας ενημερωμένος κατάλογος της Εθνικής και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τα στερεά απόβλητα μπορεί να βρεθεί στην ιστοσελίδα της Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), [www.eedsa.gr](http://www.eedsa.gr)



**Σχήμα 4-1** Κατά κεφαλή παραγωγή αστικών, κατασκευαστικών και επικίνδυνων αποβλήτων καθώς και αποβλήτων μεταποίησης σε σχέση με κατάλληλους δείκτες οικονομικής δραστηριότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 1995. Για τα αστικά απόβλητα η οικονομική δραστηριότητα εκφράζεται ως συνολική κατανάλωση των νοικοκυριών σε μονάδες Αγοραστικής Δύναμης. Τα επικίνδυνα σχετίζονται με το κατά κεφαλή ΑΕΠ, ενώ τα κατασκευαστικά και τα απόβλητα μεταποίησης με εκείνο το μέρος του κατά κεφαλή ΑΕΠ που προέρχεται από την κατασκευαστική και τη μεταποιητική δραστηριότητα, αντίστοιχα. (Πηγή: Christiansen & Fischer, 1999).



**Σχήμα 4-2** Συνολική παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη το 1995 ως συνάρτηση του μεγέθους της οικονομίας, εκπεφρασμένου ως ΑΕΠ. (Πηγή: Stentiford & Lasaridi, 1999).

Ωστόσο, πιο πρόσφατα στοιχεία σε ορισμένες χώρες της ΕΕ, όπως το Βέλγιο και η Ολλανδία δείχνουν μια επιβράδυνση του ρυθμού παραγωγής αποβλήτων, κυρίως ως αποτέλεσμα ενεργών πολιτικών ελαχιστοποίησης και εφαρμογής καθαρών τεχνολογιών στην παραγωγή.

Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, που αποτελούν και την πλέον ενδιαφέρουσα κατηγορία αποβλήτων στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, ποικίλουν μεταξύ περιοχών και πόλεων (γεωγραφική διαφοροποίηση) ενώ παρουσιάζουν μεταβολές με το χρόνο (χρονική μεταβολή) αλλά και διακυμάνσεις μέσα στο έτος (ημερήσια / εποχιακή μεταβολή). Γενικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες (Παναγιωτακόπουλος, 2002: 12, Tchobanoglous et al., 1993: 56-58):

- ❑ *Το νοικοκυριό:* Το βιοτικό επίπεδο, οι καταναλωτικές συνήθειες, ο τρόπος ζωής, το μέγεθος του νοικοκυριού, η συχνότητα συλλογής ΑΣΑ, κλπ.
- ❑ *Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής:* Αστικότητα, πολεοδομικά χαρακτηριστικά του αστικού ιστού, μέγεθος και πυκνότητα πληθυσμού, τυχόν τουριστικός χαρακτήρας, διευκολύνσεις στη συλλογή των ΑΣΑ που παρέχουν οι φορείς διαχείρισης (π.χ. αποκομιδή πράσινων και ογκωδών αποβλήτων), κλπ.
- ❑ *Μακροοικονομικά χαρακτηριστικά:* Το ΑΕΠ, η ιδιωτική κατανάλωση, το μέσο οικογενειακό εισόδημα, κλπ.
- ❑ *Τεχνολογία – προϊόντα:* Τα υλικά παραγωγής των αγαθών, η συσκευασία, η μέση διάρκεια ζωής και χρήσης των προϊόντων, κλπ.

Η γνώση των παραγόμενων ποσοτήτων και της ποιοτικής σύστασης των αποβλήτων αποτελεί μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις για το σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού και λειτουργικού συστήματος διαχείρισης, γι' αυτό και η τήρηση σχετικών αρχείων αποτελεί απαίτηση της νομοθεσίας. Δυστυχώς όμως η τήρηση τέτοιων αρχείων στην Ελλάδα (και όχι μόνο) ήταν, και σε ένα βαθμό παραμένει, πλημμελής ενώ η έλλειψη συστηματικών και διαχρονικών αναλύσεων της σύστασης των ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της χώρας δεν επιτρέπει την ικανοποιητική ανάλυση των τάσεων και την αξιόπιστη πρόβλεψη της εξέλιξης των ποσοτήτων και της ποιοτικής σύστασης με την ανάπτυξη σχετικών μοντέλων.

### **4.3 Μοντέλα πρόβλεψης τάσεων παραγωγής ΑΣΑ**

#### **4.3.1 Στατιστικά στοιχεία των ΑΣΑ και σχεδιασμός διαχείρισης**

Η ύπαρξη αξιόπιστων στατιστικών στοιχείων για τις ποσότητες και την ποιοτική σύσταση των αποβλήτων είναι θεμελιώδους σημασίας για τη διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής και περιφερειακών σχεδιασμών για τη διαχείρισή τους.

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) αποτελεί θέμα υψηλής προτεραιότητας για την περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ, και κατά συνέπεια και της χώρας μας και καθοδηγείται από το εννοιολογικό Παράδειγμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης – (1) ελαχιστοποίηση των αποβλήτων στην πηγή τους, πριν εισέλθουν στο ρεύμα των αποβλήτων, (2) ανάκτηση υλικών συμπεριλαμβανομένου του κομποστ, (3) ανάκτηση ενέργειας και (4) ασφαλή διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής που πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές και πρωτόκολλα λειτουργίας. Οι καθοδηγητικές αυτές αρχές έχουν ενσωματωθεί, ανάμεσα σε άλλα, και σε δύο σημαντικές Οδηγίες της ΕΕ που αφορούν στη Διαχείριση των ΑΣΑ, την Οδηγία 94/62/ΕΚ για τις «Συσκευασίες και τα Απόβλητα Συσκευασίας» (που έχει τροποποιηθεί από την 2004/12/ΕΕ, η οποία εισάγει νέους απαιτητικότερους στόχους για την ανακύκλωση και ανάκτηση αποβλήτων συσκευασίας) και την 99/31/ΕΕ για την «Υγειονομική Ταφή». Οι Οδηγίες αυτές θέτουν συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους σε καθορισμένο χρονικό πλαίσιο για την εκτροπή από την ταφή και την αξιοποίηση



συγκεκριμένων ρευμάτων αποβλήτων και έχουν ενσωματωθεί στην Εθνική Νομοθεσία με τον Νόμο 2939/2001 και την Απόφαση Η.Π. 29407/3508/2002 αντίστοιχα.

Σε αυτό το πλαίσιο, τόσο για την ακριβή εκτίμηση των στόχων όσο και για τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των εναλλακτικών στρατηγικών για την επίτευξή τους, είναι απαραίτητη η γνώση της ποσότητας και της ποιοτικής σύστασης των αποβλήτων και μάλιστα σε ένα βάθος χρόνου, ώστε να μπορέσουν να γίνουν εκτιμήσεις και προβλέψεις για την εξέλιξη των τάσεων στα επόμενα χρόνια. Μια αξιόπιστη πρόβλεψη της ποσότητας και της σύστασης των ΑΣΑ θα επιτρέψει τον καλύτερο Εθνικό και Περιφερειακό Σχεδιασμό της Διαχείρισης των ΑΣΑ, με βάση οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια και τον καλό προγραμματισμό των απαιτούμενων έργων.

Πιο συγκεκριμένα, η καλή γνώση των επιμέρους ρευμάτων των ΑΣΑ, σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, είναι ένα από τα σημαντικότερα βήματα για την αντιμετώπιση των θεμάτων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διαχείρισή τους. Μελέτες χαρακτηρισμού των ΑΣΑ πρέπει να περιλαμβάνουν την ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται, ανακυκλώνονται – κομποστοποιούνται, αποτεφρώνονται ή διατίθενται σε ΧΥΤΑ ανά κατηγορία υλικού. Έτσι παρέχονται τα δεδομένα για:

- τη θέσπιση στόχων
- την παρακολούθηση της πορείας προς την επίτευξη των στόχων
- τη θέσπιση αποτελεσματικών στρατηγικών σε εθνικό επίπεδο
- την ανάπτυξη διαχειριστικών σχεδίων σε τοπικό επίπεδο, και
- το σχεδιασμό συγκεκριμένων εγκαταστάσεων.

Θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι εκτός από τη σημειακή γνώση της ποσοτικής και ποιοτικής σύστασης των αποβλήτων (σε συγκεκριμένες περιοχές και έτη) για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό απαιτείται η πρόβλεψη των τάσεων παραγωγής και διαχείρισης των ΑΣΑ για περιόδους 20-ετίας, καθώς αυτή είναι η τάξη μεγέθους για το σχεδιασμό και λειτουργία των περισσότερων εγκαταστάσεων διαχείρισης και επεξεργασίας των αποβλήτων.

Δυστυχώς, στην Ελλάδα (αλλά και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες) δεν υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα και επαρκή στοιχεία για την ποσότητα και τη σύσταση των ΑΣΑ, ούτε σε επίπεδο χώρας ούτε, πολύ περισσότερο, σε Περιφερειακό-τοπικό επίπεδο. Ακόμη και τα στοιχεία που υπάρχουν δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα, καθώς έχουν εφαρμοστεί διαφορετικοί ορισμοί, κατηγοριοποιήσεις και μεθοδολογίες στη συγκέντρωσή τους. Τα προβλήματα επάρκειας και αξιοπιστίας των στοιχείων εισόδου είναι εύλογο ότι μειώνουν αντίστοιχα την αξιοπιστία και το εύρος εφαρμογής οποιουδήποτε μοντέλου προσομοίωσης και πρόβλεψης της ποσότητας των αποβλήτων. Ακόμη δυσχερέστερη καθίσταται η ανάπτυξη μοντέλων για την πρόβλεψη της σύνθεσης των αποβλήτων, ήτοι της παραγόμενης ποσότητας ανά κατηγορία υλικού, σε ένα βάθος χρόνου 5-15 ετών που απαιτείται για τις ανάγκες ενός ορθολογικού σχεδιασμού.

#### **4.3.2 Μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης των ΑΣΑ**

Ο επιτυχής προγραμματισμός και η λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων εξαρτάται από τη γνώση της ποιότητας και της ποσότητας των αστικών στερεών αποβλήτων που παράγονται. Τα συμβατικά μοντέλα ανάλυσης και πρόβλεψης αυτών των παραμέτρων είναι βασισμένα σε δημογραφικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες (Christiansen and Fiesher,

1999, Dyson and Chang, 2004, Daskalopoulos et al., 1998, Navaro-Esbri et al., 2001, Beigl et al., 2005). Η δυναμική ανάλυση παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων συσχετίζεται με τα στοιχεία χρονικής σειράς των παραγόμενων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων.

Έτσι λοιπόν, οι Navarro-Esbri et al. (2001) προτείνουν μια τεχνική πρόβλεψης βασισμένη στη μη γραμμική δυναμική, και συγκρίνουν την απόδοσή της με μια εποχιακή αυτόματη μεθοδολογία αυτό-παλινδρόμησης και κινούμενου μέσου όρου (sARIMA), που εξετάζει τη σύντομη και μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη (έως τρία έτη) με καλά αποτελέσματα. Οι Bruvoll και Ibenholt (1997) προέβλεψαν την παραγωγή αποβλήτων βάσει ενός μακροοικονομικού μοντέλου. Ο McBean και Fortin (1993) εξέτασαν ορισμένες πτυχές της διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων με τη βοήθεια των συσχετισμών μεταξύ κοινωνικοοικονομικών παραγόντων, σύνθεσης στερεών αποβλήτων και ποσοτήτων και κατέληξαν ότι η μέθοδός τους αποτελεί μια ικανοποιητική προσέγγιση πρόβλεψης.

Οι Chang et al. (1993) υιοθέτησαν επίσης μια οικονομετρική μέθοδο για να επιτύχουν την ανάλυση πρόβλεψης της παραγωγής στερεών αποβλήτων. Όσο αφορά όμως τη δυναμική διαμόρφωση, ένας σημαντικός αριθμός εργασιών εξετάζει την ανάλυση και την πρόβλεψη των περιβαλλοντικών εφαρμογών μέσα από τα μεταβλητά μοντέλα, που παίρνουν πληροφορίες με τη μορφή χρονικής σειράς (Katsamaki et al., 1998). Σε αυτό το πλαίσιο οι Chen και Huang (2001) εφάρμοσαν τεχνικές ασαφών συνόλων για να εξετάσουν την πρόβλεψη της παραγωγής στερεών αποβλήτων όταν ο αριθμός δειγμάτων ήταν πολύ μικρός.

Σε μια από τις πιο ολοκληρωμένες προσπάθειες πρόβλεψης οι Beigl et al. (2005) ανέπτυξαν οικονομετρικά μοντέλα που στηρίζονται σε μια εκτεταμένη βάση δεδομένων που περιλαμβάνει χρονοσειρές παραγωγής αποβλήτων από ευρωπαϊκά κράτη αλλά και πόλεις, καθώς και μια πληθώρα δημογραφικών, κοινωνικών και οικονομικών δεικτών σε διαφορετικά χωρικά επίπεδα και κατέληξαν ότι ικανοποιητικά μοντέλα πρόβλεψης της παραγωγής μπορούν να αναπτυχθούν στη βάση υπαρχόντων δεδομένων.

#### **4.3.3 Μεθοδολογική προσέγγιση και αποτελέσματα σε επίπεδο χώρας**

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του κόστους της επεξεργασίας των ΑΣΑ στην Ελλάδα, με εφαρμογή, ως μελέτη περίπτωσης, στην Αττική και σε ένα βάθος χρόνου έως το 2020. Η περίοδος αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τη διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα (και πολλές άλλες χώρες της ΕΕ) καθώς μέσα σε αυτή θα πρέπει να αναπτυχθούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΣΑ μεγάλης συνολικής δυναμικότητας, που θα επιτρέψουν την εκτροπή μεγάλων ποσοτήτων του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ από την ταφή, σε συμμόρφωση με την Οδηγία 99/31/ΕΕ για την υγειονομική ταφή και την αντίστοιχη ενσωμάτωσή της στο εθνικό δίκαιο.

Τόσο το κόστος των εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας, όσο και οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις και η ίδια η δυνατότητα εφαρμογής κάποιων μεθόδων, εξαρτώνται άμεσα από τις ποσότητες και τη σύνθεση των προς διαχείριση ΑΣΑ. Στο πλαίσιο αυτό επιχειρείται η «πρόβλεψη» της εξέλιξης της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης των ΑΣΑ από σήμερα έως το 2020.

Η απαιτούμενη πρόβλεψη της ποσότητας και της σύστασης των ΑΣΑ βασίστηκε στα υπάρχοντα δεδομένα για τις παραγόμενες ποσότητες που παρουσιάστηκαν στην §2.3 και τις ποιοτικές αναλύσεις της σύνθεσης των ΑΣΑ σε διάφορες περιοχές της χώρας και σε διαφορετικές

χρονολογίες. Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα υπάρχοντα δεδομένα είναι φτωχά και παρουσιάζουν ανομοιογένεια ως προς τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης των αποβλήτων, καθώς έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά αναλυτικά πρωτόκολλα. Επίσης δεν υπάρχουν αξιόπιστες χρονοσειρές δεδομένων που να επιτρέπουν την εξαγωγή ποσοτικών εκτιμήσεων για την εξέλιξη της σύνθεσης των αποβλήτων μέχρι το 2020. Η έλλειψη αξιόπιστων χρονοσειρών δεδομένων δεν αποτελεί πρόβλημα μόνο των Ελληνικών στατιστικών για τα στερεά απόβλητα, αλλά σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, αφορά όλες τις χώρες μέλη της ΕΕ. Αναμένεται ότι με τη σταδιακή εναρμόνιση των ορισμών για τα στερεά απόβλητα και των μεθοδολογιών συγκέντρωσης στοιχείων το πρόβλημα αυτό θα αμβλυνθεί, αλλά η συγκέντρωση επαρκούς όγκου αξιοποιήσιμων δεδομένων για την Ελλάδα αναμένεται τουλάχιστον μετά από μια δεκαετία. *Τονίζεται ότι θα πρέπει να ενταθούν οι προσπάθειες και προς αυτή την κατεύθυνση με χρηματοδότηση μελετών ανάλυσης της σύνθεσης των ΑΣΑ κατά τακτά χρονικά διαστήματα και την συστηματική τήρηση και στατιστική επεξεργασία ζυγολογιών στους ΧΥΤΑ.* Το όφελος από τον ορθό σχεδιασμό των δράσεων και των εγκαταστάσεων διαχείρισης και επεξεργασίας των ΑΣΑ είναι πολλαπλάσιο του κόστους της συγκέντρωσης αξιόπιστων στοιχείων.

Στα υπάρχοντα δεδομένα παραγωγής ΑΣΑ για όλη τη χώρα (Σχήμα 2-3) εφαρμόστηκαν διάφορες μεθοδολογίες μοντέλων πρόβλεψης, διαφορετικού βαθμού πολυπλοκότητας και συγκρίθηκαν τα μεταξύ τους αποτελέσματα.

#### 4.3.3.1 Απλά μοντέλα γραμμικής και εκθετικής μεταβολής με το χρόνο

Αρχικά εξετάστηκε μια απλή γραμμική συσχέτιση με το χρόνο και η αντίστοιχη εκθετική μεταβολή, καθώς η παραγωγή των αποβλήτων – όπως και άλλες παράμετροι που σχετίζονται με την αύξηση του πληθυσμού και της κατανάλωσης – θεωρείται ότι έχει δείξει εκθετική αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες. Και οι δύο συσχετίσεις χαρακτηρίζονται από υψηλό συντελεστή συσχέτισης ( $R^2=0,9958$  και  $R^2=0,9987$ , για τη γραμμική και εκθετική αντίστοιχα) και οδηγούν σε ένα συντελεστή μέσης ετήσιας αύξησης των ΑΣΑ κατά 4,82% η γραμμική και ένα συντελεστή εκθετικής αύξησης 3,92% η εκθετική ( $y=4 \cdot 10^{-31} \cdot e^{0,0392t}$ ). Τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4-1**. Τα δύο μοντέλα παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους έως το 2005, οι οποίες όμως αυξάνονται σταδιακά και γίνονται εξαιρετικά υψηλές μετά το 2010. Η απόκλιση αυτή ήταν αναμενόμενη, καθώς η διαθέσιμη χρονοσειρά είναι εξαιρετικά μικρή, με αποτέλεσμα πολλά απλά μοντέλα συσχέτισης της ποσότητας με το χρόνο να μπορούν να δώσουν καλή συσχέτιση, η οποία όμως δεν μπορεί να ελεγχθεί για την αξιοπιστία της σε πρόβλεψη χρόνου διπλάσια από το χρονικό εύρος των διαθέσιμων στοιχείων.

**Πίνακας 4-1** Αποτελέσματα γραμμικού και εκθετικού μοντέλου συσχέτισης των δεδομένων παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα με το χρόνο.

Έτος	Παραγωγή ΑΣΑ (x 10 <sup>3</sup> τόνοι)	Πρόβλεψη	Πρόβλεψη
		Γραμμικό Μοντέλο	Εκθετικό Μοντέλο
1990	3000	2945	3023
1991	3105	3090	3144
1992	3200	3235	3270
1993		3379	3401
1994		3524	3537
1995		3669	3678
1996		3814	3825
1997	3900	3959	3978
1998	4082	4103	4137
1999	4264	4248	4303
2000	4447	4393	4475
2001	4559	4538	4653
2005		5117	5443
2010		5841	6622
2013		6275	7448
2020		7289	9800

#### 4.3.3.2 Μοντέλα συσχέτισης παραγωγής αποβλήτων με οικονομικούς και δημογραφικούς δείκτες

Η παραγωγή ΑΣΑ στις ευρωπαϊκές χώρες του ΟΟΣΑ παρουσιάζει ικανοποιητική γραμμική συσχέτιση με την ιδιωτική κατανάλωση (Σχήμα 2-1), γεγονός που έχει αξιοποιηθεί για την πρόβλεψη της παραγωγής ΑΣΑ στις χώρες μέλη της ΕΕ (Christiansen and Ficsher, 1999). Παράλληλα, αρκετοί ερευνητές έχουν βρει καλές συσχετίσεις με το ΑΕΠ, τον πληθυσμό ή συνδυασμό τους (Dyson and Chang, 2004, Daskalopoulos et al., 1998, Navaro-Esbri et al., 2001, Beigl et al., 2005). Έτσι στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η δυνατότητα πρόβλεψης της παραγωγής των ΑΣΑ με εφαρμογή α) πολυωνυμικού (2<sup>ου</sup> βαθμού) μοντέλου συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με το ΑΕΠ, β) γραμμικού μοντέλου συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με την ιδιωτική κατανάλωση των νοικοκυριών, γ) πολυωνυμικού (2<sup>ου</sup> βαθμού) μοντέλου συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με την ιδιωτική κατανάλωση των νοικοκυριών, δ) γραμμικού μοντέλου συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με το ΑΕΠ, και ε) γραμμικού μοντέλου συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με το ΑΕΠ και τον πληθυσμό.

Τα στοιχεία για το ΑΕΠ και την ιδιωτική κατανάλωση έως το 2004 προέρχονται από την EUROSTAT, ενώ για την περίοδο 2005-2020 χρησιμοποιήθηκαν προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Energy Analysis Group). Για τον πληθυσμό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (μόνιμος πληθυσμός) έως και το 2005, ενώ για την περίοδο 2005-2020 χρησιμοποιήθηκαν προβλέψεις της EUROSTAT. Τα αποτελέσματα των μοντέλων αυτών (εκτός του (α)) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4-2**. Το μοντέλο (α) αν και έδειξε καλό συντελεστή συσχέτισης ( $R^2=0,9943$ ) για την περίοδο 1990-2001 για την οποία υπάρχουν δεδομένα εισόδου, δεν είναι ρεαλιστικό γιατί προβλέπει γρήγορη μείωση της παραγόμενης ποσότητας ΑΣΑ μετά το 2005, ενώ οδηγεί και σε αρνητικές τιμές – χωρίς φυσική σημασία – από το 2010 και μετά.

Όλες οι συσχετίσεις (β-ε) εμφανίζουν υψηλό συντελεστή συσχέτισης  $R^2$  από 0,9798 έως 0,9931. Οι συσχετίσεις ανάμεσα στην παραγόμενη ποσότητα και μία παράμετρο (β-δ) δίνουν παρεμφερή αποτελέσματα τόσο ως προς τη μέση ετήσια αύξηση, που κυμαίνεται από 3,3% έως 4,6% ανάλογα

με την περίοδο αναφοράς και το μοντέλο, όσο και ως προς τις αναμενόμενες ποσότητες. Τα αποτελέσματα και των τριών αυτών μοντέλων πρόβλεψης, και ιδιαίτερα του πολυωνυμικού μοντέλου συσχέτισης παραγωγής ΑΣΑ με την ιδιωτική κατανάλωση ( $\gamma$ ) βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτά του εκθετικού μοντέλου, που αναπτύχθηκε προηγουμένως.

Το τελευταίο μοντέλο ( $\epsilon$ ) λαμβάνει υπόψη τόσο την πρόβλεψη για το ΑΕΠ όσο και για τη μεταβολή του πληθυσμού, καθώς η παραγωγή αποβλήτων εξαρτάται και από τον αριθμό των ατόμων που παράγουν απόβλητα και από το διαθέσιμο εισόδημά τους. Καθώς η προβλεπόμενη αύξηση του πληθυσμού της Ελλάδας είναι σχετικά μικρή, το μοντέλο αυτό οδηγεί σε χαμηλότερες προβλέψεις ως προς τη μέση ετήσια αύξηση των αποβλήτων, οι οποίες κυμαίνονται από 3% για την περίοδο 2001-2010 έως 2,2% για την περίοδο 2010-2020. Τα αποτελέσματα του μοντέλου αυτού κρίνονται πιο ρεαλιστικά, καθώς λαμβάνει υπ' όψη τη μεταβολή δύο καθοριστικών παραγόντων, πληθυσμού και οικονομίας. Η εμπειρία και άλλων ανεπτυγμένων χωρών δείχνει ότι καθώς αυξάνει το ΑΕΠ και το διαθέσιμο εισόδημα, ένα όλο και μεγαλύτερο μέρος του κατευθύνεται σε κατανάλωση αγαθών που δεν παράγουν στερεά απόβλητα (π.χ. διάφορες υπηρεσίες, διασκέδαση, ταξίδια κλπ.). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο οι ποσότητες ΑΣΑ προς διαχείριση τα έτη 2010, 2013 και 2020 ανέρχονται σε 5.923.197, 6.394.708 και 7.354.316 τόνους, αντίστοιχα.

#### 4.3.3.3 Μοντέλο της Ομάδας Ενεργειακού Σχεδιασμού του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για την πρόβλεψη της ποσότητας των παραγόμενων ΑΣΑ

Η ανάπτυξη αυτού του μοντέλου προσομοίωσης και πρόβλεψης ξεκίνησε στο ΕΑΑ το 1999 από την ανάγκη εκτίμησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο πλαίσιο της ετήσιας Εθνικής Απογραφής Εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) για τη Σύμβαση του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) και το Πρωτόκολλο του Κιότο. Αυτές οι υποχρεώσεις της χώρας μας απαιτούν την εκτίμηση των εκπομπών σε ετήσια βάση από το 1990 και μετά. Επίσης, η εκτίμηση αυτή πρέπει να γίνεται με βάση τις δόκιμες μεθοδολογίες του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) που απαιτούν την χρήση λεπτομερών στοιχείων ως προς τις ποσότητες και τη σύνθεση των στερεών αποβλήτων που διατίθενται σε χώρους ταφής.

Το μοντέλο προσομοίωσης και πρόβλεψης του ΕΑΑ αναπτύχθηκε, ώστε να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων για όλα τα έτη αναφοράς των υπολογισμών των εκπομπών. Στόχος του ήταν να μπορεί να εκτιμήσει τις ποσότητες και τη σύνθεση των παραγόμενων απορριμμάτων για κάθε έτος της ιστορικής περιόδου (από το 1990 μέχρι σήμερα), και μέσω της αξιοποίησης στοιχείων σχετικά με την ανακύκλωση / ανάκτηση να εκτιμήσει τελικώς την ποσότητα και τη σύνθεση των στερεών αποβλήτων που διατίθενται στο έδαφος. Επιπλέον, με μεταβολή των βασικών παραμέτρων εισόδου, το μοντέλο μπορεί να εκτιμήσει και τη μελλοντική παραγωγή και διάθεση απορριμμάτων, καθώς αυτό επίσης απαιτείται από τη Σύμβαση και το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Για τα στοιχεία εισόδου του μοντέλου έχουν αξιοποιηθεί διαθέσιμα στοιχεία από το ΥΠΕΧΩΔΕ και άλλες πηγές, ενώ οι αρχικές τιμές ορισμένων παραμέτρων έχουν διορθωθεί έτσι ώστε τα ελαχιστοποιηθεί κατά το δυνατόν η απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου και των όποιων διαθέσιμων ιστορικών στοιχείων. Ο έλεγχος αυτός επαναλαμβάνεται περιοδικά καθώς συγκεντρώνονται νέα στοιχεία.

Τα βασικά σημεία του μοντέλου πρόβλεψης έχουν ως εξής:

- Το μοντέλο είναι τύπου bottom-up, δηλαδή η ανάλυση γίνεται σε επίπεδο νομού (51 νομοί, πλην του Αγ. Όρους) και στη συνέχεια τα αποτελέσματα των νομών προστίθενται ώστε να προκύψει το εθνικό σύνολο. Ο λόγος γι' αυτό είναι ότι προκειμένου το μοντέλο να μπορεί να ενσωματώσει στοιχεία που αφορούν στους διάφορους χώρους ταφής (ΧΥΤΑ και ΧΑΔΑ), καθώς τελικά η ποσότητα και η σύνθεση των ταφόμενων απορριμμάτων, η όποια ανάκτηση βιοαερίου και τα ειδικά χαρακτηριστικά των χώρων διάθεσης είναι τα στοιχεία στα οποία βασίζεται η εκτίμηση των εκπομπών ΑΦΘ.
- Ο πληθυσμός διακρίνεται σε μόνιμο και εποχιακό (τουρίστες). Ο μόνιμος πληθυσμός διακρίνεται περαιτέρω σε αστικό, ημιαστικό και αγροτικό. Για την ιστορική περίοδο (1990-2005), τα στοιχεία για το μόνιμο πληθυσμό σε επίπεδο νομού προέρχονται από την ΕΣΥΕ (απογραφές 1961-2001 και υπολογιζόμενος πληθυσμός στο μέσον του έτους), ενώ για τον εποχιακό πληθυσμό (διανυκτερεύσεις αλλοδαπών επισκεπτών) από τον ΕΟΤ και την ΕΣΥΕ. Για την πρόβλεψη, για τον μόνιμο πληθυσμό αξιοποιούνται οι προβλέψεις της ΕΣΥΕ μέχρι το 2030, ενώ για τους τουρίστες γίνεται η παραδοχή για μέση ετήσια αύξηση τέτοια ώστε η συνολική αύξηση των επισκεπτών σε επίπεδο χώρας ανά δεκαετία να προσεγγίζει το 7%.
- Όσον αφορά στην ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων ανά κάτοικο / τουρίστα, για τον μόνιμο πληθυσμό εφαρμόζεται διαφορετικός δείκτης ανά περιφέρεια, ενώ ενιαίος και υψηλότερος δείκτης χρησιμοποιείται για τους τουρίστες. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί δείκτες για τον αστικό, ημιαστικό και αγροτικό πληθυσμό. Για το 1997 (έτος στο οποίο αναφέρεται ο Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων του ΥΠΕΧΩΔΕ), η τιμή του δείκτη κυμαίνεται από 0,74 – 1,14 kg/κάτοικο · ημέρα για τον αστικό, 0,69 – 1,07 kg/κάτοικο · ημέρα για τον ημιαστικό και 0,6 – 0,93 kg/κάτοικο · ημέρα για τον αγροτικό πληθυσμό. Για τους αλλοδαπούς επισκέπτες εφαρμόζεται συντελεστής 2 kg /διανυκτέρευση. Σχετικά με το βήμα μεταβολής της ημερήσιας παραγωγής απορριμμάτων ανά κάτοικο, γίνεται η παραδοχή ότι η ημερήσια παραγωγή μεταβάλλεται κατά 0,028 kg/κάτοικο για την περίοδο 1990-2005 (εκτός από εκτός από τις Περιφέρειες της Αττικής, της Κ. Μακεδονίας, της Κρήτης και των νησιών του Ν. Αιγαίου, για τις οποίες εφαρμόζεται υψηλότερος δείκτης), ενώ στην περίπτωση των αλλοδαπών τουριστών η ημερήσια παραγωγή διατηρείται διαχρονικά αμετάβλητη. Η τιμή των επιμέρους δεικτών έχει επιλεγεί έτσι ώστε το σύνολο των παραγόμενων στερεών αποβλήτων ανά περιφέρεια να παρουσιάζει την ελάχιστη δυνατή απόκλιση από τα όποια διαθέσιμα επίσημα ιστορικά στοιχεία.
- Όσον αφορά στην πρόβλεψη της εξέλιξης της ημερήσιας παραγωγής ανά κάτοικο/διανυκτέρευση για την περίοδο μέχρι το 2030, ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής για το μόνιμο πληθυσμό διατηρείται ίσος με αυτόν της ιστορικής περιόδου μέχρι το 2020, ενώ για τη δεκαετία 2020-2030 γίνεται η παραδοχή ότι μειώνεται κατά το ήμισυ. Για τους αλλοδαπούς τουρίστες ο δείκτης ανά διανυκτέρευση διατηρείται σταθερός.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης - πρόβλεψης παρουσιάζουν απόκλιση 1.5% (σε εθνικό επίπεδο) από τα αντίστοιχα στοιχεία του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων του ΥΠΕΧΩΔΕ για το έτος αναφοράς 1997, που αντιστοιχεί σε περίπου 60,000 τόνους απορριμμάτων, ενώ η απόκλισή τους ανά περιφέρεια δεν ξεπερνά το  $\pm 5\%$ . Τα αποτελέσματα και αυτού του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-2, όπου φαίνεται ότι για τις περιόδους 2001-2010, 2005-2010 και 2010-2020 η μέση ετήσια αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων είναι 2,9%, 2,8% και 2,2% αντίστοιχα.

Τόσο το μοντέλο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) όσο και το μοντέλο (ε) που λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή ΑΕΠ και πληθυσμού οδηγούν σε παρεμφερή αποτελέσματα, τα οποία οι μελετητές θεωρούν πιο αξιόπιστα σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα που αναφέρθηκαν. Στην ανάπτυξη των Σεναρίων στο Κεφ. 5 θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα του μοντέλου της ΕΑΑ, ώστε να υπάρχει συμβατότητα με το μοντέλο που χρησιμοποιεί η χώρα προκειμένου να εκπληρώσει μια υποχρέωσή της προς τη Διεθνή Κοινότητα, αυτή της Απογραφής των Εκπομπών των Αερίων Θερμοκηπίου.

**Πίνακας 4-2 Συντελεστές συσχέτισης, προβλεπόμενες ποσότητες ΑΣΑ και μέση ετήσια αύξησή τους (ΜΕΑ) σύμφωνα με τα μοντέλα: β) γραμμικό μοντέλο συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με την ιδιωτική κατανάλωση των νοικοκυριών, γ) πολυωνυμικό (2<sup>ου</sup> βαθμού) μοντέλο συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με την ιδιωτική κατανάλωση των νοικοκυριών, δ) γραμμικό μοντέλο συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με το ΑΕΠ, και ε) γραμμικό μοντέλο συσχέτισης της παραγωγής ΑΣΑ με το ΑΕΠ και τον πληθυσμό.**

Year	GDP (mil. € 2000)	Consumption expenditure of households (mil. € 2000)	Population	Wastes (t) Input Data	ONE PARAMETER			BOTH PARAMETERS	EAA forecasting model
					Consumption expenditure of households - Linear model	Consumption expenditure of households - Polynomial model	Regression with GDP	Regression with GDP and Population	
<b>R2</b>					<b>0,9931</b>	<b>0,9931</b>	<b>0,9798</b>	<b>0,9931</b>	
1990	97.718	69.310	10.206.078	3.000.000					3.090.061
1991	100.749	71.532	10.257.818	3.150.000					3.120.525
1992	101.452	73.192	10.371.425	3.200.000					3.274.266
1993	99.829	72.654	10.467.194	3.379.400	3.436.310	3.438.805	3.496.326	3.362.862	3.411.701
1994	101.826	74.119	10.554.757	3.524.200	3.537.612	3.538.585	3.575.480	3.516.801	3.557.084
1995	103.964	75.970	10.636.184	3.669.000	3.665.541	3.665.031	3.660.257	3.665.262	3.687.598
1996	106.416	77.799	10.711.014	3.813.800	3.791.994	3.790.495	3.757.470	3.810.874	3.816.221
1997	110.287	79.883	10.778.469	3.900.000	3.936.012	3.933.969	3.910.950	3.973.443	3.959.468
1998	113.997	82.691	10.836.924	4.100.000	4.130.145	4.128.348	4.058.038	4.121.020	4.114.401
1999	117.895	84.708	10.884.700	4.250.000	4.269.579	4.268.651	4.212.600	4.257.966	4.268.455
2000	123.173	86.436	10.919.633	4.450.000	4.389.045	4.389.323	4.421.875	4.403.867	4.414.054
2001	128.412	89.001	10.952.215	4.550.000	4.566.366	4.569.219	4.629.609	4.545.913	4.556.727
2002	133.250	91.779	10.989.826		4.758.372	4.765.069	4.821.421	4.687.068	4.703.733
2003	139.462	95.452	11.025.805		5.012.326	5.025.798	5.067.730	4.851.968	4.851.408
2004	145.273	98.632	11.064.015		5.232.167	5.253.055	5.298.131	5.012.267	5.001.511
2005	149.607	102.541	11.085.037		5.502.369	5.534.347	5.469.950	5.121.883	5.144.015
2006	155.101	105.868	11.123.112		5.732.349	5.775.480	5.687.794	5.276.031	5.294.252
2007	160.797	109.303	11.162.304		5.989.790	6.026.091	5.913.639	5.435.468	5.445.957
2008	166.703	112.849	11.199.921		6.214.935	6.286.597	6.147.777	5.596.756	5.597.849
2009	172.825	116.510	11.235.501		6.468.033	6.557.434	6.390.514	5.759.427	5.749.641
2010	179.172	120.290	11.268.717		6.729.342	6.839.061	6.642.166	5.923.197	5.901.093
2011	185.370	123.998	11.298.620		6.985.651	7.117.278	6.887.920	6.079.761	6.050.904
2012	191.783	127.820	11.325.706		7.249.860	7.406.119	7.142.175	6.236.627	6.199.917
2013	198.417	131.759	11.350.559		7.522.212	7.706.042	7.405.226	6.394.708	6.348.353
2014	205.282	135.821	11.371.793		7.802.960	8.017.525	7.677.377	6.552.310	6.495.355
2015	212.383	140.007	11.390.004		8.092.360	8.341.068	7.958.942	6.710.372	6.641.136
2016	218.348	143.629	11.404.592		8.342.764	8.623.028	8.195.454	6.842.201	6.785.237
2017	224.481	147.345	11.415.278		8.599.646	8.914.225	8.438.609	6.972.006	6.927.364
2018	230.786	151.157	11.422.409		8.863.174	9.215.001	8.688.593	7.100.336	7.067.590
2019	237.268	155.068	11.426.195		9.133.520	9.525.710	8.945.598	7.227.561	7.205.918
2020	243.932	159.080	11.427.043		9.410.860	9.846.722	9.209.822	7.354.316	7.342.487
<b>MEΑ</b>									
2001-2010					4,4%	4,6%	4,3%	3,0%	2,9%
2005-2010					4,1%	4,3%	4,0%	2,9%	2,8%
2010-2020					3,4%	3,7%	3,3%	2,2%	2,2%

Αναφορικά με τη σύσταση των αποβλήτων, όπως προαναφέρθηκε, δεν επιχειρείται η πρόβλεψη της μεταβολής της, αλλά σε όλα τα σενάρια αυτή θεωρείται ότι παραμένει σταθερή, και ίδια με τη σύσταση του 1997 (τόσο για το σύνολο της χώρας όσο και για την Αττική). Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε λόγω των προβλημάτων ανομοιογένειας και έλλειψης δεδομένων τα οποία, ειδικά στο θέμα της πρόβλεψης της εξέλιξης της σύνθεσης των αποβλήτων, θεωρούνται πολύ σημαντικά.

## Βιβλιογραφία

1. Beigl P., Gamarra P., Linzner R. (2005), Waste Forecasts Without “Rule of Thumb”: Improving Decision Support for Waste Generation Estimations. *In: R. Cossu, R. Stegmann (Eds.): SARDINIA 2005 10<sup>th</sup> International Waste Management and Landfill Symposium*, 3 - 7 October 2005, S.Margherita di Pula, Cagliari, Sardinia/Italy; pp. 41-42; CISA Environmental Sanitary Engineering Centre.
2. Bruvoll A, Ibenholt K. (1997), Future waste generation forecast on the basis of a macroeconomic model. *Resources Conservation Recycling*, 19: 137-49.
3. Chang N.B., Schuler R.E., Shoemaker C.A. (1993), Environmental and economic optimization of an integrated solid waste management system. *Journal of Resource Management & Technology*, 21: 87-100.
4. Chen M.J., Huang G.H. (2001), A derivative algorithm for inexact quadratic program-application to environmental decision-making under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 128: 570-586.
5. Christiansen K.M., Fischer C. (1999), “Baseline projections of selected waste streams”, Technical Report No 28, European Environment Agency, Copenhagen.
6. Daskalopoulos E., Bard O., Probert S.D. (1998), Municipal solid waste: a prediction methodology for the generation rate and composition in the EU and the USA. *Resources, Conservation and Recycling*, 24: 155-166.
7. Dyson B. and Chang N.B. (2004). Forecasting municipal solid waste management in a fast growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management*, 25: 669-679.
8. Katsamaki A., Willems S., Diamadopoulos E. (1998), Time series analysis of municipal solid waste generation rates. *Journal of Environmental Engineering*, 124: 178-183.
9. McBean E.A., Fortin M.H.P. (1993), A forecast model of refuse tonnage with recapture and uncertainty bounds. *Waste Management*, 11: 373-85.
10. Navarro-Esbrí J., Diamadopoulos E., Ginestar D. (2001), Time series analysis and forecasting techniques for municipal solid waste management, *Resources, Conservation and Recycling*, 35, 3: 201-214.
11. Stentiford E.I. and Lasaridi, K.E. (1999), The Options for Greece in implementing the EU landfill Directive in relation to organic waste. Conference Proceedings, *HELECO '99*, 3-6 June, Thessaloniki, Greece. TEE, pp. 75-82.
12. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. (1993), “Integrated solid waste management: engineering principles and management issues”, McGraw-Hill, Singapore.
13. Παναγιωτακόπουλος Δ. (2002), «Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων», Ζυγός, Θεσσαλονίκη.



## 5 Μεθοδολογικό πλαίσιο και σενάρια προς εξέταση

### 5.1 Εισαγωγή

Η διαμόρφωση σεναρίων, η επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης, η εκτίμηση των επιδόσεων των σεναρίων ως προς τα κριτήρια αυτά (με άλλα λόγια η εκτίμηση των βασικών επιπτώσεών τους) και η συγκριτική αξιολόγησή τους αποτελούν τα βασικά μεθοδολογικά στάδια κατά την επίλυση προβλημάτων στον τομέα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχουν περισσότερες από μία λύσεις στο πρόβλημα, χωρίς καμία να υπερτερεί ως προς όλες τις παραμέτρους έναντι των υπολοίπων. Επίσης, συχνά δεν υπάρχει αρχικά πλήρης εικόνα των δυνατών λύσεων και των χαρακτηριστικών τους πριν από την έναρξη της διαδικασίας υποστήριξης της λήψης απόφασης, ενώ ακόμα και το σύστημα προτεραιοτήτων των αποφασιζόντων είναι «θολό». Επιπλέον, πολλές φορές τα όρια του προς εξέταση συστήματος δεν είναι προφανή από την αρχή, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου το πρόβλημα αφορά σε μεγάλο εξυπηρετούμενο πληθυσμό.

Ο τρόπος με τον οποίο εκπονείται κάθε στάδιο της ανάλυσης επηρεάζει τα αποτελέσματα που λαμβάνονται και τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Για το λόγο αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τηρούνται κάποιοι βασικοί κανόνες ανά στάδιο και η αναλυτική εργασία να γίνεται (α) από αναλυτές/μελετητές με εμπειρία τόσο σε θέματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων όσο και επιχειρησιακής έρευνας, και (β) σε άμεση συνεργασία με τους αποφασίζοντες προκειμένου το αποτέλεσμα της ανάλυσης να εκφράζει τις προτιμήσεις τους και να ανταποκρίνεται πραγματικά στις ανάγκες τους.

Πολύ συχνά, δίνεται σημασία μόνο σε επιμέρους ζητήματα της όλης εργασίας, με έμφαση στην ποσοτικοποίηση δεικτών μέτρησης των επιδόσεων/επιπτώσεων των εξεταζόμενων σεναρίων/λύσεων, χωρίς να δίνεται προσοχή στη λεγόμενη «φάση δόμησης του προβλήματος» που είναι και η πλέον σημαντική, με αποτέλεσμα τα όποια σενάρια διαμορφώνονται να μην είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους, να παραλείπονται σημαντικές οπτικές γωνίες του προβλήματος, να υπάρχει υπερβολικός αριθμός κριτηρίων αξιολόγησης, οι δείκτες μέτρησης να μην απεικονίζουν πλήρως το περιεχόμενο του κριτηρίου και τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων κλπ.

Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται ορισμένες βασικές κατευθύνσεις για τα διάφορα στάδια της ανάλυσης, καταγράφονται κύρια ερωτήματα που χρειάζεται να απαντηθούν και παρέχονται συνοπτικές πληροφορίες για τις διαθέσιμες μεθοδολογίες και τεχνικές που είναι διαθέσιμες.

### 5.2 Γενικοί κανόνες ανάπτυξης σεναρίων

#### 5.2.1 Αντικείμενο και ρόλος σεναρίων

Κατά την ανάπτυξη σεναρίων στον τομέα των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ), που στη συνέχεια θα εξετασθούν αναλυτικότερα και θα αξιολογηθούν τόσο από περιβαλλοντική όσο και από οικονομική άποψη, θα πρέπει να είναι σαφές ποιο είναι το αντικείμενο των σεναρίων. Σε γενικές γραμμές, τα σενάρια μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με το περιεχόμενό τους:

- ❑ **Σενάρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων επεξεργασίας ή χώρων τελικής διάθεσης**, που αξιολογούν εναλλακτικές θέσεις της εγκατάστασης ή του χώρου διάθεσης.
- ❑ **Σενάρια αξιολόγησης τεχνολογιών / συνδυασμού τεχνολογιών επεξεργασίας**, που μπορεί να περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες γεωγραφικές θέσεις στις οποίες αναπτύσσονται διαφορετικές (ενδεχομένως) τεχνολογίες επεξεργασίας, μεμονωμένες ή και συνδυαζόμενες μεταξύ τους, οι οποίες συμπληρώνονται (και πάλι ενδεχομένως και στο βαθμό που απαιτείται) με χώρους τελικής διάθεσης προκειμένου να εξασφαλίζεται η ορθή περιβαλλοντικά διαχείριση του συνόλου των στερεών αποβλήτων που εξετάζονται στα σενάρια.
- ❑ **Σενάρια ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων**, που, εκτός από τεχνολογίες επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων, συμπληρώνονται και με υποθέσεις εργασίας / πρακτικές για τα στάδια που προηγούνται, δηλαδή την παραγωγή, τη συλλογή και τη μεταφόρτωση / μεταφορά.

Όπως συμβαίνει και σε άλλους τομείς, τα σενάρια αποτελούν συνήθως εργαλεία διερεύνησης του μέλλοντος σε σχέση με το ειδικό αντικείμενο του σεναρίου. Τα διάφορα σενάρια είναι αναγκαστικά εξίσου πιθανά και υπό αυτήν την έννοια εξετάζουν εκδοχές του μέλλοντος αντί να προσπαθούν να το προβλέψουν. Ιδιαίτερα δε στον ενεργειακό τομέα πολύ συχνά τα διάφορα σενάρια συνιστούν *επιθυμητές* μελλοντικές καταστάσεις, με στόχο να αποτελέσουν τον έναυσμα για να αναλυθεί το πώς μπορεί να επιτευχθούν οι καταστάσεις αυτές (Robinson 1982, Robinson 2003, Georgioulou et al. 2003).

Ένας άλλος βασικός τρόπος διάκρισης, που δεν αποκλείει αυτήν που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι μεταξύ **Σεναρίων Αναφοράς** και **Σεναρίων Πολιτικής** (EEA 2001). Τα **Σενάρια Αναφοράς** (ή αλλιώς σενάρια βάσης ή αναμενόμενης εξέλιξης) είναι σενάρια που περιλαμβάνουν μόνο παρεμβάσεις που ήδη υλοποιούνται ή έχουν επισήμως εξαγγελθεί από τη διοίκηση, χωρίς πρόσθετες δράσεις για περιβαλλοντικούς ή άλλους λόγους και οι οποίες αποτελούν το αντικείμενο της αξιολόγησης. Τα **Σενάρια Αναφοράς** δεν πρέπει να θεωρούνται αναγκαστικά ως «σενάρια μη-δράσης», καθώς μπορεί μεν να μην εξυπηρετούν κάποιον ιδιαίτερα φιλόδοξο περιβαλλοντικό στόχο, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν περιλαμβάνουν κάποιες σχετικές δράσεις. Τα **Σενάρια Αναφοράς** μπορούν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της συγκριτικής αξιολόγησης σεναρίων με τους ακόλουθους δύο βασικούς τρόπους:

- (α) Ως εργαλείο για την αξιολόγηση των υφιστάμενων πολιτικών ως προς κάποια κριτήρια (εκτίμηση απόλυτων επιδόσεων), ώστε στη συνέχεια η επίδοσή τους να αποτελέσει μέσο σύγκρισης (ή αλλιώς σημείο αναφοράς) για την αξιολόγηση σεναρίων (νέων) πολιτικών,
- (β) Ως σημείο αναφοράς για τον προσδιορισμό των πρόσθετων στοιχείων σεναρίων (νέων) πολιτικών σε σύγκριση με αυτά, προκειμένου να εκτιμηθούν μόνο οι «πρόσθετες» επιπτώσεις, θετικές και αρνητικές, από την εισαγωγή νέων πολιτικών (εκτίμηση σχετικών επιδόσεων) και όχι οι επιπτώσεις και των υφιστάμενων πολιτικών.

Βασικό πλεονέκτημα της περίπτωσης (β) είναι ότι, καθώς εκτιμώνται μόνο οι πρόσθετες επιπτώσεις των σεναρίων, απαιτεί λιγότερα δεδομένα εισόδου για την κατάσταση αναφοράς και έτσι είναι ευκολότερη στην εφαρμογή της. Βασικό μειονέκτημά της είναι όμως ότι ο αναλυτής και με τη σειρά τους και οι αποφασίζοντες δεν αποκτούν ουσιαστική (ποσοτική) εικόνα της κατάστασης αναφοράς και έτσι δυσκολεύονται να κρίνουν τις ενδεχόμενες αδυναμίες και ανεπάρκειές της.

Όταν επιδιώκεται η σύγκριση μεταξύ σεναρίων, προκειμένου αυτή να είναι ορθή πρέπει τα σενάρια να είναι συγκρίσιμα και εναλλακτικά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται να ικανοποιούνται συγχρόνως και οι τρεις ακόλουθες αρχές:

- ❑ Να είναι σαφές εξαρχής ποιος /ποιοι είναι ο παράγοντα(ε)ς διαφοροποίησης μεταξύ των σεναρίων έτσι ώστε να μπορεί να απαντηθεί το κεντρικό ερώτημα που τίθεται (η χωροθέτηση μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας; η χωροθέτηση σε συνδυασμό με την τεχνολογία; κλπ.)
- ❑ Να παρέχουν το ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης αναγκών στους αποδέκτες (π.χ. κατοίκους και επισκέπτες) της εξεταζόμενης γεωγραφικής ενότητας, τόσο ως προς την ποσότητα όσο και προς την ποιότητα. Για παράδειγμα, δεν είναι ορθή η εξαγωγή συμπερασμάτων από τη σύγκριση δύο ή περισσότερων σεναρίων που εξυπηρετούν συνολικά διαφορετικό πληθυσμό.
- ❑ Να βασίζονται σε κοινά ποσοτικά δεδομένα, εκτός από τις παραμέτρους / παράγοντες που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τους παράγοντες διαφοροποίησης των σεναρίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η σύγκριση σεναρίων με διαφορετική συνολική ετήσια ποσότητα στερεών αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ είναι ορθή μόνο εάν η διαφοροποίηση οφείλεται σε πρόσθετες δράσεις διαλογής υλικών στην πηγή ή ανάκτησης υλικών πριν την τελική διάθεση και οι δράσεις αυτές συνεκτιμώνται στο αντίστοιχο κόστος και όφελος των σεναρίων.

Συχνά και όταν δεν υπάρχει επαρκής τεχνική εμπειρία των αναλυτών στη διαμόρφωση σεναρίων, οι αρχές αυτές παραβιάζονται με αποτέλεσμα να μην είναι σαφές σε ποια από όλες τις αιτίες οφείλονται οι διαφορετικές επιδόσεις των σεναρίων ως προς ένα ή περισσότερα κριτήρια.

Τέλος, ένα επιπλέον σημείο που συχνά δημιουργεί σύγχυση και οδηγεί σε αναίτια αύξηση του αριθμού των σεναρίων, με αποτέλεσμα δυσκολία στην εξαγωγή συμπερασμάτων, είναι η διαφορά μεταξύ **σεναρίων** και **αναλύσεων ευαισθησίας**. Οι αναλύσεις ευαισθησίας έχουν ως στόχο την εξέταση της επίδρασης μίας ή περισσότερων κρίσιμων παραμέτρων που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα, όπως για παράδειγμα ο μελλοντικός πληθυσμός ή το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) που συνδέονται άμεσα με τις ποσότητες και τη σύνθεση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων σε μία περιοχή. Με την έννοια αυτή, δεν αποτελούν εναλλακτικά σενάρια πολιτικής, καθώς τα τελευταία πρέπει να χαρακτηρίζονται από σαφείς και ουσιαστικές διαφορές μεταξύ τους και να γίνεται προσπάθεια ώστε να περιορίζονται σε αυτά που είναι απαραίτητα προκειμένου οι αποφασίζοντες να μπορούν να εξάγουν ολοκληρωμένα συμπεράσματα. Ακόμα, θα πρέπει να τονιστεί ότι εάν αποφασιστεί η διενέργεια μιας ανάλυσης ευαισθησίας ως προς μία παράμετρο και η οποία απαντάται σε όλα τα εναλλακτικά σενάρια και στο σενάριο αναφοράς (εφόσον έχει αναπτυχθεί τέτοιο), η μεταβολή της αρχικής τιμής (τιμή βάσης) της παραμέτρου θα πρέπει να γίνει ομοιόμορφα σε όλα τα σενάρια και η αξιολόγησή τους να επαναληφθεί εκ νέου ώστε να είναι ορθή και η νέα σύγκρισή τους.

## 5.2.2 Νομοθετικό και διοικητικό πλαίσιο

Τόσο το σενάριο αναφοράς όσο και τα εναλλακτικά σενάρια πολιτικών πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας περί στερεών αποβλήτων. Τα βασικά νομοθετήματα για τα οικιακά απόβλητα που χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη σεναρίων είναι τα ακόλουθα:

- Οδηγία 2006/12/EK περί των στερεών αποβλήτων. Υποχρεώνει τα Κράτη-Μέλη (Κ-Μ) στην ανάληψη δράσεων με στόχο: (α) την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, ιδίως μέσω της ανάπτυξης καθαρών τεχνολογιών (β) την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που έχει ως στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών, ή τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας. Επίσης, τα Κ-Μ πρέπει να αναπτύξουν κατάλληλο και ολοκληρωμένο δίκτυο εγκαταστάσεων διάθεσης των αποβλήτων, που λαμβάνει υπόψη τις καλύτερες διαθέσιμες τεχνολογίες που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος.
- Οδηγία 2002/96/EK σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Εκτός από την πρόληψη παραγωγής ΑΗΗΕ, από τον Αύγουστο 2005 και για τα ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης τα Κ-Μ θα πρέπει να έχουν αναπτύξει συστήματα χωριστής συλλογής των αποβλήτων αυτών. Τα συλλεγόμενα ΑΗΗΕ μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας εφαρμόζοντας βέλτιστες δυνατές τεχνικές. Επίσης, μέχρι το Δεκέμβριο 2006, ανάλογα με το είδος της συσκευής θα πρέπει: (α) ο βαθμός αξιοποίησης να αυξηθεί στο 75-80 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, (β) η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών να αυξηθεί στο 50-75 % τουλάχιστον του μέσου βάρους ανά συσκευή, και (γ) ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των κατασκευαστικών στοιχείων, των υλικών και των ουσιών για τους λαμπτήρες πρέπει να ανέρχεται στο 80 % τουλάχιστον του βάρους των λαμπτήρων.
- Οδηγία 2000/76/EK για την αποτέφρωση των αποβλήτων. Καθορίζει όρους λειτουργίας και περιβαλλοντικούς περιορισμούς για τις εγκαταστάσεις (συν)αποτέφρωσης αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των κλιβάνων τσιμεντοβιομηχανιών. Σημειώνεται ότι οι καθοριζόμενες οριακές τιμές εκπομπών σε σχέση με τη συναποτέφρωση έχουν σημασία σε περίπτωση που σε εναλλακτικά σενάρια εξετάζεται η αξιοποίηση κλασμάτων υλικών με τον τρόπο αυτό.
- Οδηγία 99/31/EK για την υγειονομική ταφή. Ενσωματώθηκε στην Ελληνική νομοθεσία με την ΚΥΑ 29407/3508 (ΦΕΚ 1572Β, 16-12-2002). Η Οδηγία (α) δεσμεύει τα Κ-Μ στην εισαγωγή τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων με την τοποθέτηση συγκεκριμένων στόχων σε συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα (β) κάνει πολύ αυστηρότερους τους κανόνες λειτουργίας των ΧΥΤΑ (γ) εισάγει σημαντικές αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών (δ) απαιτεί σημαντική αναβάθμιση και μετασχηματισμό των φορέων διαχείρισης (ε) απαιτεί αλλαγές στην διαδικασία σχεδιασμού και αδειοδότησης των έργων. Σημειώνεται ότι με βάση το χρονοδιάγραμμα και την 4-ετή περίοδο χάριτος που εξασφάλισε η Ελλάδα, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν μέχρι το 2010, 2013 και 2020 στο 75 %, 50% και 35% αντιστοίχως της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.
- Οδηγία 94/62/EK (πλέον 2004/12/EK) για τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασιών. Εκτός από την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων συσκευασιών, τα Κ-Μ πρέπει να έχουν φροντίσει ώστε μέχρι το 2011 να γίνεται (α) ανάκτηση τουλάχιστον του 60% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας, (β) ανακύκλωση του 55-80% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας, και (γ) ανακύκλωση τουλάχιστον του 60% κ.β. του γυαλιού, του 60% κ.β. του χαρτιού και χαρτονιού, του 50% κ.β. των μετάλλων, του 22.5% κ.β. των

πλαστικών και του 15% του ξύλου. Στην προηγούμενη Οδηγία 94/62 οι στόχοι ήταν σημαντικά χαμηλότεροι (μέχρι το 2005, ανάκτηση 50-65% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας, ανακύκλωση 25-45% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας, και ανακύκλωση τουλάχιστον του 15% κ.β. κάθε υλικού συσκευασίας).

- ❑ ΚΥΑ 114218/1997 για την Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.
- ❑ ΚΥΑ 113944/1997 για τον Εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Βασικό ερώτημα που ανακύπτει κατά τη διαμόρφωση σεναρίων για τα στερεά απόβλητα σε σχέση με τις νομοθετικές δεσμεύσεις είναι το κατά πόσον τόσο το Σενάριο Αναφοράς και τα εναλλακτικά σενάρια πολιτικής πρέπει να ανταποκρίνονται πλήρως στους στόχους (ιδιαίτερα τους ποσοτικούς) και στο χρονοδιάγραμμα υλοποίησής τους, όπως αυτά καθορίζονται στα σχετικά νομοθετήματα, όταν η ρεαλιστική εξέλιξη των πραγμάτων υποδεικνύει ότι οι δεσμεύσεις αυτές ενδέχεται να μην τηρηθούν λόγω καθυστερήσεων, διοικητικών προβλημάτων, περιορισμένη ή αβέβαια ανταπόκριση των πολιτών κλπ. Προκειμένου από τη μία πλευρά να μην αγνοηθεί η νομοθεσία και από την άλλη να ληφθούν υπόψη οι τυχόν παρατηρούμενες καθυστερήσεις στην επίτευξη των δεσμεύσεων, το σενάριο αναφοράς (και τα εναλλακτικά σενάρια) μπορούν να αναπτυχθούν με άξονα την τήρηση της νομοθεσίας και στη συνέχεια να γίνουν ορισμένες βασικές αναλύσεις ευαισθησίας ως προς το βαθμό επίτευξης των νομοθετικών δεσμεύσεων.

### 5.2.3 Περιφερειακές – τοπικές ιδιαιτερότητες, δεδομένα και τάσεις

Εκτός από τα προαναφερθέντα στοιχεία, κατά τη διαμόρφωση των σεναρίων είναι απαραίτητο να εξετάζονται και οι βασικές περιφερειακές και τοπικές ιδιαιτερότητες, δεδομένα και τάσεις που επηρεάζουν την παραγωγή, συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση, επεξεργασία και τελική διάθεση των στερεών αποβλήτων.

Ένα πρώτο ζήτημα αφορά στους τοπικούς παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή αποβλήτων, τόσο σε σχέση με την ποσότητα όσο και με τη σύνθεσή τους. Για την επιλογή κατάλληλων δεικτών για την εκτίμηση των *ετήσιων παραγόμενων και συλλεγόμενων προς διαχείριση ποσοτήτων* (ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα ποσοτικά στοιχεία από μετρήσεις) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- ❑ Ο βαθμός αστικοποίησης του τοπικού πληθυσμού
- ❑ Η ύπαρξη σημαντικού αριθμού μεταναστών προς την περιοχή που ενδέχεται να μην καταγράφονται πλήρως στις επίσημες απογραφές πληθυσμού
- ❑ Η μετακίνηση (εποχιακή ή μόνιμη) μέρους του πληθυσμού προς άλλες περιοχές
- ❑ Ο αριθμός και η μέση χρονική διάρκεια παραμονής επισκεπτών στην περιοχή
- ❑ Η γεωγραφική διασπορά του πληθυσμού, σε συνδυασμό με τυχόν ιδιαίτερα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως προβλήματα πρόσβασης σε ορισμένες περιοχές / οικισμούς λόγω στενών ή ακατάλληλων δρόμων κλπ.
- ❑ Ειδικές χρήσεις / ακολουθούμενες πρακτικές μείωσης/ ανάκτησης των αποβλήτων, όπως για παράδειγμα διαχωρισμός και επαναχρησιμοποίηση του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων σε οικιακές - αγροτικές χρήσεις (στις αγροτικές περιοχές)

Όσον αφορά στη *σύνθεση των παραγόμενων αποβλήτων σε τοπικό επίπεδο*, αυτή αποτελεί πρόβλημα κατά την ανάπτυξη τοπικών / περιφερειακών σεναρίων πολιτικής καθώς στην Ελλάδα απουσιάζει προς το παρόν μια μελέτη ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των στερεών αποβλήτων η οποία να είναι πρόσφατη, να έχει γίνει με δόκιμο τεχνικά τρόπο (ομοιόμορφες προδιαγραφές σε όλες τις περιοχές), να καλύπτει τις διάφορες περιοχές της χώρας στο ίδιο έτος και καθ' όλη τη διάρκειά του (σημείο που έχει σημασία σε περιοχές με σημαντικές αυξομειώσεις πληθυσμού λόγω τουρισμού), και να επαναλαμβάνεται τακτικά ώστε να υπάρχει εικόνα των τάσεων και των μεταβολών των καταναλωτικών συνηθειών. Η έλλειψη αξιόπιστων χρονοσειρών δεδομένων για τα στερεά απόβλητα δεν αποτελεί πρόβλημα μόνο στην Ελλάδα, αλλά και στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Όσον αφορά στην *ανακύκλωση, ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υλικών*, βασικό ζήτημα είναι η ύπαρξη ή όχι τοπικών αγορών που μπορούν να απορροφήσουν τα υλικά αυτά, καθώς σε αντίθετη περίπτωση αφενός θα πρέπει να διατεθούν και αυτά σε ΧΥΤΑ (κάτι που επηρεάζει τη δυναμικότητα / διάρκεια ζωής του) και αφετέρου ο φορέας διαχείρισης αποβλήτων όχι μόνο δεν θα έχει έσοδα από την πώλησή τους αλλά αντίθετα θα επιβαρυνθεί περαιτέρω με το κόστος μεταφοράς και διάθεσής τους.

Η ύπαρξη τοπικών αγορών αποτελεί επίσης σημαντικό ζήτημα για τις *εγκαταστάσεις επεξεργασίας* καθώς η απορρόφηση συγκεκριμένων υλικών από την αγορά επηρεάζει την οικονομική βιωσιμότητα μιας μονάδας επεξεργασίας που παράγει τα υλικά αυτά ως προϊόντα διαχωρισμού ή βιολογικής επεξεργασίας. Επιπλέον, η διαλογή στην πηγή / ανάκτηση υλικών και η διάθεσή τους στην αγορά πριν την είσοδο στη μονάδα επεξεργασίας επηρεάζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας (δυναμικότητα, σύνθεση τροφοδοσίας κλπ.). Στην περίπτωση τεχνολογιών επεξεργασίας που περιλαμβάνουν παραγωγή / ανάκτηση ενέργειας, σημαντικά επιπλέον στοιχεία είναι η κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου της περιοχής (στην περίπτωση που το σενάριο περιλαμβάνει παραγωγή ηλεκτρισμού και διοχέτευσή του στο δίκτυο) και η ύπαρξη τελικών χρηστών στην περίπτωση παραγωγής θερμότητας / ατμού (π.χ. μεταποιητικές μονάδες με θερμικές ανάγκες, οικισμοί κλπ.).

Αναφορικά με την *τελική διάθεση των αποβλήτων*, βασικοί παράγοντες τοπικού χαρακτήρα που παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση των επιλογών είναι:

- Η διαθεσιμότητα ελεύθερων δημόσιων χώρων
- Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των πιθανών χώρων διάθεσης (προσβασιμότητα, έδαφος, γειτνίαση με οικισμούς κλπ.)
- Τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των πιθανών χώρων διάθεσης
- Τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής
- Η υφιστάμενη χωροθέτηση χρήσεων γης
- Η απόσταση πιθανών χώρων διάθεσης από τους εξυπηρετούμενους οικισμούς και τις όποιες προβλεπόμενες μονάδες επεξεργασίας

#### 5.2.4 Παρατηρήσεις

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν αναλυτικά παραπάνω, οι γενικοί κανόνες διαμόρφωσης σεναρίων προς αξιολόγηση στον τομέα των στερεών αποβλήτων μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- ❑ Ο στόχος που εξυπηρετούν / το ερώτημα στο οποίο καλούνται να απαντήσουν τα σενάρια πρέπει να είναι σαφή πριν την έναρξη της διαδικασίας διαμόρφωσής τους.
- ❑ Το περιεχόμενο (αντικείμενο) των σεναρίων ποικίλλει ανάλογα με το ερώτημα στο οποίο καλούνται να απαντήσουν.
- ❑ Το Σενάριο Αναφοράς αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο είτε για την αξιολόγηση των υφιστάμενων πολιτικών ή/και ως σημείο αναφοράς στην αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων πολιτικής.
- ❑ Η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων πολιτικής μπορεί να γίνει είτε μέσω εκτίμησης της απόλυτης επίδοσής τους ως προς κάποια κριτήρια είτε μέσω της σχετικής επίδοσής τους ως προς ένα Σενάριο Αναφοράς.
- ❑ Οι αναλύσεις ευαισθησίας δεν συνιστούν εναλλακτικά σενάρια αλλά προσπάθειες εκτίμησης της επίδρασης της αβεβαιότητας ορισμένων κρίσιμων παραμέτρων.
- ❑ Πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε τα σενάρια να περιορίζονται σε αυτά που είναι τα πλέον χαρακτηριστικά και απολύτως απαραίτητα για την ανάλυση του προβλήματος (όχι μεγάλος αριθμός σεναρίων)
- ❑ Τα σενάρια πρέπει να έχουν εσωτερική συνοχή, δηλαδή να συνδυάζουν επιμέρους επιλογές (τεχνολογίες, χωροθετήσεις κλπ.) και παραδοχές που αποτελούν ορθούς από τεχνική άποψη συνδυασμούς
- ❑ Τα όποια εναλλακτικά σενάρια (και το Σενάριο Αναφοράς) πρέπει να είναι πλήρως συγκρίσιμα μεταξύ τους, δηλαδή να παρέχουν τις ίδιες υπηρεσίες όσον αφορά στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ίδιος εξυπηρετούμενος πληθυσμός, ίδιος βαθμός ικανοποίησης αναγκών, λειτουργία υπό το ίδιο νομοθετικό πλαίσιο κλπ.)
- ❑ Η τήρηση των νομικά δεσμευτικών στόχων με βάση την Ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία πρέπει να αποτελεί συστατικό στοιχείο τόσο του Σεναρίου Αναφοράς όσο και των εναλλακτικών σεναρίων, ωστόσο μπορούν να γίνονται και αναλύσεις ευαισθησίας (οι ίδιες συγχρόνως σε όλα τα σενάρια) σε περίπτωση αβεβαιότητας ορισμένων κρίσιμων παραμέτρων.
- ❑ Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές ιδιαιτερότητες, δεδομένα και τάσεις κατά την ανάπτυξη των σεναρίων.

### **5.3 Μεθοδολογικό πλαίσιο ανάπτυξης σεναρίων στον τομέα των στερεών αποβλήτων**

#### **5.3.1 Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά σεναρίων**

Προκειμένου να είναι δυνατή η περιβαλλοντική και οικονομική αξιολόγηση ενός σεναρίου διαχείρισης στερεών αποβλήτων, καθώς και η συγκριτική αξιολόγηση μιας δέσμης εναλλακτικών σεναρίων, τα σενάρια χρειάζεται να περιλαμβάνουν μια σειρά από ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά προκειμένου να είναι δυνατές και ορθές οι αξιολογήσεις αυτές. Αναλυτικότερα:

#### **A. Ποιοτικά χαρακτηριστικά**

- Τεχνολογίες επεξεργασίας και μέθοδοι τελικής διάθεσης.

- Χώρος / χώροι επεξεργασίας / τελικής διάθεσης. Ο προσδιορισμός αυτός είναι απαραίτητος όταν:
  - (α) τα σενάρια αφορούν αποκλειστικά σε σενάρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων επεξεργασίας / τελικής διάθεσης, ή
  - (β) τα σενάρια διαφοροποιούνται - μεταξύ άλλων - και ως προς την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας / τελικής διάθεσης, ενώ αξιολογούνται οι επιπτώσεις (περιβαλλοντικές, οικονομικές) και από το στάδιο της μεταφοράς αποβλήτων, ή
  - (γ) γίνεται αναλυτική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων στο στάδιο της επεξεργασίας / τελικής διάθεσης, οπότε και έχουν σημασία οι χρήσεις γης και αποδέκτες περιβαλλοντικών φορτίων στην ευρύτερη ακτίνα της εγκατάστασης, τα κλιματικά χαρακτηριστικά (π.χ. κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμων) στην περιοχή, η γειτνίαση με οικισμούς, η προσβασιμότητα του χώρου, τα ειδικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του (έδαφος, υπόγεια νερά, οικοσυστήματα ευρύτερης περιοχής κλπ.)
- Γεωγραφικά όρια σεναρίου, προκειμένου να είναι σαφές ποιος είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός
- Χρονικός ορίζοντας σεναρίου (που σχετίζεται και με τις προβλεπόμενες ποσότητες στερεών αποβλήτων που προβλέπεται να επεξεργάζονται στο σενάριο)
- Εξεταζόμενες πηγές στερεών αποβλήτων (αστικά μόνο, ή και από τομέα υπηρεσιών, βιομηχανίας, αδρανή από κατασκευαστικό τομέα κλπ.)
- Εξεταζόμενα στάδια κύκλου ζωής στερεών αποβλήτων, ώστε να είναι σαφές ποια στάδια αποτελούν αντικείμενο της ανάλυσης. Για τα υπόλοιπα στάδια και όπου αυτό χρειάζεται, γίνονται κατάλληλες εκτιμήσεις και παραδοχές προκειμένου να προκύψουν τα βασικά ποσοτικά δεδομένα σε σχέση με τις επεξεργαζόμενες / διατιθέμενες ποσότητες αποβλήτων.

## **B. Ποσοτικά χαρακτηριστικά**

- Παραγόμενες ποσότητες αστικών στερεών αποβλήτων.

Στην περίπτωση των αστικών αποβλήτων, υπάρχουν τρεις βασικές προσεγγίσεις προκειμένου να εκτιμηθούν οι παραγόμενες ποσότητες στον χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης:

- (α) μέσω πρόβλεψης του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, εκτίμησης ενός δείκτη ημερήσιας παραγωγής ανά κάτοικο και ημέρα (με βάση την υφιστάμενη κατάσταση αλλά θεωρώντας και κατάλληλο ρυθμό μεταβολής στον εξεταζόμενο χρονικό ορίζοντα) και συνδυασμό τους για την εκτίμηση των ετήσιων ποσοτήτων των παραγόμενων αποβλήτων
- (β) μέσω εκτίμησης της μέσης ετήσιας αύξησης των παραγόμενων στερεών αποβλήτων λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες τάσεις στην περιοχή / χώρα καθώς και τις αντίστοιχες καταγεγραμμένες τάσεις σε άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- (γ) μέσω συσχέτισης της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων με έναν κατάλληλο κινητήριο παράγοντα (συνήθως του ΑΕΠ) και πρόβλεψη της εξέλιξης του τελευταίου προκειμένου να προβλεφθούν οι μελλοντικές ετήσιες ποσότητες.

Η βασική δυσκολία και στις τρεις προσεγγίσεις είναι ότι στην Ελλάδα υπάρχει έλλειψη χρονοσειρών – και μάλιστα σε τοπικό / περιφερειακό επίπεδο – με στοιχεία προερχόμενα από μετρήσεις των παραγόμενων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων, και στις οποίες θα μπορούσε να



βασιστεί η ποσοτική εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης και της μελλοντικής εξέλιξής της. Εάν ωστόσο υπάρχουν ποσοτικά στοιχεία μετρήσεων (ζυγολόγια) από τους χώρους διάθεσης στην περιοχή, και συνεκτιμώντας τα όποια αποτελέσματα των υφιστάμενων προγραμμάτων ανακύκλωσης, η προσέγγιση (β) είναι προτιμότερη για την πρόβλεψη των μελλοντικά παραγόμενων ποσοτήτων. Σημειώνεται δε ότι όσον αφορά στην προσέγγιση (γ), οι υψηλοί κατά καιρούς ρυθμοί ανάπτυξης του ΑΕΠ μπορεί να συνδέονται με την ανάπτυξη συγκεκριμένων κλάδων (π.χ. κατασκευές) χωρίς να συνοδεύονται απαραίτητα από ανάλογες αυξήσεις των παραγόμενων στερεών αποβλήτων και επομένως ενδέχεται να μην υπάρχει ικανοποιητικός βαθμός συσχέτισης των δύο μεγεθών. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα τοπικά ποσοτικά στοιχεία από μετρήσεις για την παραγωγή απορριμμάτων, ως «στοιχεία εκκίνησης» για τη διαμόρφωση σεναρίων μπορούν να αξιοποιηθούν αυτά που παρουσιάζονται στο **Κεφάλαιο 4** της παρούσας μελέτης.

Επίσης, για την εκτίμηση των μελλοντικά παραγόμενων αποβλήτων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το αν στις δράσεις του σεναρίου (ή στις παραδοχές του) έχουν συμπεριληφθεί και δράσεις πρόληψης και επομένως σχετικής μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων.

- Σύνθεση παραγόμενων αποβλήτων.

Τα βασικά υλικά που χρειάζεται να προσδιοριστούν είναι το οργανικό τμήμα των στερεών αποβλήτων (καταρχήν ως σύνολο, και ενδεχομένως με περαιτέρω διάκριση σε απόβλητα κήπου και απόβλητα φαγητού), το χαρτί, το πλαστικό, τα μέταλλα, το γυαλί, τα αδρανή και τα λοιπά υλικά (υφάσματα, ξύλο κλπ.).

Όπως και για τις παραγόμενες ποσότητες, βασική δυσκολία είναι η έλλειψη διαχρονικών και ολοκληρωμένων προγραμμάτων ανάλυσης της σύνθεσης των απορριμμάτων. Εάν δεν υπάρχουν τέτοια στοιχεία, ως τυπική σύνθεση για την υφιστάμενη κατάσταση μπορεί να ληφθεί αυτή που παρουσιάζεται στο **Κεφάλαιο 2** της παρούσας μελέτης, ενώ οι πληροφορίες που δίνονται στο ίδιο κεφάλαιο μπορούν να αξιοποιηθούν και στην εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης της σύνθεσης των απορριμμάτων.

- Υλικά που ανακτώνται μέσω προγραμμάτων διαλογής στην πηγή, ώστε να είναι γνωστές οι ποσότητες των υλικών που οδηγούνται είτε προς επεξεργασία είτε προς ταφή.
- Ανακτώμενες ποσότητες υλικών (οργανικό κλάσμα, RDF, μέταλλα κλπ.) μέσω μηχανικής επεξεργασίας (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Παραγόμενες ποσότητες κομπόστ / εδαφοβελτιωτικού από αερόβια βιολογική επεξεργασία (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Παραγόμενες ποσότητες SRF από βιολογική ξήρανση (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από μονάδες αναερόβιας χώνευσης (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Παραγόμενος ηλεκτρισμός / θερμότητα από μονάδες επεξεργασίας με ενεργειακή αξιοποίηση (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Παραγόμενες ποσότητες υπολείμματος από μονάδες επεξεργασίας για διάθεση σε ΧΥΤΑ (εφόσον προβλέπεται στο σενάριο)
- Ποσότητες (μη επικίνδυνων) στερεών αποβλήτων προς ταφή

Εκτός από τα παραπάνω και ανάλογα με τον τρόπο και τον επιθυμητό βαθμό λεπτομέρειας της αξιολόγησης της περιβαλλοντικής και οικονομικής επίδοσης του σεναρίου, ενδέχεται να απαιτούνται και επιπλέον ποσοτικά στοιχεία όπως:

- Εκπεμπόμενες ποσότητες αέριων ρύπων από τις μονάδες θερμικής επεξεργασίας
- Απαιτούμενη έκταση εγκαταστάσεων επεξεργασίας και χώρων τελικής διάθεσης
- Τιμές τοπικής αγοράς για κάθε ανακτώμενο υλικό
- Τιμές (με βάση το θεσμικό πλαίσιο) πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο
- Αποστάσεις μεταξύ σημείων παραγωγής στερεών αποβλήτων – μονάδων επεξεργασίας – χώρων τελικής διάθεσης

### 5.3.2 Το Σενάριο Αναφοράς

Κατά την ανάπτυξη του Σεναρίου Αναφοράς (ΣΑ) θα πρέπει να απαντηθούν τα ακόλουθα βασικά ερωτήματα πέραν των γενικότερων σημείων που έχουν ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 5.3.1 παραπάνω:

➤ **Ποια είναι τα γεωγραφικά όρια της ανάλυσης;**

Το ερώτημα αυτό είναι όχι μόνο τεχνικό αλλά και πολιτικό, καθώς εμπεριέχει το έμμεσο ερώτημα σχετικά με το αν κατά την ανάλυση θα θεωρηθεί ως αποδεκτή πολιτικά λύση η μεταφορά στερεών αποβλήτων εκτός των ορίων της περιοχής όπου βρίσκεται ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός. Στην Ελλάδα, η υφιστάμενη νομοθεσία δεν απαγορεύει κάτι τέτοιο, ωστόσο όμως μέχρι σήμερα για λόγους κοινωνικών αντιδράσεων δεν έχει ληφθεί απόφαση για διαπεριφερειακή διαχείριση απορριμμάτων. Από τεχνική άποψη πάντως δεν συντρέχει κάποιος περιορισμός στην μεταφορά απορριμμάτων πλην αυτού της απόστασης μεταφοράς (και επομένως και του αντίστοιχου κόστους).

Επιπλέον, καθώς κάθε περιφέρεια περιλαμβάνει έναν ορισμένο αριθμό διαχειριστικών ενοτήτων, θα πρέπει να αποφασιστεί το αν αντικείμενο της ανάλυσης είναι το σύνολο των ενοτήτων αυτών. Ακόμα όμως και εάν η ανάλυση περιοριστεί σε ορισμένες μόνο από αυτές, οι συνέργιες και αλληλεπιδράσεις με τις υπόλοιπες θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα υπόψη.

➤ **Ποιος είναι ο χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης;**

Ο χρονικός ορίζοντας, ο οποίος θα πρέπει να είναι κοινός σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια προκειμένου να υπάρχει συγκρισιμότητα τόσο μεταξύ τους όσο και με το ΣΑ, εξαρτάται από τη δέσμη των κριτηρίων ως προς τα οποία γίνεται η αξιολόγηση, καθώς και από το είδος των τεχνολογιών επεξεργασίας / διάθεσης που περιλαμβάνουν τα σενάρια. Έτσι, το ερώτημα αυτό δεν αφορά μόνο το ΣΑ. Ο χρονικός ορίζοντας θα πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε εντός αυτού να έχουν ολοκληρωθεί και να λειτουργούν πλήρως όλες οι βασικές υποδομές διαχείρισης στερεών αποβλήτων του σεναρίου, οπότε και θα μπορούν να προσμετρηθούν πλήρως όλες οι βασικές επιπτώσεις τους. Έτσι, ένας ορίζοντας της τάξης των 20 ετών θα μπορούσε να θεωρηθεί ως καταρχήν κατάλληλος σε θέματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

➤ **Ποιος θα είναι ο βαθμός συμμόρφωσης σε σχέση με νομοθετικές απαιτήσεις;**

Οι νομοθετικές απαιτήσεις μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) αυτές που ισχύουν ήδη εδώ και κάποιο χρονικό διάστημα αλλά οι στόχοι / περιορισμοί τους δεν καλύπτονται προς παρόν λόγω τεχνικών καθυστερήσεων, κοινωνικών αντιδράσεων, έλλειψης διοικητικών δομών και σχεδιασμού, περιορισμένης ανταπόκρισης των πολιτών κλπ., και (β) αυτές που είναι πολύ πρόσφατες και (συνήθως) θέτουν φιλόδοξους ποσοτικούς στόχους για την ανάκτηση/ ανακύκλωση υλικών, κλπ. Προκύπτει έτσι το «δίλημμα» του κατά πόσον το ΣΑ πρέπει

- να είναι ρεαλιστικό και επομένως να μην αγνοεί την υφιστάμενη κατάσταση, υιοθετώντας πιο μετριοπαθείς στόχους για το μέλλον που όμως θα παραβιάζουν την κείμενη νομοθεσία), ή
- να βρίσκεται σε απόλυτη συμμόρφωση με τη νομοθεσία, ώστε η σύγκρισή του με άλλα σενάρια διαχείρισης να επικεντρώνεται στα σημεία/ ερωτήματα που πραγματικά εξυπηρετεί η χρήση εναλλακτικών σεναρίων.

Εν γένει, είναι προτιμότερη η δεύτερη προσέγγιση, ενώ οι επιπτώσεις της πιθανότητας μη-επίτευξης των στόχων και περιορισμών της νομοθεσίας μπορεί να εξεταστεί μέσω κατάλληλων αναλύσεων ευαισθησίας.

➤ **Ο Περιφερειακός Σχεδιασμός για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων υιοθετείται πλήρως;**

Λόγοι που μπορεί να δημιουργούν το ερώτημα αυτό είναι σημαντικές καθυστερήσεις στην υλοποίηση του περιφερειακού σχεδιασμού, με αποτέλεσμα βασικές υποδομές και δράσεις διαχείρισης στερεών αποβλήτων να μην έχουν ξεκινήσει να κατασκευάζονται / υλοποιούνται και να υπάρχουν σοβαρές κοινωνικές αντιδράσεις στην υλοποίησή τους. Ωστόσο, δεδομένου ότι ο περιφερειακός σχεδιασμός έχει τον χαρακτήρα νομοθεσίας, καλό είναι το ΣΑ να δομείται έτσι ώστε να ενσωματώνει τα προβλεπόμενα σε αυτόν. Ωστόσο, ενδέχεται κάποια θέματα υποδομών να μην έχουν καθοριστεί πλήρως στο σχεδιασμό, και κυρίως αυτά που αφορούν στον τρόπο επεξεργασίας των αποβλήτων (δηλ. ποια/ποιες είναι η/οι τεχνολογία/ες επεξεργασίας).

➤ **Ποια είναι τα απαραίτητα στοιχεία εισόδου και οι βασικές παραδοχές;**

Το ΣΑ πρέπει να προσδιορίζει, σε επίπεδο έτους και για τον χρονικό ορίζοντα που έχει επιλεγεί, τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό (μόνιμο και εποχιακό), τις εκτιμώμενες ποσότητες των παραγόμενων απορριμμάτων και τη σύνθεσή τους, την απόδοση δράσεων ανακύκλωσης, τις ροές υλικών στην είσοδο και έξοδο τυχόν μονάδων Μηχανικής-Βιολογικής επεξεργασίας και Θερμικής Επεξεργασίας, καθώς και την ποσότητα των απορριμμάτων / υπολειμμάτων που καταλήγει σε χώρους ταφής. Καθώς οι προς προσδιορισμό ροές υλικών αναφέρονται και στο μέλλον, θα πρέπει να γίνουν κατάλληλες παραδοχές σε σχέση με την εξέλιξη του πληθυσμού, του βιοτικού επιπέδου, κλπ., στη βάση στοιχείων από επίσημες πηγές (π.χ. ΕΣΥΕ, EUROSTAT κ.ά.). Εκτός από τις ροές υλικών, βασικό στοιχείο είναι και τα εκλυόμενα περιβαλλοντικά φορτία στην ατμόσφαιρα, στα νερά και στο έδαφος από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τελικής διάθεσης.

➤ **Με ποιόν τρόπο πρέπει να γίνει ο χειρισμός της αβεβαιότητας;**

Για έναν ορθό χειρισμό της αβεβαιότητας πρέπει να είναι σαφές ποιο/ ποιες αιτίες την δημιουργούν, όπως για παράδειγμα ο μεγάλος χρονικός ορίζοντας, η έλλειψη αξιόπιστων προβλέψεων μακροοικονομικών μεγεθών, η ενδεχόμενη μεταβολή (προς το αυστηρότερο) της υφιστάμενης νομοθεσίας, οι κοινωνικές συμπεριφορές κλπ. Υπάρχουν παράγοντες αβεβαιότητας που είναι κοινοί σε όλα τα σενάρια (συμπεριλαμβανομένου και του ΣΑ), και των οποίων ο χειρισμός πρέπει να γίνει ομοιόμορφα σε όλα τα σενάρια, και ειδικοί παράγοντες για το ΣΑ των οποίων οι επιπτώσεις μπορούν να εκτιμηθούν μέσω αναλύσεων ευαισθησίας του ΣΑ.

➤ **Ποια αποτελέσματα και επιπτώσεις πρέπει να περιλαμβάνει η αξιολόγηση;**

Για μια ολοκληρωμένη εικόνα του ΣΑ, αλλά και των όποιων εναλλακτικών σεναρίων, ως βασικά αποτελέσματα και επιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν τα ακόλουθα (που σχετίζονται και με την αποτίμηση των κριτηρίων αξιολόγησης που αναφέρθηκε παραπάνω):

- ↳ Συνολική ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων (σε ετήσια βάση)
- ↳ Ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων (σε ετήσια βάση) ανά βασική κατηγορία υλικών (οργανικά, χαρτί-χαρτόνι, πλαστικά, μέταλλα, υφάσματα- ξύλο- δέρμα, αδρανή, λοιπά)
- ↳ Συνολικό ποσοστό ανακύκλωσης υλικών
- ↳ Ποσότητα απορριμμάτων που οδηγείται προς ταφή
- ↳ Ποσότητα ενέργειας που ανακτάται
- ↳ Συνολική κατανάλωση ενέργειας στις βασικές υποδομές (εγκαταστάσεις επεξεργασίας και εγκαταστάσεις τελικής διάθεσης)
- ↳ Κατανάλωση ενέργειας για μεταφορά απορριμμάτων
- ↳ Διανύομενη απόσταση για μεταφορά απορριμμάτων
- ↳ Εκπομπές αέριων ρύπων και αερίων φαινομένου θερμοκηπίου (ανά ρύπο/ αέριο)
- ↳ Συνολικό κόστος επένδυσης για την υλοποίηση των βασικών υποδομών και δράσεων του σεναρίου
- ↳ Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης υποδομών και δράσεων διαχείρισης
- ↳ Συνολικά (εν δυνάμει) ετήσια έσοδα από διάθεση στην αγορά χρήσιμων υλικών
- ↳ Συνολική δέσμευση γης από τις υποδομές διαχείρισης στερεών αποβλήτων
- ↳ Ποσότητα παραγόμενων στραγγισμάτων
- ↳ Απόσταση βασικών υποδομών από οικισμούς, τουριστικές, γεωργικές χρήσεις κλπ.
- ↳ Μέγεθος (δυναμικότητα) υποδομών

### 5.3.3 Δυνατές επιλογές ανά στάδιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Κατά το στάδιο της διαμόρφωσης των προς αξιολόγηση σεναρίων (πλην του Σεναρίου Αναφοράς, το οποίο αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη εξέλιξη των πραγμάτων με βάση τις καταγεγραμμένες τάσεις και τις επισήμως υιοθετημένες και δρομολογούμενες επιλογές), οι βασικές δυνατές επιλογές που υπάρχουν ανά στάδιο διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων καταγράφονται στη συνέχεια. Σε περίπτωση που κάποιες επιλογές δεν είναι συμβατές μεταξύ τους, αυτό επισημαίνεται κατάλληλα.

#### Παραγωγή ΑΣΑ

- ❑ Δράσεις κατά το στάδιο της κατασκευής προϊόντων με στόχο τον περιορισμό / αποφυγή υλικών (π.χ. υλικά συσκευασίας) που στη συνέχεια – μέσω του τελικού καταναλωτή των προϊόντων αυτών – θα καταλήξουν ως απορρίμματα
- ❑ Δράσεις κατά το στάδιο της αγοράς προϊόντων από τους τελικούς καταναλωτές (πολίτες, επιχειρήσεις, δημόσιος τομέας) με στόχο την προτίμηση προϊόντων που είναι εν μέρει ή και πλήρως ανακυκλώσιμα / επαναχρησιμοποιήσιμα (π.χ. λόγω χρήσης λιγότερων υλικών συσκευασίας, προϊόντα «από δεύτερο χέρι», προϊόντα σε μορφή χύδην αντί μεμονωμένων συσκευασιών, προϊόντα μεγάλης διάρκειας ζωής – που μπορούν να επισκευαστούν, προϊόντα πολλαπλών χρήσεων, κλπ.)

#### Συλλογή και διαλογή ΑΣΑ

- ❑ Τοποθέτηση κάδων στο δρόμο.
- ❑ Τοποθέτηση κάδων σε ειδικούς χώρους εντός των κτιρίων ή στον εξωτερικό χώρο των κτιρίων (απαιτεί να υπάρχει διαθέσιμος χώρος, όπου από είναι και ένα σημαντικό πρόβλημα ειδικά στα αστικά κέντρα, ενώ ενδεχομένως αυξάνει και το κόστος συλλογής)
- ❑ Χωριστοί κάδοι ανά υλικό ανακύκλωσης.
- ❑ Χωριστή συλλογή 2 υλικών (κάδοι για υλικά συσκευασίας και κάδοι για χαρτί) ή 3 υλικών (κάδοι για υλικά συσκευασίας, κάδοι για χαρτί και κάδοι για το οργανικό κλάσμα)
- ❑ Συλλογή ειδικών υλικών (μπαταρίες, ηλεκτρικά – ηλεκτρονικά) σε σημεία πώλησης ή μετά από τηλέφωνο ή συνδυασμός των δύο

#### Μεταφορά ΑΣΑ

- ❖ Δημιουργία σταθμών μεταφόρτωσης. Προκειμένου να κριθεί η σκοπιμότητα ενός ή περισσότερων σταθμών πρέπει να εξετάζονται το σχετικό κόστος και όφελος λόγω της κατασκευής – λειτουργίας τους. Η Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) αναφέρει πάντως ότι οι περισσότεροι τεχνικοί εμπειρογνώμονες συμφωνούν ότι η απόσταση μεταξύ του σημείου συλλογής και του χώρου διάθεσης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 24 – 32 km (US EPA 1995) ώστε να έχει νόημα να εξεταστεί η δημιουργία σταθμού μεταφόρτωσης. Στους σταθμούς μεταφόρτωσης μπορεί να γίνεται και ανάκτηση υλικών. Ως προς τον τύπο του σταθμού υπάρχουν οι ακόλουθες εναλλακτικές επιλογές:
  - ✓ *Εκφόρτωση κατευθείαν στα οχήματα μεταφόρτωσης χωρίς καμία συμπίεση των απορριμμάτων.* Απαιτούνται μεγάλα οχήματα καθώς στην επιλογή αυτή δεν γίνεται συμπίεση. Η εκφόρτωση μπορεί να γίνει είτε απευθείας από το απορριμματοφόρο στην καρότσα του οχήματος μεταφόρτωσης ή με εκφόρτωση των απορριμμάτων στο έδαφος του σταθμού και μετά προώθησή τους στην καρότσα με χρήση τρακτέρ / μπουλντόζας. Ο

δεύτερος τρόπος έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την ανάκτηση υλικών και τον έλεγχο των απορριμμάτων πριν τη μεταφόρτωσή τους.

- ✓ *Εκφόρτωση στο έδαφος του σταθμού ή σε χώρο υπό την επιφάνεια του σταθμού, ελαφριά συμπίεση και φόρτωση.* Ο υπόγειος χώρος μπορεί να χρησιμεύσει και ως χώρος προσωρινής αποθήκευσης σε περιπτώσεις αιχμών φορτίου και άρα να μειώνει τον αριθμό των δρομολογίων των οχημάτων μεταφόρτωσης, αλλά δυσκολεύει την ανάκτηση υλικών. Ακολουθεί (α) προ-συμπίεση με τρακτέρ / μπουλντόζα και στη συνέχεια φόρτωση στα οχήματα μεταφόρτωσης, ή (β) χρήση σταθερών υδραυλικών συστημάτων που συμπιέζουν τα απορρίμματα μέσα στα οχήματα μεταφόρτωσης (κάτι που σταδιακά εγκαταλείπεται γιατί απαιτεί βαριά οχήματα και μειώνει την ποσότητα των απορριμμάτων που μπορούν να φορτωθούν στο όχημα).
- ✓ *Εκφόρτωση στο έδαφος του σταθμού και προσυμπίεση - φόρτωση.* Τα απορρίμματα εκφορτώνονται στο έδαφος του σταθμού και χρησιμοποιείται υδραυλικό σύστημα υπό μορφή κυλίνδρου που δημιουργεί έναν «κορμό απορριμμάτων», ο οποίος στη συνέχεια προωθείται στο όχημα μεταφόρτωσης. Η επιλογή αυτή έχει υψηλότερο κόστος επένδυσης αλλά μειώνει τον αριθμό των δρομολογίων των οχημάτων μεταφόρτωσης λόγω της υψηλότερης συμπίεσης των απορριμμάτων.
- ✓ *Συμπίεση – δεματοποίηση (bailers).* Ο τρόπος αυτός μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση ανακυκλωμένων υλικών όπως το χαρτί και τα μέταλλα. Τα δέματα φορτώνονται σε φορηγό-πλατφόρμα. Ένας τέτοιος σταθμός μεταφόρτωσης έχει πολύ υψηλό κόστος (περίπου 500.000 € ανά μονάδα δεματοποίησης, όπου απαιτούνται τουλάχιστον δύο τέτοιες) αλλά και υψηλή ικανότητα μεταφόρτωσης και για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται για πολύ μεγάλα φορτία, ενώ απαιτούνται ειδικός εξοπλισμός και συνθήκες υποδοχής στον χώρο διάθεσης.
- ✓ *Χρήση ενδιάμεσων συστημάτων αποθήκευσης με συμπίεση.* Στην περίπτωση αυτή τα απορρίμματα εκφορτώνονται στο έδαφος του σταθμού, στη συνέχεια φορτώνονται σε ενδιάμεσες διατάξεις αποθήκευσης, και όταν συμπληρωθεί επαρκής αριθμός φορτώνονται σε ειδικά φορηγά και οδηγούνται στο χώρο διάθεσης. Οι διατάξεις αυτές έχουν συστήματα ελέγχου υγρασίας και οσμών, σφραγίζονται και μπορούν να παραμείνουν στον σταθμό μεταφόρτωσης περισσότερο από 24 ώρες έως ότου το μέγεθος του φορτίου να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να είναι οικονομικά αποδοτική η μεταφορά του. Αυτός ο τύπος μεταφόρτωσης αυξάνει σημαντικά την ποσότητα των απορριμμάτων ανά δρομολόγιο του οχήματος μεταφόρτωσης και έτσι μπορεί να καταστήσει οικονομικά συμφέρουσα την επιλογή της δημιουργίας σταθμού μεταφόρτωσης.

### Επεξεργασία ΑΣΑ

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας ΑΣΑ παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Κεφάλαιο 3**. Οι δυνατές επιλογές είναι:

- ❖ *Θερμική επεξεργασία.* Υπάρχουν οι ακόλουθες εναλλακτικές υπο-επιλογές:
  - ✓ Αποτέφρωση σύμμεκτων απορριμμάτων, χωρίς ή με ανάκτηση θερμότητας για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας

- ✓ Αποτέφρωση RDF/SRF, χωρίς ή με ανάκτηση θερμότητας για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας
- ✓ Αεριοποίηση, χωρίς ή με ενεργειακή αξιοποίηση των παραγόμενων αέριων προϊόντων για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας (αν και τα προϊόντα είναι ενεργειακά «φτωχά»)
- ✓ Πυρόλυση, χωρίς ή με ενεργειακή αξιοποίηση των παραγόμενων αέριων προϊόντων για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας
- ❖ *Μηχανική-Βιολογική επεξεργασία (MBE)*. Υπάρχουν οι ακόλουθες εναλλακτικές υπο-επιλογές:
  - ✓ Μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια αερόβια βιολογική επεξεργασία για παραγωγή κομπόστ, εδαφοβελτιωτικού ή βιοσταθεροποιημένου προϊόντος για διάθεση σε ΧΥΤΑ
  - ✓ Μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια αερόβια βιολογική επεξεργασία για παραγωγή RDF (χωρίς ή με επί τόπου ενεργειακή αξιοποίηση του RDF)
  - ✓ Μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια βιολογική ξήρανση για παραγωγή SRF (χωρίς ή με επί τόπου ενεργειακή αξιοποίηση του SRF)
  - ✓ Μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια αναερόβια χώνευση για παραγωγή βιοαερίου (χωρίς ή με επί τόπου ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου)
  - ✓ Μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια αναερόβια χώνευση για παραγωγή βιοαερίου (χωρίς ή με επί τόπου ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου) και αερόβια βιολογική επεξεργασία για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού

Στις περιπτώσεις όπου παράγεται RDF / SRF και δεν γίνεται ενεργειακή αξιοποίησή τους επί τόπου πρέπει να επιδιωχθεί όπως το προϊόν αυτό αξιοποιηθεί ενεργειακά από τσιμεντοβιομηχανίες άλλες μεταποιητικές μονάδες για παραγωγή θερμότητας / ατμού ή σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και να μην οδηγηθεί σε προς ταφή.

#### **5.3.4 Επιλογές και συνδυασμοί επιλογών και τεχνολογιών – Γενικές προτεραιότητες και περιορισμοί**

Η τήρηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών για τα στερεά απόβλητα, που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 5.2.2 παραπάνω καθιστά αναγκαία την ενσωμάτωση ή την αποφυγή ορισμένων δράσεων κατά τη διαμόρφωση σεναρίων. Έτσι:

- ❑ Τα όποια σενάρια διαμορφωθούν προς εξέταση ή/και σύγκριση πρέπει να αποκλείουν τη συνέχιση της λειτουργίας των όποιων υφιστάμενων Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ) εντός της εξεταζόμενης περιοχής του σεναρίου
- ❑ Οι χώροι διάθεσης αστικών στερεών αποβλήτων πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές για τους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)
- ❑ Τα σενάρια πρέπει να περιλαμβάνουν δράσεις διαλογής των απορριμμάτων στην πηγή ή άλλους τρόπους ανάκτησης υλικών (π.χ. μηχανικός διαχωρισμός) καθώς αυτό επιβάλλεται από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Ακόμα και εάν τα σενάρια αφορούν μόνο χωροθέτηση εγκαταστάσεων επεξεργασίας/ τελικής διάθεσης, η προηγούμενη απαίτηση πρέπει να έχει ενσωματωθεί στις παραδοχές και υπολογισμούς σχετικά με τις ποσότητες και τη σύνθεση των απορριμμάτων που οδηγούνται προς επεξεργασία ή διάθεση.

- ❑ Σε όλα τα σενάρια πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη αντιμετώπισης της διάθεσης του επικίνδυνου κλάσματος των στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των υπολειμμάτων από μονάδες επεξεργασίας.
- ❑ Πριν τη διαμόρφωση των σεναρίων είναι απαραίτητη η γνώση της τοπικής αγοράς σε σχέση με τη διάθεση των ανακυκλωμένων υλικών καθώς και των χρήσιμων υλικών (π.χ. RDF) από μονάδες επεξεργασίας (πλήθος πιθανών αποδεκτών, απόσταση από τις μονάδες επεξεργασίας / διάθεσης, τιμές αγοράς υλικών, κλπ.).
- ❑ Τα σενάρια πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τον επίσημο σχεδιασμό και τις αποφάσεις που έχουν ληφθεί σε επίπεδο κεντρικής ή Τοπικής Αυτοδιοίκησης σχετικά με τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων.
- ❑ Πρέπει να συνεκτιμάται η μέχρι σήμερα αποκτηθείσα τεχνική εμπειρία (αλλά και η έλλειψη εμπειρίας) από συγκεκριμένες τεχνολογίες επεξεργασίας προκειμένου να αποφευχθούν λάθη, αστοχίες και αβεβαιότητες στις επιλογές και στην υλοποίησή τους.
- ❑ Αναφορικά με τις μονάδες επεξεργασίας και διάθεσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι σχετικοί περιβαλλοντικοί περιορισμοί.

Εκτός από τις γενικές αυτές κατευθύνσεις, υπάρχουν και μία σειρά από ιδιαιτερότητες και περιορισμούς κατά τη διαμόρφωση σεναρίων στον τομέα των στερεών αποβλήτων που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των επιμέρους τεχνολογιών επεξεργασίας. Βασικές απαιτήσεις / προϋποθέσεις σε σχέση με τις επιλογές και τους εν δυνάμει συνδυασμούς των διαφόρων τεχνολογιών είναι:

- ❑ Εάν επιζητείται η άμεση παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα θα πρέπει η επεξεργασία των αποβλήτων (α) να περιλαμβάνει μονάδα αποτέφρωσης σύμμεικτων απορριμμάτων ή μονάδα MBE που να παράγει δευτερογενές καύσιμο (RDF ή SRF) το οποίο στη συνέχεια οδηγείται σε εγκατάσταση αποτέφρωσης, ή (β) να περιλαμβάνει μονάδα αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας που οδηγεί σε παραγωγή ενεργειακά αξιοποιήσιμου βιοαερίου.
- ❑ Στην περίπτωση που επιλέγεται να ενσωματωθεί σε ένα σενάριο μία μέθοδος επεξεργασίας με παραγωγή RDF, SRF, κομπόστ ή εδαφοβελτιωτικού, θα πρέπει να έχει απαντηθεί το ερώτημα ποιος θα είναι ο αποδέκτης των προϊόντων αυτών, καθώς η έλλειψη ή η μη-εξασφάλιση τοπικών αγορών για τα δευτερογενή προϊόντα θα έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να οδηγηθούν τελικά σε ΧΥΤΑ, κάτι που δεν είναι οικονομικά αποδοτικό.
- ❑ Στην περίπτωση που παράγεται δευτερογενές καύσιμο (RDF ή SRF) για συναποτέφρωση με άλλα καύσιμα, αυτό θα πρέπει να έχει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται προκειμένου να μην διαταράσσεται η απόδοση της καύσης, να τηρούνται τα όρια που επιβάλλει η νομοθεσία για τις εκπομπές αέριων ρύπων στην περίπτωση της συναποτέφρωσης και να υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (όταν χρησιμοποιείται σε μονάδες μεταποίησης όπως για παράδειγμα σε εγκαταστάσεις παραγωγής κεραμικών). Καθώς σημαντική παράμετρος για τις αέριες εκπομπές είναι η περιεκτικότητα της τροφοδοσίας σε χλωρίοντα, απαιτείται διακριτή συλλογή ή επιλεκτική συλλογή απορριμμάτων που περιέχουν χλώριο (όπως το PVC).
- ❑ Για τις μεθόδους MBE και ειδικότερα όσον αφορά στο βιολογικό τμήμα της μεθόδου έχει ιδιαίτερη σημασία ο καλός διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος από τα σύμμεικτα



απορρίμματα και επομένως θα πρέπει το σενάριο να περιλαμβάνει είτε διαλογή του οργανικού κλάσματος στην πηγή ή ανάκτηση αυτού μέσω μηχανικού διαχωρισμού.

- ❑ Ο καλός διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος είναι ιδιαίτερα σημαντικός όταν η μέθοδος MBE παράγει RDF, καθώς με βάση την ΚΥΑ 114218 ισχύουν αυστηρές προδιαγραφές για σχεδόν μηδενική ποσότητα οργανικού κλάσματος στο RDF.
- ❑ Η μέθοδος της βιολογικής ξήρανσης μέσω της οποίας παράγεται SRF παρουσιάζει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στις αναμενόμενες διαχρονικά διακυμάνσεις της ποιότητας των απορριμμάτων (μείωση οργανικού ποσοστού-αύξηση χαρτιών /πλαστικών), η σύσταση του παραγόμενου SRF μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες της αγοράς και δίνεται λύση στο θέμα της διάθεσης του οργανικού κλάσματος (ειδικά στις περιπτώσεις όπου η διάθεση κομπόστ από σύμμεικτα απορρίμματα δείχνει προβληματική). Ωστόσο, ενδέχεται οι απαιτήσεις σύστασης του SRF να είναι τέτοιες ώστε να πρέπει να εφαρμοστεί εκ των υστέρων μηχανική διαλογή για την βελτίωση της ποιότητάς του. Πάντως, η μέθοδος της βιολογικής ξήρανσης μέσω της οποίας παράγεται το SRF είναι πλήρως βιομηχανοποιημένη και δοκιμασμένη, ελαχιστοποιεί το υπόλειμμα προς ταφή, ενώ οδηγεί και σε ελαχιστοποίηση της βιοαποδομησιμότητας του υπολείμματος αυτού (ελαχιστοποίηση παραγόμενου βιοαερίου και οργανικού φορτίου των στραγγισμάτων).
- ❑ Στην περίπτωση μεθόδων MBE που περιλαμβάνουν αναερόβια επεξεργασία από την οποία παράγεται βιοαέριο και στερεό οργανικό υπόλειμμα, το δεύτερο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας ώστε τα χαρακτηριστικά του να είναι συμβατά με την υφιστάμενη νομοθεσία.
- ❑ Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης είναι γενικά δοκιμασμένη αλλά όχι τόσο σε αστικά απόβλητα και μάλιστα σύμμεικτα. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί εκτεταμένη μηχανική διαλογή πριν από την αναερόβια ζύμωση υπάρχει σημαντική βελτίωση της απόδοσης της μονάδας (ωστόσο, η επιλογή αυτή αυξάνει σημαντικά το επενδυτικό και το λειτουργικό κόστος).
- ❑ Η MBE και η θερμική επεξεργασία (και οι συνδυασμοί τους) αποτελούν τις τεχνολογίες επεξεργασίας για τις οποίες υπάρχει μεγαλύτερη τεχνογνωσία μέχρι σήμερα.
- ❑ Η θερμική επεξεργασία εφαρμόζεται συχνά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει πρόβλημα διαθεσιμότητας γης.
- ❑ Η τυπική δυναμικότητα των μονάδων θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με κινούμενες εσχάρες συνήθως κυμαίνεται από 100.000 έως 600.000 τόνους τροφοδοτούμενων αποβλήτων ετησίως, που αντιστοιχεί σε 280 – 1.650 τόνους ημερησίως. Οι μονάδες ρευστοποιημένης κλίνης είναι μικρότερες, με τροφοδοσία 70.000-150.000 τόνους ετησίως ή αλλιώς 190-420 τόνους ανά ημέρα (Cheshire Waste Partnership 2003). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το μέσο μέγεθος των μονάδων θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας είναι 175.000 τόνοι/έτος (περίπου 480 τόνου/ημέρα), με ελάχιστο τους 70.000 τόνους/έτος (περίπου 190 τόνου/ημέρα) (ISWA 2006).
- ❑ Στις μονάδες αποτέφρωσης που χρησιμοποιούνται σύμμεικτα απορρίμματα υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις του ενεργειακού περιεχομένου των απορριμμάτων. Για το λόγο αυτό, η ανάκτηση ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού σε μονάδες τέτοιου τύπου είναι δυσκολότερη απ' ό,τι σε μονάδες όπου το υλικό εισόδου είναι αποκλειστικά RDF ή SRF. Επιπλέον, απορρίμματα με υψηλή υγρασία μπορεί να επιφέρουν αύξηση των

συγκεντρώσεων αερίων ρύπων λόγω δυσκολίας έναρξης της διαδικασίας και ανάγκης επανάληψης των προσπαθειών ξεκινήματος (start-up) της μονάδας.

- Οι μονάδες αποτέφρωσης που χρησιμοποιούν δευτερογενές καύσιμο (RDF/SRF) προϋποθέτουν τη σταθερή λειτουργία μιας μονάδας επεξεργασίας από την οποία θα παράγεται το καύσιμο αυτό. Εγγυώνται αποδοτικότερη καύση (καθώς το RDF/SRF έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη από τα σύμμεκτα απορρίμματα, ενώ η ροή εισόδου της μονάδας παρουσιάζει πολύ μικρότερες διακυμάνσεις του ενεργειακού περιεχομένου της) και καλύτερο έλεγχο των εκπομπών. Επίσης, η μονάδα απαιτεί λιγότερο χώρο σε σύγκριση με μονάδα θερμικής επεξεργασίας σύμμεκτων απορριμμάτων. Ακόμα, η προεπεξεργασία των απορριμμάτων για την παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου δίνει τη δυνατότητα απομάκρυνσης μιας σειράς κατηγοριών αποβλήτων όπως τα μέταλλα που αφενός συνεισφέρουν στη δημιουργία επικίνδυνων ρύπων που μεταφέρονται με τα αερία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας, και αφετέρου μπορούν να πωληθούν στην αγορά.
- Ειδικά τα συστήματα καύσης ρευστοποιημένης κλίνης επιτρέπουν την ενεργειακή αξιοποίηση καυσίμων με σημαντικό ποσοστό άκαυστων συστατικών (όπως τέφρα, μέταλλα, κλπ.) τα οποία σε συμβατικά συστήματα κινούμενης εσχάρας δημιουργούν σημαντικά προβλήματα επικαθήσεων, υαλώσεων, κλπ.
- Το υπόλειμμα της αποτέφρωσης πρέπει να διατίθεται με τα επικίνδυνα απόβλητα καθώς μέρος της τέφρας έχει προδιαγραφές επικίνδυνων απορριμμάτων.
- Όσον αφορά στην πυρόλυση και στην αεριοποίηση, η εμπειρία από την επεξεργασία σύμμεκτων ΑΣΑ είναι μικρή. Μόνο δύο μονάδες της κατηγορίας μεσαίου/μεγάλου μεγέθους (> 30.000 τόνους/έτος) είναι σε εμπορικό επίπεδο αυτή τη στιγμή στην Ιαπωνία, ενώ δεν υπάρχει καμία τέτοια εγκατάσταση στην Ευρώπη. Η διακύμανση της εισερχόμενης ποσότητας και των ποιοτικών χαρακτηριστικών αποτελούν παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία των τεχνολογιών αυτών.

### 5.3.5 Επιπτώσεις σεναρίων και δείκτες επίδοσης

Κάθε σενάριο διαχείρισης στερεών αποβλήτων συνοδεύεται από μία σειρά επιπτώσεων (περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές κλπ.). Οι επιπτώσεις αυτές συνιστούν τις λεγόμενες «οπτικές γωνίες του προβλήματος», με άλλα λόγια αποτελούν τους βασικούς άξονες προβληματισμού που τελικώς διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι αποφασίζοντες προσεγγίζουν το πρόβλημα και αξιολογούν τις πιθανές λύσεις του, ενώ έχουν διαφορετική βαρύτητα για κάθε αποφασίζοντα.

Τόσο η αξιολόγηση ενός μεμονωμένου σεναρίου διαχείρισης στερεών αποβλήτων όσο και η συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων προϋποθέτουν τον καθορισμό μιας δέσμης κριτηρίων και των αντίστοιχων δεικτών αποτίμησης των επιδόσεων. Το κριτήριο έχει την έννοια ενός εργαλείου που επιτρέπει τη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων στη βάση μιας συγκεκριμένης οπτικής γωνίας. Συχνά, όταν η αξιολόγηση γίνεται από αναλυτές με περιορισμένη εμπειρία σε θέματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων, η ανάλυση προχωρά απευθείας στην παράθεση δεικτών μέτρησης των επιδόσεων χωρίς να έχει προηγουμένως καταστεί σαφές ποιες είναι οι βασικές οπτικές γωνίες του προβλήματος. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις παραλείπονται σημαντικά κριτήρια ή προκύπτει υπερβολικά μεγάλος αριθμός κριτηρίων (καθώς δεν γίνονται κατάλληλες επιμέρους συνθέσεις στην κατεύθυνση ορισμένων οπτικών γωνιών), δεν επιλέγεται ο καταλληλότερος και

αποτελεσματικότερος τρόπος αποτίμησης των επιδόσεων κλπ.. Γενικά, ο προσδιορισμός των εναλλακτικών σεναρίων / λύσεων και η διαμόρφωση της δέσμης των κριτηρίων αξιολόγησής τους αποτελεί τη λεγόμενη «φάση δόμησης του προβλήματος» και συνιστά το πιο κρίσιμο στάδιο της λήψης απόφασης (Bana e Costa et al. 1997).

Τα κριτήρια αξιολόγησης σεναρίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων μπορούν να διακριθούν σε 3 κύριες ομάδες: περιβαλλοντικά, οικονομικά, και πολιτικά/κοινωνικά κριτήρια. Όσον αφορά στην τρίτη κατηγορία, παρά το ότι θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι εμμέσως τα κριτήρια αυτά ενυπάρχουν στα οικονομικά και περιβαλλοντικά, καλό είναι να διακριθεί ως ξεχωριστή ομάδα δεδομένου ότι η ευκολία / δυσκολία κοινωνικής αποδοχής ορισμένων τεχνολογιών ή λύσεων δεν είναι συνάρτηση μόνο οικονομικών ή περιβαλλοντικών παραγόντων, αλλά και αποτέλεσμα ενημέρωσης, συνέργιας με άλλα προβλήματα της περιοχής, ιστορικού σχετικών δράσεων στην εξεταζόμενη περιοχή ή αλλού, κλπ. Σε κάθε περίπτωση, είναι βασικό (Boyssou 1990):

- ❑ να μην «διπλομετρώνται» κριτήρια, ή αλλιώς να είναι σαφές ποια επιπλέον (και διαφορετική) πτυχή του προβλήματος απεικονίζει το συγκεκριμένο κριτήριο
- ❑ να μην χρησιμοποιείται υπερβολικά μεγάλος αριθμός κριτηρίων
- ❑ η δέσμη των κριτηρίων να καλύπτει πλήρως τις βασικές οπτικές γωνίες του προβλήματος

Αναφορικά με τους δείκτες επίδοσης, αυτοί μπορεί να είναι είτε ποιοτικοί είτε ποσοτικοί. Συχνά υποστηρίζεται ότι οι ποσοτικοί δείκτες είναι πιο αντικειμενικοί από τους ποιοτικούς, κάτι που δεν είναι αληθές γιατί (α) μία συγκεκριμένη ποσοτική τιμή ενός δείκτη έχει ενδεχομένως διαφορετική σημασία για κάθε αποφασίζοντα (και επομένως απλώς και μόνο η τιμή αυτή δεν απεικονίζει την αντίστοιχη αξία για τον αποφασίζοντα), και (β) και η συγκριτική ποιοτική αξιολόγηση μπορεί να μετατραπεί – μέσω κατάλληλων τεχνικών – σε ποσοτική μέσω αλληλεπίδρασης με τον/τους αποφασίζοντες. Έτσι, βασικός παράγοντας κατά την επιλογή των δεικτών αποτίμησης των επιδόσεων πρέπει να είναι η λειτουργικότητα και η σαφήνειά τους. Ακόμα, ενδέχεται η επίδοση ενός σεναρίου ως προς ένα κριτήριο να προκύπτει λογικά ως συνδυασμός περισσότερων του ενός παραγόντων. Η περίπτωση αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με ποιοτική αξιολόγηση κατά την οποία γίνεται ιεράρχηση των παραγόντων κατά φθίνουσα σειρά σημαντικότητας και στη συνέχεια ιεράρχηση των επιμέρους συνδυασμών διατηρώντας την σειρά σημαντικότητας των βασικών παραγόντων (ο τρόπος αυτός αποτίμησης καλείται «λεξικογραφική σύνθεση επιδόσεων»).

Στη βιβλιογραφία συναντά κανείς μεγάλο αριθμό εργασιών που περιλαμβάνουν δέσμες κριτηρίων αξιολόγησης για προβλήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Μην παραγνωρίζοντας το γεγονός ότι κάθε πρόβλημα παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που απεικονίζονται και στο σύστημα των εφαρμοζόμενων κριτηρίων, μια καταρχήν πλήρης δέσμη κριτηρίων για προβλήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα ακόλουθα κριτήρια και υπο-κριτήρια:

A. Όσον αφορά στα **περιβαλλοντικά κριτήρια**, βασικές οπτικές γωνίες που καταρχήν είναι καταρχήν απαραίτητο να εξετάζονται και πιθανοί δείκτες αποτίμησης των σχετικών επιδόσεων είναι:

- Συνεισφορά στη διατήρηση των φυσικών πόρων, με υπο-κριτήρια:
  - Ανακύκλωση – ανάκτηση χρήσιμων υλικών (% ποσοστό ανακύκλωσης – ανάκτησης συνόλου υλικών)
  - Εξοικονόμηση ενέργειας (TJ/ktoe ανακτώμενης ενέργειας, ως άθροισμα ηλεκτρισμού και θερμότητας)

- Δέσμευση γης από τις (πρόσθετες) εγκαταστάσεις υποδομής για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων (στρέμματα δεσμευόμενης έκτασης)
- Επιβάρυνση της ποιότητας του παγκόσμιου περιβάλλοντος (ισοδύναμοι τόνοι CO<sub>2</sub> που εκπέμπονται από τη μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση στερεών αποβλήτων)
- Πιέσεις στο τοπικό / περιφερειακό περιβάλλον, με υπο-κριτήρια:
  - Υποβάθμιση του εδάφους και των υδατικών πόρων (ποιοτικός δείκτης, συνδυασμός 2 παραγόντων και συγκεκριμένα του κινδύνου διαφυγής επικίνδυνων ουσιών στο έδαφος - επιφανειακά/υπόγεια νερά και της περιβαλλοντικής σημασίας του αποδέκτη)
  - Υποβάθμιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος (t PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, βαρέων μετάλλων, διοξινών κλπ που εκπέμπονται ετησίως λόγω των δράσεων διαχείρισης στερεών αποβλήτων). Βασική δυσκολία για τη συνθετική αποτίμηση του κριτηρίου αυτού σε ποσοτικούς όρους είναι ότι η άθροιση των ποσοτήτων διαφορετικών ρύπων δεν είναι δόκιμη, και επομένως ή (α) το υπο-κριτήριο αυτό πρέπει με τη σειρά τους να διακριθεί στους προαναφερθέντες ρύπους, ή (β) να επιλεγεί μόνο ένας εξ' αυτών ως ο πιο σημαντικός, ή (γ) οι εκπομπές των διαφόρων ρύπων να αποτιμηθούν σε οικονομικούς όρους, με άλλα λόγια σε μια κοινή μονάδα μέτρησης, ή τέλος (δ) το υπο-κριτήριο να αποτιμηθεί ποιοτικά, μέσω λεξιλογιαφικής σύνθεσης επιδόσεων. Η μέθοδος (γ) συνιστά και την αποτίμηση του εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους (environmental externalities) και αποτελεί μια δόκιμη μεθοδολογία αποτίμησης των περιβαλλοντικών οχλήσεων. Στη μέθοδο αυτή συνήθως αποτιμούνται οικονομικά όλες οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές οχλήσεις που προκαλεί ένα σενάριο/λύση και έτσι δεν είθισται να ενσωματώνεται σε μία πολυκριτηριακή ανάλυση ως ένα κριτήριο (γιατί έτσι διπλομετρώνται ορισμένα κριτήρια).
  - Υποβάθμιση του τοπίου (ποιοτική κλίμακα, συνδυασμός της θέσης βασικών υποδομών σε σχέση με οικισμούς – τουριστικές περιοχές)

B. Στα **οικονομικά κριτήρια**, βασικά υπο-κριτήρια είναι:

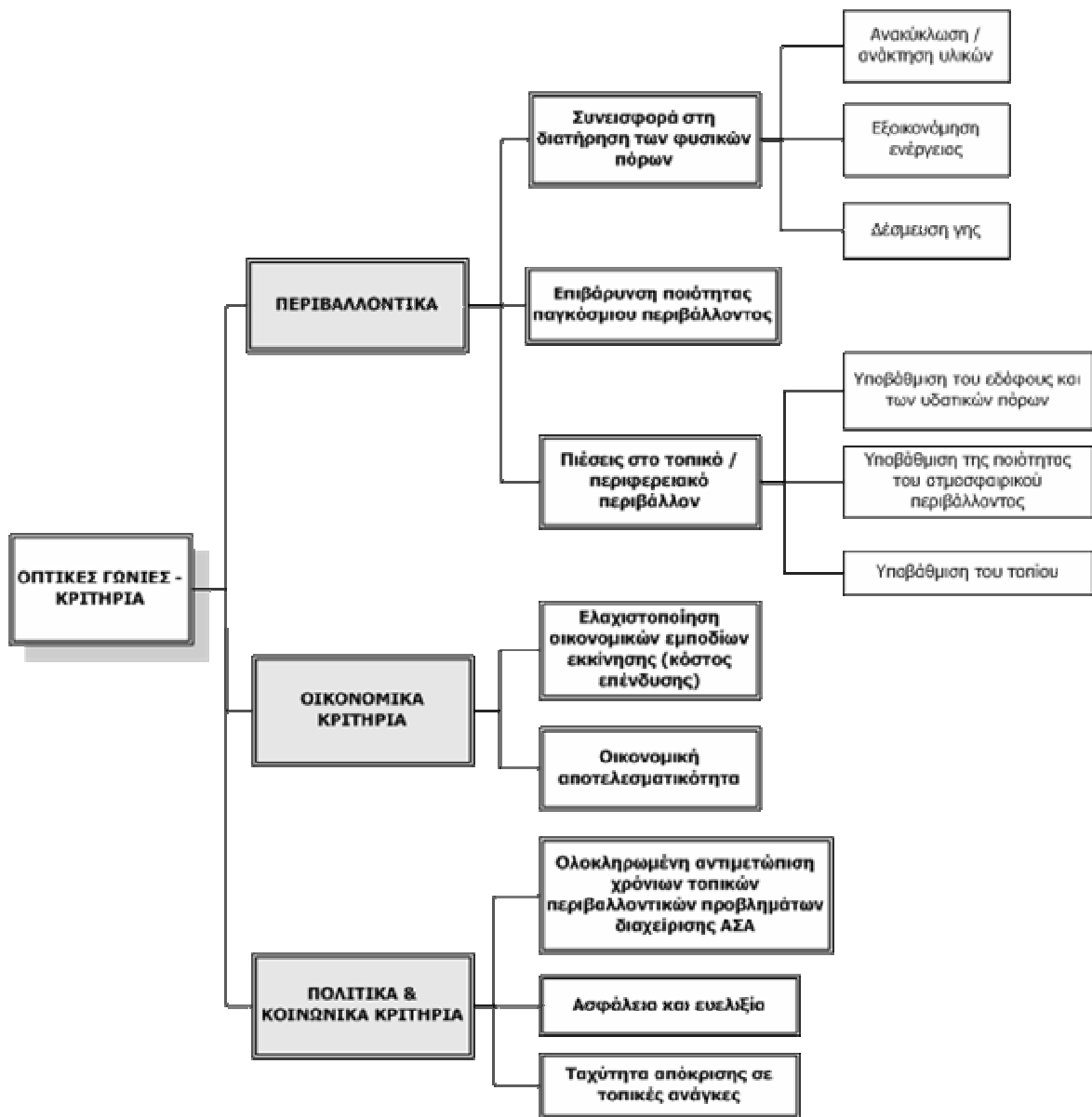
- Ελαχιστοποίηση οικονομικών εμποδίων εκκίνησης (συνολικό κόστος επένδυσης υποδομών, εκφραζόμενο σε εκατ. €). Το κόστος αυτό αποτελεί βασικό παράγοντα που πρέπει να αποτιμηθεί καθώς ένα ιδιαίτερα υψηλό κόστος επένδυσης μπορεί να συνιστά τροχοπέδη στην υλοποίηση του σεναρίου/λύσης.
- Οικονομική αποτελεσματικότητα (καθαρό κόστος διαχείρισης στερεών αποβλήτων, εκφραζόμενο σε €/t παραγόμενων στερεών αποβλήτων). Σε αυτό περιλαμβάνεται το ανηγμένο σε ετήσια βάση κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των διαφόρων υποδομών διαχείρισης, το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων μεταξύ των διαφορετικών σταδίων διαχείρισης, καθώς και τα οικονομικά οφέλη από τη διάθεση στην αγορά των ανακυκλούμενων / ανακτώμενων υλικών. Σημειώνεται ότι η εκ νέου χρήση του κόστους επένδυσης στο σημείο αυτό δεν αποτελεί «διπλομέτρημα» καθώς ο ρόλος του δείκτη αυτού στο συγκεκριμένο υπο-κριτήριο είναι διαφορετικός και αποσκοπεί στο να αποδώσει ολοκληρωμένα το συνολικό καθαρό κόστος του σεναρίου/λύσης.

Γ. Αναφορικά με τα **πολιτικά και κοινωνικά κριτήρια**, η ομάδα αυτή αποτελεί και τη δυσκολότερη καθώς υπό μία έννοια όλα τα προαναφερθέντα κριτήρια συνιστούν παραμέτρους που

επηρεάζουν την πολιτική και κοινωνική αποδοχή, ενώ ακόμα και η ίδια η κοινωνική αποδοχή (ή ορθότερα η πιθανότητά της) αποτελεί παράγοντα που καθορίζει την πολιτική αποδοχή. Μπορούν να αναφερθούν τα εξής βασικά υπο-κριτήρια πλέον των όσων έχουν προαναφερθεί:

- ❑ Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση χρόνιων τοπικών περιβαλλοντικών προβλημάτων σε σχέση με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ποιοτική αξιολόγηση)
- ❑ Ασφάλεια και ευελιξία (ποιοτική αξιολόγηση, ως συνδυασμός 2 παραγόντων και συγκεκριμένα του χρόνου ζωής των βασικών υποδομών και της δυνατότητας προσαρμογής τους σε απρόβλεπτες εξελίξεις)
- ❑ Ταχύτητα απόκρισης σε τοπικές ανάγκες (διάρκεια ολοκλήρωσης των βασικών υποδομών)

Η προτεινόμενη δέσμη των κριτηρίων αξιολόγησης συνοψίζεται στο **Σχήμα 5-1**.



**Σχήμα 5-1** Προτεινόμενη δέσμη κριτηρίων για την αξιολόγηση σεναρίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Με την προαναφερθείσα δέσμη των 12 συνολικά κριτηρίων και υπο-κριτηρίων καλύπτονται γενικά οι βασικές οπτικές γωνίες των διαφόρων προβλημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Ωστόσο, το είδος ενός συγκεκριμένου προβλήματος μπορεί να απαιτεί μεγαλύτερη εξειδίκευση κάποιων κριτηρίων και μικρότερη άλλων (κάτι που για παράδειγμα θα μπορούσε να συμβεί σε προβλήματα χωροθέτησης υποδομών).

### 5.3.6 Σύνθεση επιπτώσεων και σύγκριση σεναρίων

#### Πολυκριτηριακές τεχνικές σύνθεσης

Όταν τα εναλλακτικά σενάρια συγκρίνονται μεταξύ τους, απαιτείται η σύνθεση των επιδόσεων τους ως προς τα διάφορα κριτήρια αξιολόγησης με τρόπο τέτοιο ώστε τελικά να προκύψει είτε μια ιεράρχηση των σεναρίων κατά σειρά προτίμησης ή μια κατάταξή τους σε ομάδες / κατηγορίες προτίμησης (υψηλή, μεσαία και χαμηλή). Εκτός από την περίπτωση όπου όλα τα κριτήρια αποτιμώνται σε οικονομικούς όρους (κάτι που γίνεται όταν τα σενάρια συγκρίνονται στη βάση του κοινωνικού κόστους τους όπως θα αναλυθεί παρακάτω), σε όλες τις άλλες περιπτώσεις απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών σύνθεσης των επιδόσεων.

Στην Ελλάδα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται η απλή *τεχνική «των σταθμισμένων επιδόσεων»* (ή αλλιώς «του σταθμισμένου μέσου»). Οι επιδόσεις των εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα διάφορα κριτήρια (οι οποίες εκφράζονται συνήθως σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης, π.χ. εκατ. €, τόνοι ρύπου, στρέμματα δεσμευόμενης γης κλπ.). Στην προαναφερθείσα τεχνική, για κάθε κριτήριο επιλέγεται η επίδοση ενός σεναρίου (εναλλακτικής λύσης) ως σημείο αναφοράς και στη συνέχεια οι επιδόσεις των υπόλοιπων σεναρίων κανονικοποιούνται ως προς την επίδοση αναφοράς. Έτσι πλέον όλες οι επιδόσεις εκφράζονται υπό μορφή αναλογιών. Στη συνέχεια, σε κάθε κριτήριο αποδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας και η συνολική επίδοση κάθε σεναρίου προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους πολλαπλασιασμών του συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου με την αντίστοιχη σχετική (κανονικοποιημένη) επίδοση του σεναρίου ως προς το κριτήριο αυτό.

Η τεχνική αυτή παρουσιάζει μια σειρά από σοβαρά μεθοδολογικά προβλήματα:

- Η κλίμακα των επιδόσεων των κριτηρίων διαμορφώνεται μηχανιστικά (απλώς μέσω της κανονικοποίησης) και χωρίς αξιολόγηση της σημασίας για τον αποφασίζοντα των διαφορών μεταξύ των επιδόσεων για κάθε κριτήριο. Ο τρόπος διαμόρφωσης της κλίμακας επιδόσεων υπονοεί ότι η προτίμηση του αποφασίζοντα είναι γραμμική, κάτι που σπάνια ισχύει στην πραγματικότητα.
- Η επιλογή της καλύτερης ή της χειρότερης επίδοσης ως επίδοση αναφοράς, σε συνδυασμό με τον τρόπο κανονικοποίησης των επιδόσεων, επηρεάζει ενδεχομένως τη σειρά ιεράρχησης που προκύπτει ανάλογα με τον τρόπο κανονικοποίησης.
- Η τιμή των συντελεστών βαρύτητας συνήθως ορίζεται αυθαίρετα από τους αναλυτές / μελετητές, χωρίς να συνδέεται με τις επιδόσεις, πραγματικές ή δυνατές, ανά κριτήριο, κάτι που στο θεματικό πεδίο της πολυκριτηριακής ανάλυσης χαρακτηρίζεται ως «...το πιο συνηθισμένο εξαιρετικά σοβαρό σφάλμα» (Keeney 1992).

Η σύνθεση των επιπτώσεων πρέπει επομένως να γίνεται με δόκιμες μαθηματικά τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές – χαρακτηριζόμενες και ως *πολυκριτηριακές* – διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, αυτές της «συνάρτησης χρησιμότητας» και αυτές των «σχέσεων επικράτησης».

Στην πρώτη κατηγορία τεχνικών (*θεωρία χρησιμότητας*) γίνεται η παραδοχή ότι στο μυαλό κάθε αποφασίζοντα υπάρχει μία συγκεκριμένη δομή προτιμήσεων, οι οποίες και συνθέτουν τη συνάρτηση χρησιμότητας που χαρακτηρίζει τη σκέψη και τις αποφάσεις του. Στόχος της μεθόδου είναι να «αποκαλύψει» τη συνάρτηση αυτή μέσω κατάλληλων ερωτήσεων προς τον αποφασίζοντα στη βάση των επιδόσεων των εναλλακτικών σεναρίων / λύσεων. Με άλλα λόγια, η εφαρμογή των τεχνικών αυτών πηγάζει από τη βεβαιότητα ότι αφενός ο φορέας μπορεί να απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις που αφορούν τον τρόπο του σκέπτεσθαι που τον χαρακτηρίζει και αφετέρου ότι ο τρόπος αυτός είναι πλήρως ορθολογιστικός. Σε κάθε σενάριο / λύση καταλήγει να αποδοθεί μια συνολική χρησιμότητα και με βάση τις τιμές αυτές τα σενάρια κατατάσσονται σε σειρά προτίμησης. Χαρακτηριστικές τεχνικές της σχολής αυτής είναι οι MACBETH (Bana e Costa and Vansnick 1994) και η AHP (Saaty 1980, Saaty 2005),

Στην δεύτερη κατηγορία τεχνικών (*ανάλυση σχέσεων επικράτησης*) δεν επιδιώκεται η διαμόρφωση μιας ολικής συνάρτησης χρησιμότητας που μετρά τη συνολική ελκυστικότητα μιας εναλλακτικής λύσης, αλλά αναλύονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων ως κάθε κριτήριο αξιολόγησης. Στις τεχνικές αυτές ενδέχεται δύο λύσεις να αποδειχθούν μη-συγκρίσιμες μεταξύ τους (αν για παράδειγμα οι επιδόσεις τους είναι διαμετρικά αντίθετες). Το αποτέλεσμα των συγκρίσεων μπορεί να είναι επιλογή ενός υποσυνόλου λύσεων, ιεράρχηση των λύσεων ή κατάταξη των λύσεων σε κατηγορίες (ομάδες) προτίμησης. Από τις πιο γνωστές τεχνικές της σχολής αυτής είναι οι μέθοδοι ELECTRE (Roy 1985, Roy 1990) και η μέθοδος PROMETHEE (Brans and Vincke 1985).

Οι τεχνικές που βασίζονται στη θεωρία χρησιμότητας είναι εν γένει πιο κατανοητές από τους αποφασίζοντες όσον αφορά στα αποτελέσματά τους, ενώ έχουν αναπτυχθεί και μια σειρά από παραλλαγές τεχνικών προκειμένου να αντιμετωπιστούν υπαρκτά προβλήματα στη λήψη απόφασης όπως για παράδειγμα αδυναμία του αποφασίζοντα να ποσοτικοποιήσει τις προτιμήσεις του. Βασική δυσκολία στην εφαρμογή τους αποτελεί ωστόσο η απαίτηση σημαντικής αλληλεπίδρασης με τους αποφασίζοντες, κάτι που απαιτεί αναλυτές με σημαντική εμπειρία και ικανότητες τόσο στην ανάλυση του προβλήματος όσο και στην επικοινωνία με τους αποφασίζοντες. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές ανάλυσης των σχέσεων επικράτησης απαιτούν να δαπανηθεί σημαντικά λιγότερος χρόνος με τους αποφασίζοντες, ωστόσο συχνά τα αποτελέσματά τους είναι δυσνόητα. Ενώ για πολλά χρόνια βασικό πλεονέκτημά τους ήταν η δυνατότητα ενσωμάτωσης και χειρισμού της αβεβαιότητας στις προτιμήσεις των αποφασίζόντων, πλέον και ορισμένες τεχνικές που βασίζονται στη θεωρία χρησιμότητας έχουν αρχίσει να ενσωματώνουν τέτοιες δυνατότητες.

Σε κάθε περίπτωση, βασική επιδίωξη των αναλυτών κατά τα στάδια αποτύπωσης του προβλήματος, αξιολόγησης των επιδόσεων και των συντελεστών βαρύτητας, και σύνθεσης των επιπτώσεων (εφόσον αυτή γίνει μέσω μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης) πρέπει να είναι η κατά το δυνατόν άμεση και ουσιαστική αλληλεπίδραση με τους αποφασίζοντες, για παράδειγμα μέσω της δημιουργίας ειδικής ομάδας εργασίας που θα συμμετάσχει μαζί με τους αναλυτές σε έναν συγκεκριμένο – όχι μεγάλο – αριθμό συνεδριών λήψης απόφασης. Οι συνεδρίες λήψης απόφασης αποτελούν τεχνική που εφαρμόζεται αποτελεσματικά στο εξωτερικό σε ποικιλία προβλημάτων όπως προβλήματα χωροθέτησης υποδομών, περιβαλλοντικής προστασίας, βέλτιστης διάθεσης πόρων, αξιολόγησης προμηθευτών κλπ. (ενδεικτικά βλ. Bana e Costa and al. 2006, Bana e Costa and al. 2002, Philips and Bana e Costa 2005, Quaddus and Siddique 2001).

Θα πρέπει να σημειωθεί τέλος ότι η χρήση της «ανάλυσης κύκλου ζωής» (Life Cycle Assessment – LCA) στη συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων αποτελεί ουσιαστικά

σύγκριση των σεναρίων στη βάση πολλαπλών κριτηρίων, με τη διαφορά ότι τα όρια της ανάλυσης για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων είναι πολύ ευρύτερα και καλύπτουν όλα τα στάδια ζωής των αποβλήτων, από την εξόρυξη των πρώτων υλών για την παραγωγή των υλικών έως και την τελική διάθεση των αποβλήτων. Ωστόσο, παραμένει το πρόβλημα ότι οι επιπτώσεις αυτές δεν εκφράζονται στην ίδια μονάδα μέτρησης, πρέπει να αξιολογηθούν σε συνδυασμό και με τις οικονομικές επιπτώσεις και οι επιπτώσεις δεν έχουν την ίδια βαρύτητα (Ozeler et al. 2006, Bovea and Powell 2006). Έτσι, η ανάλυση κύκλου ζωής δεν αποτελεί από μόνη της εργαλείο για την επιλογή μιας στρατηγικής διαχείρισης αλλά κυρίως εργαλείο για τον εντοπισμό δυνατοτήτων βελτίωσης του συστήματος (Emerya et al. 2007).

#### Σύγκριση με βάση το κοινωνικό κόστος/όφελος

Εναλλακτικά με την εφαρμογή τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης, τα διάφορα σενάρια μπορούν να συγκριθούν στη βάση του κοινωνικού κόστους τους (social cost). Στην περίπτωση αυτή όλες οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις αποτιμώνται σε οικονομικούς όρους (βλ. **Κεφάλαιο 6** για μια αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας και της εφαρμογής της στον τομέα των στερεών αποβλήτων). Το άθροισμά τους συνιστά το λεγόμενο «εξωτερικό κόστος/όφελος» (externalities) και το οποίο καλείται έτσι καθώς προς το παρόν δεν ενσωματώνεται στις υφιστάμενες τιμές της αγοράς. Το σύνολο του εξωτερικού και του ιδιωτικο-οικονομικού κόστους / οφέλους (που περιλαμβάνει το κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, τα έσοδα από πώληση προϊόντων κλπ.) αποτελεί το «κοινωνικό κόστος / όφελος» και μπορεί να χρησιμοποιηθεί - εκφραζόμενο είτε ως συνολικό μέγεθος είτε ως μοναδιαίο κόστος / όφελος ανά τόνο διαχειριζόμενων στερεών αποβλήτων - ως μέτρο για τη σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους.

Στον τρόπο σύγκρισης αυτόν ο αποφασίζων δεν καλείται να εκφράσει τη γνώμη του σε σχέση με τις όποιες διαφορές επιδόσεων (επιπτώσεων), κάτι που γίνεται στην πολυκριτηριακή ανάλυση. Ωστόσο, η *άθροιση* του εξωτερικού κόστους κάθε επίπτωσης συνιστά εμμέσως μια διαδικασία διατύπωσης γνώμης που όμως υποκειμενικές εκτιμήσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ειδικά όσον αφορά τη θνησιμότητα και την ανθρώπινη υγεία καθώς και την μελλοντική μακροχρόνια κλιματική αλλαγή. Οι σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των δύο μεθόδων σύγκρισης σεναρίων εντοπίζονται κυρίως σε σχέση με επιπτώσεις που θα λάβουν χώρα στο μακρινό μέλλον (όπως είναι ο κίνδυνος της αλλαγής του κλίματος) καθώς στην πολυκριτηριακή ανάλυση οι αποφασίζοντες δίνουν συνήθως πολύ μεγαλύτερη σημασία στις βραχυπρόθεσμες απ' ό,τι στις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις (Mirasgedis and Diakoulaki 1997).



## Βιβλιογραφία

1. Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.-C. (1994), MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions, *International Transactions in Operational Research*, Volume 1, Issue 4, pp. 489-500.
2. Bana e Costa, C.A., Ensslin, L., Corrêa, É.C. and Vansnick, J.-C. (1999), Decision Support Systems in Action: integrated application in a multicriteria decision aid process, *European Journal of Operational Research*, Volume 113, Issue 2, 1 March 1999, pp. 315-335.
3. Bana e Costa, C. A., Correa, E. C., De Corte, J.-M., & Vansnick, J.-C. (2002), Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach, *Omega*, 30, pp. 227-242.
4. Bana e Costa, C.A., Oliveira, C.S., Vieirac, V. (2006), Prioritization of bridges and tunnels in earthquake risk mitigation using multicriteria decision analysis: Application to Lisbon, *Omega* (article in print).
5. Bouyssou, D. (1990), Building criteria: a prerequisite for MCDA. In: Bana et Costa C.A. (ed.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, Berlin.
6. Bovea, M.D., Powell, J.C. (2006), Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management, *Journal of Environmental Management* 79, pp. 115–132.
7. Brans, J.P. and Vincke, Ph. (1985), PROMETHEE. A new family of outranking methods in MCDM, *Management Science*, Vol. 31,6.
8. Chesire Waste Partnership (2003), A review of the need for energy from waste as part of the Chesire Household Waste Management Strategy, Technical Report, Gloucestershire.
9. Emerya, A., Davies, A., Griffiths, A., Williams, K. (2007), Environmental and economic modelling: A case study of municipal solid waste management scenarios in Wales, *Resources, Conservation and Recycling* 49, pp. 244–263.
10. European Environment Agency [EEA] (2001), Scenarios as tools for international environmental assessments, *Environmental issue report No 24*, Copenhagen.
11. Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Mirasgedis, S., Zaimi, S., Lalas, D.P., (2003), A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse gases emissions reduction in the energy sector, *European Journal of Operational Research*, 146 (1), pp. 199-215.
12. International Solid Waste Association [ISWA] Working Group on Thermal Treatment of Waste (2006), *Energy from Waste, State-of-the-Art Report – Statistics 5<sup>th</sup> Edition*, Copenhagen.
13. Keeney, R.L. (1992), *Value-Focused Thinking: a Path to Creative Decision Making*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts.
14. Mirasgedis, S., Diakoulaki, D. (1997), Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems, *European Journal of Operational Research* 102, pp. 364-379.
15. Ozeler, D., Yetis, U., Demirer, G.N. (2006), Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study, *Environment International* 32, pp. 405 – 411.

16. Phillips, L.D., Bana e Costa, C.A. (2005), Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multicriteria decision analysis and conferencing. *Annals of Operations Research*. Pre-print: Working paper LSEOR 05-75, London School of Economics, London.
17. Quaddus, M.A., Siddique, M.A.B. (2001), Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach, *Environment International*, Volume 27, Issues 2-3, pp. 89-95.
18. Robinson, J. (1982), Energy backcasting: a proposed method of policy analysis, *Energy Policy* 10 (4), pp. 337–344.
19. Robinson, J. (2003), Future subjunctive: backcasting as social learning, *Futures* 35, pp. 839–856.
20. Roy, B. (1985), *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*, Collection Gestion, Economica, Paris.
21. Roy, B. (1990), The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. In: Bana et Costa C.A. (ed.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, Berlin.
22. Saaty, T.L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
23. Saaty, T.L.(2005), The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making. In: Figueira, J., Greco, S., Ehgott, M. (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer, New York, pp. 345–407.
24. US Environmental Protection Agency [US EPA] (1995), *Decision Maker's Guide to Solid Waste Management*, Volume II, EPA 530-R-95-023.

## **6 Μεθοδολογικό πλαίσιο οικονομικής αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων**

### **6.1 Εισαγωγή**

Η εφαρμογή ενός συστήματος / τεχνολογίας διαχείρισης απορριμμάτων συνοδεύεται από περιβαλλοντικές επιπτώσεις, 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. Οι επιπτώσεις αυτές αν και συνεπάγονται οικονομική ζημία, δεν ενσωματώνονται συνήθως στην κλασσική οικονομική ανάλυση εξαιτίας της δυσκολίας να απεικονισθεί η υποβάθμιση της ποιότητας περιβάλλοντος σε χρηματικούς όρους, και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως «εξωτερικές οικονομίες» (externalities).

Γενικότερα εξωτερικές οικονομίες (externalities) προκύπτουν, όταν το κόστος ή / και το όφελος μιας οικονομικής δραστηριότητας δεν το αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου η οικονομική μονάδα που αναπτύσσει τη δραστηριότητα αυτή, αλλά ένα μέρος τους το υφίστανται ή το απολαμβάνουν άλλες οικονομικές μονάδες. Οι εξωτερικές περιβαλλοντικές οικονομίες στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων, αντιπροσωπεύουν τις επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον που συνεπάγεται η έκλυση περιβαλλοντικών φορτίων από την εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων, οι οποίες και δεν συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τιμολόγησης των σχετικών υπηρεσιών. Το κόστος αυτό, ακριβώς λόγω του ότι δεν απεικονίζεται στις υφιστάμενες τιμές της αγοράς, χαρακτηρίζεται ως «εξωτερικό κόστος» (external cost) και έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς μεταβιβάζεται είτε εξ' ολοκλήρου στη σημερινή κοινωνία, είτε και σε επόμενες γενιές.

Η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους / οφέλους και κατόπιν η ενσωμάτωσή του (internalisation) στις υφιστάμενες τιμές της αγοράς και στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων μπορεί να μεταβάλλει σημαντικά την ανταγωνιστικότητα συστημάτων και τεχνολογιών διαχείρισης απορριμμάτων, που με βάση αυστηρά ιδιωτικο-οικονομικά κριτήρια πιθανόν να εμφανίζονται ως δαπανηρές λύσεις. Όμως, η σύγχρονη απαίτηση για βιώσιμη ανάπτυξη επιβάλλει τη λήψη των αποφάσεων στη βάση μιας ολοκληρωμένης οικονομικής αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις ιδιωτικο-οικονομικές χρηματοροές όσο και τα περιβαλλοντικά οφέλη και ζημίες, στη βάση της μεγιστοποίησης του κοινωνικού οφέλους.

Στόχος του παρόντος Κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης και ποσοτικής εκτίμησης των εξωτερικών οικονομικών που σχετίζονται με τα συστήματα και τις τεχνολογίες διαχείρισης απορριμμάτων. Κατ' αρχήν προσδιορίζονται τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά φορτία από τα πιθανά στάδια του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται εν συντομία τα σημαντικότερα μεθοδολογικά και υπολογιστικά εργαλεία οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων, επιχειρείται μια κατ' αρχήν οικονομική αποτίμηση των κυριότερων εξ' αυτών στη βάση μιας εκτενούς βιβλιογραφικής επισκόπησης, ενώ δίνονται κατευθυντήριες οδηγίες για μια

λεπτομερέστερη οικονομική αποτίμησή τους ανά μελέτη περίπτωσης. Τέλος, αναδεικνύονται τα βασικά πλεονεκτήματα αλλά και οι περιορισμοί από την εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου για τη λήψη αποφάσεων στα ζητήματα διαχείρισης αστικών απορριμμάτων.

## **6.2 Συνοπτική επισκόπηση των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων**

Στην παράγραφο αυτή γίνεται μια σύντομη 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 στον **Πίνακα 6-1** επιχειρείται μια κατ' αρχήν ποιοτική και συγκριτική αξιολόγησή τους (COWI 2000, EUNOMIA 2002, Externe 1999β).

### **6.2.1 Μεταφορά απορριμμάτων**

Η μεταφορά απορριμμάτων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων, υπεύθυνο για σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές. Για μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή, ο όλος σχεδιασμός του συστήματος διαχείρισης είναι δυνατόν να μεταβάλλει σημαντικά το απαιτούμενο μεταφορικό έργο, αυξομειώνοντας αντίστοιχα τις προκαλούμενες επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν κυρίως να κάνουν με τις εκπομπές αερίων ρυπαντών, οι οποίες επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον αφενός σε τοπική / περιφερειακή κλίμακα (κυρίως μέσω εκπομπών σωματιδίων, NO<sub>x</sub>, VOCs και SO<sub>2</sub>) επιδρώντας στη δημόσια υγεία και στα οικοσυστήματα, και αφετέρου σε παγκόσμια κλίμακα (κυρίως μέσω των εκπομπών CO<sub>2</sub>) συμβάλλοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στη συνεπαγόμενη κλιματική αλλαγή. Άλλες επιπτώσεις που συνδέονται με τη μεταφορά των απορριμμάτων έχουν να κάνουν με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές, το θόρυβο, πιθανές οσμές ιδιαίτερα από τη χρήση παλαιού τύπου απορριμματοφόρων και την αύξηση της συχνότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων.

### **6.2.2 Μηχανική επεξεργασία**

Η μηχανική επεξεργασία είναι ένα πιθανό στάδιο του κύκλου διαχείρισης που αποσκοπεί στην αριστοποίηση διαχείρισης των υλικών που περιλαμβάνονται στα απορρίμματα, και στην σταθεροποίηση του οργανικού κλάσματος. Μέσω του σταδίου αυτού είναι δυνατόν να συλλεχθούν χρήσιμα δευτερογενή υλικά (μέταλλα, αλουμίνιο, κλπ.) τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν, να παραχθεί δευτερογενές καύσιμο (RDF), να διαχωριστούν τα βιοαποδομήσιμα υλικά τα οποία θα συνεχίσουν για περαιτέρω βιολογική επεξεργασία, κλπ. Οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σταδίου αυτού σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας για τις λειτουργικές ανάγκες της μονάδας, και αφορούν κυρίως στην έκλυση αερίων ρυπαντών, υγρών και στερεών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενεργειακή κατανάλωση είναι πιθανό να αυξάνεται με τον αριθμό των ρευμάτων των προς διαχωρισμό υλικών.

### **6.2.3 Βιολογική επεξεργασία**

Η βιολογική επεξεργασία συνιστά πιθανό στάδιο του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων στοχεύοντας στη μετατροπή του οργανικού κλάσματος μέσω μικροοργανισμών σε ένα σταθερό οργανικό προϊόν (compost), το οποίο κατά βάση είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί στο γεωργικό τομέα

ως λίπασμα, βελτιωτικό εδάφους, κλπ. ή / και στην παραγωγή βιοαερίου και στη συνέχεια ενέργειας (biogasification).

Οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν να κάνουν με το εν λόγω στάδιο είναι η έκλυση αερίων ρυπαντών (κυρίως CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, VOCs) οι οποίοι κατά κύριο λόγο συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και σε μικρότερο βαθμό στην πρόκληση ρύπανσης στο τοπικό περιβάλλον. Αέριες εκπομπές εκλύονται και από την κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο αυτό. Επίσης εκλύονται βιοαεροζόλ κυρίως κατά τη διάρκεια μετατροπής των υλικών. Ακόμη, κυρίως οι εκλύμενες οσμές (οι οποίες σημειωτέον είναι δυνατόν να περιορισθούν σημαντικά με τη χρησιμοποίηση βιοφίλτρων σε κλειστά συστήματα) συμβάλλουν στην περιβαλλοντική υποβάθμιση της γειτνιάζουσας περιοχής. Τέλος, είναι δυνατόν κατά τη διάρκεια του εν λόγω σταδίου να προκύψουν και εκπομπές ρυπαντικών φορτίων προς το έδαφος και τους υδατικούς πόρους. Το υπόλειμμα της παραγωγικής αυτής διαδικασίας διατίθεται σε χώρους απόθεσης, όπου οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζονται εν συντομία στην Παράγραφο 6.2.5.

Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι δεδομένης της παραγωγής χρήσιμων προϊόντων από το στάδιο αυτό του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων (π.χ. κομποστ, ενέργειας) προκύπτουν και ανάλογα περιβαλλοντικά οφέλη από τη μειωμένη λειτουργία συμβατικών μονάδων που υπό διαφορετικές συνθήκες θα έπρεπε να παρουσιάζουν αυξημένη παραγωγή προκειμένου να καλύψουν συγκεκριμένα επίπεδα ζήτησης.

#### **6.2.4 Θερμική επεξεργασία**

Η Παράγραφος αυτή αφορά κυρίως στην καύση των απορριμμάτων, καλύπτει όμως σε μεγάλο βαθμό και δύο σχετικά νέες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας, την πυρόλυση και την αεριοποίηση. Από τις πλέον σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων συνιστούν οι εκπομπές αερίων ρυπαντών. Γενικά στα απαέρια των εν λόγω μονάδων εκλύονται συμβατικοί ρύποι (σωματίδια, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, κλπ.), βαρέα μέταλλα (κυρίως Cd, Tl και Hg), διοξίνες, αέρια του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) και VOCs. Οι ποσότητες των εκλύμενων ρυπαντικών φορτίων εξαρτώνται από το είδος και την ποσότητα των απορριμμάτων, την τεχνολογία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας και τις εφαρμοζόμενες τεχνικές αντιρρύπανσης. 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.

Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα μονάδων θερμικής επεξεργασίας περιέχουν πολλούς από τους ρυπαντές που απαντώνται και στα καυσαέρια της μονάδας. Στο βαθμό που αυτά μεταφέρονται σε υπόγειους ή επιφανειακούς υδατικούς πόρους είναι δυνατόν να προκαλέσουν επίσης επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, να αυξήσουν την τοξικότητα οικοσυστημάτων, κλπ.

Τα στερεά 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 στερεών υπολειμμάτων είναι δυνατόν να έχουμε διαφυγές προς το ατμοσφαιρικό περιβάλλον με τη μορφή σκόνης ή στο έδαφος, υπέδαφος και στους υδατικούς πόρους μέσω στραγγισμάτων. Οι πιθανές επιπτώσεις αναλύονται λεπτομερέστερα στην Παράγραφο 6.2.5.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι σε περιπτώσεις που η λειτουργία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας συνοδεύεται από ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων με την παραγωγή θερμικής ή / και ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από τα προφανή οικονομικά οφέλη από την παραγωγή

ενέργειας ανακύπτουν και περιβαλλοντικά οφέλη τόσο όσον αφορά στην αέρια ρύπανση όσο και στα υγρά και στερεά απόβλητα, δεδομένου ότι συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ή καύσης θα λειτουργήσουν λιγότερο προκειμένου να καλύψουν συγκεκριμένα επίπεδα ζήτησης ενέργειας, τα οποία εν μέρει καλύπτονται από τη μονάδα θερμικής επεξεργασίας. Ακόμη, η παραγόμενη τέφρα είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί σε κατασκευές, ενώ ιδιαίτερα κατά την πυρόλυση ή αεριοποίηση είναι δυνατόν να προκύψουν και άλλα δευτερογενή υλικά προς αξιοποίηση.

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, κλπ. Οι επιπτώσεις αυτές επιδρούν στην ποιότητα ζωής και στο επίπεδο διαβίωσης των κατοίκων στην ευρύτερη περιοχή.

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.

### 6.2.5 Τελική διάθεση απορριμμάτων

Η τελική διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί με τον ένα ή τον άλλο τρόπο αναπόσπαστο στοιχείο κάθε συστήματος διαχείρισης. Αυτό που διαφοροποιείται ανά περίπτωση είναι η σύνθεση και η ποσότητα των απορριμμάτων που οδηγούνται για απόθεση, που σε κάποιο βαθμό επηρεάζουν και τις προκαλούμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η παραγωγή βιοαερίου (τα σημαντικότερα συστατικά στοιχεία του οποίου αποτελούν το CO<sub>2</sub> και το CH<sub>4</sub> καθώς και VOCs) συνιστά ένα από τα σημαντικότερα εκλυόμενα περιβαλλοντικά φορτία που συνδέεται με τη λειτουργία των ΧΥΤΑ. Η ποσότητα και η σύνθεση του βιοαερίου μεταβάλλεται με το χρόνο λειτουργίας του ΧΥΤΑ και θεωρείται ότι η παραγωγή μεγιστοποιείται λίγο μετά το κλείσιμό του, ενώ εξαντλείται μετά από 25-30 χρόνια. Το βιοαέριο είτε εκλύεται ως έχει στην ατμόσφαιρα, είτε καίγεται στον πυρσό προς CO<sub>2</sub>, είτε τέλος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας.

Ακόμη, στους χώρους απόθεσης των απορριμμάτων και με την επίδραση της βροχόπτωσης ή επιφανειακών υδατοροών είναι δυνατόν (ιδιαίτερα σε παλιές μονάδες) να δημιουργηθούν στραγγίσματα (leachate) με υψηλό οργανικό και ανόργανο περιεχόμενο τα οποία διαπερνώντας στους υπόγειους και επιφανειακούς υδατικούς πόρους ή στο υπέδαφος είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και στο φυσικό περιβάλλον. Η ποσότητα των στραγγισμάτων εξαρτάται από το ύψος της βροχόπτωσης και του τύπου του χώρου απόθεσης, ενώ η σύνθεσή τους μεταβάλλεται με το χρόνο λειτουργίας των χώρων απόθεσης αλλά και με το είδος των απορριμμάτων που αποτίθενται. Οι πιθανές επιπτώσεις από τη διαρροή στραγγισμάτων μειώνονται σημαντικά στις περιπτώσεις όπου στους χώρους απόθεσης έχουν εγκατασταθεί κατάλληλα συστήματα συλλογής.

Ακόμη, η λειτουργία χώρων απόθεσης απορριμμάτων σε μια συγκεκριμένη θέση συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο 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, κλπ., και επομένως από ένα κόστος δυσφορίας.

Τέλος, η λειτουργία ενός χώρου απόθεσης απορριμμάτων συνοδεύεται από τη δέσμευση γης και από την πιθανότητα ατυχημάτων.

**Πίνακας 6-1 Ποιοτική αξιολόγηση των σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τα βασικά στάδια του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων. Οι επιπτώσεις αξιολογούνται ποιοτικά σε 3 βασικές κατηγορίες: +++ : υψηλές, ++ : μέτριες +: χαμηλές.**

Κατηγορίες επιπτώσεων	Μεταφορά απορριμμάτων	Μηχανική επεξεργασία	Βιολογική επεξεργασία	Θερμική επεξεργασία	Τελική διάθεση
Αέρια ρύπανση					
PM, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO	+++	+ <sup>a</sup>	+ <sup>a</sup>	+++	
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	+++	+ <sup>a</sup>	++	+++	++
Διοξίνες, βαρέα μέταλλα				+++	
Επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους			+	+	++
Επιπτώσεις στο έδαφος / υπέδαφος			+	+	++
Υποβάθμιση ποιότητας ζωής (θόρυβος, οσμές, κλπ.)	+	+	++	++	+++
Αύξηση κυκλοφοριακού φόρτου	++				
Ατυχήματα	+			+	++
Δέσμευση γης		+		+	+++

<sup>a</sup> Κυρίως μέσω της κατανάλωσης ενέργειας

### 6.3 Μεθοδολογικό πλαίσιο οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Στην Παράγραφο αυτή επιχειρείται μια σύντομη παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων / τεχνικών που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών και κατ' επέκταση πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Έμφαση δίνεται σε εκείνες τις μεθόδους που με βάση διεθνή βιβλιογραφικά δεδομένα εμφανίζονται ως οι πλέον κατάλληλες για την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων, ενώ πέρα της παρουσίασης της βασικής ιδέας κάθε μίας εξ' αυτών επιχειρείται να δοθούν χρήσιμες οδηγίες όσον αφορά ερωτήματα του τύπου ποια μέθοδος για ποιο πρόβλημα, τι πλεονεκτήματα παρουσιάζει, ποιοι είναι οι υφιστάμενοι περιορισμοί. Μεθοδολογικά, σε πολλές περιπτώσεις οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων υπάρχει η δυνατότητα πολλαπλών επιλογών, εντούτοις η διαθεσιμότητα των πόρων και πιθανοί χρονικοί περιορισμοί στην επιχειρούμενη ανάλυση, συχνά μειώνουν δραστικά τις εναλλακτικές λύσεις.

Η αποτίμηση των εξωτερικών οικονομικών μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσπάθεια προσδιορισμού της αξίας που αποδίδουν οι άνθρωποι στα περιβαλλοντικά ή άλλα αγαθά που δεν εντάσσονται στο υφιστάμενο σύστημα αξιών. Οι εφαρμοζόμενες λοιπόν τεχνικές προσπαθούν να προσδιορίσουν την προθυμία για πληρωμή των ανθρώπων για τη διατήρηση ενός περιβαλλοντικού αγαθού ή την επιθυμία για αποζημίωση σε περίπτωση περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Αναμφισβήτητη η εφαρμογή τέτοιων τεχνικών που αποσκοπεί στη δημιουργία υποθετικών αγορών προκειμένου να αποτιμηθούν αυτά τα κατ' εξοχήν μη εμπορεύσιμα αγαθά εμπεριέχει σημαντικούς παράγοντες αβεβαιότητας, εντούτοις αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο και δυναμικό εργαλείο που επιτρέπει τη

διενέργεια ολοκληρωμένων αναλύσεων κόστους – οφέλους και ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής συνιστώσας στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων.

### 6.3.1 Θεωρητικό πλαίσιο - η προσέγγιση της Συνάρτησης Ζημίας

Εξετάζοντας τις εξωτερικές οικονομίες που προκύπτουν από τη διαχείριση απορριμμάτων μπορούμε να διακρίνουμε σε εξωτερικά κόστη ή οφέλη καθώς και σε σταθερές ή μεταβλητές εξωτερικές οικονομίες. Εξωτερικά κόστη προκύπτουν όταν τα εκλυόμενα περιβαλλοντικά φορτία από κάποιο στάδιο του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, στο φυσικό περιβάλλον, κλπ. Αντίθετα εξωτερικά οφέλη ανακύπτουν όταν το εξεταζόμενο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων συμβάλλει στην αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων από άλλες δραστηριότητες (π.χ. με την ενεργειακή αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου μειώνεται η παραγωγή ηλεκτρισμού και η συνεπαγόμενη αέρια ρύπανση από συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής). Ως σταθερές εξωτερικές οικονομίες ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων θεωρούνται οι ζημίες ή τα οφέλη που προκαλούνται στους δυνητικούς αποδέκτες το μέγεθος των οποίων δεν μεταβάλλεται με τον όγκο των υπό διαχείριση απορριμμάτων (π.χ. το κόστος δυσφορίας από την ύπαρξη σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο του όγκου των απορριμμάτων που αυτός δέχεται σε καθημερινή βάση και εκφράζεται καλύτερα σε χρηματικές μονάδες ανά γειτνιάζοντα νοικοκυριό ή ανά μονάδα επεξεργασίας παρά ανά μονάδα βάρους απορριμμάτων). Αντίθετα, το μέγεθος των μεταβλητών εξωτερικών οικονομιών είναι σε άμεση συνάρτηση του όγκου και του είδους των υπό διαχείριση απορριμμάτων (π.χ. οι επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης από μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων).

Βασικό εργαλείο για την αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών αποτελεί η μέθοδος της “Συνάρτησης Ζημίας” (ΣΖ – Damage Function Approach ή αλλιώς Impact Pathway Approach) που αναπτύχθηκε ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 μέσω του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ExternE (Externe 2005). Στόχος της μεθόδου είναι η αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών με βάση τη διάθεση που επιδεικνύει η κοινωνία να πληρώσει προκειμένου να διατηρήσει ένα αγαθό ή την απαίτησή της να αποζημιωθεί για την απώλεια του αγαθού αυτού (Pearce and Turner 1990). Αποτελεί μια αναλυτική προσέγγιση που εξετάζει βήμα προς βήμα μια ακολουθία διεργασιών μέσω των οποίων η εκπομπή ενός φορτίου (ανεπιθύμητου ή ωφέλιμου) από μια δραστηριότητα δημιουργεί προς το κοινωνικό σύνολο οικονομική ζημία ή αντίστοιχα οικονομικό όφελος. Τα βασικά βήματα της διαδικασίας αυτής για την περίπτωση της διαχείρισης απορριμμάτων περιλαμβάνουν:

- ❑ Προσδιορισμό των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών καθώς και του περιβάλλοντος αναφοράς, συμπεριλαμβανομένων του είδους και της γεωγραφικής κατανομής των αποδεκτών που είναι δυνατόν να επηρεασθούν.
- ❑ Ποσοτικό προσδιορισμό των εκλυόμενων φορτίων (ανεπιθύμητων ή ωφέλιμων) από όλα τα στάδια του εξεταζόμενου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.
- ❑ Εκτίμηση του τρόπου διάχυσης των ανεπιθύμητων ή ωφέλιμων φορτίων στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον.
- ❑ Εκτίμηση σε φυσικούς όρους της ζημίας ή του οφέλους που υφίσταται ο αποδέκτης από τα φορτία αυτά.
- ❑ Οικονομική αποτίμηση των εν λόγω επιπτώσεων με χρήση κατάλληλων τεχνικών που αντλούνται από την οικονομική θεωρία της ευημερίας (welfare economics).



Η μέθοδος ΣΖ συνιστά σήμερα την πλέον λεπτομερή προσέγγιση αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών και θα πρέπει να γίνεται αναλυτική εφαρμογή της κατά τη φάση σχεδιασμού και εναλλακτικής αξιολόγησης συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική ενότητα. Για την αποτίμηση των μεταβλητών εξωτερικών οικονομιών απαιτείται η εφαρμογή όλων των σταδίων της μεθόδου ενώ αντίθετα για την αποτίμηση των σταθερών εξωτερικών οικονομιών μετά τον προσδιορισμό των τεχνολογιών και του περιβάλλοντος αναφοράς γίνεται συνήθως απ' ευθείας η οικονομική αποτίμηση των προκαλούμενων επιπτώσεων. Δεδομένου ότι η ολοκληρωμένη εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί σημαντικούς πόρους και είναι αρκετά χρονοβόρα, μια προκαταρκτική αξιολόγηση των εναλλακτικών συστημάτων / τεχνολογιών διαχείρισης απορριμμάτων είναι δυνατόν να γίνει στη βάση απλουστευμένων εκτιμήσεων αξιοποιώντας τα αποτελέσματα προηγούμενων σχετικών εφαρμογών.

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των τεχνικών που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών, με έμφαση σε αυτά που σχετίζονται με τη διαχείριση απορριμμάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το στάδιο αυτό της μεθόδου αποτελεί πηγή σημαντικών αβεβαιοτήτων. Ακόμη, γίνεται μια κατ' αρχήν αξιολόγηση της καταλληλότητας εφαρμογής των τεχνικών αυτών για την αποτίμηση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων τόσο ως προς την ακριβειά τους όσο και ως προς την ευκολία εφαρμογής τους.

### 6.3.2 Τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης

Οι τεχνικές "*Εξαρτημένης Αξιολόγησης*" (Contingent Valuation Method) για την αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών / επιπτώσεων στοχεύουν στη διαμόρφωση υποθετικών αγορών, στο πλαίσιο των οποίων ο δυνητικός καταναλωτής καλείται, συνήθως με τη συμπλήρωση κατάλληλων ερωτηματολογίων, να εκφράσει τις προτιμήσεις του και να αξιολογήσει τις προσφερόμενες σε αυτόν αλλαγές στην προμήθεια του εξεταζόμενου αγαθού (Σκούρτος και Κοντογιάννη 1996, Hanley et al 1997).

Πιο συγκεκριμένα, με βάση την προσέγγιση εξαρτημένης αξιολόγησης επιχειρείται η οικονομική αποτίμηση ενός περιβαλλοντικού αγαθού ή μιας περιβαλλοντικής επίπτωσης μέσω ερευνών αγοράς, κατά τις οποίες συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες καλούνται να συμπληρώσουν κατάλληλα σχεδιασμένα ερωτηματολόγια και να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους σχετικά με το πόσο είναι διατεθειμένες να πληρώσουν για μια υποθετική κατάσταση βελτίωσης της υφιστάμενης κατάστασης του εξεταζόμενου περιβαλλοντικού αγαθού, ή πόσο είναι διατεθειμένες να αποζημιωθούν προκειμένου να αποδεχθούν περαιτέρω υποβάθμισή του. Ενδεικτικά οι ερωτήσεις που τίθενται είναι της μορφής «Είσαστε διατεθειμένοι να πληρώσετε xxxx € προκειμένου να αποκατασταθεί το περιβάλλον στην περιοχή y μετεγκαθιστώντας τον υφιστάμενο χώρο διάθεσης απορριμμάτων;».

Στόχος μιας τέτοιας διαδικασίας είναι να δώσει κατά το δυνατόν ρεαλιστικά αποτελέσματα που θα προσεγγίζουν το υφιστάμενο σύστημα αξιών. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο ο σχεδιασμός των ερωτηματολογίων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, και θα πρέπει να παρέχει στον ερωτώμενο τις απαραίτητες πληροφορίες βάσης του προβλήματος, τους υφιστάμενους περιορισμούς, τις εναλλακτικές λύσεις και τον τρόπο πληρωμής του ποσού που θα επιλέξει. Αν και η αβεβαιότητα τέτοιων εκτιμήσεων είναι αρκετά σημαντική, δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες στη μελέτη δεν δεσμεύονται από τις απαντήσεις τους και άρα σκοπίμως μπορούν να μεγεθύνουν ή να υποβαθμίσουν τη διάθεσή τους για πληρωμή προκειμένου να επηρεάσουν τις τελικές αποφάσεις, η μέθοδος παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα αφού δίνει τη δυνατότητα μιας άμεσης

καταγραφής των προτιμήσεων των καταναλωτών τόσο για τη χρηστική αξία περιβαλλοντικών αγαθών όσο και για την αξία ύπαρξής τους, ενώ ο βαθμός αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων μεγαλώνει αν συνδυασθούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα άλλων τεχνικών αποτίμησης στο ίδιο ή διαφορετικά πληθυσμιακά δείγματα.

Τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση του συνόλου σχεδόν των περιβαλλοντικών αγαθών, και μπορούν να αντιμετωπίσουν το σύνολο των πιθανών επιπτώσεων που απαντώνται κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων (επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, σε φυσικά οικοσυστήματα, υποβάθμιση της ποιότητας ζωής, κλπ.). Η υλοποίηση τέτοιων προσεγγίσεων απαιτεί τη δαπάνη σημαντικών οικονομικών και κοινωνικών πόρων, καθώς στηρίζονται σε εκτεταμένες και προσεκτικά σχεδιασμένες έρευνες πεδίου, ενώ η υλοποίησή τους συνήθως απαιτεί τη διαθεσιμότητα χρόνου. Όμως, αν υλοποιηθούν σωστά προσφέρουν αξιόπιστες εκτιμήσεις που αντικατοπτρίζουν άμεσα τις προτιμήσεις του κοινωνικού συνόλου σχετικά με την αξία των εξεταζόμενων περιβαλλοντικών αγαθών.

### 6.3.3 Τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών

Οι τεχνικές «Αγοράς Ωφελίμων Χαρακτηριστικών» προτάθηκαν για πρώτη φορά από τους Lancaster (1966) και Rosen (1974) και βασίζονται στη θεμελίωση μιας συναρτησιακής σχέσης η οποία περιγράφει την αξία ενός εμπορεύσιμου αγαθού σε σχέση με όλες εκείνες τις παραμέτρους που διαμορφώνουν την τιμή του. Κάποιες από τις παραμέτρους αυτές (π.χ. περιβαλλοντικά αγαθά) είναι πιθανόν να μην εντάσσονται στο ισχύον σύστημα αξιών, και έτσι η μεταβολή της τιμής του αγαθού σε σχέση με τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι δυνατόν να δώσει ένα μέτρο της οικονομικής του αξίας.

Τέτοιες τεχνικές εφαρμόστηκαν κατ' επανάληψη στο παρελθόν προκειμένου να αποτιμηθεί η περιβαλλοντική υποβάθμιση αστικών περιοχών, η έκθεση σε κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής αλλά και η αξία ύπαρξης περιοχών άσκησης δραστηριοτήτων αναψυχής. Για παράδειγμα η ελκυστικότητα των ακινήτων μιας περιοχής που γεινιάζει με ένα υφιστάμενο χώρο απόθεσης απορριμμάτων μειώνεται, γεγονός που αντικατοπτρίζεται και στις τιμές των ακινήτων αυτών. Αναλύοντας τα χαρακτηριστικά της αγοράς ακινήτων στην ευρύτερη περιοχή είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση της ύπαρξης του χώρου απόθεσης απορριμμάτων στις τιμές των ακινήτων, που αποτελεί ουσιαστικά μέτρο της αξίας που αποδίδει ο πληθυσμός στην προκαλούμενη υποβάθμιση του επιπέδου ζωής του.

Στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων η μέθοδος κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για την αποτίμηση της υποβάθμισης του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και την εκτίμηση του κόστους δυσφορίας εξαιτίας της γεινιάσης ιδιοκτησιών με χώρους απόθεσης απορριμμάτων. Δίνει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα ενώ σε γενικές γραμμές απαιτεί λιγότερους πόρους και ολοκληρώνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τις τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης.

### 6.3.4 Τεχνικές κόστους ταξιδιού

Η προσέγγιση του «Κόστους Ταξιδιού» (Travel Cost Approach) (Hanley et al 1997, Pearce and Turner 1990, Βλάχου 1993β, Cropper and Oates 1992, Dixon et al 1994, Pearce and Markandya 1989) βασίζεται στην αρχή ότι η οικονομική αποτίμηση της ύπαρξης ή διατήρησης μιας περιοχής με ιδιαίτερο φυσικό κάλλος ή με δυνατότητα άσκησης δραστηριοτήτων αναψυχής, είναι δυνατόν να επιτευχθεί αξιοποιώντας στοιχεία σχετικά με την απόσταση που διανύουν οι ιδιώτες για να την

επισκεφθούν, το κόστος του ταξιδιού αυτού και τη συχνότητα των επισκέψεων. Οι παράμετροι αυτοί λαμβάνονται ως μέτρο της προθυμίας των ατόμων να πληρώσουν και να απολαύσουν την ευεξία που προσφέρει ο υπό εξέταση φυσικός χώρος.

Στην απλούστερη έκδοσή της η προσέγγιση του κόστους ταξιδιού τοποθετεί αρχικά το μη εμπορεύσιμο αγαθό που επιχειρείται να αποτιμηθεί στο κέντρο ομόκεντρων ζωνών που η κάθε μια εκφράζει διαφορετικό κόστος ταξιδιού. Στη συνέχεια καταγράφεται για κάθε ζώνη  $i$  ο αριθμός των επισκέψεων για δεδομένο χρονικό διάστημα καθώς και άλλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των επισκεπτών. Γίνεται έτσι εφικτή η ανάπτυξη μιας συναρτησιακής σχέσης μεταξύ του αριθμού των επισκέψεων ως εξαρτημένης μεταβλητής και του κόστους ταξιδιού και των άλλων κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών ως ανεξάρτητων μεταβλητών. Μια ενδεχόμενη μεταβολή της ποιότητας ή / και των χαρακτηριστικών του υπό αξιολόγηση φυσικού οικοσυστήματος συνεπάγεται την πιθανή αντίδραση των πιθανών επισκεπτών. Για κάθε οριακή τέτοια μεταβολή υπολογίζεται εκ νέου ο αριθμός των αναμενόμενων επισκέψεων από κάθε ζώνη και επομένως ο συνολικός αριθμός των επισκέψεων. Με βάση λοιπόν την εκτιμημένη συναρτησιακή σχέση αριθμού επισκέψεων - κόστους ταξιδιού είναι δυνατόν να προσομοιωθεί η καμπύλη ζήτησης του μη εμπορεύσιμου αγαθού και επομένως το κόστος ή όφελος σε ενδεχόμενες περιπτώσεις μεταβολής της κατάστασής του.

Στον τομέα τη διαχείρισης των απορριμμάτων η μέθοδος αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί όταν η ύπαρξη μονάδων θερμικής επεξεργασίας ή / και διάθεσης απορριμμάτων ή τυχόν διαρροές από αυτόν στο υπέδαφος ή / και στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα συμβάλλουν στην υποβάθμιση φυσικών ή αθροπογενών οικοσυστημάτων υψηλής αξίας. Η υλοποίησή της απαιτεί λεπτομερή στοιχεία, που συνήθως συγκεντρώνονται με έρευνες πεδίου.

### 6.3.5 Τεχνικές κόστους αποφυγής και κόστους αποκατάστασης

Η εφαρμογή τεχνικών «Κόστους Αποφυγής» ή / και «Κόστους Αποκατάστασης» για την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων βασίζεται στην ιδέα ότι οι δαπάνες που αναλαμβάνουν οι ιδιώτες προκειμένου να προστατεύσουν ή να αποκαταστήσουν ένα μη εμπορεύσιμο περιβαλλοντικό αγαθό αποτελούν μέτρο της διάθεσης της κοινωνίας να πληρώσει προκειμένου να διατηρήσει το αγαθό αυτό (Hanley et al 1997, Pearce and Markandya 1989). Είναι φανερό ότι καθώς οι υπάρχουσες μέθοδοι περιβαλλοντικής προστασίας για λόγους τεχνικούς και οικονομικούς αποσκοπούν στον περιορισμό και όχι στην εξάλειψη των όποιων περιβαλλοντικών διαταραχών, τα αποτελέσματα εφαρμογής τέτοιων τεχνικών μόνο ως προσεγγιστικές εκτιμήσεις της αξίας των εξεταζόμενων περιβαλλοντικών αγαθών μπορούν να θεωρηθούν. Ακόμη, το κόστος αποκατάστασης ενός περιβαλλοντικού αγαθού δεν ισοδυναμεί με την προκαλούμενη ζημιά από τυχόν υποβάθμισή του, και έτσι οι τεχνικές αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή κατά την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και μόνο αν δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άλλες εναλλακτικές τεχνικές. Συνήθως δίνουν μια συντηρητική εκτίμηση (που μπορεί να εκληφθεί ως κάτω όριο) της αξίας του εξεταζόμενου αγαθού ή της προκαλούμενης επίπτωσης.

Στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων τέτοιες τεχνικές χρησιμοποιούνται σήμερα για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων από τη διάχυση στραγγισμάτων από χώρους απόθεσης απορριμμάτων σε υπόγεια και επιφανειακά ύδατα ή στο υπέδαφος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και για την αποτίμηση των προκαλούμενων επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης από τη θερμική επεξεργασία και τη μεταφορά απορριμμάτων, εντούτοις τα τελευταία χρόνια για τις επιπτώσεις αυτές έχουν αναπτυχθεί πιο αξιόπιστες τεχνικές οικονομικής αποτίμησης. Γενικά

θεωρούνται χαμηλού κόστους, όμως η εφαρμογή τους απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό, ενώ τα αποτελέσματά τους χαρακτηρίζονται από μεγάλες αβεβαιότητες.

### 6.3.6 Τεχνικές μεταφοράς οφέλους

Οι τεχνικές «Μεταφοράς Οφέλους» δεν αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία προσεγγίσεων με στόχο την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών / επιπτώσεων. Αντίθετα λειτουργούν συμπληρωματικά προς τις τεχνικές που παρουσιάστηκαν προηγουμένα και στόχο έχουν την ανάπτυξη μεθόδων ώστε τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την υλοποίηση τέτοιων προσεγγίσεων υπό συγκεκριμένες συνθήκες να μπορούν εύκολα και με μικρό κόστος να προσαρμοστούν σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος. Ουσιαστικά οι τεχνικές μεταφοράς οφέλους έρχονται να καλύψουν το κενό της οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων όταν δεν υπάρχουν οι πόροι και ο χρόνος για την υλοποίηση αναλυτικών μελετών, και με τον τρόπο αυτό να γίνουν προκαταρκτικές αναλύσεις κόστους οφέλους των πιθανών εναλλακτικών επιλογών.

Είναι φανερό ότι οι τεχνικές μεταφοράς οφέλους μεταφέρουν την αβεβαιότητα των όποιων εκτιμήσεων που είναι συνυφασμένη με τις μεθόδους οικονομικής αποτίμησης μη εμπορεύσιμων αγαθών, ενώ επιπλέον προσθέτουν και νέες παραμέτρους αβεβαιότητας που έχουν να κάνουν με τη μεταφορά των αποτελεσμάτων σε συνθήκες διαφορετικές του περιβάλλοντος εκπόνησης των αρχικών μελετών. Είναι επομένως σκόπιμο να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μελέτης περίπτωσης προσομοιάζουν αρκετά με αυτά των πρωτογενών μελετών. Γενικά, παρά το σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας τέτοιων εκτιμήσεων, σε πολλές περιπτώσεις λόγω αδυναμίας ή / και έλλειψης οικονομικών πόρων και χρόνου μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την αξία αγαθών / επιπτώσεων που δεν μπορούν να αποτιμηθούν διαφορετικά.

Γενικά υπάρχουν τρεις βασικές προσεγγίσεις για την εφαρμογή τεχνικών μεταφοράς οφέλους:

- ❑ Χρησιμοποιείται η μέση τιμή αποτίμησης του εξεταζόμενου αγαθού από μια σειρά διαθέσιμων μελετών που στόχο είχαν την οικονομική του αποτίμηση.
- ❑ Η μέση τιμή αποτίμησης ενός μη εμπορεύσιμου αγαθού όπως προέκυψε από τις διαθέσιμες πρωτογενείς μελέτες προσαρμόζεται με βάση εκτιμήσεις ειδικών ώστε να ταιριάζει καλύτερα στη μελέτη περίπτωσης.
- ❑ Χρησιμοποιώντας ως βάση τις πρωτογενείς μελέτες οικονομικής αποτίμησης θεμελιώνεται μια συναρτησιακή σχέση της αξίας του υπό εξέταση αγαθού με άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές. Στην πραγματικότητα μεταφέρεται αυτή η συναρτησιακή σχέση και με βάση συγκεκριμένα δεδομένα εισόδου για τη μελέτη περίπτωσης επανυπολογίζεται η αξία του εξεταζόμενου περιβαλλοντικού αγαθού. Από τα πλέον συνηθισμένα παραδείγματα τέτοιων συναρτήσεων είναι η μεταφορά εκτιμήσεων του οικονομικού μεγέθους περιβαλλοντικών επιπτώσεων από χώρα σε χώρα στη βάση του ύψους του εισοδήματος του επηρεαζόμενου πληθυσμού.

Στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων οι τεχνικές μεταφοράς οφέλους μπορούν να αξιοποιηθούν για την οικονομική αποτίμηση όλων των πιθανών επιπτώσεων που συνδέονται με εναλλακτικές πρακτικές διαχείρισης ή / και τεχνολογίες. Παρουσιάζουν δε ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά τα προκαταρκτικά στάδια σχεδιασμού ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων όπου οι αποφασίζοντες πρέπει να επιλέξουν μεταξύ μιας μεγάλης γκάμας πιθανών επιλογών. Έτσι, η αρχική επιλογή πιθανών λύσεων μπορεί να βασισθεί σε αναλύσεις κόστους-οφέλους όπου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εναλλακτικών επιλογών μπορούν να αποτιμηθούν στη βάση

τεχνικών μεταφοράς οφέλους. Είναι όμως ιδιαίτερα σημαντικό η τελική αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων να γίνεται στη βάση λεπτομερών και αναλυτικών στοιχείων όσον αφορά στο οικονομικό μέγεθος των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που να αντικατοπτρίζουν τη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης.

Θα πρέπει βέβαια να τονισθεί ότι μέχρι σήμερα στον τομέα διαχείρισης των απορριμμάτων μικρός είναι σχετικά ο αριθμός των μελετών που έχουν εκπονηθεί με στόχο την οικονομική αποτίμηση των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της υποβάθμισης της ποιότητας ζωής. Έτσι είναι δυνατόν για ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις να μην είναι διαθέσιμες πρωτογενείς εκτιμήσεις του οικονομικού μεγέθους των προκαλούμενων επιπτώσεων. Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης γίνεται προσπάθεια να καλυφθούν όσο το δυνατόν περισσότερες επιπτώσεις καθώς και να αξιοποιηθούν, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό, σχετικές εκτιμήσεις από άλλους τομείς (π.χ. ενέργεια).

### 6.3.7 Το πρόβλημα της επιλογής προεξοφλητικού επιτοκίου για την αποτίμηση των επιπτώσεων που αφορούν σε μελλοντικές γενιές

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγούμενα διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες διαχείρισης απορριμμάτων προκαλούν μεγάλη ποικιλία περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ωφελειών, το οικονομικό μέγεθος των οποίων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Το πρόβλημα γίνεται ακόμη πολυπλοκότερο αν λάβει κανείς υπόψη ότι οι εν λόγω επιπτώσεις / οφέλη εμφανίζονται σε διαφορετικό χρονικό ορίζοντα (από μερικά δευτερόλεπτα έως εκατοντάδες έτη μετά) ενώ οι άνθρωποι αξιολογούν με μεγαλύτερη βαρύτητα το παρόν σε σχέση με το μέλλον (αφενός γιατί προτιμούν να απολαύσουν τα όποια οφέλη σήμερα παρά δέκα χρόνια μετά και αφετέρου γιατί οι οικονομικοί πόροι σε βάθος χρόνου παράγουν πλούτο).

Δεδομένου ότι ο ανθρώπινος παράγοντας αξιολογεί με μεγαλύτερη βαρύτητα το παρόν σε σχέση με το μέλλον, είναι φανερό ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το συνεπαγόμενο οικονομικό τους μέγεθος που λαμβάνει χώρα σε βάθος χρόνου θα πρέπει να αναχθεί στο παρόν. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να επιλεγεί ένα κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο ώστε οι μελλοντικές ζημιές και οφέλη να αναχθούν στο παρόν μέσω μιας σχέσης της μορφής:

$$PV = \frac{X}{(1+r)^T} \quad (6.1)$$

Όπου PV είναι η παρούσα αξία της εξωτερικής οικονομίας X η οποία εκδηλώνεται μετά από T χρόνια, και r το επιτόκιο προεξόφλησης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος T ή / και το επιτόκιο r τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση των υπολογιζόμενων εξωτερικών οικονομιών κατά την αναγωγή τους στο παρόν.

Το πρόβλημα της αναγωγής μελλοντικών οικονομικών μεγεθών στο παρόν συναντάται σε μια σειρά από περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με το πρόβλημα της διαχείρισης απορριμμάτων (π.χ. χρόνιες επιπτώσεις της αέρια ρύπανσης στη δημόσια υγεία, εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και προκαλούμενες κλιματικές αλλαγές, υποβάθμιση των υδροφορέων και του υπεδάφους από τη διήθηση στραγγισμάτων σε χώρους απόθεσης, κλπ.). Αποτελεί δε πεδίο σημαντικών επιστημονικών αντιπαραθέσεων, ενώ μια αναλυτική επισκόπηση της όλης συζήτησης μπορεί να βρει κανείς στα Externe (1995) και Rabl (1996). Στη διεθνή βιβλιογραφία το πρόβλημα αντιμετωπίζεται κατά βάση με την πραγματοποίηση αναλύσεων ευαισθησίας για 3 συνήθως διαφορετικά σενάρια επιτοκίων προεξόφλησης (0%, 3% και 10%). Επιλογή επιτοκίου προεξόφλησης 0% υποδηλώνει ότι αποδίδεται στις επιπτώσεις που αφορούν μελλοντικές γενιές η

ίδια βαρύτητα με αυτές που εκδηλώνονται την παρούσα στιγμή (κατ' εξοχήν περιβαλλοντικό σενάριο). Αντίθετα επιλογή επιτοκίου προεξόφλησης 10% υποδηλώνει τη μικρή βαρύτητα που αποδίδεται σε επιπτώσεις που αφορούν μελλοντικές γενιές, γεγονός που συγκρούεται με τις αρχές της αειφορίας. Γενικά η επιλογή προεξοφλητικού επιτοκίου 3% θεωρείται από την πλειοψηφία των οικονομολόγων ως εκείνη που εκφράζει πιστότερα τις αντιλήψεις της κοινωνίας σχετικά με τη βαρύτητα που θα πρέπει να αποδίδεται στις βραχυπρόθεσμες και μακροχρόνιες επιπτώσεις.

### 6.3.8 Επιλογή τεχνικής οικονομικής αποτίμησης

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγουμένα η οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών / επιπτώσεων που δεν αποτιμώνται στο πλαίσιο του υφιστάμενου μηχανισμού της αγοράς είναι δυνατόν να γίνει στη βάση τεχνικών προσομοίωσης της προθυμίας για πληρωμή των ιδιωτών για να διατηρήσουν το εξεταζόμενο αγαθό ή να αποφύγουν περαιτέρω υποβάθμισή του. Ουσιαστικά επιχειρείται να προσδιορισθούν οι καμπύλες ζήτησης για τα αγαθά αυτά που αποτελούν τη βάση για την εκτίμηση της αξίας που τους αποδίδεται. Οι τεχνικές αποτίμησης λοιπόν που παρουσιάστηκαν προηγουμένα επιχειρούν να δημιουργήσουν τεχνικές αγορές για τα εξεταζόμενα μη εμπορεύσιμα αγαθά.

Διαφορετικές τεχνικές οικονομικής αποτίμησης είναι κατάλληλες για διαφορετικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η επιλογή ανά περίπτωση της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται τόσο από το είδος της περιβαλλοντικής επίπτωσης που καλούμαστε να αποτιμήσουμε αλλά και από τους διαθέσιμους πόρους.

Γενικά οι τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης, αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών και κόστους ταξιδιού θεωρούνται οι καταλληλότερες για την οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών αγαθών. Η μεν πρώτη βασίζεται σε μια απ' ευθείας έκφραση των ατομικών προτιμήσεων, οι δε άλλες δύο εξάγουν τις ατομικές προτιμήσεις των ιδιωτών μελετώντας τη συμπεριφορά τους. Σε κάθε περίπτωση απαιτούν τη συγκέντρωση και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων, ενώ χαρακτηρίζονται ως μέτριου / υψηλού κόστους. Επιπλέον, κάθε μία εξ' αυτών παρουσιάζει συγκεκριμένα προβλήματα και αβεβαιότητες και θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ελαχιστοποίησής τους κατά το σχεδιασμό εφαρμογής τους. Έτσι στις τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης η «προθυμία για πληρωμή» των ιδιωτών εξαρτάται από την υφιστάμενη οικονομική τους κατάσταση χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις ηθικές αντιλήψεις των ερωτώμενων, προϋποθέτει τη σωστή ενημέρωσή τους χωρίς όμως αυτό να είναι δεδομένο, είναι πιθανόν να μην λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις των επόμενων γενεών που όμως επηρεάζονται από της σημερινές δραστηριότητες, κλπ. Αντίστοιχα κατά την εφαρμογή τεχνικών αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών για την αποτίμηση μιας περιβαλλοντικής επίπτωσης έχουμε σε αρκετές περιπτώσεις τη δυσκολία «απομόνωσης» της επίδρασης μιας συγκεκριμένης παραμέτρου, από ένα σύνολο πιθανών παραμέτρων που επιδρούν την ποιότητα περιβάλλοντος, στην τιμή της αγοράς ενός εμπορεύσιμου αγαθού.

Παρά τις όποιες αβεβαιότητες οι τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης είναι κατάλληλες για την οικονομική αποτίμηση του συνόλου σχεδόν των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση απορριμμάτων, και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με περίπλοκες φυσικές διεργασίες, οι ατομικές προτιμήσεις δεν είναι εμφανείς, και οι ιδιώτες είναι αρκετά καλά ενημερωμένοι. Αντίστοιχα οι τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών είναι κατάλληλες σε περιπτώσεις όπου η περιβαλλοντική συνιστώσα επιδρά στις τιμές εμπορεύσιμων αγαθών, και κυρίως για την αποτίμηση του κόστους δυσφορίας και της υποβάθμισης αστικών περιοχών εξαιτίας οσμών, οπτικής ρύπανσης, κλπ. Τέλος, η εφαρμογή τεχνικών κόστους ταξιδιού είναι

σχετικά περιορισμένη στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων και αξιοποιείται κατά βάση μόνο στις περιπτώσεις που επηρεάζονται φυσικά ή ανθρωπογενή οικοσυστήματα υψηλής αξίας.

Οι τεχνικές κόστους αποφυγής και κόστους αποκατάστασης δεν επικεντρώνονται στον προσδιορισμό των ατομικών προτιμήσεων και γι' αυτό ακριβώς το λόγο θεωρούνται χαμηλότερης αξιοπιστίας ή αλλιώς προσεγγιστικές μέθοδοι, ενώ κατά κανόνα οδηγούν σε συντηρητικές εκτιμήσεις των προκαλούμενων ζημιών. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιούνται όταν δεν είναι εφικτό να αξιοποιηθεί κάποια από τις προηγούμενες μεθόδους. Στο πρόβλημα της διαχείρισης απορριμμάτων χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αποτίμηση των επιπτώσεων στους υδατικούς πόρους και στο υπέδαφος εξαιτίας της πολυπλοκότητας των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα και της δυσκολίας υπολογιστικής προσομοίωσής τους.

Τέλος, οι τεχνικές μεταφοράς οφέλους αξιοποιούν αποτελέσματα παλαιότερων εφαρμογών των προαναφερθέντων τεχνικών προκειμένου να εξαχθούν προκαταρκτικές εκτιμήσεις του οικονομικού μεγέθους των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μια νέα μελέτη περίπτωσης. Είναι φανερό ότι η εφαρμογή τέτοιων τεχνικών μεγαλώνει τις αβεβαιότητες σε ένα πρόβλημα που ήδη χαρακτηρίζεται από μεγάλες ασάφειες. Εντούτοις, ο κατάλληλος σχεδιασμός τεχνικών μεταφοράς οφέλους αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την προκαταρκτική εκτίμηση μεγάλης γκάμας εξωτερικών οικονομικών που βοηθά σε μια κατ' αρχήν επιλογή των πλέον κατάλληλων εναλλακτικών λύσεων.

Στον **Πίνακα 6-2** συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την εφαρμογή των βασικών τεχνικών οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων.

**Πίνακας 6-2 Συγκριτική παρουσίαση των τεχνικών οικονομικής αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών και αξιολόγηση της καταλληλότητας εφαρμογής τους στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τον κύκλο διαχείρισης απορριμμάτων.**

Τεχνικές αποτίμησης	Κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις εφαρμογής	Παρατηρήσεις
Εξαρτημένης αξιολόγησης	Όλες οι πιθανές επιπτώσεις	Υψηλού κόστους, αρκετά χρονοβόρες
Αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών	Δυσφορία από τη γεινίαση με χώρους επεξεργασίας / απόθεσης απορριμμάτων Υποβάθμιση αστικών περιοχών λόγω οπτικής ρύπανσης, οσμών, θορύβου, κλπ.	Μετρίου κόστους, απαιτείται η συγκέντρωση σημαντικού αριθμού δεδομένων
Κόστους ταξιδιού	Υποβάθμιση οικοσυστημάτων υψηλής οικολογικής, πολιτισμικής, κλπ. αξίας	Υψηλού κόστους, απαιτείται η συγκέντρωση σημαντικού αριθμού δεδομένων
Κόστους αποφυγής, Κόστους αποκατάστασης	Υποβάθμιση υδατικών πόρων, υπεδάφους	Χαμηλού κόστους, εύκολα εφαρμόσιμες. Συνήθως υποεκτιμούν το μέγεθος των επιπτώσεων ενώ δεν εκφράζουν τις πραγματικές προτιμήσεις των καταναλωτών
Μεταφοράς οφέλους	Όλες οι πιθανές επιπτώσεις	Μεγαλύτερες αβεβαιότητες, χαμηλού κόστους, σχετικά εύκολα εφαρμόσιμες

## **6.4 Προτεινόμενο μεθοδολογικό / υπολογιστικό πλαίσιο για την οικονομική αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή / και ωφελειών από τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων**

### **6.4.1 Επιπτώσεις σε τοπικό / περιφερειακό επίπεδο που συνδέονται με την αέρια ρύπανση**

Οι αέριοι ρυπαντές που εκλύονται από διάφορα στάδια του κύκλου διαχείρισης απορριμμάτων (μεταφορά, θερμική επεξεργασία, απόθεση, κλπ.) διαχέονται στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον και προκαλούν μια σειρά από επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, στη γεωργική παραγωγή, στα υλικά, στα φυσικά οικοσυστήματα, κλπ. Το μέγεθος των επιπτώσεων αυτών και αντίστοιχα το ύψος της προκαλούμενης οικονομικής ζημίας σχετίζεται με τις ποσότητες των ελκυόμενων ρυπαντών, το πλήθος και το είδος των αποδεκτών που εκτίθενται, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της διασποράς (ύψος καμινάδας, θερμοκρασία απαερίων), και τις κρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (διεύθυνση και ένταση ανέμου, βροχόπτωση, κλπ.). Είναι επομένως φανερό ότι οι προκαλούμενες από την αέρια ρύπανση εξωτερικές οικονομίες επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό τόσο από τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και πρακτικές όσο και από τις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Μια αναλυτική εκτίμηση των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών απαιτεί τη λεπτομερή εφαρμογή της μεθόδου ΣΖ που περιγράφηκε στην Παράγραφο 6.3.1. Κρίσιμα στάδια στην όλη υπολογιστική διαδικασία αποτελούν η προσομοίωση της διασποράς των αερίων ρυπαντών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, η επιλογή κατάλληλων συναρτήσεων έκθεσης απόκρισης προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι φυσικές επιπτώσεις που έχουν οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντών σε μια σειρά αποδεκτών, και τέλος η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία (πρόκληση επεισοδίων θνησιμότητας και νοσηρότητας). Προς την κατεύθυνση αυτή σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες έχουν αναπτυχθεί την τελευταία 15ετία τόσο στην Ευρώπη όσο και στη Βόρεια Αμερική με στόχο την ανάπτυξη ενός συνεκτικού μεθοδολογικού και υπολογιστικού πλαισίου για την αποτίμηση εξωτερικών οικονομιών που σχετίζονται με την αέρια ρύπανση. Από τις πιο σημαντικές εξ' αυτών το πρόγραμμα ExternE έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αποτίμησης των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών σε όλες τις χώρες της ΕΕν, στη βάση κοινών συναρτήσεων έκθεσης-απόκρισης, οι οποίες έχουν επιλεγεί από κατάλληλες ομάδες ειδικών, και ενός κοινού πλαισίου οικονομικής αποτίμησης για τα μη εμπορεύσιμα αγαθά, συμπεριλαμβανομένων αυτών που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία.

Βασικό αποτέλεσμα των αναλύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο του ExternE είναι ότι οι επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία είναι μακράν η πιο σημαντική συνιστώσα του εξωτερικού κόστους της αέριας ρύπανσης ανεξάρτητα αν η έκλυση των φορτίων γίνεται σε αστικό, ημιαστικό ή αγροτικό περιβάλλον. Από τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία η μείωση του προσδόκιμου ζωής του πληθυσμού εξαιτίας της χρόνιας έκθεσής του σε αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντών αποτελεί την πλέον σημαντική συνιστώσα του προκαλούμενου εξωτερικού κόστους. Με βάση το προτεινόμενο υπολογιστικό πλαίσιο, οι επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στη θνησιμότητα ποσοτικοποιούνται στη βάση του συνολικού αριθμού ετών ζωής που χάνονται εξαιτίας της έκθεσης μιας πληθυσμιακής ομάδας σε αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντών. Η προσέγγιση αυτή προτιμάται από μια προσέγγιση που προσμετρά τις επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στη θνησιμότητα με βάση τον αριθμό των θανάτων, γιατί ενσωματώνει καλύτερα μια σειρά από παραμέτρους που υπεισέρχονται στη διαμόρφωση του προβλήματος (π.χ. προηγούμενη κατάσταση της υγείας του πληθυσμού, χρόνια έκθεση, κλπ.).



Αναλυτική περιγραφή του προτεινόμενου από το ExternE μεθοδολογικού πλαισίου για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης δίνεται στο Externe (2005) όπου παρατίθεται αναλυτικός κατάλογος συναρτήσεων έκθεσης-απόκρισης για τις διάφορες επιπτώσεις καθώς και προτεινόμενες τιμές οικονομικής αποτίμησης των επιπτώσεων αυτών. Στο πλαίσιο του προγράμματος έχουν αναπτυχθεί και υπολογιστικά εργαλεία αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών που ενσωματώνουν το διαμορφωθέν μεθοδολογικό πλαίσιο (Ecosense, Riskpoll) και τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το δυνητικό χρήστη. Τα εργαλεία αυτά αν και σχεδιάστηκαν πρωτογενώς για την οικονομική αποτίμηση του εξωτερικού κόστους της αέριας ρύπανσης από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εύκολα μπορούν να προσαρμοσθούν και να καλύψουν και άλλους τομείς οικονομικής δραστηριότητας, μεταξύ των οποίων και αυτόν της διαχείρισης απορριμμάτων.

Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων / τεχνολογιών διαχείρισης απορριμμάτων απαιτείται αναλυτική εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου που περιγράφηκε προηγουμένα προκειμένου οι σχετιζόμενες με την αέρια ρύπανση εξωτερικές οικονομίες να αποτιμηθούν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Μια τέτοια απαίτηση επιτείνεται από το γεγονός ότι οι μέχρι σήμερα αναλύσεις καταδεικνύουν ότι το οικονομικό μέγεθος των προκαλούμενων επιπτώσεων από την έκλυση 1 t ρυπαντή παρουσιάζει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις στη βάση της χωροθέτησης της μονάδας, των τεχνικών χαρακτηριστικών της καμινάδας και του είδους και του πλήθους των αποδεκτών στις γειτνιάζουσες περιοχές.

Για μια προκαταρκτική ανάλυση των εξεταζόμενων εξωτερικών οικονομιών και όταν δεν υπάρχουν τα περιθώρια αναλυτικής εφαρμογής του υπολογιστικού πλαισίου που παρουσιάστηκε προηγουμένα, προτείνεται η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του ExternE ή άλλων μελετών που χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία του ExternE για την Ελλάδα (**Πίνακας 6-3**), και για τις οποίες δίνονται κάποιες περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω.

Η μελέτη Externe (1999α) στόχευε στην οικονομική αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών από εναλλακτικές τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής. Από τη μελέτη προκύπτουν κυρίως για τους συμβατικούς ρύπους (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>) κάποια εύρη διακύμανσης του προκαλούμενου εξωτερικού κόστους ανά μονάδα βάρους εκλυόμενου ρυπαντή. Οι χωροθετήσεις των μονάδων που εξετάστηκαν είναι κατά βάση σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές (όπου είναι εγκατεστημένες κατά βάση οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα) ενώ οι εκλύσεις των ρυπαντών γίνονται από πολύ υψηλές καμινάδες. Παρά το ότι η μελέτη αυτή είναι σχετικά παλιά, δεν ενσωματώνει δηλαδή τις πλέον πρόσφατες εξελίξεις στο μεθοδολογικό πλαίσιο αποτίμησης, θεωρείται μια αρκετά καλή προσέγγιση των εξωτερικών οικονομιών της αέριας ρύπανσης, ιδιαίτερα όταν αυτή λαμβάνει χώρα σε αγροτικές / ημιαστικές περιοχές.

Η μελέτη Externe (1999β) εφαρμόζει το μεθοδολογικό πλαίσιο του ExternE για την οικονομική αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών από τον τομέα των μεταφορών. Δυστυχώς η μελέτη δεν δίνει αναλυτικά στοιχεία του προκαλούμενου εξωτερικού κόστους ανά μονάδα βάρους εκλυόμενου ρυπαντή. Εντούτοις δίνει το εξωτερικό κόστος για διάφορες κατηγορίες οχημάτων και πιθανών διαδρομών. Στον Πίνακα 6-3 περιλαμβάνονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα για φορτηγά άνω των 16 t με μέσο φορτίο 11,5 t, για τα οποία θεωρούμε ότι προσομοιάζουν αυτά που χρησιμοποιούνται στην αποκομιδή απορριμμάτων.

Η μελέτη ΕΑΑ κ.α. (2006) αξιοποιεί τη μεθοδολογία του ExternE για την οικονομική αποτίμηση της αέριας ρύπανσης από τη βιομηχανική δραστηριότητα που αναπτύσσεται στην Αττική. Δίνει εκτιμήσεις του εύρους διακύμανσης του εξωτερικού κόστους ανά μονάδα βάρους εκλυόμενου

ρυπαντή για μεγάλο αριθμό αερίων ρύπων. Οι χαμηλότερες τιμές του εύρους διακύμανσης αντιστοιχούν γενικά σε υψηλές καμινάδες και σε μονάδες που χωροθετούνται στις νότιες περιοχές της Αττικής, όπου μεγάλο τμήμα του πλούμιου αναπτύσσεται πάνω από θαλάσσιες περιοχές. Αντίθετα, οι μέσες και υψηλές τιμές εξωτερικού κόστους αφορούν κυρίως μονάδες που χωροθετούνται είτε μέσα στον αστικό ιστό ή στα βόρεια του νομού όπου η κυριαρχία των βορείων ανέμων οδηγεί το πλούμιο κατά βάση πάνω από αστικές περιοχές.

Μία κατηγορία αερίων ρύπων που πιθανόν να εκλύονται στον κύκλο διαχείρισης απορριμμάτων είναι οι διοξίνες. Προς το παρόν δεν έχουν γίνει μελέτες οικονομικής αποτίμησης των επιπτώσεών τους στην Ελλάδα, όμως για κάποιους ενδεικτικούς υπολογισμούς είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα προτεινόμενα αποτελέσματα από τον Rabl et al (1998). Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή θεωρώντας μια μέση πληθυσμιακή πυκνότητα 105 ανθρώπων ανά km<sup>2</sup> στη γειτνιάζουσα περιοχή και ύψος καμινάδας διασποράς 100 m η προτεινόμενη τιμή εξωτερικού κόστους είναι 16,8 M€<sub>2000</sub>/kg διοξινών (TEQ). Η μελέτη δίνει ακόμη και πολλαπλασιαστές προσαρμογής της προαναφερθείσης οικονομικής ζημίας ανάλογα με το είδος του περιβάλλοντος αναφοράς (0,5 για αγροτικές περιοχές και 2 για αστικές) καθώς και το ύψος της έκλυσης (0,6 για ύψος καμινάδας 250 m και 2 για εκπομπή από την επιφάνεια του εδάφους).

**Πίνακας 6-3 Επισκόπηση μελετών που έχουν διενεργηθεί στην Ελλάδα για την εκτίμηση του εξωτερικού κόστους της αέριας ρύπανσης.**

Ρύπος	Externe (1999α) (€ <sub>2000</sub> /t) <sup>a</sup>	Externe (1999β) <sup>b</sup>		ΕΑΑ κ.α. (2006)			
		m€ <sub>2000</sub> /vkm <sup>a</sup>	m€ <sub>2000</sub> /tkm <sup>a</sup>	Ελάχιστη τιμή (€ <sub>2000</sub> /t)	Σταθμισμένος μέσος (€ <sub>2000</sub> /t)	Μέγιστη τιμή (€ <sub>2000</sub> /t)	
PM <sub>10</sub> (από καμινάδα)	2076-8535			8018	23721	42139	
PM <sub>10</sub> (διάχυτες)				21502	38932	49563	
SO <sub>2</sub>	2048-8075			1926	2252	27722	
NO <sub>x</sub>	1278-8040			-2872	1321	16202	
NO <sub>x</sub> (μέσω O <sub>3</sub> )	1546						
NMVOC				195			
CO				1.5	3.7	10.8	
As				3455	6651	24880	
Cd				2077	5981	15098	
Ni				461	877	3324	
Cr				92605	93042	249239	
Αστικός κύριος δρόμος				3624	315		
Αυτοκινητόδρομος				444	39		
Σύνολο δρομολογίου		683	59				

<sup>a</sup> Οι τιμές που περιλαμβάνονται στις πρωτότυπες μελέτες αναφέρονται σε €<sub>1995</sub> οι οποίες μετατρέπονται σε €<sub>2000</sub> χρησιμοποιώντας συντελεστή αναγωγής ίσο με 1,031.

<sup>b</sup> Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα αφορούν φορτηγό >16t με μέσο φορτίο κατά τη διάρκεια της διαδρομής 11.5 t.

Στη βάση λοιπόν τεχνικών μεταφοράς οφέλους είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν οι εκτιμήσεις του Πίνακα 6-3 για μια προκαταρκτική εκτίμηση των εξωτερικών οικονομιών της αέριας ρύπανσης κατά τα διάφορα στάδια διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων. Δεδομένου ότι ορισμένες τουλάχιστον από τις πρακτικές διαχείρισης συνοδεύονται από την αξιοποίηση δευτερογενών προϊόντων (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή λιπασμάτων κλπ.) είναι φανερό ότι υπό προϋποθέσεις οι προτεινόμενες τιμές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών ωφελειών που προκύπτουν από την ισόποση μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα συμβατικό σταθμό ή τη μείωση της παραγωγής από ένα εργοστάσιο λιπασμάτων, κοκ.

#### 6.4.2 Επιπτώσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της συνεπαγόμενης κλιματικής αλλαγής οφείλεται στην αύξηση των συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα αερίων όπως CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, f-gases, κλπ., και θεωρείται σήμερα ως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, που επηρεάζει μια μεγάλη ποικιλία τομέων οικονομικής δραστηριότητας και αποδεκτών. Η αύξηση της θερμοκρασίας, οι μεταβολές στα επίπεδα βροχοπτώσεων και έντασης ανέμων, καθώς επίσης και η αύξηση του επιπέδου των θαλασσών αναγνωρίζονται σήμερα ως οι κύριες συνιστώσες της επερχόμενης κλιματικής μεταβολής που θα επιφέρει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι μεταβολές αυτές αναμένεται ότι θα επηρεάσουν πλήθος δραστηριοτήτων όπως είναι η ζήτηση ενέργειας, ο τουρισμός, η γεωργική παραγωγή, η δημόσια υγεία, η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, οι υφιστάμενες υποδομές, η μετανάστευση, κλπ., ενώ η ένταση και το είδος των επιπτώσεων είναι πιθανόν να διαφοροποιείται σημαντικά ανά γεωγραφική περιοχή. Αέρια του θερμοκηπίου εκλύονται σε διάφορα στάδια του κύκλου διαχείρισης των απορριμμάτων και επομένως στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης αξιολόγησης των εναλλακτικών συστημάτων / τεχνολογιών διαχείρισης θα πρέπει να λαμβάνονται και οι προκαλούμενες ζημίες που αποδίδονται στην κλιματική αλλαγή.

Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει σημαντικές μεθοδολογικές δυσκολίες, και κανείς θα πρέπει να λάβει υπόψη το σημαντικό αριθμό δραστηριοτήτων και τομέων της οικονομίας που επηρεάζονται από το εν λόγω φαινόμενο, το μακροπρόθεσμο χαρακτήρα των επιπτώσεων αυτών, αλλά και τις δυνατότητες προσαρμογής των αποδεκτών αφού οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να εξελιχθούν προοδευτικά σε βάθος χρόνου. Δεδομένου μάλιστα ότι πρόκειται για ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα όπου η γεωγραφική περιοχή έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου δεν συσχετίζεται με το χώρο και την ένταση εμφάνισης των προκαλούμενων επιπτώσεων, εκείνο που ενδιαφέρει στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης δεν είναι η αποτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή για ένα συγκεκριμένο τομέα, αλλά μια συνολική εκτίμηση του μεγέθους τους έτσι ώστε να μπορούν να θεμελιωθούν δείκτες της προκαλούμενης οικονομικής ζημίας ανά μονάδα βάρους εκλυόμενου CO<sub>2</sub> ή άλλου αερίου του θερμοκηπίου.

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης υιοθετούνται οι επικαιροποιημένες εκτιμήσεις σχετικά με το οικονομικό μέγεθος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που δημοσιεύθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος ExternE το Δεκέμβριο του 2005 (Externe, 2005). Τα βασικά αποτελέσματα συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Με βάση το υπολογιστικό εργαλείο FUND (version 2.8), και χρησιμοποιώντας επιτόκια προεξόφλησης της τάξης του 1-3% προκειμένου μελλοντικές ζημίες να αναχθούν στο

παρόν υπολογίσθηκε ότι η προκαλούμενη ζημία είναι της τάξης των 9 €/t CO<sub>2</sub>. Εντούτοις η εκτίμηση αυτή είναι μάλλον συντηρητική αφού μια σειρά από επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ιδιαίτερα σε σχέση με την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων δεν ενσωματώνονται στο μοντέλο.

- Εφαρμογή τεχνικών αποτρεπτικής συμπεριφοράς, κόστους αποφυγής και εξαρτημένης αξιολόγησης στο πλαίσιο των οποίων λαμβάνονται υπόψη το κόστος μείωσης των εκπομπών στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες σε μια προοπτική επίτευξης των εθνικών στόχων που τίθενται με το Πρωτόκολλο του Κιότο, η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών CO<sub>2</sub> στο Ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας, καθώς και μία μελέτη εξαρτημένης αξιολόγησης που έγινε στην Ελβετία μέσω δημοψηφίσματος σχετικά με την προθυμία για πληρωμή προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, οδηγεί στην υιοθέτηση μιας τιμής εξωτερικού κόστους για το CO<sub>2</sub> της τάξης των 19 €/t CO<sub>2</sub>.
- Υιοθέτηση του στόχου που έχει τεθεί από την ΕΕν για αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας το πολύ μέχρι 2°C σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή οδηγούν σε εξωτερικό κόστος της τάξης των 95 €/tn CO<sub>2</sub> με βάση τεχνικές αποτρεπτικής συμπεριφοράς (Externe, 2005).

Η ομάδα εργασίας του ExternE συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των διαφόρων μεθοδολογικών προσεγγίσεων προτείνει ως κεντρική τιμή για την εκτίμηση του εξωτερικού κόστους της κλιματικής αλλαγής τα 19 €/t CO<sub>2</sub>, ενώ ως κάτω και άνω όρια για αναλύσεις ευαισθησίας τα 9 και 50 €/t CO<sub>2</sub> (Externe, 2005). Προκειμένου να εκτιμηθεί η ζημία που προκαλείται από την έκλυση άλλων πλην CO<sub>2</sub> αερίων του θερμοκηπίου, χρησιμοποιούνται οι παραπάνω εκτιμήσεις προσαρμοσμένες με βάση το παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης (Global Warming Potential) των αντιστοιχών αερίων του θερμοκηπίου (**Πίνακας 6-4**). Η εκτίμηση λοιπόν της οικονομικής ζημίας  $Z$  που σχετίζεται με τις κλιματικές αλλαγές από την έκλυση  $y$  t του  $i$  αερίου του θερμοκηπίου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Z_i = y_i \cdot GWP_i \cdot UD \quad (6.2)$$

όπου UD η οικονομική ζημία που προκαλείται από την έκλυση 1 t CO<sub>2</sub>.

Όπως και στην περίπτωση της αέριας ρύπανσης σε τοπικό / περιφερειακό επίπεδο οι προτεινόμενες τιμές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για την αποτίμηση τυχόν αντίστοιχων περιβαλλοντικών ωφελειών που είναι δυνατόν να ανακύψουν στο πλαίσιο ανάπτυξης ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων, εξαιτίας για παράδειγμα της ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων ή την παραγωγή λιπασμάτων (όπου συνοδεύονται από τη μειωμένη παραγωγή συμβατικών μονάδων).

**Πίνακας 6-4 Παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης (GWP) διαφόρων αερίων θερμοκηπίου.**

Αέριο	GWP
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	1
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	21
Υποξείδιο του αζώτου (N <sub>2</sub> O)	310
<i>Υδροφθοράνθρακες (HFCs)</i>	
HFC-23	11700
HFC-125	2800
HFC-134a	1300
HFC-143a	3800
HFC-152a	140
HFC-227ea	2900
HFC-236fa	6300
HFC-4310mee	1300
<i>Υπερφθοράνθρακες (PFCs)</i>	
CF <sub>4</sub>	6500
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9200
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7000
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7400
SF <sub>6</sub>	23900

### 6.4.3 Επιπτώσεις που συνδέονται με τη ρύπανση των υδατικών πόρων και του εδάφους / υπεδάφους

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην Παράγραφο 6.2, στους χώρους απόθεσης των απορριμμάτων και με την επίδραση της βροχόπτωσης ή επιφανειακών υδατοροών είναι δυνατόν (ιδιαίτερα σε παλιές μονάδες) να δημιουργηθούν στραγγίσματα (leachate) με υψηλό οργανικό και ανόργανο περιεχόμενο τα οποία διαπερνώντας στους υπόγειους και επιφανειακούς υδατικούς πόρους ή στο υπέδαφος είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και στο φυσικό περιβάλλον. Η δημιουργία και διαρροή στραγγισμάτων και κατ' επέκταση οι συνεπαγόμενες δυσμενείς επιπτώσεις συνδέονται επίσης με την εφαρμογή τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων δεδομένου ότι ως παραπροϊόν της καύσης ή άλλης τεχνολογίας θερμικής επεξεργασίας προκύπτουν στερεά υπολείμματα τα οποία θα πρέπει να διατεθούν σε ειδικά διαμορφωμένους ΧΥΤΑ.

Μέχρι σήμερα μικρός είναι γενικά ο αριθμός των διαθέσιμων μελετών που επιχειρούν την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κατηγορίας αυτής, ενώ ακόμη λιγότερες βασίζουν τις όποιες αποτιμήσεις στις πραγματικά εκφρασμένες προτιμήσεις των ατόμων που επηρεάζονται. Συνήθως επιχειρείται μια προσεγγιστική αποτίμηση στη βάση του κόστους αποφυγής, του κόστους αποκατάστασης, κλπ. Αντίθετα, μια πιο ακριβή αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών μπορεί να γίνει με μελέτες πεδίου (κυρίως εξαρτημένης αξιολόγησης, αλλά και κόστους ταξιδιού αν επηρεάζονται φυσικά οικοσυστήματα υψηλής οικολογικής αξίας), τα αποτελέσματα των οποίων εξαρτώνται τόσο από τη σύνθεση και την ποσότητα των στραγγισμάτων όσο και από το είδος και το πλήθος των αποδεκτών που επηρεάζονται. Σε κάθε περίπτωση η αποτίμηση αυτών των εξωτερικών οικονομικών παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες, δεδομένου ότι δεν έχουν ακόμη θεμελιωθεί κατάλληλες συναρτήσεις έκθεσης – απόκρισης που να προσομοιάζουν τις φυσικές διεργασίες

μέσω των οποίων οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο έδαφος, υπέδαφος και στους υδατικούς πόρους επιδρούν στη δημόσια υγεία, στην αγροτική παραγωγή, κλπ.

Για μια κατ' αρχήν αποτίμηση του μεγέθους των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα άλλων παρεμφερών μελετών. Η μελέτη COWI (2000) παρουσιάζει μια κριτική επισκόπηση 3 τέτοιων μελετών και δίνει χαρακτηριστικές τιμές των προκαλούμενων εξωτερικών οικονομιών (**Πίνακας 6-5**). Ορισμένα πρόσθετα στοιχεία για τις μελέτες αυτές δίνονται παρακάτω.

Η μελέτη CSERGE et al (1993) βασίζει τις εκτιμήσεις της σε τεχνικές κόστους αποκατάστασης, περιλαμβάνει επομένως το σύνολο των επιπτώσεων που συνδέονται με διαφυγές στραγγισμάτων, ενώ εξετάζει τις περιπτώσεις μονάδων απόθεσης και καύσης απορριμμάτων στη Μεγάλη Βρετανία. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν ένα εύρος διακύμανσης του εξωτερικού κόστους από 0 (για καινούριους ΧΥΤΑ) έως 1.54 € (για υφιστάμενους ΧΥΤΑ) ανά t απορριμμάτων που διατίθενται στο ΧΥΤΑ, με μια μέση προτεινόμενη τιμή της τάξης των 0.77 €/t απορριμμάτων. Για την περίπτωση της απόθεσης υπολειμμάτων θερμικής επεξεργασίας η προτεινόμενη τιμή αποτίμησης ανέρχεται σε 2.23 €/t αποτιθέμενου υπολείμματος.

Η μελέτη Miranda and Hale (1997) παρά το ότι χρησιμοποιεί διαφορετική μεθοδολογία από την προηγούμενη και εντοπίζει κυρίως στις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, καταλήγει σε παραπλήσια αποτελέσματα προτείνοντας ένα εύρος ζημίας της τάξης των 0-1.09 €/t απορριμμάτων που διατίθενται σε ΧΥΤΑ.

Δεδομένου ότι και οι δύο αυτές μελέτες εξετάζουν τις επιπτώσεις των στραγγισμάτων συνολικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή των προτεινόμενων εκτιμήσεων.

Η μελέτη ECON (1995) χρησιμοποιεί μια πολύ αναλυτικότερη μεθοδολογία αποτιμώντας τις επιπτώσεις τόσο στη δημόσια υγεία όσο και στα φυσικά οικοσυστήματα και δίνοντας ξεχωριστά τιμές ζημίας ανά μονάδα βάρους σημαντικού αριθμού ρυπαντών που διαχέονται μέσω των στραγγισμάτων στους υδατικούς πόρους και στο υπέδαφος. Οι εκτιμήσεις αυτές αναφέρονται στη λειτουργία ενός τυπικού ΧΥΤΑ στη Νορβηγία ενώ έχει χρησιμοποιηθεί ένα αρκετά περίπλοκο μεθοδολογικό πλαίσιο συνδυάζοντας τεχνικές κόστους αποκατάστασης και δείκτες τοξικότητας για τους διάφορους ρυπαντές. Η περιπλοκότητα αυτή του μεθοδολογικού πλαισίου καθιστά τη μελέτη δύσκολα αξιοποιήσιμη. Εντούτοις, οι υπολογιζόμενες τιμές εξωτερικού κόστους ανά μονάδα βάρους εκλυόμενου ρυπαντή παρουσιάζονται επίσης στον Πίνακα 6-5.

**Πίνακας 6-5** Επισκόπηση μελετών για την εκτίμηση του εξωτερικού κόστους από τη διήθηση στραγγισμάτων στους υδατικούς πόρους και στο έδαφος.

Ρύπος	CSERGE et al (1993)		Miranda and Hale (1997)	ECON (1995)	
	€ <sub>2000</sub> /t αποτιθέμενων απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ	€ <sub>2000</sub> /t υπολείμματος από θερμική επεξεργασία	€ <sub>2000</sub> /t αποτιθέμενων απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ	€ <sub>2000</sub> /kg ρύπου που εκλύεται σε υδατικούς πόρους	€ <sub>2000</sub> /kg ρύπου που εκλύεται στο έδαφος
Στραγγίσματα	0.77 (0-1.54)	2.23	0-1.09		
Μόλυβδος				178	5
Κάδμιο				622	1514
Υδράργυρος				1022	37
Διοξίνες				62824880	
Αντιμόνιο				121366	121366
Αρσενικό				308	12
Βάριο				31	37
Βηρύλλιο				44928	44928
Χαλκός				5	1
Χρώμιο				17479	320
Νικέλιο				12	4
Σελήνιο				16125	16125
Ψευδάργυρος				1	1

Πηγή: COWI (2000)

#### 6.4.4 Επιπτώσεις που συνδέονται με την υποβάθμιση της ποιότητα ζωής εξαιτίας της γειννίας με χώρους απόθεσης ή θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων

Η λειτουργία χώρων απόθεσης ή / και θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων σε μια συγκεκριμένη θέση συνοδεύεται στον ένα ή στον άλλο βαθμό από υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος στις γειννιάζουσες περιοχές εξαιτίας της εκλυόμενης σκόνης, οσμών, θορύβου, της οπτικής ρύπανσης, της ύπαρξης παρασίτων ή άλλων ανεπιθύμητων ζώντων οργανισμών, κλπ., και επομένως από ένα κόστος δυσφορίας. Γενικά αν και οι παράγοντες που συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας του τοπικού περιβάλλοντος διαφέρουν στην περίπτωση λειτουργίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας ή χώρου απόθεσης απορριμμάτων, εντούτοις υπάρχουν και προφανείς ομοιότητες.

Μέχρι σήμερα μικρός είναι γενικά ο αριθμός των μελετών που προσπαθούν να αποτιμήσουν το κόστος δυσφορίας που προκαλείται από τη λειτουργία μιας μονάδας θερμικής επεξεργασίας, ενώ αντίθετα αρκετές μελέτες δίνουν εκτιμήσεις σχετικά με το προκαλούμενο κόστος δυσφορίας από τη λειτουργία χώρων απόθεσης απορριμμάτων. Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγούμενα οι προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται κατά βάση για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών είναι οι τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης και οι τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών.

Με τις τεχνικές εξαρτημένης αξιολόγησης (EA) διαμορφώνεται κατάλληλο ερωτηματολόγιο το οποίο διακινείται σε προεπιλεγμένο πληθυσμιακό δείγμα, όπου ο ερωτώμενος καλείται να προσδιορίσει το ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει προκειμένου να αποφύγει την περιβαλλοντική υποβάθμιση και το συνεπαγόμενο κόστος δυσφορίας. Τα αποτελέσματα που

τελικά προκύπτουν από την ανάλυση των ερωτηματολογίων ολοκληρώνονται στη βάση οικονομικών αναλύσεων προκειμένου να καλύψουν το σύνολο του πληθυσμού που επηρεάζεται από την εξεταζόμενη δραστηριότητα.

Με τις τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών (ΑΩΧ) συνήθως επιχειρείται η θεμελίωση μιας συναρτησιακής σχέσης μεταξύ της τιμής των κατοικιών που γειτνιάζουν με χώρους απόθεση/θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων και της απόστασης από τις εγκαταστάσεις αυτές, της μορφής:

$$\Delta(\% \text{ μεταβολή της τιμής κατοικιών}) = \alpha + \beta \cdot R \quad (6.3)$$

όπου  $\alpha$  και  $\beta$  σταθερές και  $R$  η απόσταση της κατοικίας από την εγκατάσταση. Ολοκληρώνοντας τη συναρτησιακή αυτή σχέση για το σύνολο της περιοχής που επηρεάζεται λαμβάνουμε τη συνολική μεταβολή στην αξία των ιδιοκτησιών, που αποτελεί μέτρο του κόστους δυσφορίας από τη λειτουργία της εξεταζόμενης εγκατάστασης.

Η λεπτομερής αποτίμηση του κόστους δυσφορίας από τη λειτουργία εγκαταστάσεων απόθεσης / θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων απαιτεί την εφαρμογή μίας εκ των παραπάνω τεχνικών προσεγγίσεων για την εξεταζόμενη μελέτη περίπτωσης. Η χωροθέτηση της εγκατάστασης, οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες, οι χρήσεις γης, οι οικονομικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που διαβίει στην ευρύτερη περιοχή, αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα. Η υλοποίηση τέτοιων τεχνικών απαιτεί τη διάθεση σημαντικών πόρων, την ενασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού και τη συγκέντρωση και επεξεργασία σημαντικού όγκου δεδομένων, κρίνεται όμως απαραίτητη στην τελική φάση αξιολόγησης και σχεδιασμού ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων.

Μια προκαταρκτική ανάλυση των σχετικών εξωτερικών οικονομικών μπορεί να γίνει στη βάση τεχνικών μεταφοράς οφέλους αξιοποιώντας τα αποτελέσματα παρεμφερών μελετών. Έτσι στη συνέχεια αυτής της Παραγράφου γίνεται μια σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση των αποτελεσμάτων σχετικών μελετών αποτίμησης του κόστους δυσφορίας από τη λειτουργία εγκαταστάσεων απόθεσης / θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων (**Πίνακας 6-6**). Δίνεται έμφαση σε εκείνες τις μελέτες που είτε έχουν ολοκληρωθεί πρόσφατα και άρα αντικατοπτρίζουν καλύτερα τα σημερινά πρότυπα διαβίωσης και τις προτιμήσεις των καταναλωτών, είτε εξετάζουν μελέτες περίπτωσης σε Ευρωπαϊκές χώρες και άρα θεωρείται ότι προσομοιάζουν καλύτερα τις Ελληνικές συνθήκες.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6-6 η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις διάφορες μελέτες που εξετάστηκαν δεν είναι ούτε εύκολη ούτε προφανής, εξαιτίας του ότι τα ποσοτικά στοιχεία δίνονται σε διαφορετικές μονάδες (είτε ως προθυμία για πληρωμή είτε ως μείωση της αξίας των ιδιοκτησιών, κλπ.). Σε μερικές περιπτώσεις επίσης οι ποσοτικές εκτιμήσεις δίνονται ως εύρος διακύμανσης όπου οι χαμηλότερες και υψηλότερες τιμές μπορεί να αντιστοιχούν στην χρησιμοποιούμενη τεχνολογία (παλιά / νέα), στην τοποθεσία εγκατάστασης και στην πληθυσμιακή πυκνότητα (αγροτική / αστική περιοχή), κλπ. Ορισμένα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των μελετών αυτών συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Τα αποτελέσματα κυρίως αναφέρονται σε χώρους απόθεσης απορριμμάτων (όπου τα περιβαλλοντικά φορτία κυρίως αφορούν σε σκόνες, δυσσομία, οπτική ρύπανση, κλπ.) και μόνο 1-2 μελέτες σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας (όπου στο κόστος δυσφορίας κυρίως συμβάλλουν οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία και λιγότεροι οι προηγούμενοι παράγοντες).



Χρησιμοποιώντας λοιπόν τεχνικές μεταφοράς οφέλους κυρίως μπορούμε να εκτιμήσουμε το κόστος δυσφορίας από χώρους απόθεσης απορριμμάτων, ενώ οι αβεβαιότητες για την περίπτωση μονάδων θερμικής επεξεργασίας είναι πολύ μεγαλύτερες, ενέχει δε ταυτόχρονα ο κίνδυνος να διπλομετρηθούν οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία αν ταυτόχρονα εφαρμόζεται το υπολογιστικό πλαίσιο αποτίμησης που παρουσιάστηκε στις Παραγράφους 6.4.1 και 6.4.2.

- Το είδος των απορριμμάτων που αποτίθενται σε ένα χώρο επηρεάζουν το προκαλούμενο κόστος δυσφορίας του γειτνιάζοντος πληθυσμού. Έτσι στην περίπτωση απόθεσης τοξικών απορριμμάτων το κόστος δυσφορίας είναι εν γένει μεγαλύτερο.
- Οι μελέτες που χρησιμοποιούν τεχνικές αγοράς ωφελίμων χαρακτηριστικών εμφανίζουν σημαντικό βαθμό συγκρισιμότητας και οδηγούν στον ένα ή στον άλλο βαθμό σε παρόμοιες εκτιμήσεις σχετικά με τη μείωση της αξίας των κατοικιών στις γειτονικές των εγκαταστάσεων περιοχές. Εκτιμάται ότι οι μειώσεις στην αξία των κατοικιών λόγω της λειτουργίας μιας μονάδας θερμικής επεξεργασίας ή ενός χώρους απόθεσης απορριμμάτων μηδενίζονται σε αποστάσεις 3,2-6,4 km (μέση απόσταση 4,8 km) από την εγκατάσταση. Οι μειώσεις στην αξία των κατοικιών ελαττώνονται όσο απομακρυνόμαστε από το χώρο απόθεσης απορριμμάτων, με ένα μέσο ρυθμό που κυμαίνεται στο διάστημα 1,6-4,0%/km.
- Η εφαρμογή τεχνικών εξαρτημένης αξιολόγησης καταδεικνύει ότι η προθυμία για πληρωμή προκειμένου να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής λόγω της γειτνίασης με χώρο απόθεσης απορριμμάτων μειώνεται με την αύξηση της απόστασης από την εγκατάσταση. Η τιμή που δίνεται από τους Brisson and Pearce (1995) θεωρείται μια ικανοποιητική πρώτη προσέγγιση των σχετικών εξωτερικών οικονομιών.
- Παρά το ότι οι εξωτερικές οικονομίες που εξετάζονται στην Παράγραφο αυτή δεν σχετίζονται άμεσα και αναλογικά με την ποσότητα των απορριμμάτων που αποτίθενται / επεξεργάζονται, εντούτοις αρκετές μελέτες δίνουν εκτιμήσεις του εξωτερικού κόστους ανά μονάδα βάρους διαχειριζόμενων απορριμμάτων. Το συνολικό εύρος των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών κυμαίνεται στο διάστημα 1,38-37 €<sub>2000</sub>/t απορριμμάτων. Μία μελέτη (Eunomia, 2002) δίνει τιμές και για την Ελλάδα που αντιστοιχούν όμως σε περιοχές ημιαστικές και αγροτικές.

#### 6.4.5 Άλλες επιπτώσεις

Η ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων συνεπάγεται και μια σειρά άλλων επιπτώσεων προς το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις ολοκληρωμένες αναλύσεις κόστους-οφέλους. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν να κάνουν με τη δέσμευση γης στις περιπτώσεις κυρίως ανάπτυξης ενός ΧΥΤΑ, την προκαλούμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση κατά τη διαδικασία συλλογής των απορριμμάτων, πιθανά ατυχήματα σε όλες τις φάσεις του κύκλου διαχείρισης, τη συμβολή στην απασχόληση, κλπ. Γενικά είναι δύσκολο οι επιπτώσεις αυτές να αποτιμηθούν στη βάση τεχνικών μεταφοράς οφέλους από προηγούμενες μελέτες ιδιαίτερα αν αυτές έχουν εκπονηθεί σε άλλες χώρες, γιατί εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες. Ταυτόχρονα η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι το μέγεθος των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων σχετικά μικρό. Επομένως σε μια προκαταρκτική ανάλυση των εξωτερικών οικονομιών εναλλακτικών συστημάτων

διαχείρισης απορριμμάτων έμφαση θα πρέπει να δίνεται στην ανάλυση των εξωτερικών οικονομιών που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

**Πίνακας 6-6 Επισκόπηση μελετών για την εκτίμηση του κόστους δυσφορίας από τη γειτνίαση με περιοχές απόθεσης/θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων.**

Μελέτη	Πηγή φορτίων	Χαρακτηριστικά περιοχής αναφοράς	Μέθοδος	Οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων	Ζημία ανά μονάδα βάρους απορριμμάτων
Externe (1999a)	ΧΥΤΑ	Περιοχή κοντά στο Μιλάνο	ΑΟΧ	Μέση μείωση της αξίας των κατοικιών που επηρεάζονται κατά 2.8%	13.2 € <sub>1995</sub> /t (ή 13,6 € <sub>2000</sub> /t)
Garrod and Willis (1998)	ΧΥΤΑ <sup>a</sup>	Βορειοανατολική Αγγλία	ΕΑ	WTP=13 £ ανά νοικοκυριό το έτος για να μειωθούν οι επιπτώσεις 50 ημέρες το έτος Σκουπίδια και σκόνη: WTP=0.11-0.17 £/ημέρα Δυσσομία: WTP=0.09-0.14 £/ημέρα Θόρυβος: WTP= αμελητέα	
Brisson and Pearce (1995) <sup>b</sup>	ΧΥΤΑ	Κυρίως ΗΠΑ	Μεταφορά οφέλους	Γραμμική μείωση της αξίας των ιδιοκτησιών με την απόσταση ως εξής: 0 ml: 12,8%, 1ml: 9,0%, 2 ml: 5,2%, 3ml: 1,4%, 3,4 ml: 0% (ήτοι μείωση της αξίας των ιδιοκτησιών κατά 2,34%/km) Μέση WTP=US\$ <sub>1992</sub> 260 (ή 278 € <sub>2000</sub> ) ανά νοικοκυριό το έτος σε αποστάσεις μέχρι 4 μίλια από το ΧΥΤΑ <sup>c</sup>	
RDC & Pira (2001)	ΧΥΤΑ, Καύση	ΕΕ12	ΑΟΧ	Μείωση της αξίας των κατοικιών που επηρεάζονται κατά 3-4%/km και μέχρι μιας ακτίνας 5,5 km	37€ <sub>2000</sub> /t – ΧΥΤΑ 10€ <sub>2000</sub> /t - Καύση
EUNOMIA (2002)	ΧΥΤΑ		ΑΟΧ		Μέση εκτίμηση 5 € <sub>2000</sub> /t Ελλάδα: 1.38-2.75 € <sub>2000</sub> /t <sup>d</sup>
Cambridge Econometric, et al (2003)	ΧΥΤΑ	Ηνωμένο Βασίλειο	ΑΟΧ	Μείωση της αξίας των ιδιοκτησιών με την απόσταση ως εξής: 0-0,4 km: 7%, 0,4-0,8km: 2,0%, 0,8-1,6 km: 1,04%, 1,6-3,2km: 0,7%, >3,2km: 0% Συνολική επιβάρυνση ανά χώρο απόθεσης: 523-759 k€ <sub>2000</sub>	2,41-3,46 € <sub>2000</sub> /t
Keil and McClain (1995)	Καύση	Μασσαχουσέτη, ΗΠΑ	ΑΟΧ	Μείωση της αξίας των ιδιοκτησιών κατά 1.06-2%/km για αποστάσεις μέχρι 6,4 km	

<sup>a</sup> Αφορά πολύ καλά οργανωμένο ΧΥΤΑ όπου οι κάτοικοι στις γειτονικές περιοχές είχαν την εμπειρία διαβίωσης μετά την έναρξη λειτουργίας του. Πολλοί από τους κατοίκους μετακόμισαν στην περιοχή μετά τη λειτουργία του ΧΥΤΑ. Ακόμη οι κάτοικοι γνώριζαν ότι ο εν λόγω ΧΥΤΑ δεν δέχεται τοξικά απόβλητα.

<sup>b</sup> Αφορά στην επισκόπηση μεγάλου αριθμού μελετών που έγιναν κατά βάση στις ΗΠΑ την περίοδο 1971-1997.

<sup>c</sup> Η εν λόγω μελέτη περιλαμβάνει και επιπτώσεις στην υγεία.

<sup>d</sup> Η διακύμανση της ζημίας για την Ελλάδα βασίζεται στην πληθυσμιακή πυκνότητα που έχει θεωρηθεί στην περιοχή του ΧΥΤΑ που κυμαίνεται μεταξύ 22 νοικοκυριών/ml<sup>2</sup> (κάτω όριο) και 44 νοικοκυριών/ml<sup>2</sup> (άνω όριο).

## **6.5 Πλεονεκτήματα, δυνατότητες και περιορισμοί από τη χρήση οικονομικών εργαλείων αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων του τομέα διαχείρισης απορριμμάτων**

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους σε σχέση με τις δυνατότητες οικονομικής αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών που σχετίζονται με τη

διαχείριση αστικών απορριμμάτων, προκύπτει ότι για την εκτίμηση των εξωτερικών οικονομιών της αέριας ρύπανσης το μεθοδολογικό πλαίσιο και τα αντίστοιχα υπολογιστικά εργαλεία είναι ανεπτυγμένα σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό και έχουν εφαρμοσθεί σε αρκετές μελέτες περίπτωσης. Από την άλλη μεριά για την αποτίμηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και τη διήθηση στραγγισμάτων στο έδαφος / υπέδαφος και στους υδατικούς πόρους, μέχρι σήμερα έχει υλοποιηθεί μικρός μόνο αριθμός σχετικών εφαρμογών και τα αποτελέσματα των επιχειρούμενων προσεγγίσεων θεωρούνται ότι παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Όμως, παρά τις όποιες αβεβαιότητες, που έτσι και αλλιώς είναι συνυφασμένες με κάθε απόπειρα αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών, είναι σαφές ότι με βάση το παρόν επίπεδο ανάπτυξης της οικονομικής επιστήμης είναι εφικτό να εξάγουμε προσεγγιστικές εκτιμήσεις για το οικονομικό μέγεθος των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων. Οι εκτιμήσεις αυτές αν και δεν είναι δυνατόν να ενσωματωθούν άμεσα στον υφιστάμενο μηχανισμό τιμών, αποτελούν ένα ιδιαίτερα χρήσιμο και δυναμικό εργαλείο για τη λήψη των τελικών αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα, εναλλακτικές τεχνολογίες ή / και συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων είναι δυνατόν να αξιολογηθούν στη βάση ολοκληρωμένων αναλύσεων κόστους – οφέλους, όπου λαμβάνονται υπόψη τόσο οι ιδιωτικο-οικονομικές χρηματοροές όσο και οι συνεπαγόμενες εξωτερικές οικονομίες. Διευκολύνεται με τον τρόπο αυτό η επιλογή εκείνων των λύσεων που μεγιστοποιούν το κοινωνικό όφελος, σε έναν τομέα που αφενός αποτελεί προνομιακό πεδίο δραστηριοποίησης της τοπικής αυτοδιοίκησης και αφετέρου συγκεντρώνει έντονη κοινωνική ευαισθησία.

Η αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών που σχετίζονται με τη διαχείριση απορριμμάτων και η μετέπειτα διενέργεια ολοκληρωμένων αναλύσεων κόστους – οφέλους, είναι δυνατόν να προσφέρει χρήσιμα δεδομένα και πληροφορίες σε διάφορα επίπεδα λήψης αποφάσεων, που εκτείνονται από τη διαμόρφωση / αξιολόγηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης απορριμμάτων μέχρι την επιλογή τεχνολογίας, τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ή ακόμη και το σχεδιασμό των δρομολογίων αποκομιδής. Επίσης, δεδομένου ότι στο παρελθόν το ύψος των αντισταθμιστικών ωφελειών σε περιοχές που αναπτύχθηκαν μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων αποτέλεσε πεδίο έντονης τριβής και αντιπαράθεσεων, η οικονομική αποτίμηση των προκαλούμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο ορθολογικής εκτίμησής τους καθώς και τιμολόγησης των παρεχόμενων υπηρεσιών. Το όλο δε μεθοδολογικό και υπολογιστικό πλαίσιο είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί και προς την κατεύθυνση της τεκμηρίωσης και παρουσίας των επιλογών προς το κοινωνικό σύνολο.

Τονίζεται όμως για μια ακόμη φορά η ανάγκη εκπόνησης λεπτομερών αναλύσεων πεδίου ανά μελέτη περίπτωσης, προκειμένου να μειωθούν κατά το δυνατό οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με την αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών αλλά και η αναγκαιότητα ανάληψης σημαντικών ερευνητικών πρωτοβουλιών προς την κατεύθυνση βελτίωσης του υφιστάμενου μεθοδολογικού πλαισίου. Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης το διαμορφωθέν μεθοδολογικό πλαίσιο εφαρμόζεται ενδεικτικά σε επόμενο Κεφάλαιο για την περίπτωση της Αττικής, όπου καταδεικνύονται πιθανοί τρόποι ενσωμάτωσης των προκαλούμενων εξωτερικών οικονομιών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

## Βιβλιογραφία

1. Brisson I and Pearce D (1995), Benefits transfer for disamenity from waste disposal, CSERGE working paper WM-95-06.
2. Cambridge Econometric, EFTEC and WRC (2003), A study to estimate the disamenity costs of landfill in Great Britain, Final Report, [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk).
3. COWI (2000), A study on the economic valuation of environmental externalities from landfill disposal and incineration of waste, Final Report prepared for European Commission.
4. CSERGE, Warren Spring Laboratory, EFTEC (1993), Externalities from landfill and incineration, Report to the UK Department of the Environment, London: HMSO.
5. ECON (1995), Environmental costs of different types of waste, Final Report .
6. Externe (1995), Externalities of Fuel Cycles: Methodology, Report 2, European Commission DG XII, Science Research and Development, JOULE 'Externe' Project.
7. Externe (1999α), Externalities of energy: national implementation, Vol. 10, European Commission, EUR 18528.
8. Externe (1999β), Externalities of energy: fuel cycles for emerging and end-use technologies, transport and waste, Vol. 9, European Commission, EUR 18887.
9. Externe (2005), Externalities of Energy – Methodology 2005 Update, Report prepared for European Commission Edited by P. Bickel and E. Friedrich, EUR 21951, Brussels.
10. EUNOMIA (2002), Economic analysis of option for managing biodegradable municipal waste, Final Report and Appendices prepared for European Commission, [europa.eu.int/comm/environment/waste/compost/econanalysis\\_finalreport.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/compost/econanalysis_finalreport.pdf).
11. Garrod G and Willis K (1998), Estimating lost amenity due to landfill waste disposal. Resources, Conservation and Recycling, 22, pp.83-95.
12. Hanley N, Shogren J and White B (1997), Environmental economics in theory and practice, TJ Press Ltd.
13. Keil K A and McClain K T (1995), House prices during siting decision stages: the case of an incinerator from rumor through operation. Journal of Environmental and Management, 28, pp. 241-255.
14. Lancaster K (1966), A new approach to consumer theory, Journal of Political Economy, 74, pp. 132-157.
15. Miranda M L and Hale B (1997), Waste not, want not: the private and social costs of waste-to-energy production, Energy Policy, 25(6), pp. 587-600.
16. Pearce D and Markandya A (1989), Environmental policy benefits: monetary valuation, OECD.
17. Pearce D W and Turner R K (1990), Economics of natural resources and the environment, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Herst.
18. Rabl A (1996), Discounting of long term costs: what would future generation prefer us to do?, Ecological Economics 17, pp. 137-145.

19. Rabl A, Spadaro J V, McGvran P D (1998), Health risks of air pollution from incinerators: a perspective, Waste Management and Research, 16, pp. 365-388..
20. RDC & Pira (2001), Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62EC, Proposed draft Final Report, [www.scotland.gov.uk/library5/environment/pptc-00.asp](http://www.scotland.gov.uk/library5/environment/pptc-00.asp).
21. Rosen S (1974), Hedonistic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, Journal of Political Economy, 82, pp. 34-55.
22. ΕΑΑ, ΕΠΕΜ και ΛΔΚ (2006), Ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο υποστήριξης λήψης αποφάσεων για την αξιολόγηση των επιπτώσεων από την εισαγωγή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών στη βιομηχανία, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ΕΠΕΜ ΑΕ, ΛΔΚ ΕΠΕ, Τελική Έκθεση - 5<sup>ο</sup> Παραδοτέο προς τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.
23. Σκούρτος Μ και Κοντογιάννη Α (1996), Μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων: διεθνής εμπειρία, πρακτικές δυνατότητες και θεσμικοί περιορισμοί στην Ελλάδα, Εισήγηση στο Συνέδριο Περιφερειακή Ανάπτυξη, Χωροταξία και Περιβάλλον στο πλαίσιο της Ενωμένης Ευρώπης, ΣΕΠ, Τόπος.

## 7 Ειδικά οικονομικά θέματα

### 7.1 Γενικά

Στη διεθνή πρακτική οι πηγές χρηματοδότησης των σχετικών δράσεων διαχείρισης ΑΣΑ δεν είναι μονοσήμαντες αλλά στηρίζονται σε ένα ολοκληρωμένο χρηματοδοτικό σύστημα που περιλαμβάνει:

- ❑ **Κρατικές επιχορηγήσεις.** Η δικαιολογητική βάση της συμμετοχής του κρατικού προϋπολογισμού στις δράσεις αυτές δεν στηρίζεται απλώς στα χαρακτηριστικά του δημόσιου αγαθού που έχει η περιβαλλοντική προστασία ή η δημόσια υγεία. Σημαντικό ρόλο και ουσιαστικά επένδυση, αποτελεί η προσπάθεια να αποφευχθούν τυχόν διεθνείς κυρώσεις στις οποίες το άμεσο κόστος (πρόστιμα) είναι πολύ μικρότερο από το έμμεσο που έχει να κάνει με την δυσφήμιση της χώρας. Ιδιαίτερα σήμερα που η ζήτηση για ασφαλή και ποιοτικά προϊόντα είναι επιτακτική, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες στην ανταγωνιστικότητα της χώρας και ιδιαίτερα της γεωργικής της παραγωγής. Για τους λόγους αυτούς το κόστος των επιχορηγήσεων, ως μέσο πρόληψης, είναι πολύ μικρότερο από το άμεσο ή έμμεσο κόστος που θα κληθούν, εκ των υστέρων, να πληρώσουν οι κεντρικές κυβερνήσεις.
- ❑ **Κοινοτικά προγράμματα.** Το ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης των απορριμμάτων είναι δεδομένο. Εκφράζεται δε και με την διατύπωση και προώθηση χρηματοδοτικών προγραμμάτων υποστήριξης των σχετικών δράσεων.
- ❑ **Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ).** Οι ΣΔΙΤ, ιδιαίτερα σε μικρά και μεσαία έργα ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων, είναι πολύ διαδεδομένες στην διεθνή εμπειρία. Έχουν εντοπιστεί πάρα πολλές μορφές σύμπραξης. Ο πιο εύκολος τρόπος είναι να ταξινομηθούν οι ΣΔΙΤ ανάλογα με το αντικείμενο τους. Έτσι αν καθοριστούν τέσσερα βασικά αντικείμενα: σχεδιασμός, κατασκευή, λειτουργία και χρηματοδότηση, οι ΣΔΙΤ μπορούν να ταξινομηθούν αναλόγως με τον αριθμό και την ποιότητα των αντικειμένων που καλύπτουν.
- ❑ **Δανεισμός.** Η προσφυγή στον δανεισμό, ιδιαίτερα για το επενδυτικό κόστος, είναι μία πολύ συνηθισμένη διεθνής πρακτική. Μεγάλοι μάλιστα διεθνείς πιστοληπτικοί οργανισμοί έχουν κατά καιρούς δημιουργήσει ειδικά «προϊόντα» που μπορούν να χρηματοδοτήσουν ανάλογες δράσεις.
- ❑ **Συμμετογή της ΤΑ.** Τέλος, η συμμετοχή της ΤΑ στην χρηματοδότηση ανάλογων δράσεων είναι δεδομένη και βασίζεται κυρίως σε υπάρχουσες χρηματοδοτικές πηγές.

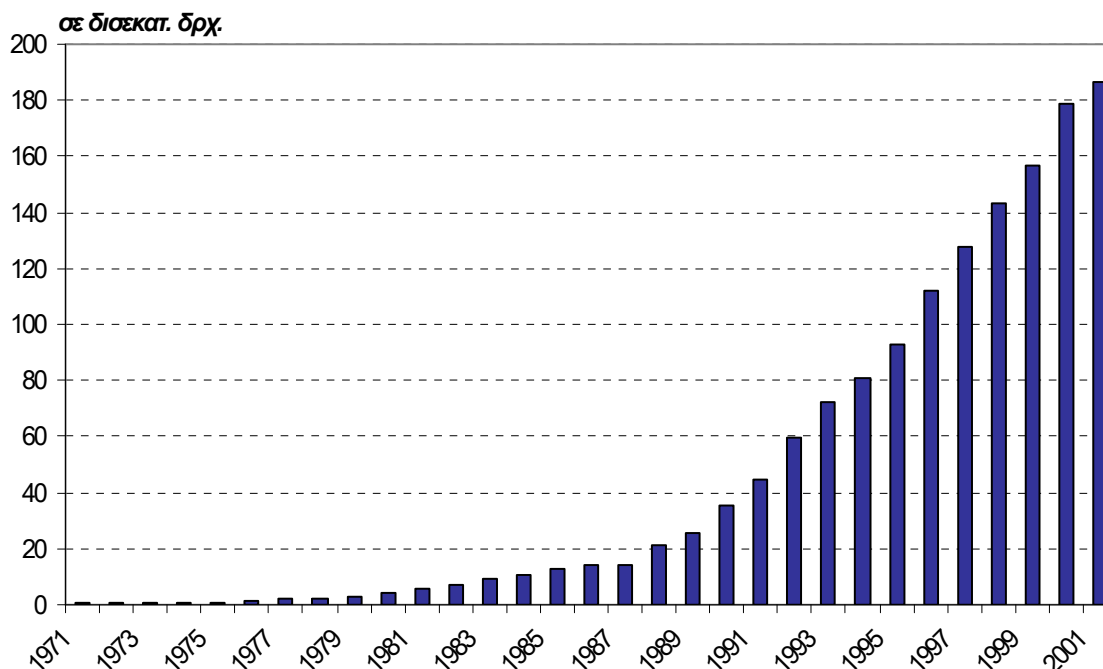
Αντικείμενο του κεφαλαίου αυτού είναι να διερευνήσει τις χρηματοδοτικές πηγές που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν κατά την εφαρμογή και υλοποίηση των προτεινόμενων εναλλακτικών λύσεων. Για το λόγο αυτό γίνεται καταρχήν διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα τέλη καθαριότητας στη χρηματοδότηση των σχετικών δράσεων, ύστερα παρουσιάζεται συνοπτικά το αναμενόμενο κόστος των προτεινόμενων εναλλακτικών λύσεων και τέλος προτείνονται ορισμένες λύσεις σχετικά με τη χρηματοδότηση του έργου.

Ένας επιπλέον οικονομικός παράγοντας που πρέπει να συνεκτιμηθεί αφορά στην πιθανότητα επιβολής οικονομικών κυρώσεων από την Ευρωπαϊκή Ένωση για παραβίαση Κοινοτικών Οδηγιών. Έτσι, στις 9 Φεβρουαρίου 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέθεσε πρόταση οδηγίας που καθορίζει τις ελάχιστες αναγκαίες κυρώσεις για τα περιβαλλοντικά εγκλήματα. Παράλληλα με την αύξηση των οικονομικών κυρώσεων προτείνει την εφαρμογή και ποινικών κυρώσεων. Στη χώρα μας έχουμε την εμπειρία από την επιβολή του σχετικού προστίμου στην υπόθεση του «Κουρουπητού». Η μελέτη δηλαδή εναλλακτικών λύσεων διαχείρισης των απορριμμάτων εκτός από περιβαλλοντικό ενδιαφέρον έχει και άμεσο οικονομικό αντικείμενο.

## 7.2 Έσοδα από τέλη και το κόστος της υπηρεσίας καθαριότητας

Τα έσοδα της Τοπικής Αυτοδιοίκησης θα μπορούσαν σχηματικά να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα ίδια έσοδα και τις κρατικές επιχορηγήσεις. Οι επιχορηγήσεις που λαμβάνουν οι ΟΤΑ αφορούν στους Κεντρικούς Αυτοτελείς Πόρους (ΚΑΠ) οι οποίοι προορίζονται για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών των μη ανταποδοτικών υπηρεσιών και την Συλλογική Απόφαση Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΣΑΤΑ) που προορίζεται για συντηρήσεις- επισκευές και πολύ μικρής κλίμακας επενδυτικές πρωτοβουλίες. Τα ίδια έσοδα της ΤΑ περιλαμβάνουν τα έσοδα από φόρους- τέλη και τα έσοδα από την κινητή και ακίνητη περιουσία των ΟΤΑ. Η υπηρεσία καθαριότητας θεωρείται ανταποδοτική υπηρεσία και χρηματοδοτείται ή για την ακρίβεια θα έπρεπε να χρηματοδοτείται, αποκλειστικά από τα τέλη καθαριότητας.

Τα έσοδα από τα τέλη καθαριότητας παρουσιάζουν την τελευταία τριακονταετία αλματώδη άνοδο (Σχήμα 7-1).



Σχήμα 7-1 Έσοδα ΤΑ από τέλη καθαριότητας.

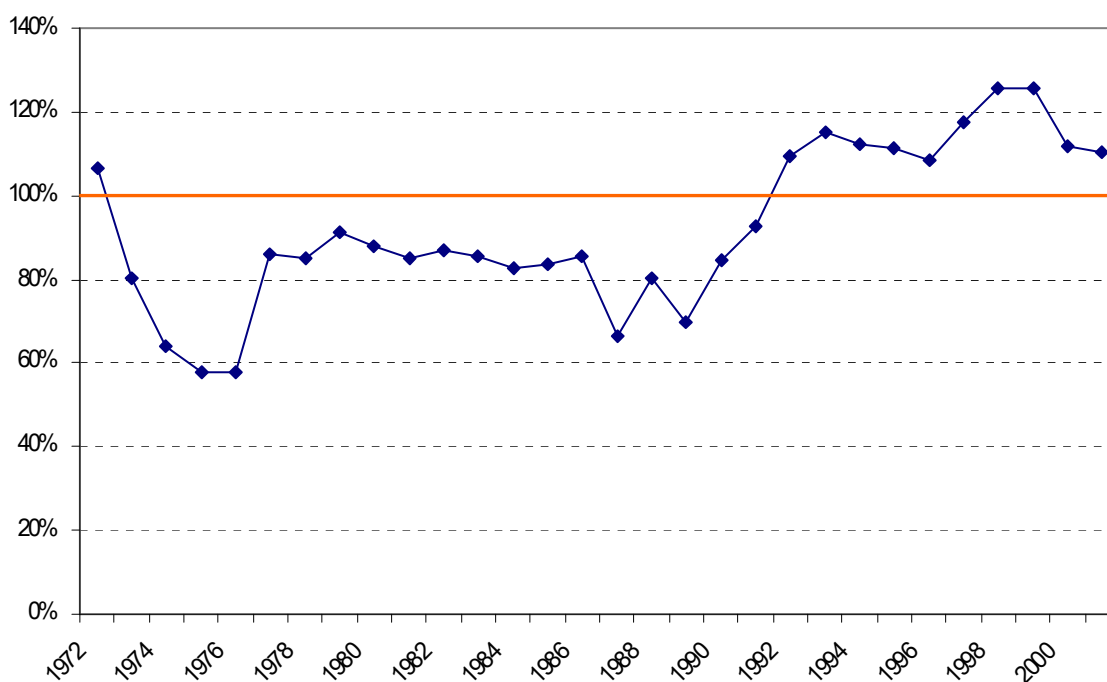
Είναι χαρακτηριστικό ότι τα συνολικά έσοδα της ΤΑ από τέλη καθαριότητας το 1971 ήταν λιγότερα από τα αντίστοιχα τέλη που συνέλεξε ο δήμος Γαλατσίου του 2001. Ο δήμος Γαλατσίου

με πληθυσμό 50.042 κατοίκους, έχει έσοδα από τέλη και δικαιώματα μικρότερα του 50% του αντίστοιχου μέσου όρου των ΟΤΑ του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας. Η αύξηση αυτή των τελών δεν είναι βέβαια ανεξάρτητη από την αύξηση της ζήτησης της σχετικής υπηρεσίας και της μεγέθυνσης του αντίστοιχου κόστους.

Τα τέλη καθαριότητας έχουν μία ιδιαίτερη σημασία στον προϋπολογισμό των ΟΤΑ. Καλύπτουν το 58% των συνολικών εσόδων της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, από Τέλη και Δικαιώματα. Η δυναμική τους έτσι όπως εκφράζεται στο παραπάνω γράφημα, αν και σε τρέχουσες τιμές είναι δεδομένη. Τα τελευταία χρόνια ο ετήσιος ρυθμός αύξησης των εσόδων από τέλη καθαριότητας ταυτίζεται με τον αντίστοιχο δείκτη του συνόλου των εσόδων από Τέλη- Δικαιώματα.

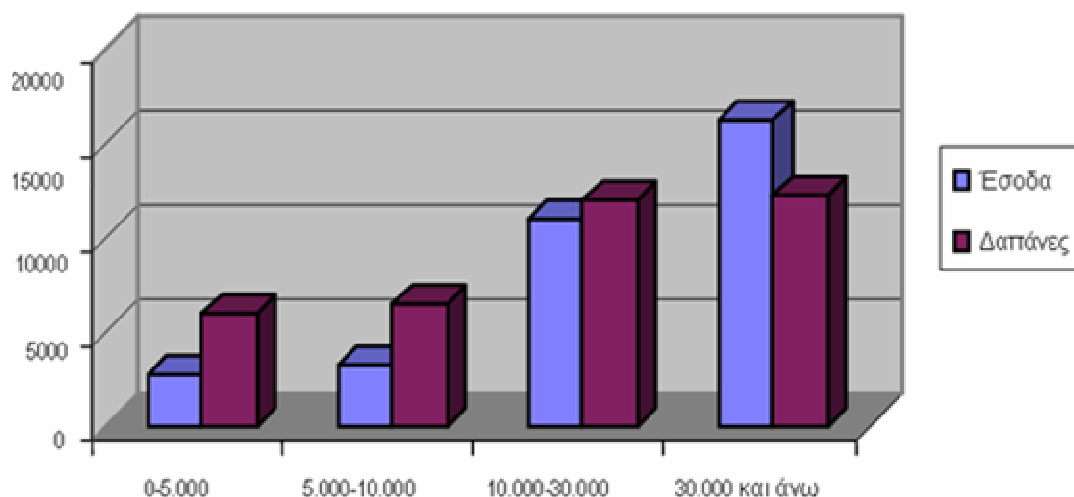
Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η υπηρεσία καθαριότητας, σύμφωνα με το Νόμο, είναι ανταποδοτική υπηρεσία άρα το κόστος θα πρέπει να συμβαδίζει, σ' ένα βαθμό τουλάχιστον, με τα έσοδα. Όπως όμως φαίνεται και από το παρακάτω **Σχήμα 7-2** οι δυνατότητες απόκλισης, αν και περιορισμένες, υπάρχουν πάντα. Όπως παρατηρείται μέχρι το 1992 η υπηρεσία καθαριότητας ήταν στο σύνολο της ΤΑ, ελλειμματική. Τα έσοδα δηλαδή των τελών καθαριότητας δεν κάλυπταν τις αντίστοιχες δαπάνες. Από το 1992 και μετά παρατηρείται μία τάση τα συνολικά έσοδα να ξεπερνούν τις συνολικές δαπάνες. Το γεγονός αυτό, για την συγκεκριμένη έρευνα, είναι αρκετά ενδιαφέρον. Δείχνει ότι σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης ενός επιπλέον κόστους του ύψους 10%- 15% της συνολικής δαπάνης για την υπηρεσία καθαριότητας, στο πλαίσιο βέβαια της ακρίβειας ανάλυσης των δεδομένων.

Όπως είναι γνωστό το σύνολο των ΟΤΑ της χώρας δεν έχει ενιαία οικονομική συμπεριφορά. Είναι ενδιαφέρον να μελετηθεί κατά πόσο ο πληθυσμός, η έκταση, τα δημοτικά διαμερίσματα, η πληθυσμιακή πυκνότητα επηρεάζουν το κόστος αλλά και την δυνατότητα είσπραξης εσόδων από τα τέλη καθαριότητας.



**Σχήμα 7-2** Σχέση Δαπανών – Εσόδων υπηρεσίας καθαριότητας στο σύνολο των δήμων της χώρας.





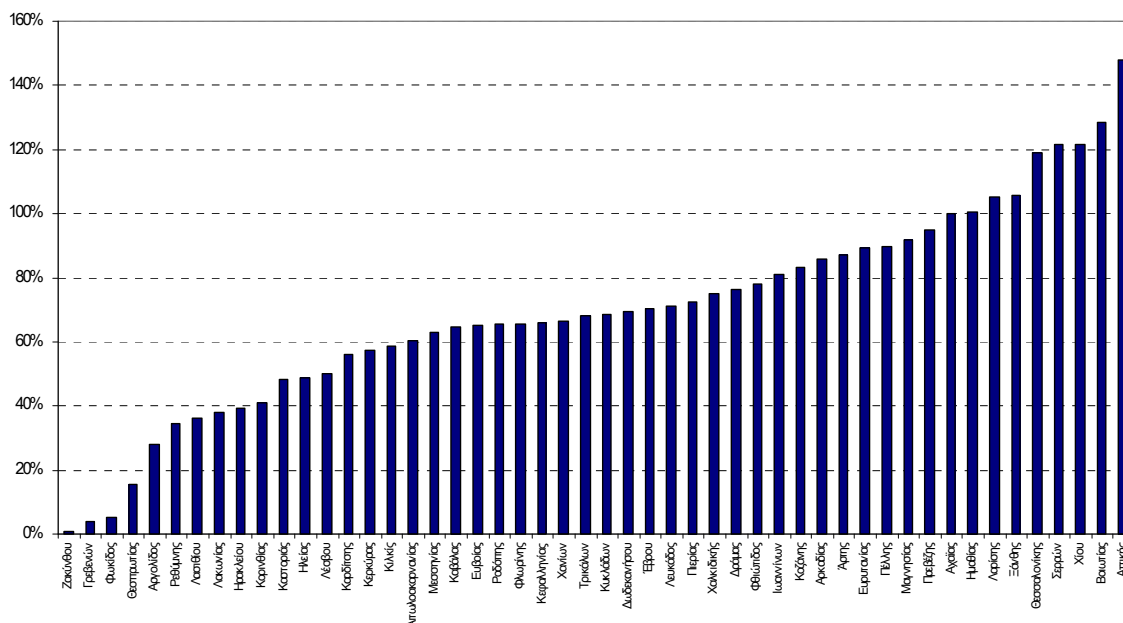
**Σχήμα 7-3 Κατά κεφαλή έσοδα και δαπάνες ανά πληθυσμιακή κατηγορία για την υπηρεσία καθαριότητας (σε χιλ. δραχμές) (ΕΕΤΑΑ, 2000).**

Από το **Σχήμα 7-3** προκύπτει ότι οι κατά κεφαλή δαπάνες στους ΟΤΑ κάτω των 10.000 κατοίκων είναι περίπου ίδιες. Αντίθετα, αυξάνουν εντυπωσιακά στους μεσαίους, πληθυσμιακά ΟΤΑ. Έτσι το προηγούμενο συμπέρασμα για περιθώριο αύξησης του κόστους περιορίζεται ουσιαστικά στους δήμους των πολεοδομικών συγκροτημάτων και ορισμένες πρωτεύουσες νομών.

Το βασικότερο όμως συμπέρασμα που προκύπτει από το εν λόγω σχήμα είναι ότι σε όλους σχεδόν τους ΟΤΑ της χώρας η υπηρεσία καθαριότητας παραμένει ελλειμματική εκτός από τους ΟΤΑ με πληθυσμό μεγαλύτερο των 30.000 κατοίκων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δήμοι με πάνω από 30.000 κατοίκους πληθυσμό, αντιστοιχούν στο 7% περίπου του συνόλου των ΟΤΑ της χώρας έχουν όμως συνολικό πληθυσμό που αντιστοιχεί στο 49% του συνολικού πληθυσμού και τα συνολικά έσοδα από τέλη και δικαιώματα που εισπράττουν αντιστοιχούν στο 60% περίπου των αντίστοιχων εσόδων του συνόλου των δήμων της χώρας.

Οι αποκλίσεις στη διαχείριση της υπηρεσίας καθαριότητας ανάλογα με την έκταση, τα δημοτικά διαμερίσματα ή την πληθυσμιακή πυκνότητα του ΟΤΑ δείχνουν ότι οι τρεις αυτοί παράγοντες δεν έχουν πολύ μεγάλη επιρροή ή ερμηνευτική ικανότητα.

Εάν προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε τη σχέση μεταξύ εσόδων και δαπανών της υπηρεσίας καθαριότητας σε χωρικό επίπεδο και κυρίως σε επίπεδο νομού, θα προκύψουν συμπεράσματα ανάλογα με εκείνα της πληθυσμιακής κατανομής (**Σχήμα 7-4**).



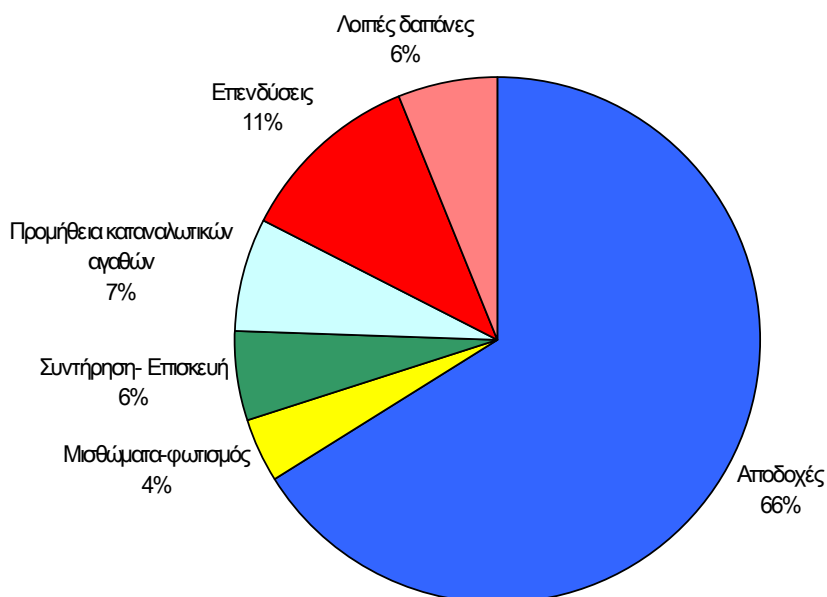
**Σχήμα 7-4 Σχέση εσόδων – δαπανών υπηρεσίας καθαριότητας ανά νομό.**

Παρατηρείται ότι στην Αττική και Θεσσαλονίκη τα έσοδα από τα τέλη καθαριότητας ξεπερνούν τις δαπάνες της υπηρεσίας. Βέβαια σε αυτή την κατανομή θα πρέπει να προσεχτεί ότι υπάρχουν και ορισμένοι μικροί νομοί, όπως οι ΟΤΑ του νομού Χίου, με ιδιαίτερα εντυπωσιακές επιδόσεις.

Στην Αττική το 2/3 των ΟΤΑ υπερκάλυπταν το κόστος της υπηρεσίας καθαριότητας. Η απόκλιση στην κατά κεφαλή επιβάρυνση των πολιτών ανάμεσα στους ΟΤΑ της περιφέρειας είναι πολύ μεγάλη.

Σε κάθε περίπτωση πάντως θα πρέπει να τονιστεί ότι τα παραπάνω στοιχεία παρατίθενται μόνο για λόγους παρουσίασης και δεν μπορούν να οδηγήσουν σε αναλυτικότερα συμπεράσματα. Αφορούν έρευνα της ΕΕΤΑΑ για τα οικονομικά των ΟΤΑ του 2000 που βασίστηκε κυρίως στα επίσημα στοιχεία της ΕΣΥΕ. Από το 2000 μέχρι σήμερα πολλά έχουν αλλάξει στην ΤΑ και κυρίως τα επίσημα στοιχεία της ΕΣΥΕ, τα οποία αν και τα μοναδικά, σε πολλές περιπτώσεις ελέγχονται για την ακρίβεια τους.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η ίδια η σύνθεση των δαπανών της υπηρεσίας καθαριότητας. Η κυριαρχία των ανελαστικών της δαπανών παρέχει περιορισμένες δυνατότητες αναδιάρθρωσης του προϋπολογισμού και του κόστους.



**Σχήμα 7-5 Διάρθρωση δαπανών υπηρεσίας καθαριότητας.**

Από το **Σχήμα 7-5** προκύπτει ότι τα 2/3 των συνολικών δαπανών της υπηρεσίας καθαριότητας καλύπτουν οι αποδοχές των υπαλλήλων. Αντίθετα, οι σχετικές επενδύσεις φθάνουν μόλις στο 11%.

Με βάση το παραπάνω γράφημα γίνεται φανερό ότι το κόστος των νέων προτάσεων δεν είναι δυνατόν να καλυφθεί από την ΤΑ. Η όποια πάντως συμμετοχή της ΤΑ στην χρηματοδότηση των εναλλακτικών λύσεων και κυρίως στην κάλυψη του λειτουργικού κόστους, θα πρέπει να συνδυαστεί με μέτρα αποτελεσματικής λειτουργίας.

### 7.3 Προτάσεις χρηματοδότησης

Η επιλογή μιας λύσης διαχείρισης απορριμμάτων σε μια γεωγραφική ενότητα συνεπάγεται κόστος, το οποίο θα μπορούσε να ταξινομηθεί σε κόστος επένδυσης και κόστος λειτουργίας.

Γενικά, το **κόστος επένδυσης** είναι πολύ υψηλό. Οι ΟΤΑ με τις σημερινές οικονομικές δυνατότητες τους δεν μπορούν να χρηματοδοτήσουν τέτοια έργα. Η διεθνής εμπειρία εξάλλου στο ζήτημα της χρηματοδότησης των σχετικών επενδύσεων είναι πολύ πλούσια. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι επενδύσεις αυτές υποστηρίζονται από χρηματοδοτικά συστήματα που περιλαμβάνουν ΣΔΙΤ, πόρους από το χρηματοπιστωτικό σύστημα και κονδύλια από τον κρατικό πρόγραμμα δημοσίων επενδύσεων. Στην περίπτωση της χώρας μας ως πρόσθετη χρηματοδοτική πηγή θα πρέπει να θεωρηθεί το Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς ΕΣΠΑ (Δ' ΚΠΣ)

Η ΤΑ ως προς το κόστος της σχετικής επένδυσης θα μπορούσε να συμβάλει ως εξής:

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Νόμου 3274/2004, το ΥΠΕΧΩΔΕ πρέπει να συνεισφέρει στην χρηματοδότηση του αναπτυξιακού προγράμματος ΘΗΣΕΑΣ τουλάχιστον 3% της αντίστοιχης χρηματοδότησης των ΟΤΑ. Το ΥΠΕΧΩΔΕ μέχρι στιγμής δεν έχει συμμετάσχει στη χρηματοδότηση του ΘΗΣΕΑ. Το αντίστοιχο ποσό που θα πρέπει να καταβάλει μέχρι το τέλος του προγράμματος, 2009, είναι 78 εκ. € περίπου. Προτείνεται με το ποσό αυτό να χρηματοδοτηθεί: α)

η ωρίμανση της σχετικής πρότασης και η ένταξη του έργου στο ΕΣΠΑ και β) η πιλοτική εφαρμογή της πρότασης στην περίπτωση κάποιου νησιού που οι ιδιαιτερότητες, τα μεγέθη, οι οικονομίες αλλά και η ιδιαίτερη προσπάθεια για περιβαλλοντική προστασία αποτελούν σημαντικές συνιστώσες που αλλάζουν τα δεδομένα του προβλήματος. Στόχος της μελέτης αυτής θα είναι να διαπιστωθούν αποκλίσεις και προβλήματα και να ενταχθούν στην πλήρη ανάπτυξη του προγράμματος.

Στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ επίσης θα πρέπει να δημιουργηθεί η προβλεπόμενη Α.Ε. για την υποστήριξη των υποδομών υγρών και στερεών αποβλήτων με καθοριστική την συμμετοχή της ΤΑ.

Το **λειτουργικό κόστος** των νέων προτάσεων διαχείρισης απορριμμάτων δεν είναι δυνατόν να το επωμιστούν αποκλειστικά οι ΟΤΑ. Θα πρέπει να θεσμοθετηθεί ειδική επιχορήγηση που, ανεξάρτητα από ΚΑΠ και ΣΑΤΑ, θα προέρχεται κατευθείαν από τον κρατικό προϋπολογισμό και θα προορίζεται για τη χρηματοδότηση του λειτουργικού κόστους των εναλλακτικών αυτών λύσεων.

Ο **τρόπος κατανομής του κόστους** που θα επιβαρύνει τους ΟΤΑ θα πρέπει να στηρίζεται στην βασική αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Ως κριτήρια κατανομής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν η μάζα, το βάρος αλλά και η ποιότητα των απορριμμάτων.

Η συμμετοχή των ΟΤΑ σε μέρος του λειτουργικού κόστους θα γίνει από τα έσοδα των τελών καθαριότητας. Το ζητούμενο είναι στους ΟΤΑ που δεν έχουν και δεν μπορούν να αντλήσουν έσοδα από τις τοπικές τους κοινωνίες τι γίνεται. Σε αυτές τις περιπτώσεις η κρατική επιχορήγηση, που προαναφέρθηκε, θα παίζει εξισορροπητικό ρόλο και θα καλύπτει μέρος της συμμετοχής του ΟΤΑ. Και στους υπόλοιπους όμως δήμους, όπως ήδη αναλύθηκε, θα υπάρξει πρόβλημα. Η πολιτική εσόδων και δαπανών της υπηρεσίας καθαριότητας θα πρέπει να γίνει περισσότερο αποτελεσματική ώστε να προσφέρει καλύτερες υπηρεσίες στους πολίτες και δυνατότητες χρηματοδότησης των ολοκληρωμένων λύσεων.

Μεταξύ φόρων και τελών υπάρχουν τρεις βασικές διαφορές: α) η καταβολή αντιτίμου στα τέλη δεν είναι υποχρεωτική, στο μέτρο που δεν καταναλώνεται η συγκεκριμένη υπηρεσία, β) το αντίτιμο ή το συνολικό ύψος του τέλους εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα των καταναλισκόμενων υπηρεσιών και γ) σε αντίθεση με την φορολογία, στη πολιτική τελών υπάρχει σε κάθε χρηματική καταβολή μία άμεση ανταποδοτικότητα.

Είναι φανερό ότι ο τρόπος επιβολής των **τελών καθαριότητας** δεν συνάδει ουσιαστικά με πολιτική τελών αλλά περισσότερο με τοπική φορολόγηση. Γεγονός που έρχεται σε αντίθεση τόσο με την κοινοτική οδηγία όσο και με το εθνικό νομικό πλαίσιο.

Ο τρόπος καθορισμού του τέλους καθαριότητας θα πρέπει να μελετηθεί ώστε αφενός μεν να γίνει αποτελεσματικότερος όσον αφορά στην κατανομή των βαρών αλλά και στην παροχή κινήτρων στους πολίτες για μία διαφορετική περισσότερο «βιώσιμη» καταναλωτική συμπεριφορά. Είναι γεγονός ότι η φορολογική βάση της ακίνητης περιουσίας είναι ένας αντικειμενικός δείκτης σχετικά εύκολα προσδιορίσιμος. Ο δείκτης όμως αυτός δεν μπορεί να περιγράψει το ύψος και την ποιότητα των παραγομένων απορριμμάτων. Παράλληλα, θα πρέπει να διατυπωθούν εναλλακτικές λύσεις βεβαίωσης και είσπραξης του τέλους. Ιδιαίτερα η είσπραξη των τελών καθαριότητας από την ΔΕΗ τα τελευταία χρόνια έχει βρεθεί στο στόχαστρο πολλών ΟΤΑ όχι μόνο εξαιτίας των προβλημάτων που θα προκύψουν από την κατάργηση στην πράξη του μονοπωλίου ενέργειας από την ΔΕΗ όσο κυρίως από την αντισυμβατική συμπεριφορά, που σε πολλές περιπτώσεις, επιδεικνύει η εταιρία. Η αξιοποίηση των ΔΕΥΑ, των ταμειακών υπηρεσιών των ΟΤΑ αλλά και των προτεινόμενων

μηχανισμών βεβαίωσης και είσπραξης έτσι όπως μελετήθηκαν στην φορολογική αποκέντρωση αποτελούν σημαντικές εναλλακτικές λύσεις στο συγκεκριμένο θέμα.

Η εμπειρία των ΣΔΙΤ στη χώρα μας είναι περιορισμένη. Για την υποστήριξη των ΣΔΙΤ με αντικείμενο ολοκληρωμένες λύσεις διαχείρισης απορριμμάτων θα μπορούσε να δημιουργηθεί υποστηρικτικός μηχανισμός. Ο μηχανισμός αυτός θα παρέχει νομική, οικονομική, τεχνική υποστήριξη στους ΟΤΑ και τους συμβαλλόμενους. Η χρηματοδότηση του μπορεί να καλυφθεί από τις οριζόντιες δράσεις του ΘΗΣΕΑ.

Στους ΟΤΑ που θα υποστούν μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της υλοποίησης των σχετικών έργων διαχείρισης απορριμμάτων θα πρέπει να προβλεφθεί **σύστημα ανταποδοτικών οφελών** ώστε να μπορέσουν εάν όχι να αντισταθμίσουν τουλάχιστον να περιορίσουν το επιβαρυνόμενο περιβαλλοντικό τους ισοζύγιο.

Το σύστημα ανταποδοτικών ωφελειών θα πρέπει, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει σήμερα, να είναι αντικειμενικό και να βασίζεται σε διαφανή και εκ των προτέρων γνωστά κριτήρια. Τρεις θα πρέπει να είναι βασικές του αρχές:

- η αναδιανομή να γίνεται στο επίπεδο της περιφέρειας,
- τα κριτήρια κατανομής να είναι ευθέως ανάλογα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον ΟΤΑ από την εφαρμογή των προτεινομένων λύσεων και
- τα έσοδα από τα αντισταθμιστικά οφέλη να προορίζονται αποκλειστικά για έργα περιβαλλοντικού χαρακτήρα.

## 8 Εφαρμογή στην περίπτωση της Αττικής

### 8.1 Ιστορικό διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην περιοχή

Η διαχείριση και διάθεση απορριμμάτων στο νομό Αττικής έχει αναδειχθεί, από τα μέσα της δεκαετίας του '70 μέχρι σήμερα, σε ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα και στην προσπάθεια επίλυσής του έχουν εμπλακεί μια σειρά από φορείς, από την πλευρά της Τοπικής και Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης (ΚΕΔΚΕ, ΤΕΔΚΝΑ, άμεσα εμπλεκόμενοι δήμοι και κοινότητες, Δ. Αθηναίων και Πειραιά, Νομαρχιακά Συμβούλια), από την κεντρική διοίκηση (ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Εσωτερικών) καθώς και από την επιστημονική κοινότητα (ΤΕΕ, ΕΜΠ, Παν. Πατρών, Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, ΓΕΩΤΕΕ, κ.ά).

Στην περίπτωση της Αττικής, η κοινωνική αντίδραση που γενικά παρατηρείται στην Ελλάδα όταν ανακύπτει θέμα χωροθέτησης υποδομών σχετιζόμενων με τα απορρίμματα, συνδυάζεται με πρόσθετους παράγοντες όπως οι σημαντικές ποσότητες των παραγόμενων αστικών στερεών αποβλήτων (της τάξης των 5.800 τόνων ημερησίως), η υψηλή αξία της γης και η συνεχιζόμενη λειτουργία πολύ μεγάλου αριθμού ΧΑΔΑ (με περίπου μηδενικό, προφανώς, κόστος διάθεσης αποβλήτων).

Ήδη από το 1979, όταν τα απορρίμματα της Αττικής διατίθονταν στους Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ) Σχιστού και Α.Λιοσίων (*σημ.*: χώροι που ξεκίνησαν τη λειτουργία τους τη δεκαετία του '60 και στους οποίους δεν λαμβάνονταν μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας όπως στεγάνωση, περίφραξη κλπ.) ξεκινά, με μελέτες που αναθέτει το Υπ. Εσωτερικών, η αναζήτηση νέων χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και η προσπάθεια ανάπτυξης δικτύου σταθμών μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ) στο λεκανοπέδιο.

Το 1984 ο ΕΣΚΔΝΑ διαμορφώνει ένα μεσοπρόθεσμο πρόγραμμα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, που προβλέπει το κλείσιμο των ΧΔΑ Α. Λιοσίων και Σχιστού, τη δημιουργία τριών σύγχρονων χώρων υγειονομικής ταφής (Δ. Αττική, Β.Α. Αττική, Ν.Α. Αττική) και ενός μικρότερου στη Λαυρεωτική, καθώς και τη δημιουργία δικτύου 5 ΣΜΑ (Σχιστού, Ελαιώνα, Βεΐκου, Αλίμου-Ελληνικού, Δυτ. Αθήνας) και τοπικών συστημάτων μεταφόρτωσης για τους απομακρυσμένους ΟΤΑ. Ένα χρόνο μετά ξεκινά το πειραματικό πρόγραμμα διαλογής στην πηγή του ΕΣΔΚΝΑ σε συνεργασία με 10 Δήμους-μέλη του.

Το 1988 ξεκινά τη λειτουργία της η πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης του ΕΣΔΚΝΑ, δυναμικότητας 32 τόνων/ημέρα και 16ωρης λειτουργίας. Η βελτιστοποίηση της μονάδας ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1991, χρονιά κατά την οποία κλείνει πλέον οριστικά ο ΧΔΑ Σχιστού και αρχίζει η λειτουργία του ΣΜΑ Σχιστού (οπότε πλέον τα απορρίμματα οδηγούνται στη χωματερή Α.Λιοσίων). Επιπλέον, το 1989 συγκροτείται διεπιστημονική ομάδα εργασίας για την επιλογή θέσης διάθεσης απορριμμάτων στη Δ. Αττική, εκτός του Θριασίου Πεδίου, και η σχετική μελέτη παραδίδεται το Μάρτιο 1990. Το Υπ. Εσωτερικών, ο ΕΣΔΚΝΑ και ο Δήμος Α.Λιοσίων υιοθετούν τα πορίσματά της και συμφωνούν σε ένα συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα δράσης για την παύση λειτουργίας του ΧΔΑ Άνω Λιοσίων.

Το Μάρτιο 1991 ολοκληρώθηκαν οι εγκρίσεις καταλληλότητας από τους νομάρχες για συγκεκριμένες περιοχές στην Α. Αττική (Αυλώνα και Γραμματικό) και ο ΕΣΚΔΝΑ ανέθεσε Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) για τον εντοπισμό συγκεκριμένων θέσεων. Στη συνέχεια, στη λίστα των περιοχών προστέθηκαν ο Βαρνάβας και η Ριτσώνα Βοιωτίας. Το 1992 ολοκληρώνονται οι ΜΠΕ, που υποδεικνύουν τις Ριτσώνα 1 και 2 ως κατάλληλες θέσεις στην Βοιωτία, τον Βαρνάβα στην Α. Αττική, το Τρικέρατο Μάνδρας και τη Λάκκα Μάσκαρη στην Δ. Αττική. Τον Αύγουστο του ίδιου έτους ο τότε υφυπουργός ΠΕΧΩΔΕ εκδίδει προέγκριση χωροθέτησης για τη Ριτσώνα και το Βαρνάβα.

Τον Ιανουάριο του 1993 συγκλήθηκε Γενική Συνέλευση των μελών της ΤΕΔΚΝΑ, κατά την οποία η Διοικούσα Επιτροπή πρότεινε η δεύτερη φάση των ΜΠΕ να περιοριστεί σε χώρους εντός Αττικής και κατά συνέπεια τον αποκλεισμό της θέσης «Ριτσώνα», αλλά η πρόταση αυτή καταψηφίστηκε. Ωστόσο, μετά τις εκλογές του Οκτωβρίου 1993, ο τότε υπουργός ΠΕΧΩΔΕ εκφράζει τη θέση ότι η Αττική δεν πρέπει να κάνει εξαγωγή των απορριμμάτων της σε άλλον νομό. Το 1994 ο ΕΣΚΔΝΑ ξεκινά το πρόγραμμα διαλογής στην πηγή για το χαρτί, που καλύπτει 14 δήμους του λεκανοπεδίου. Στο τέλος της ίδιας χρονιάς, το Δημοτικό Συμβούλιο των Α.Λιοσίων αποδέχθηκε τη δημιουργία του ΧΥΤΑ Δ. Αττικής στα διοικητικά του όρια, κατ' επέκταση του υφιστάμενου ΧΔΑ των Α. Λιοσίων, καθώς και την κατασκευή εργοστασίου μηχανικής ανακύκλωσης δυναμικότητας 300.000 τον./έτος και αποτεφρωτήρα νοσοκομειακών παθογόνων απορριμμάτων.

Το 1996 ο ΕΣΚΔΝΑ εγκρίνει και αποστέλλει στο ΥΠΕΧΩΔΕ τη ΜΠΕ για την Β-ΒΑ και Ν-ΝΑ Αττική, που αφορά σε Ολοκληρωμένες Εγκαταστάσεις Διαχείρισης Αποβλήτων (ΟΕΔΑ) και όχι μόνο σε ΧΥΤΑ. Στη ΜΠΕ ο μελετητής υποδεικνύει τελικά τα εξής σχετικά με την χωροθέτηση:

(α) στη Β-ΒΑ Αττική, ως πιο κατάλληλη τη θέση Ριτσώνα 2, ακολουθούμενη –κατά φθίνουσα σειρά καταλληλότητας– από τις θέσεις Ριτσώνα 1, Αυλώνα – Ανατ. Πηγάδι Παππά, Γραμματικό – Μηλιές, Αυλώνα – Δυτ. Πηγάδι Παππά και Βαρνάβα – Πέτρα Σταυρετού (σημ.: στην αρχική κατάταξη του μελετητή, η θέση Αυλώνα – Πηγάδι Παππά κατατασσόταν τελευταία).

(β) στη Ν-ΝΑ Αττική ως πιο κατάλληλη τη θέση Κερατέα, ακολουθούμενη –κατά φθίνουσα σειρά καταλληλότητας– από τις θέσεις Βόρειο Κορωπί, Μαρκόπουλο και Νότιο Κορωπί (ως οριακά αποδεκτό).

Τον Ιανουάριο 1997 το Περιφερειακό Συμβούλιο Αττικής αποφασίζει, ανατρέποντας την μέχρι τότε κατάσταση αναφορικά με τις χωροθετήσεις των τριών ΟΕΔΑ, ότι:

- Η μέθοδος του μηχανικού διαχωρισμού και αερόβιας σταθεροποίησης με παραγωγή υψηλής ποιότητας compost και διάθεσης των υπολειμμάτων σε ΧΥΤΑ είναι η πλέον ενδεδειγμένη από περιβαλλοντική άποψη, ενώ η καύση απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας απορρίπτεται ως λύση.
- Να διακοπεί οριστικά η λειτουργία των ΧΑΔΑ στην Αττική και οι χώροι αυτοί να αποκατασταθούν.
- Να δοθεί προέγκριση χωροθέτησης για τις προτεινόμενες περιοχές Αυλώνας (Δ και Α τμήμα) , Γραμματικού (Μαύρο Βουνό) και Κερατέας.
- Μετά την προέγκριση χωροθέτησης, να εκπονηθούν ΜΠΕ και οι αναγκαίες συμπληρωματικές έρευνες ώστε να επιλεγεί η πλέον κατάλληλη θέση, στα όρια της Α. Αττικής, για την ίδρυση και λειτουργία 1 ΟΕΔΑ (ικανής να εξυπηρετεί τα απορρίμματα της Νομαρχίας Α. Αττικής –

περίπου 150.000 τόνων ετησίως), με εργοστάσιο μηχανικής διαλογής και αερόβιας βιοσταθεροποίησης για παραγωγή compost υψηλής ποιότητας και Χώρου Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων.

Κατά την περίοδο 1994-1996 εκπονήθηκαν άλλες τρεις μελέτες:

1. Του Πανεπιστημίου Πατρών (1996) για λογαριασμό της ΤΕΔΚΝΑ, που πρότεινε μεταξύ άλλων (α) κατασκευή μιας ακόμα μονάδας Μηχανικού Διαχωρισμού και Βιοσταθεροποίησης μαζί με έναν δεύτερο ΧΥΤΥ, (β) κατασκευή ΟΕΔΑ στην Α. Αττική (μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού και Βιοσταθεροποίησης και ΧΥΤΥ), (γ) κατασκευή ΧΥΤΑ για τα μη επιδεχόμενα επεξεργασίας στερεά μη επικίνδυνα απόβλητα, και (δ) κατασκευή μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης του RDF από τα εργοστάσια ανακύκλωσης – κομποστοποίησης (μέγιστης δυναμικότητας 500 t/ημέρα).
2. Ομάδας ειδικών για λογαριασμό της Περιφέρειας Αττικής (1994), που πρότεινε μεταξύ άλλων την ανάπτυξη της ανακύκλωσης, την κατασκευή 3 κεντρικών ΧΥΤΑ (Δυτ. Αττική, Βόρεια Αττική, Ν-ΝΑ Αττική) και τοπικών ΧΥΤΑ (επαρχίες Μεγαρίδας και Τροιζηνίας, Σαλαμίνα, Αίγινα, Αγκίστρι, Σπέτσες, Ύδρα και Κύθηρα), και την κατασκευή μονάδας παραγωγής εδαφοβελτιωτικού υλικού δυναμικότητας 200.000 τόνων/έτος που θα επεξεργάζεται μόνο το ζυμώσιμο τμήμα των απορριμμάτων (το οποίο και θα έχει διαχωριστεί μέσω προγράμματος διαλογής στην πηγή).
3. Του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για λογαριασμό της Νομαρχίας Α. Αττικής (1996), η οποία κατέληγε στο ότι δεν υπάρχει χώρος στη Νομαρχία αυτή για Εγκατάσταση Μηχανικής Ανακύκλωσης – Κομποστοποίησης και ΧΥΤΥ (παρά μόνο μια θέση στο Γραμματικό για προσωρινή χρήση), ενώ η θέση της Κερατέας αποκλειόταν με το επιχείρημα «...της γειτνίασης με ασυμβίβαστες χρήσεις ή δραστηριότητες, καθώς επίσης και με το λειτουργικό τους χώρο λόγω γειτνίασης με αρχαιολογική περιοχή».

Τον Μάιο 1997 εκδίδεται υπουργική απόφαση προέγκρισης χωροθέτησης στα διοικητικά όρια της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Α. Αττικής για τις θέσεις Αυλώνα 1 και 2, Κερατέα και Μαύρο Βουνό Γραμματικού. Οι ΟΤΑ Κερατέας, Αυλώνας και Γραμματικού προσέφυγαν στο ΣτΕ, η Ολομέλεια του οποίου όμως το 1998 απέρριψε τις προσφυγές. Την ίδια χρονιά προκύπτει πλέον το νέο ευρωπαϊκό και ελληνικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση απορριμμάτων, και έτσι επιβάλλεται η σύνταξη μελέτης σε συμφωνία με ένα ολοκληρωμένο Νομαρχιακό ή Περιφερειακό Σχεδιασμό, και ως εκ τούτου η Περιφέρεια Αττικής αναθέτει την εκπόνησή της για την Α' Φάση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Αν. Αττική.

Στο τέλος του 2000 επανυποβλήθηκε η τελική μορφή της ΜΠΕ, που υποδείκνυε την Κερατέα ως την επικρατέστερη θέση για την περιοχή της Ν-Ν.Α. Αττικής και τη θέση Αυλώνα – Ανατ. και Δυτ. Πηγάδι Παλπά ως επικρατέστερη θέση για την περιοχή της Β –Β.Α. Αττικής. Η θέση Γραμματικό–Μαύρο Βουνό δεν περιλαμβανόταν στο μελετητικό αντικείμενο καθώς για τη Β. – ΒΑ. Αττική είχε προκριθεί η θέση Αυλώνα.

Ωστόσο, επίσης στο τέλος του 2000, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Α. Αττικής ανέθεσε τη σύνταξη Α' Φάσης Διαχείρισης Αποβλήτων στην Αν. Αττική υπό τη λογική διαχείρισης - συνδιαχείρισης μόνο των αποβλήτων της Α. Αττικής. Η απόφαση αυτή καταργήθηκε το Φεβρουάριο 2001 από την Περιφέρεια Αττικής. Ωστόσο, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Α. Αττικής επιμένει και το Μάιο ενέκρινε την Α' Φάση της μελέτης. Τρεις μήνες μετά αναθέτει την εκπόνηση της Β' Φάσης.



Το 2001 ολοκληρώθηκε η μελέτη του Πλαισίου Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων (Πλαίσιο ΠεΣΔΑ), η οποία εγκρίθηκε από το Περιφερειακό Συμβούλιο Αττικής τον Σεπτέμβριο και σύμφωνα με το οποίο 75% των αστικών στερεών αποβλήτων της ηπειρωτικής Αττικής διατίθεται/αξιοποιείται στην ΟΕΔΑ Δ. Αττικής και το 25% στις δύο ΟΕΔΑ (από 12,5% στην κάθε μία) της Νομαρχίας Α. Αττικής. Αναφορικά με τις μεθόδους επεξεργασίας, το ΠεΣΔΑ Αττικής απορρίπτει την καύση σύμμεικτων απορριμμάτων, επιλέγει τη μηχανική διαλογή-κομποστοποίηση και τη θερμική-ενεργειακή αξιοποίηση του RDF από τις εγκαταστάσεις αυτές είτε μέσω συναποτέφρωσης (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία) είτε μέσω αποτέφρωσης με συμπαραγωγή θερμότητας-ηλεκτρισμού.

Το 2003 εκπονήθηκε το δεύτερο στάδιο του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων Αττική. Σε σχέση με τη χωροθέτηση ΟΕΔΑ στην Ν. Α. Αττική, από τις 4 συνολικά θέσεις που εξετάστηκαν προκρίθηκαν 2 ως κατάλληλες (με καταλληλότερη αυτή της Κερατέας). Σε σχέση με τις τεχνολογίες επεξεργασίας περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- 1 ΧΥΤΑ στη Δ. Αττική (330.000 t/έτος)
- 2 Εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης & Κομποστοποίησης στη Δ. Αττική (ΕΜΑΚ I: 495.000 t/έτος στερεών αποβλήτων και 110.000 t/έτος επεξεργασμένης ύλης, ΕΜΑΚ II: 660.000 t/έτος στερεών αποβλήτων και 120.000 t/έτος επεξεργασμένης ύλης).
- 2 ΧΥΤΑ στην Α. Αττική (255.000 t/έτος σύνολο).
- 3 (το πολύ) μικρές και ευέλικτες μονάδες κομποστοποίησης στην Α. Αττική (σύνολο: 80.000 t/έτος)
- 5 ΣΜΑ (1.125.000 t/έτος συνολικά)

Ο Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Απορριμμάτων της Περιφέρειας Αττικής απέκτησε νομική ισχύ τον Ιούλιο 2003 με το Ν. 3164/άρθρο 33 (ΦΕΚ 176/2-07-2003), όπου όσον αφορά στη χωροθέτηση των ΟΕΔΑ, ενέκρινε ως κατάλληλες τις θέσεις: (α) *B-A Αττική*: θέση Γραμματικό (Μαύρο Βουνό) και Πολυδένδρι (Τρύπες), (β) *N-A Αττική*: θέση Κερατέας (Βραγόνη) και Κορωπί (Λατομείο Κυριακού) (γ) Δ. Αττική: θέση Σκαλιστήρι Φυλής – Α.Λιόσια. Στο τέλος του ίδιου έτους εγκρίθηκαν και οι περιβαλλοντικοί όροι για τις θέσεις αυτές.

Το 2005, για λογαριασμό της Περιφέρειας Αττικής εκπονήθηκε μελέτη επικαιροποίησης του ΠΕΣΔΑ, που σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας καταλήγει –μεταξύ άλλων- στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η οριστική απόφαση για αξιοποίηση του RDF στην τσιμεντοβιομηχανία δεν μπορεί να ληφθεί πριν το θέμα συζητηθεί με τις διάφορες μονάδες ώστε να υπάρχει εικόνα των τεχνικο-οικονομικών μεγεθών.
- Η ύπαρξη ΧΥΤΑ ή ΧΥΤΥ είναι απολύτως υποχρεωτική
- Ο κατάλληλος συνδυασμός τεχνολογιών για κάθε Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων θα πρέπει να προκύψει μετά από μελέτη σκοπιμότητας (ενώ προτείνεται να επεκταθεί ο ΕΣΔΚΝΑ ως Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων για όλη των Περιφέρειας Αττικής πλην Κυθήρων και Αντικυθήρων).

Οι κάτοικοι της Φυλής, Κερατέας και Γραμματικού έχουν προσφύγει στο ΣτΕ εναντίον της απόφασης χορήγησης άδειας καταλληλότητας για τους αντίστοιχους χώρους. Μέχρι σήμερα (Ιανουάριος 2007), το ΣτΕ έχει εκφράσει άποψη (θετική για τη δημιουργία ΟΕΔΑ) για το

Γραμματικό, ενώ εκκρεμεί η απόφασή του για τις άλλες δύο περιοχές. Έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτες δημοπράτησης των έργων, ενώ παράλληλα έγιναν και οι δημοπρατήσεις. Οι προσωρινοί μειοδότες έχουν ήδη αναδειχθεί, αλλά δεν έχουν ανοίξει ακόμη οι οικονομικές προσφορές. Στο Γραμματικό έχει αναδειχθεί ο μειοδότης και η σύμβαση του έργου βρίσκεται προς έγκριση στο Ελεγκτικό Συνέδριο. Όσον αφορά στους ΧΥΤΑ σε Φυλή και Κερατέα, οι εργολάβοι που έλαβαν μέρος στον μειοδοτικό διαγωνισμό για τους δύο ΧΥΤΑ έχουν προσφύγει επίσης στο ΣτΕ για να προσβάλουν τις διαδικασίες του διαγωνισμού.

Από το προαναφερθέν ιστορικό προκύπτουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- ❖ Οι υποψήφιες θέσεις επεξεργασίας απορριμμάτων, παρά τις όποιες διαφορές στην κατάταξή τους, είναι γνωστές εδώ και μία δεκαετία
- ❖ Ο αποκλεισμός της εξαγωγής των απορριμμάτων εκτός Αττικής αποφασίστηκε κυρίως για πολιτικούς-κοινωνικούς και πολύ λιγότερο για περιβαλλοντικούς λόγους
- ❖ Δεδομένων των αντιδράσεων που καταγράφονται απέναντι στο ενδεχόμενο της δημιουργίας νέων ΧΥΤΑ σε περιοχές της Αττικής, προκύπτει η ανάγκη ελαχιστοποίησης της ποσότητας των προς διάθεση απορριμμάτων (κάτι που άλλωστε επιβάλλεται και από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία) μέσω ανακύκλωσης και εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας που θα αξιοποιούν με το βέλτιστο τρόπο (περιβαλλοντικά και οικονομικά) τα απορρίμματα και θα παράγουν το ελάχιστο δυνατό υπόλειμμα που στη συνέχεια θα οδηγείται προς ταφή.

## **8.2 Εξεταζόμενα σενάρια επεξεργασίας**

### **8.2.1 Βασικές αρχές – Κοινά σημεία σεναρίων**

Η διαμόρφωση σεναρίων στην περίπτωση της Αττικής έχει ως στόχο να διευκολύνει τη σύγκριση μεταξύ σεναρίων που είναι συμβατά με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας σε σχέση με τη διαχείριση στερεών αποβλήτων και ειδικότερα με την Οδηγία 2004/12/ΕΚ που θέτει συγκεκριμένες απαιτήσεις για την ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών συσκευασίας και την Οδηγία 99/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή που θέτει απαιτήσεις σε σχέση με τη μείωση των βιοαποδομήσιμων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Υπενθυμίζεται ότι:

- (α) Η Οδηγία 2004/12/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασιών ορίζει ότι τα Κράτη-Μέλη πρέπει να έχουν φροντίσει ώστε μέχρι το 2011 να γίνονται:
- ανάκτηση τουλάχιστον του 60% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας,
  - ανακύκλωση του 55-80% κ.β. των συνολικών απορριμμάτων συσκευασίας, και
  - ανακύκλωση τουλάχιστον του 60% κ.β. του γυαλιού, του 60% κ.β. του χαρτιού και χαρτονιού, του 50% κ.β. των μετάλλων, του 22.5% κ.β. των πλαστικών και του 15% του ξύλου.
- (β) Η Οδηγία 99/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή ορίζει ότι τα βιοαποδομήσιμα προς ταφή πρέπει να μειωθούν μέχρι το 2010, 2013 και 2020 στο 75 %, 50% και 35% αντιστοίχως της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που είχαν παραχθεί το 1995.

Η συνδυασμένη εφαρμογή αυτών των Οδηγιών οδηγεί ουσιαστικά στην ταφή μόνο υπολειμμάτων από επεξεργασία στερεών αποβλήτων και όχι του συνόλου των σύμμεικτων απορριμμάτων όπως

γίνεται σήμερα. Κατά συνέπεια, θα πρέπει καταρχήν να αυξηθεί σημαντικά η απόδοση των προγραμμάτων ανακύκλωσης στην πηγή, ενώ το όλο σύστημα διαχείρισης θα πρέπει να συμπληρωθεί με εγκαταστάσεις επεξεργασίας έτσι ώστε να επιτευχθούν τα απαιτούμενα ποσοστά ανάκτησης και μείωσης των ταφόμενων βιοαποδομήσιμων. Σημειώνεται ότι στην Αττική, η απόδοση δράσεων ανακύκλωσης – ανάκτησης είχε ως εξής:

- ❖ Το ποσοστό ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας, με βάση στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ για το 2001, ήταν 24% για το γυαλί, 68% για το χαρτί, 9.8% για τα μέταλλα, 3% για το πλαστικό και 3.2% για το ξύλο.
- ❖ Το συνολικό ποσοστό ανακύκλωσης απορριμμάτων συσκευασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμώμενες - στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης - συνολικές ποσότητες των υλικών συσκευασίας στα παραγόμενα στερεά απόβλητα της Αττικής, εκτιμάται σήμερα (2006) σε περίπου 34%.
- ❖ Η συνολική ανακύκλωση, λαμβάνοντας υπόψη και τις αντίστοιχες εκτιμώμενες - στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης - ποσότητες των παραγόμενων στερεών αποβλήτων, εκτιμάται σήμερα (2006) σε περίπου 11%.
- ❖ Το ποσοστό των βιοαποδομήσιμων προς ταφή το 2001 αντιπροσώπευε, με βάση τις εκτιμώμενες ποσότητες των στερεών αποβλήτων στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, εκτιμάται σε 94% των παραγόμενων βιοαποδομήσιμων το 2005, ενώ η μικρή αυτή μείωση οφείλεται στην λειτουργία του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ) των Α. Λιοσίων.

Επιπλέον, προκειμένου να είναι σαφής και μάλιστα σε ποσοτικούς όρους, τόσο από περιβαλλοντική όσο και από οικονομική άποψη, η διαφορά των «περιβαλλοντικά συμβατών» σεναρίων για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Αττική με την κατάσταση που διαφαίνεται ότι θα διαμορφωθεί για την περιοχή στο άμεσο μέλλον, όπου παρά την ύπαρξη

- (α) του Ν. 3164/2003 που ενέκρινε τις κατάλληλες θέσεις για την χωροθέτηση των ΟΕΔΑ Περιφέρειας Αττικής,
- (β) της από το 2003 ΚΥΑ 50910/2727/2003 με την οποία πλέον θεσμοθετήθηκε εν γένει ο Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων και
- (γ) του από το 2005 Αναθεωρημένου Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠεΣΔΑ) της Περιφέρειας Αττικής,

προς το παρόν δεν έχει αναληφθεί καμία συγκεκριμένη δράση όσον αφορά σε νέες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, ενώ και η κατασκευή των τριών νέων ΧΥΤΑ στις εγκεκριμένες από το Ν. 3164/2003 περιοχές Φυλής, Κερατέας και Γραμματικού δεν έχει ακόμα ξεκινήσει λόγω των προσφυγών των κατοίκων των περιοχών αυτών στο ΣτΕ.

Ωστόσο, θεωρώντας ως δεδομένη την ισχύ του Ν. 3164/2003 που καθορίζει τις προαναφερθείσες περιοχές αυτές ως κατάλληλες για την ανάπτυξη εγκαταστάσεων επεξεργασίας, στην παρούσα μελέτη θεωρείται ότι η **κατασκευή ΧΥΤΑ ή/και άλλων εγκαταστάσεων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων στις περιοχές Φυλής, Γραμματικού και Κερατέας είναι μια πρακτική σύμφωνη με την υφιστάμενη νομοθεσία.**

Επιπλέον, θεωρείται ότι η **επίτευξη των απαιτούμενων για το 2011 ποσοστών ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας με βάση την Οδηγία 2004/12/ΕΚ, τόσο για τα μεμονωμένα υλικά**

**όσο και για το σύνολο των υλικών συσκευασίας, θα επιτευχθούν πλήρως σε όλα τα σενάρια με την ενίσχυση προγραμμάτων διαλογής στην πηγή.**

Τέλος, σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια θεωρείται δεδομένη η συνέχιση της λειτουργίας του ΕΜΑΚ Λιοσίων με βάση τον σχεδιασμό του, δηλ. επεξεργασία 1200 t/ημέρα σύμμεικτων απορριμμάτων και 130 t/ημέρα κλαδέματα, αλλά χωρίς συνεπεξεργασία λάσπης από την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας.

### 8.2.2 Παρουσίαση σεναρίων

Τα εξεταζόμενα σενάρια περιλαμβάνουν το Σενάριο Αναφοράς (S0), το σενάριο θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας (S1), το σενάριο συνδυασμένης θερμικής κατεργασίας με ανάκτηση ενέργειας σε συνδυασμό με μηχανική - βιολογική επεξεργασία (S2), το σενάριο πλήρους μηχανικής - βιολογικής επεξεργασίας (S3) και τέλος το σενάριο πλήρους μηχανικής - βιολογικής επεξεργασίας ακολουθούμενης από θερμική επεξεργασία με ανάκτηση ενέργειας (S4).

Η μηχανική διαλογή - κομποστοποίηση (όπως στον ΕΜΑΚ Λιοσίων) αποτελεί επεξεργασία που οδηγεί σε κομπόστ χαμηλής ποιότητας, λόγω του ότι η μηχανική διαλογή δεν μπορεί να απομακρύνει σε ικανοποιητικό βαθμό τα πλαστικά και τα μέταλλα και έτσι το κομπόστ περιέχει προσμίξεις που το καθιστούν ακατάλληλο για χρήση σε καλλιέργειες. Κατά συνέπεια, στην καλύτερη περίπτωση το κομπόστ αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποκαταστάσεις χώρων (π.χ. λατομεία) ή αλλιώς οδηγείται προς ταφή. Η χαμηλή ποιότητα του κομπόστ αποτελεί βασικό μειονέκτημα της μεθόδου και παρατηρείται σε όλες τις μονάδες διεθνώς που εφαρμόζουν την τεχνολογία της μηχανικής διαλογής – κομποστοποίησης.

Για το λόγο αυτό, στην περίπτωση των σεναρίων S2, S3 και S4 εξετάζονται δύο υπο-περιπτώσεις, η «RDF-παραλλαγή» (σενάρια S2/RDF και S3/RDF) όπου οι νέες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας είναι αντίστοιχες του ΕΜΑΚ Λιοσίων, και η «SRF-παραλλαγή» (σενάρια S2/SRF και S3/SRF) όπου οι νέες μονάδες εφαρμόζουν την τεχνολογία της βιολογικής ξήρανσης – σταθεροποίησης – μηχανικής διαλογής. Στην δεύτερη αυτή περίπτωση δεν παράγεται RDF (από το εύκαυστο τμήμα των απορριμμάτων, δηλαδή κυρίως τα πλαστικά και το χαρτί) και κομπόστ (από το οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων), αλλά μόνο καύσιμο SRF (Solid Recovered Fuel), το οποίο περιλαμβάνει και το οργανικό τμήμα των απορριμμάτων, σταθεροποιημένο όμως ώστε να μην δημιουργεί προβλήματα οσμών, εκπομπών κλπ.

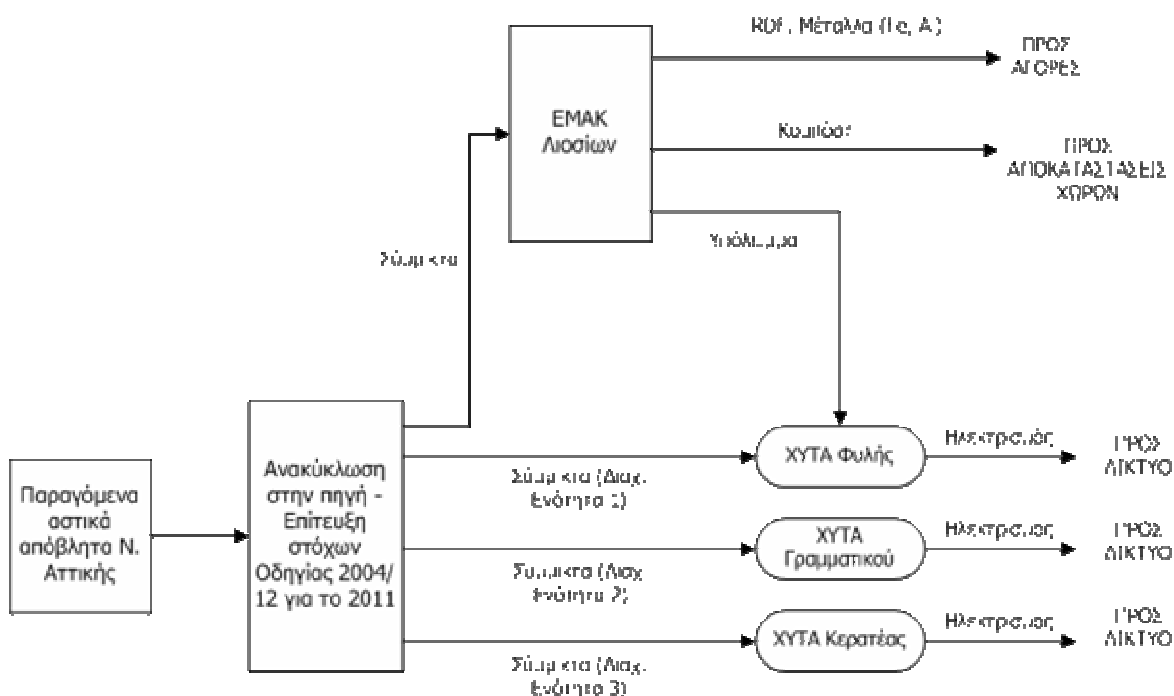
### **ΣΕΝΑΡΙΟ S0 (Σενάριο Αναφοράς)**

Το Σενάριο Αναφοράς παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-1**.

Το Σενάριο Αναφοράς συνιστά την περίπτωση της συνέχισης της υφιστάμενης κατάστασης τουλάχιστον μέχρι το 2010 όσον αφορά στις νέες εγκαταστάσεις επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Ο ΕΜΑΚ Λιοσίων παραμένει σε λειτουργία, παράγοντας κομπόστ που χρησιμοποιείται σε αποκαταστάσεις χώρων και RDF που οδηγείται προς καύση σε βιομηχανικές και ενεργειακές εγκαταστάσεις (μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, παραγωγής τσιμέντου, κεραμικών κλπ.) που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα. Θα πρέπει να επισημανθούν τα εξής 2 βασικά σημεία:

- ❖ Παρά την απουσία νέων μονάδων επεξεργασίας, **το Σενάριο Αναφοράς απαιτεί σημαντική προσπάθεια σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση**, και συγκεκριμένα
  - Τη σημαντική αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας

- Τη συστηματική διάθεση του παραγόμενου RDF από τον ΕΜΑΚ Λιοσίων, που προς το παρόν δεν αξιοποιείται ενεργειακά καθώς οι μονάδες δεν γνωρίζουν την ακριβή ποιοτική σύστασή του ώστε να μπορούν να αξιολογήσουν το κατά πόσον είναι κατάλληλο σε σχέση με τις προδιαγραφές του τελικού προϊόντος τους, τις εφαρμοζόμενες διατάξεις τροφοδοσίας και καύσης των στερεών καυσίμων, καθώς και να εκτιμήσουν τις πρόσθετες επενδύσεις σε αντιρρυπαντική τεχνολογία που απαιτεί η καύση του ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις της περιβαλλοντικής νομοθεσίας
  - Τη συστηματική διάθεση του παραγόμενου κομπόστ από τον ΕΜΑΚ Λιοσίων για αποκαταστάσεις χώρων, ενώ αντίθετα σήμερα το κομπόστ οδηγείται κατά βάση στον ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων.
- ❖ Παρά τις παραπάνω βελτιώσεις, **το Σενάριο Αναφοράς** δεν επιτυγχάνει τα απαιτούμενα ποσοστά ανάκτησης υλικών και κατά συνέπεια δεν είναι συμβατό με την περιβαλλοντική νομοθεσία και έτσι **δεν αποτελεί εναλλακτική λύση ως προς τα σενάρια S2 και S3.**



**Σχήμα 8-1** Σενάριο Αναφοράς – Αττική (S0)

Στο Σενάριο Αναφοράς λειτουργούν και οι 3 προβλεπόμενοι νέοι ΧΥΤΑ (Φυλή, Κερατέα και Γραμματικό), καθένας από τους οποίους διαθέτει εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης του συλλεγόμενου βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρισμού που πωλείται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Στον ΧΥΤΑ Φυλής οδηγείται και το υπόλειμμα του ΕΜΑΚ Λιοσίων.

### **ΣΕΝΑΡΙΟ S1 (Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας)**

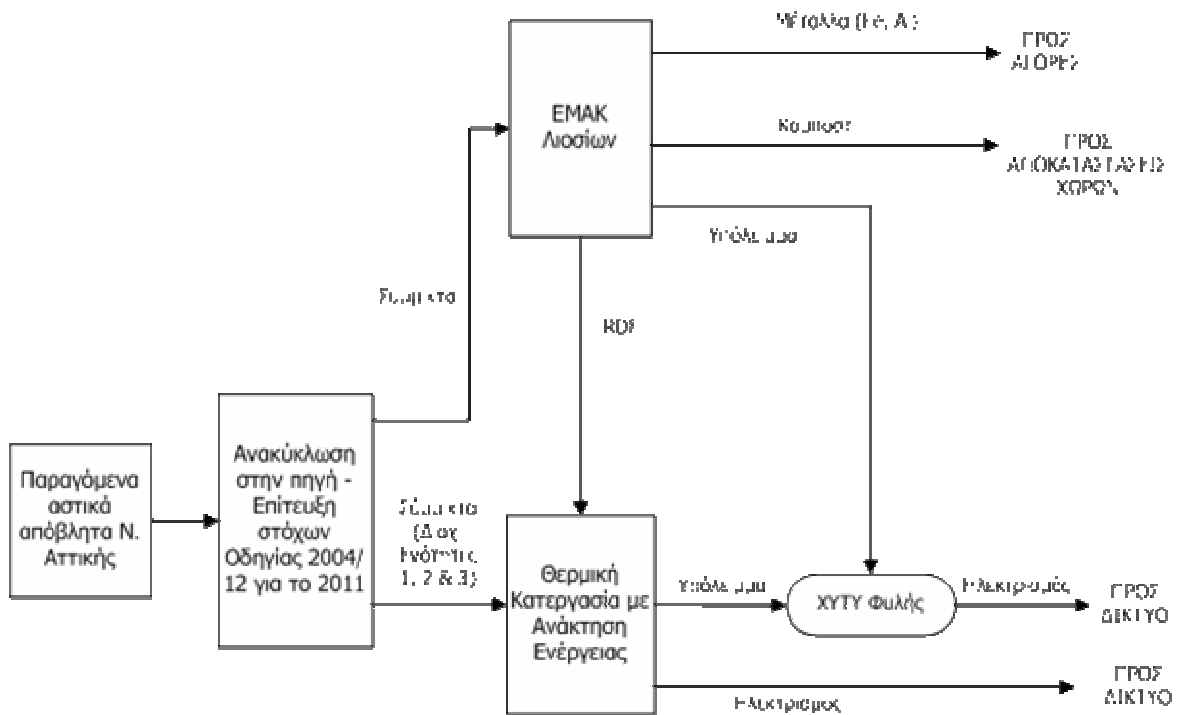
Το Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-2**.

Στο σενάριο αυτό, ένα μέρος των σύμμεικτων απορριμμάτων οδηγείται στον ΕΜΑΚ Λιοσίων (της τάξης του 20%, βαίνοντας μειούμενο προς το 16% το 2027 καθώς η δυναμικότητα του ΕΜΑΚ

θεωρείται ότι παραμένει αμετάβλητη ενώ η συνολική ποσότητα των απορριμμάτων προς επεξεργασία αυξάνεται). Το υπόλοιπο (και μεγαλύτερο) τμήμα των σύμμεικτων απορριμμάτων της Αττικής, μαζί με το παραγόμενο RDF του ΕΜΑΚ Λιοσίων, οδηγείται σε μονάδα(ες) θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας (παραγωγή ηλεκτρισμού), που διοχετεύεται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, εκτός από μία ποσότητα της τάξης του 11-12% για ιδιοκατανάλωση της(ων) μονάδας(ων).

Σημειώνεται ότι οι περισσότερες αντίστοιχες εγκαταστάσεις στο εξωτερικό παράγουν όχι μόνο ηλεκτρισμό αλλά και θερμότητα, η οποία αξιοποιείται από καταναλωτές του οικιακού – τριτογενή και βιομηχανικού τομέα. Ωστόσο, καθώς στην παρούσα μελέτη δεν περιλαμβάνονται θέματα χωροθέτησης των εγκαταστάσεων και κατά συνέπεια δεν είναι γνωστή η θέση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας, δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστούν και οι πιθανοί καταναλωτές θερμότητας / ατμού και για τον λόγο αυτό γίνεται η παραδοχή ότι η ανάκτηση ενέργειας αφορά αποκλειστικά σε ηλεκτροπαραγωγή.

Το υπόλειμμα που παράγεται από τη θερμικής επεξεργασία οδηγείται στον ΧΥΤ Φυλής (για τον οποίο γίνεται η παραδοχή ότι θα έχει την κατάλληλη υποδομή για την υποδοχή και του υπολείμματος της καύσης), όπως και το υπόλειμμα του ΕΜΑΚ Λιοσίων. Λόγω του ότι δεν οδηγούνται πλέον σύμμεικτα απορρίμματα προς ταφή, θεωρείται ότι δεν είναι πλέον απαραίτητη η κατασκευή τριών νέων ΧΥΤΥ, παρά μόνον ενός (στη Φυλή).



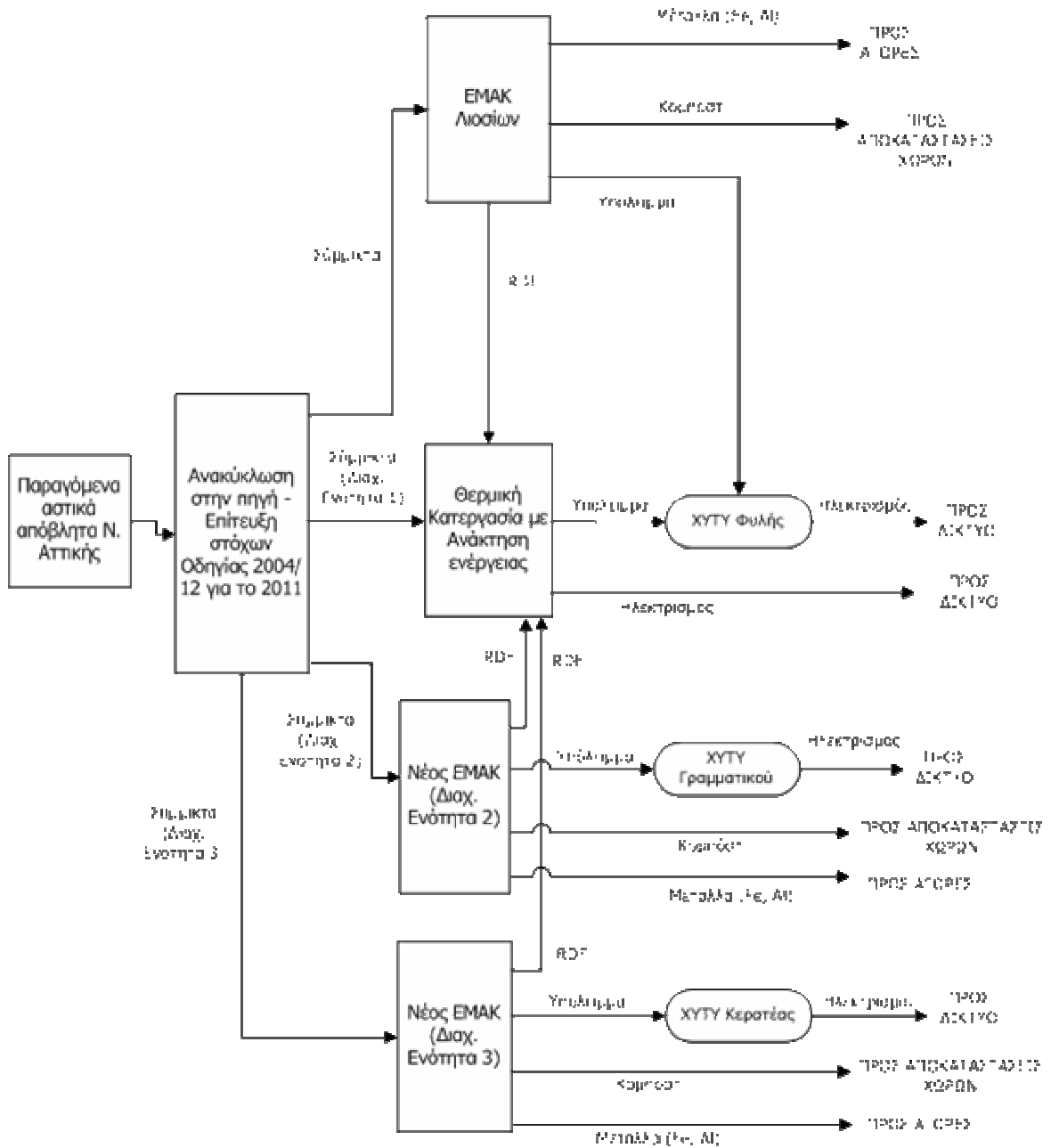
Σχήμα 8-2 Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας – Αττική (S1)

### **ΣΕΝΑΡΙΟ S2/RDF (Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας & Μηχανική Διαλογή - Κομποστοποίηση)**

Το Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας & Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-3α**.

Σε σύγκριση με το σενάριο S1, στο σενάριο αυτό στη μονάδα(ες) θερμικής επεξεργασίας δεν οδηγείται το σύνολο των απορριμμάτων της Αττικής, αλλά μόνον τα σύμμεικτα απορρίμματα της Διαχειριστικής Ενότητας 1 (πλην της ποσότητας του ΕΜΑΚ Λιοσίων). Στις άλλες δύο διαχειριστικές ενότητες δημιουργούνται μονάδες βιολογικής επεξεργασίας αντίστοιχες του ΕΜΑΚ Λιοσίων, και το παραγόμενο σε αυτές RDF, όπως και το RDF του ΕΜΑΚ Λιοσίων, αξιοποιείται ενεργειακά σε μονάδα(ες) θερμικής επεξεργασίας. Δεδομένου ότι στο σενάριο αυτό υπάρχει τουλάχιστον μία εγκατάσταση επεξεργασίας (είτε θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας είτε ΕΜΑΚ) σε κάθε διαχειριστική ενότητα, θεωρείται ότι απαιτείται η κατασκευή και των τριών νέων χώρων διάθεσης σε Φυλή, Κερατέα και Γραμματικό, οι οποίοι βέβαιο και στην περίπτωση αυτοί λειτουργούν ως ΧΥΤΥ για τα υπολείμματα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας.

Όσον αφορά τα παραγόμενα προϊόντα, δηλαδή κομπόστ, ηλεκτρισμό και ανακτώμενα μέταλλα, αυτά διατίθενται σε αποκαταστάσεις χώρων, στο διασυνδεδεμένο δίκτυο και σε βιομηχανίες αντιστοίχως.

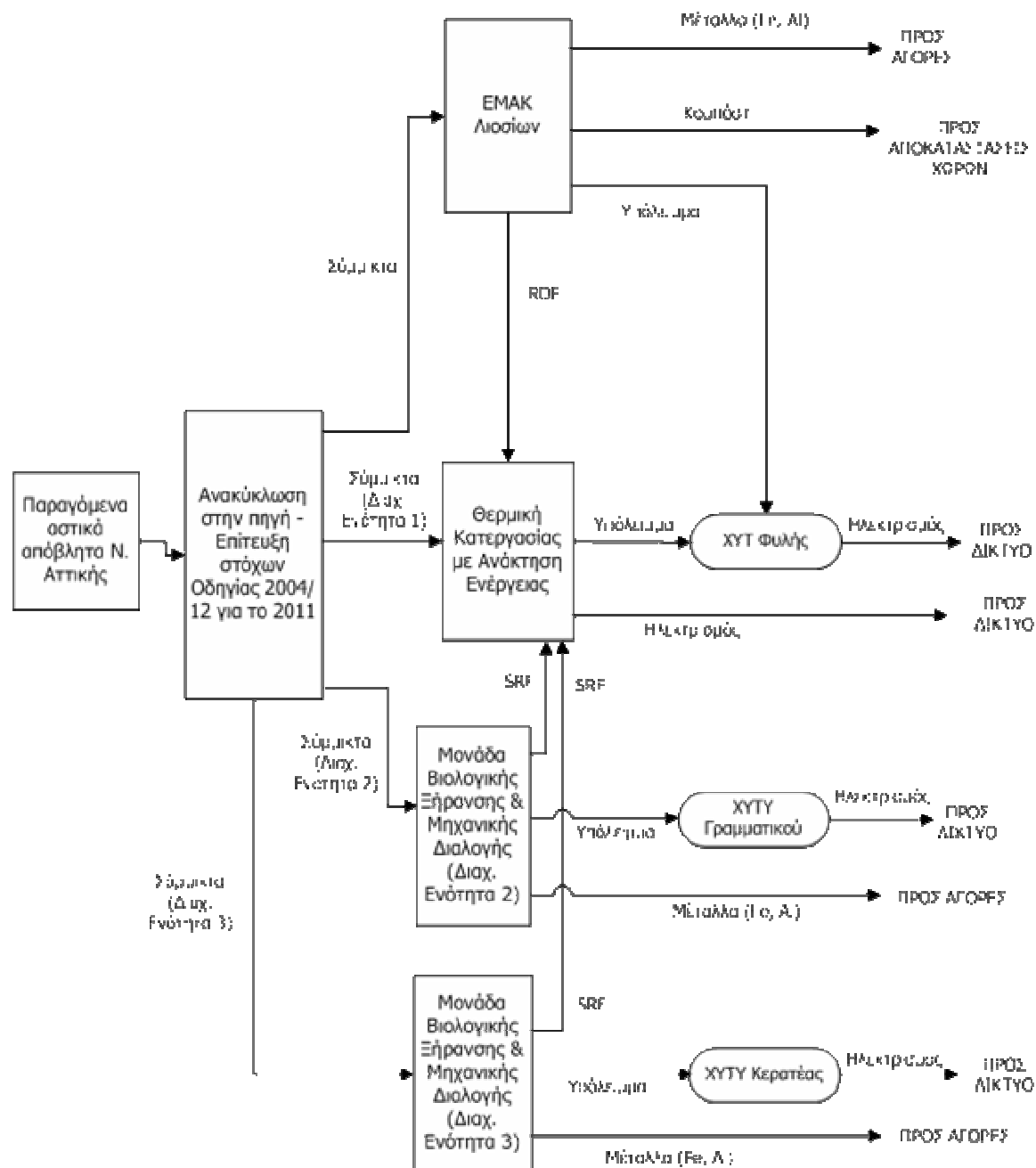


Σχήμα 8-3α Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας & Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης – Αττική (S2/RDF)



### **ΣΕΝΑΡΙΟ S2/SRF (Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας & Βιολογική Ξήρανση – Μηχανική Διαλογή)**

Το Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας & Μονάδες Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικής Διαλογής παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-3β**.



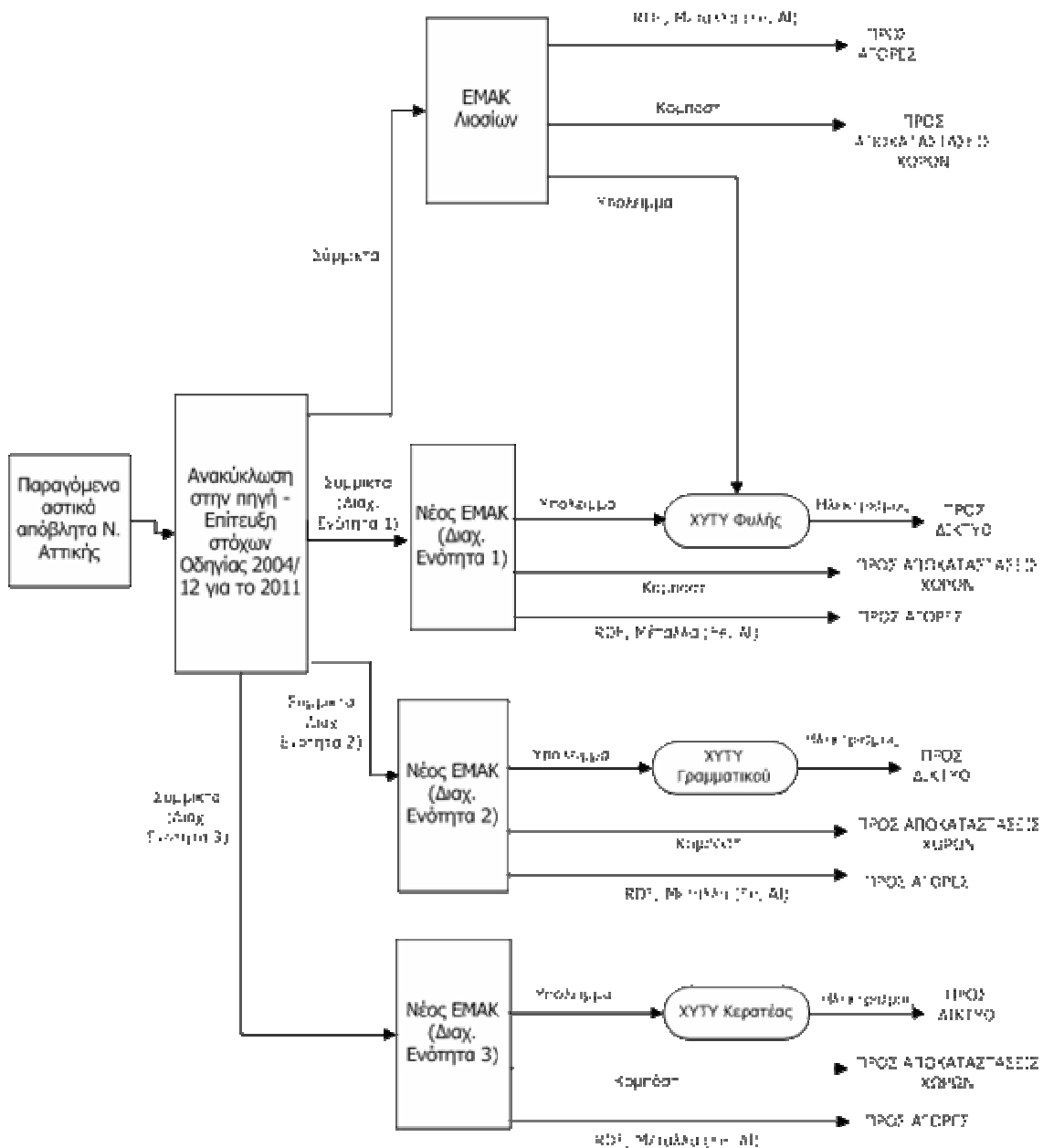
**Σχήμα 8-3β Σενάριο Θερμικής Κατεργασίας με Ανάκτηση Ενέργειας & Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικής Διαλογής – Αττική (S2/SRF)**

Στο σενάριο αυτό οι δύο νέες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας στις μικρότερες διαχειριστικές ενότητες παράγουν μόνο SRF, αξιοποιώντας με τον τρόπο αυτόν και το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων, ενώ στη συνέχεια το καύσιμο αυτό, μαζί με το RDF του ΕΜΑΚ Λιοσίων οδηγείται σε μονάδα(ες) θερμικής κατεργασίας. Κατά τα άλλα, το σενάριο αυτό είναι ίδιο με το S2/RDF. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρουσιάζει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη μηχανική διαλογή - κομποστοποίηση: (α) μικρότερη ποσότητα υπολείμματος (12-15%), (β) δεν παράγει

κομπόστ, που στην περίπτωση της κομποστοποίησης με σύμμεικτα απορρίμματα είναι χαμηλής ποιότητας και καθιστώντας πολύ δύσκολη τη διάθεσή του, (γ) το παραγόμενο καύσιμο είναι σταθεροποιημένο και υψηλής ποιότητας, και (δ) η απόδοση των διαχωρισμών είναι υψηλή γιατί έχει προηγηθεί ξήρανση.

### **ΣΕΝΑΡΙΟ S3/RDF (Πλήρης Μηχανική Διαλογή - Κομποστοποίηση)**

Το Σενάριο Πλήρους Μηχανικής Διαλογής - Κομποστοποίησης παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-4α**. Στο σενάριο αυτό το σύνολο των σύμμεικτων απορριμμάτων της Αττικής υφίσταται επεξεργασία σε μονάδες Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης (μία ανά Διαχειριστική Ενότητα). Το παραγόμενο RDF και από τους τρεις νέους ΕΜΑΚ, όπως και από τον υφιστάμενο των Α. Λιοσίων, διατίθεται προς ενεργειακή αξιοποίηση σε βιομηχανικές – ενεργειακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα (τσιμέντα, ηλεκτροπαραγωγή, κεραμικά, κλπ.)

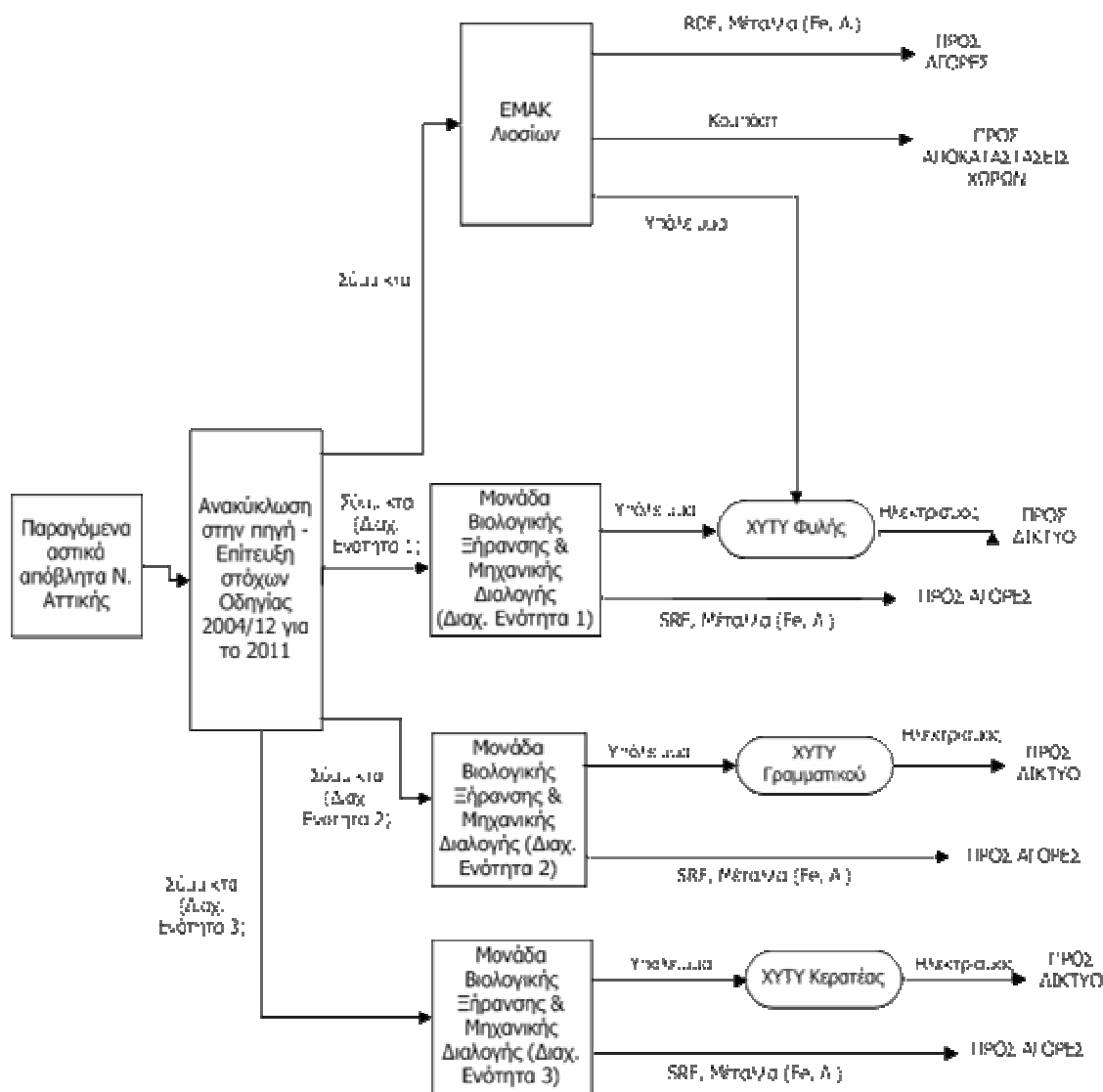


**Σχήμα 8-4α Σενάριο Πλήρους Μηχανικής Διαλογής & Κομποστοποίησης – Αττική (S3/RDF)**

Η ποσότητα του παραγόμενου κομποστ στο σενάριο αυτό είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή των υπόλοιπων σεναρίων (κατά μέσο όρο περίπου 350.000 τόνοι ετησίως), γεγονός που δημιουργεί αβεβαιότητα σε σχέση με το κατά πόσον θα είναι δυνατό να εξασφαλιστεί στην πράξη η ανεύρεση χώρων για την συστηματική (σε ετήσια βάση) αξιοποίηση της ποσότητας αυτής. Επιπλέον, το γεγονός ότι σε αυτό το σενάριο η ποσότητα του παραγόμενου RDF είναι σημαντικά μεγαλύτερη (περίπου 600.000 t ετησίως κατά μέσο όρο), ενώ συγχρόνως δεν υφίσταται μονάδα(ες) θερμικής επεξεργασίας που να το αξιοποιεί, καθιστά το σενάριο σχετικά «ευάλωτο» - τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά - σε σχέση με τον παράγοντα της διάθεσής του: η ποσότητα RDF που θα διατεθεί στους τελικούς χρήστες και η τιμή διάθεσής του θα επηρεάσει την οικονομικότητα του σεναρίου, ενώ σε περίπτωση μη διάθεσής του θα πρέπει να οδηγηθεί αναγκαστικά σε ΧΥΤΥ μειώνοντας έτσι τον χρόνο ζωής του και καθιστώντας αναγκαία την επέκτασή του.

### **ΣΕΝΑΡΙΟ S3/SRF (Πλήρης Βιολογική Ξήρανση – Μηχανική Διαλογή)**

Το Σενάριο Πλήρους Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικής Διαλογής παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-4β**.

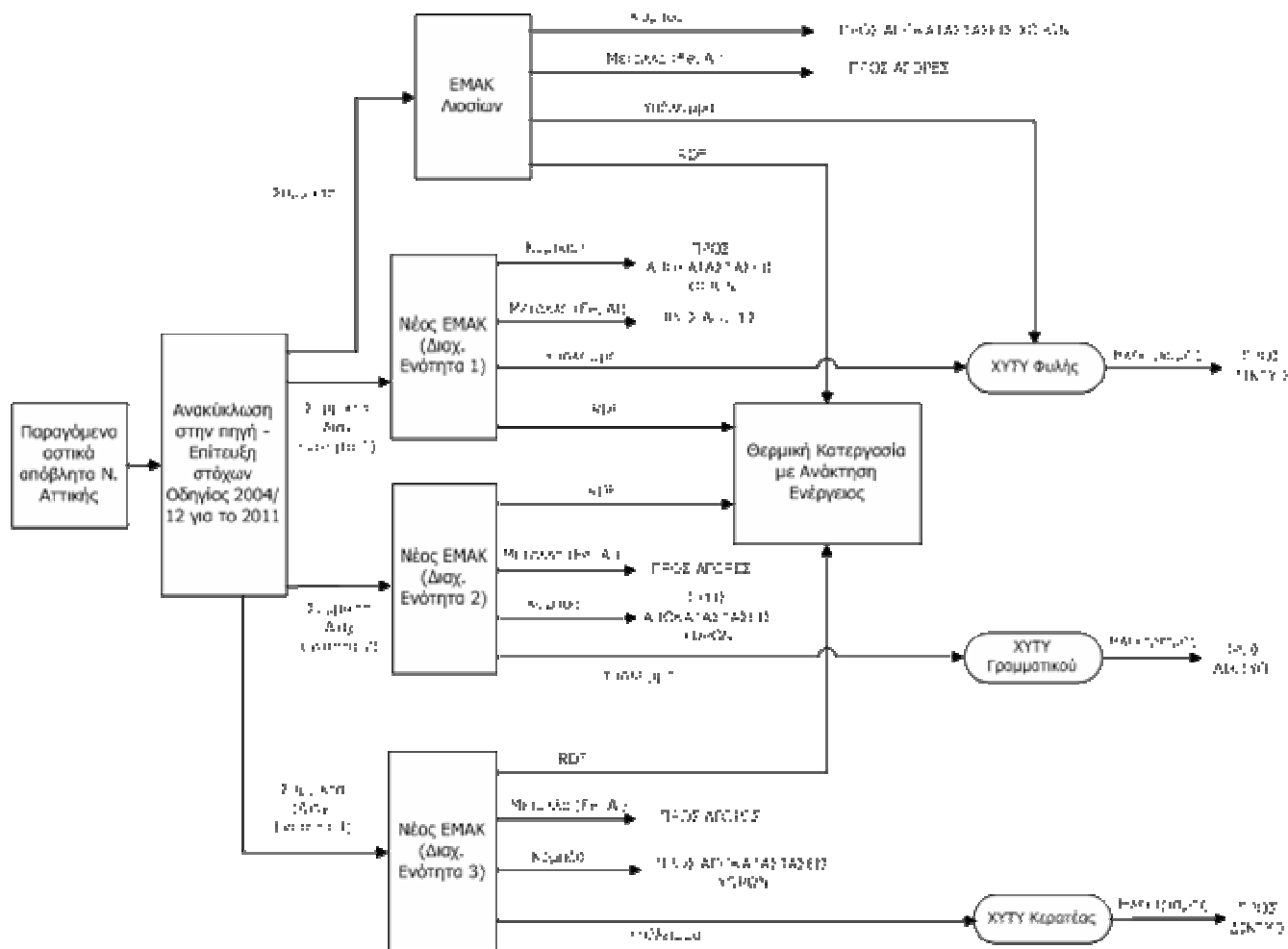


**Σχήμα 8-4β** Σενάριο Πλήρους Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικής Διαλογής – Αττική (S3/SRF)

Το σενάριο αυτό είναι αντίστοιχο με το σενάριο S3/RDF, όμως εδώ οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας παράγουν μόνο SRF, το οποίο διατίθεται όπως το RDF (σε βιομηχανικές – ενεργειακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα).

**ΣΕΝΑΡΙΟ S4/RDF (Πλήρης Μηχανική Διαλογή – Κομποστοποίηση ακολουθούμενη από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας)**

Το Σενάριο Πλήρους Μηχανικής Διαλογής – Κομποστοποίησης ακολουθούμενης από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-5α**.



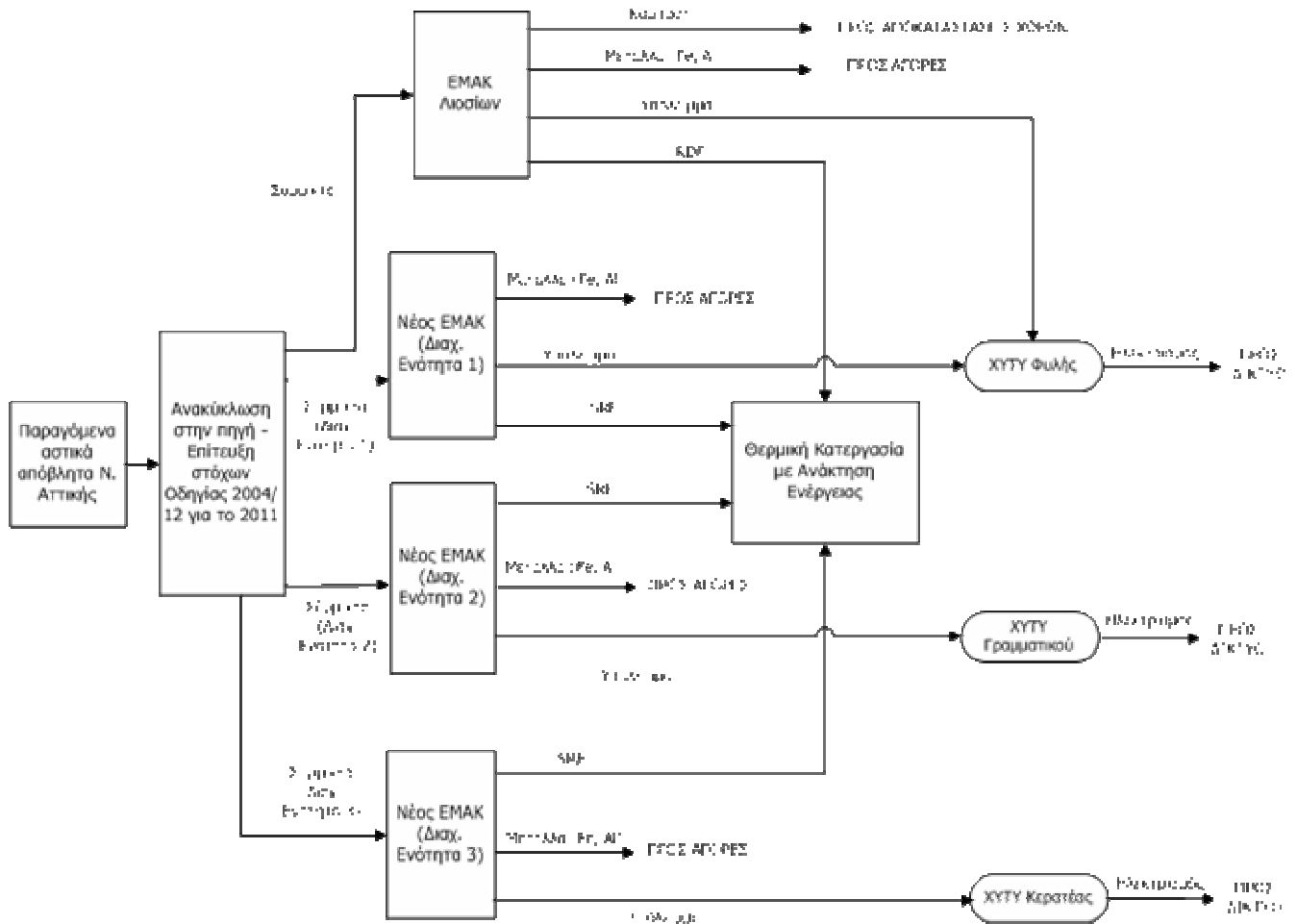
**Σχήμα 8-5α Σενάριο Πλήρους Μηχανικής Διαλογής – Κομποστοποίησης ακολουθούμενης από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας – Αττική (S4/RDF)**

Επιλέχθηκε να εξεταστεί το σενάριο αυτό καθώς, συγκριτικά με το S3/RDF (Πλήρης Μηχανική Διαλογή – Κομποστοποίηση), εξασφαλίζει την ομαλή αξιοποίηση του παραγόμενου RDF σε μονάδα(ες) εντός του συστήματος του φορέα διαχείρισης και έτσι στο σενάριο αυτό δεν υπάρχει η αβεβαιότητα σχετικά με το αν θα βρεθούν αποδέκτες για το RDF (βιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή), ποιο τμήμα του RDF θα απορροφήσουν και σε τι τιμή. Το κόστος του σεναρίου επιβαρύνεται με το

πρόσθετο κόστος επένδυσης και λειτουργίας της θερμικής κατεργασίας, αλλά ταυτόχρονα ενισχύεται με τα έσοδα από την πώληση του παραγόμενου ηλεκτρισμού.

**ΣΕΝΑΡΙΟ S4/SRF (Πλήρης Βιολογική Ξήρανση – Μηχανικός Διαχωρισμός ακολουθούμενων από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας)**

Το Σενάριο Πλήρους Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικού Διαχωρισμού ακολουθούμενων από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας παρουσιάζεται στο **Σχήμα 8-5β**.



**Σχήμα 8-5β Σενάριο Βιολογικής Ξήρανσης – Μηχανικού Διαχωρισμού ακολουθούμενων από Θερμική Κατεργασία με Ανάκτηση Ενέργειας – Αττική (S4/SRF)**

Το σενάριο αυτό είναι αντίστοιχο με το S4/RDF, με τη διαφορά ότι αντί για RDF στις μονάδες βιολογικής – μηχανικής επεξεργασίας παράγεται SRF.

### 8.3 Ποσότητες και χαρακτηριστικά στερεών αποβλήτων – Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και λοιποί δείκτες

Οι εκτιμώμενες στην παρούσα εργασία ποσότητες ανά υλικό των παραγόμενων στερεών αποβλήτων και αυτών που οδηγούνται προς επεξεργασία και διάθεση παρουσιάζονται στον **Πίνακα 8-1**. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 7.2, σε όλα τα σενάρια έχει θεωρηθεί ότι επιτυγχάνονται οι ποσοτικοί στόχοι της Οδηγίας 2004/12/ΕΚ για την ανακύκλωση υλικών συσκευασίας για το 2011. Σημειώνεται ότι, για κάποια υλικά συσκευασίας, το ποσοστό ανακύκλωσής τους υπερκαλύπτει τον ελάχιστο στόχο της Οδηγίας (60% για το γυαλί, 60% για το χαρτί, 22.5% για πλαστικό, 50% για τα μέταλλα και 15% για το ξύλο) έτσι ώστε το 2011 να επιτυγχάνεται και ο ελάχιστος συνολικός στόχος ανακύκλωσης υλικών συσκευασίας (55%).

**Πίνακας 8-1** Εκτιμώμενες ποσότητες (t) αστικών στερεών αποβλήτων στην Αττική

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	2007	2012	2017	2022	2027
<b>Παραγόμενα</b>	<b>2,121,170</b>	<b>2,410,855</b>	<b>2,690,792</b>	<b>2,905,462</b>	<b>3,033,412</b>
Οργανικά	986,344	1,121,048	1,251,218	1,351,040	1,410,537
Χαρτί & χαρτόνι	497,202	565,104	630,722	681,040	711,032
Πλαστικά	229,086	260,372	290,606	313,790	327,609
Μέταλλα	79,332	90,166	100,636	108,664	113,450
Γυαλί	72,544	82,451	92,025	99,367	103,743
Υφάσματα, ξύλο, λάστιχο, δέρμα	90,150	102,461	114,359	123,482	128,920
Αδρανή	75,938	86,309	96,330	104,016	108,596
Διάφορα	90,574	102,944	114,897	124,063	129,527
<b>Από τα οποία υλικά συσκευασίας</b>	<b>480,792</b>	<b>546,453</b>	<b>609,905</b>	<b>658,563</b>	<b>687,564</b>
<b>Προς επεξεργασία/διάθεση</b>	<b>1,871,268</b>	<b>2,036,822</b>	<b>2,281,448</b>	<b>2,469,041</b>	<b>2,580,852</b>
Οργανικά	986,344	1,121,048	1,251,218	1,351,040	1,410,537
Χαρτί & χαρτόνι	282,125	309,772	353,862	387,672	407,825
Πλαστικά	221,123	219,563	245,058	264,608	276,261
Μέταλλα	73,294	66,987	74,766	80,730	84,286
Γυαλί	52,134	28,207	31,482	33,994	35,491
Υφάσματα, ξύλο, λάστιχο, δέρμα	89,735	101,992	113,835	122,917	128,330
Αδρανή	75,938	86,309	96,330	104,016	108,596
Διάφορα	90,574	102,944	114,897	124,063	129,527
<b>% ανακύκλωσης</b>	<b>11.8%</b>	<b>15.5%</b>	<b>15.2%</b>	<b>15.0%</b>	<b>14.9%</b>
<b>% ανακύκλωσης υλικών συσκευασίας</b>					
<b>Σύνολο υλικών</b>	<b>37.5%</b>	<b>55.7%</b>	<b>55.7%</b>	<b>55.7%</b>	<b>55.7%</b>
Γυαλί	32.1%	75.0%	75.1%	75.1%	75.1%
Χαρτί & χαρτόνι	71.2%	80.0%	80.1%	80.1%	80.1%
Μέταλλα	14.8%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%
Πλαστικά	5.0%	22.5%	22.5%	22.5%	22.5%
Λοιπά	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%

Ο συνολικός βαθμός ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας, με βάση τα ποσοστά ανά υλικό που θεωρήθηκαν και που παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-1, ανέρχεται σε 56% το 2011 (σήμερα εκτιμάται σε 33-34% περίπου). Η συνολική ανακύκλωση υλικών αυξάνεται ελαφρά (από 11-12% σήμερα σε σχεδόν 16% την εξεταζόμενη περίοδο). Η αύξηση της ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας κατά σχεδόν 140.000 τόνους ετησίως απαιτεί σημαντική προσπάθεια από την πλευρά των δημοτών, αλλά και την αντίστοιχη υποδομή συλλογής και μεταφοράς.

Οι ποσότητες εισόδου και εξόδου στις μονάδες επεξεργασίας για τα διάφορα σενάρια παρουσιάζονται στον **Πίνακα 8-2**.

**Πίνακας 8-2 Ποσότητες στερεών αποβλήτων στην είσοδο και στην έξοδο των μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων στην Αττική**

Σενάρια	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	2007	2012	2017	2022	2027
<b>ΕΜΑΚ Λιοσίων <sup>[1]</sup></b>						
Σε όλα τα σενάρια	Τροφοδοσία (t)	448,950	448,950	448,950	448,950	448,950
	Παραγόμενο κομπόστ (t)	100,347	100,347	100,347	100,347	100,347
	Παραγόμενο RDF (t)	106,961	106,961	106,961	106,961	106,961
	Ανακτώμενα υλικά (t)	11,894	11,894	11,894	11,894	11,894
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)	96,695	96,695	96,695	96,695	96,695
<b>Θερμική αξιοποίηση με ανάκτηση ενέργειας <sup>[2]</sup></b>						
S1	Τροφοδοσία (t)		1,742,282	1,986,910	2,174,503	2,286,313
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		434,916	496,337	543,403	571,444
S2/RDF	Τροφοδοσία (t)		1,522,614	1,735,280	1,898,389	1,995,615
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		379,999	433,430	474,374	498,769
S2/SRF	Τροφοδοσία (t)		1,590,418	1,812,664	1,983,103	2,084,692
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		396,950	452,776	495,553	521,038
S4/RDF	Τροφοδοσία (t)		529,335	598,920	652,281	684,086
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		132,334	149,730	163,070	171,021
S4/SRF	Τροφοδοσία (t)		902,921	1,025,287	1,119,035	1,174,883
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		225,730	256,322	279,759	293,721
<b>Μηχανική-Βιολογική Επεξεργασία <sup>[3]</sup></b>						
S2/RDF	Τροφοδοσία (t)		296,802	341,201	375,248	395,541
	Παραγόμενο κομπόστ (t)		39,451	45,191	49,588	52,207
	Παραγόμενο RDF (t)		77,134	89,571	99,134	104,843
	Ανακτώμενα υλικά (t)		8,871	10,161	11,150	11,739
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		72,115	82,608	90,646	95,434
S3/RDF	Τροφοδοσία (t)		1,635,322	1,879,948	2,067,541	2,179,352
	Παραγόμενο κομπόστ (t)		217,366	248,992	273,219	287,651
	Παραγόμενο RDF (t)		424,992	493,519	546,211	577,663
	Ανακτώμενα υλικά (t)		48,875	55,174	61,434	64,679
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		397,341	455,153	499,440	525,821
S4/RDF	Τροφοδοσία (t)		1,635,322	1,879,948	2,067,541	2,179,352
	Παραγόμενο κομπόστ (t)		217,366	248,992	273,219	287,651
	Παραγόμενο RDF (t)		422,374	491,958	545,319	577,124
	Ανακτώμενα υλικά (t)		48,875	55,986	61,434	64,679
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		397,341	455,153	499,440	525,821
<b>Βιολογική Ξήρανση &amp; Μηχανικός διαχωρισμός <sup>[3]</sup></b>						
S2/SRF	Τροφοδοσία (t)		296,802	341,201	375,248	395,541
	Παραγόμενο SRF (t)		144,938	166,955	183,848	193,920
	Ανακτώμενα υλικά (t)		9,307	10,661	11,699	12,317
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		45,933	52,616	57,735	60,785
S3/SRF	Τροφοδοσία (t)		1,635,322	1,879,948	2,067,541	2,179,352
	Παραγόμενο SRF (t)		798,578	919,887	1,012,965	1,068,461
	Ανακτώμενα υλικά (t)		51,281	58,742	64,457	67,862
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		253,079	289,901	318,109	334,912
S4/SRF	Τροφοδοσία (t)		1,635,322	1,879,948	2,067,541	2,179,352
	Παραγόμενο SRF (t)		794,095	915,961	1,009,392	1,065,073
	Ανακτώμενα υλικά (t)		51,281	58,742	64,457	67,862
	Υπόλειμμα προς ΧΥΤΥ (t)		253,079	289,901	318,109	334,912

ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ <sup>[4]</sup>					
S0	1,566,462	1,732,016	1,976,643	2,164,235	2,276,047
S1	1,566,462	531,611	593,032	640,097	668,138
S2/RDF	1,566,462	548,809	612,732	661,715	690,897
S2/SRF	1,566,462	539,577	602,086	649,982	678,518
S3/RDF	1,566,462	494,036	551,848	596,135	622,516
S3/SRF	1,566,462	349,774	386,596	414,804	431,607
S4/RDF	1,566,462	627,229	702,090	759,498	793,714
S4/SRF	1,566,462	576,364	643,430	694,855	725,504

- [1] Στην τροφοδοσία περιλαμβάνονται επιπλέον των στερεών αστικών αποβλήτων και περίπου 48.000 τόνοι κλαδέματα.
- [2] Παραδοχή για έναρξη λειτουργίας: 2010
- [3] Παραδοχή για έναρξη λειτουργίας: 2009
- [4] Παραδοχή για έναρξη λειτουργίας νέων ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ: 2008

Στην περίπτωση του σεναρίου S3, οι ποσότητες υπολειμμάτων που οδηγούνται στους ΧΥΤΥ την περίοδο 2009-2027 και οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 8-2 προκύπτουν με την παραδοχή ότι η βιομηχανία / ηλεκτροπαραγωγή απορροφά το 100% του παραγόμενου RDF/SRF από τις μονάδες επεξεργασίας. Ωστόσο, προκειμένου να εξεταστούν οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν γίνει εφικτό (δεδομένης της μεγάλης αβεβαιότητας που υπάρχει προς το παρόν), γίνεται και μια ανάλυση ευαισθησίας που παρουσιάζεται στην παράγραφο 8.4 που ακολουθεί.

Οι εκτιμώμενες συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (εκφραζόμενες σε ισοδύναμους τόνους CO<sub>2</sub>) παρουσιάζονται στον **Πίνακα 8-3**. Σημειώνεται ότι:

- Για όλες τις μονάδες επεξεργασίας, οι εκπομπές υπολογίζονται για χρονικό διάστημα 20 ετών (μέχρι το 2027), όσο είναι και ο χρονικός ορίζοντας της οικονομικής αξιολόγησης.
- Ειδικά για τους χώρους διάθεσης (ΧΥΤΑ/ΧΥΤ), οι εκπομπές δεν υπολογίζονται μόνο για τον ενεργό χρόνο ζωής του χώρου διάθεσης (παραδοχή: ίσος με 20 έτη), αλλά και για τα επόμενα 20 έτη όπου ναι μεν έχει σταματήσει η διάθεση των απορριμμάτων αλλά εξακολουθεί η παραγωγή μεθανίου από τη βιοαποδόμηση των απορριμμάτων.
- Για τη μετατροπή των εκπομπών μεθανίου (CH<sub>4</sub>) σε ισοδύναμους τόνους CO<sub>2</sub> χρησιμοποιείται ο δείκτης δυναμικού παγκόσμιας αύξησης θερμοκρασίας για το μεθάνιο (ήτοι 21) που προτείνεται από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή [IPCC] (IPCC 1997).
- Οι υπολογιζόμενες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου περιλαμβάνουν, εκτός από τις άμεσες εκπομπές, και την αποφυγή εκπομπών ως συνέπεια της λειτουργίας των σεναρίων. Συγκεκριμένα, οι *άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου* περιλαμβάνουν:
  - Εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση σύμμεικτων απορριμμάτων και δευτερογενών καυσίμων (RDF, SRF) στις μονάδες θερμικής αξιοποίησης ΑΣΑ με ανάκτηση ενέργειας των σεναρίων. Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούνται συντελεστές εκπομπής από τη διεθνή βιβλιογραφία (IPCC 2000, CEMBUREAU 2003, Herhof Environmental, 2007) για τα διάφορα υλικά τροφοδοσίας των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης (2460 kg CO<sub>2</sub>/t για το πλαστικό, 59 kg CO<sub>2</sub>/t για το γυαλί, μέσος όρος 1519 kg CO<sub>2</sub>/t για τα υφάσματα-ξύλο-λάστιχο-δέρμα, 24 kt CO<sub>2</sub>/TJ για το SRF). Ειδικά για το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των



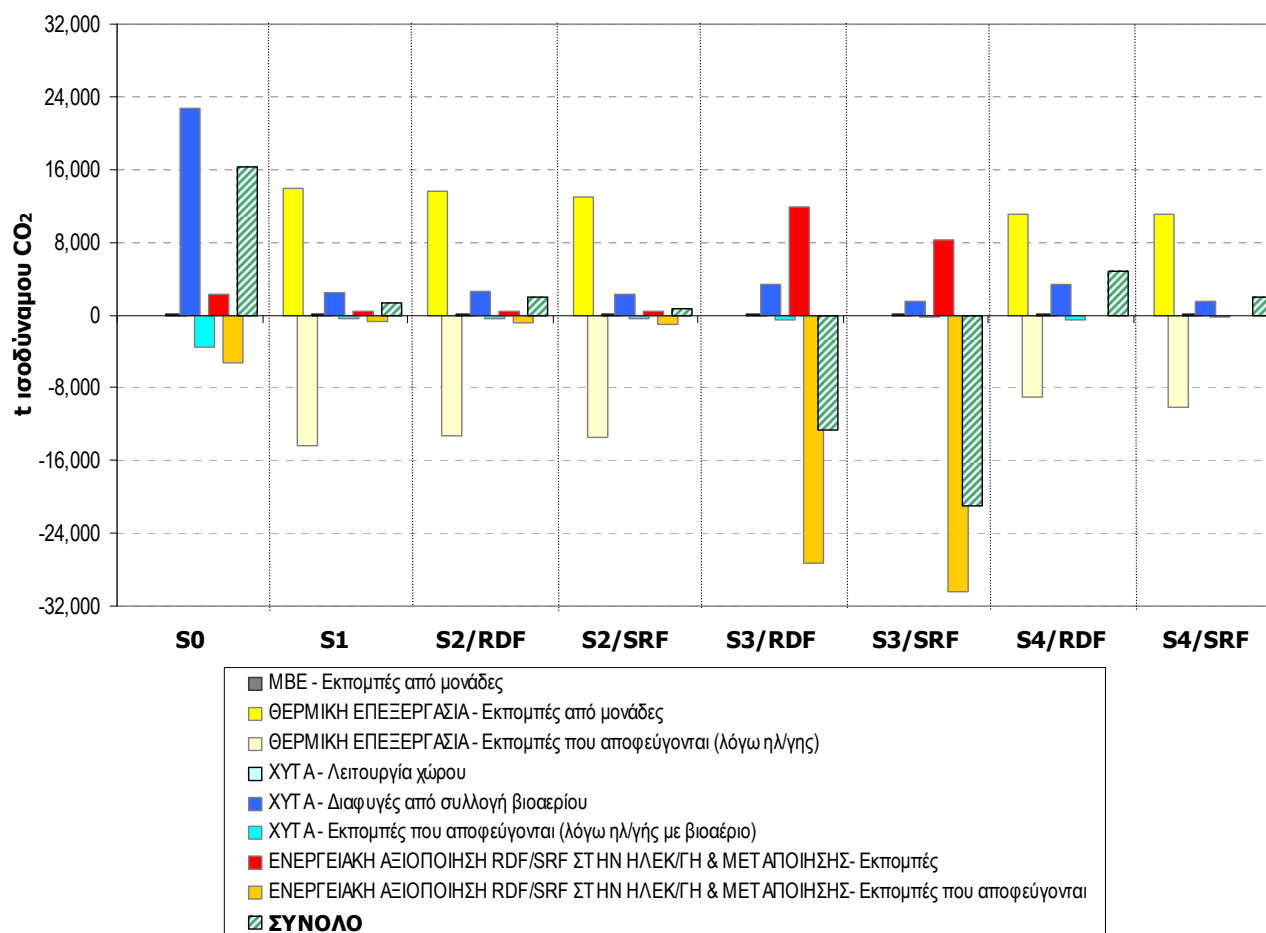
- απορριμμάτων (οργανικά και χαρτί-χαρτόνι) ο συντελεστής εκπομπής λαμβάνεται ίσος με μηδέν (0) βάσει των κατευθυντήριων οδηγιών του IPCC (IPCC 1997, IPCC 2000).
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση δευτερογενών καυσίμων (RDF/SRF) στην ηλεκτροπαραγωγή/ τσιμεντοβιομηχανία/λοιπή μεταποίηση. Ειδικά για τα σενάρια S1 και S2, καθώς οι μονάδες θερμικής αξιοποίησης ΑΣΑ με ανάκτηση ενέργειας των σεναρίων ξεκινούν τη λειτουργία τους το 2010, το RDF του ΕΜΑΚ Λιοσίων διατίθεται στην ηλεκτροπαραγωγή/μεταποίηση μόνο την περίοδο 2007-2009, ενώ στη συνέχεια διοχετεύεται στις μονάδες θερμικής αξιοποίησης των σεναρίων.
  - Εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη λειτουργία των ΧΥΤΑ/ΧΥΤ από χρήση μηχανημάτων κλπ. Εκτιμώνται με βάση βιβλιογραφικούς συντελεστές και συγκεκριμένα δείκτη κατανάλωσης καυσίμου 0.6 lt ντίζελ/m<sup>3</sup> όγκου αποτιθέμενων απορριμμάτων (McDougall et al. 2002), κατώτερη θερμογόνο δύναμη 43.33 GJ/t και συντελεστή εκπομπής 73.33 kg CO<sub>2</sub>/GJ (IPCC 1997).
  - Εκπομπές CH<sub>4</sub> από τη βιοαποδόμηση των στερεών αποβλήτων στους ΧΥΤΑ/ΧΥΤ. Αρχικά, υπολογίζεται το παραγόμενο βιοαέριο από τα εναποτεθέντα απορρίμματα σε χρονικό ορίζοντα 40 ετών με εφαρμογή μοντέλου βιοαποδόμησης α' τάξης [First-Order Decay] (IPCC 2000). Στη συνέχεια, θεωρείται ότι όλοι οι χώροι απόθεσης διαθέτουν σύστημα συλλογής βιοαερίου του οποίου ο βαθμός απόδοσης συλλογής λαμβάνεται ίσος με 50% και κατά συνέπεια το υπόλοιπο 50% εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Τέλος, βάσει των κατευθυντήριων οδηγιών του IPCC (IPCC 2000), οι εκπομπές από τον πυρσό δεν συνυπολογίζονται.

*Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αποφεύγονται περιλαμβάνουν:*

- Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αποφεύγονται λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού από τις μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου στους χώρους απόθεσης απορριμμάτων. Οι εκπομπές που αποφεύγονται υπολογίζονται με βάση (i) την ποσότητα του παραγόμενου ηλεκτρισμού που διοχετεύεται στο δίκτυο σε χρονικό ορίζοντα 40 ετών (βλ. παραπάνω), θεωρώντας βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο ίσο με 35%, 8000 ώρες λειτουργίας ετησίως και ιδιοκατανάλωση 6%, και (ii) τον προβλεπόμενο μέσο συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου ανά kWh στο πλέον πρόσφατο Σενάριο Αναμενόμενης Εξέλιξης της χώρας (ΕΑΑ – ΥΠΕΧΩΔΕ 2006).
- Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αποφεύγονται λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού από τις μονάδες αποτέφρωσης με ανάκτηση ενέργειας. Οι εκπομπές υπολογίζονται με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν στην περίπτωση της ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου στους χώρους απόθεσης απορριμμάτων. Βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης σε ηλεκτρισμό: 20%.
- Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αποφεύγονται λόγω της καύσης δευτερογενών καυσίμων (RDF/SRF) στην ηλεκτροπαραγωγή/ τσιμεντοβιομηχανία/λοιπή μεταποίηση. Προκειμένου να γίνει μια πιο συντηρητική εκτίμηση του περιβαλλοντικού αυτού οφέλους και δεδομένης της αβεβαιότητας σχετικά με το ποιος θα είναι ο τελικός αποδέκτης του δευτερογενούς καυσίμου, γίνεται η παραδοχή ότι το καύσιμο αυτό θα υποκαταστήσει πετρωκ που έχει κατώτερη θερμογόνο δύναμη 31 GJ/t και συντελεστή εκπομπής 99.825 kg CO<sub>2</sub>/GJ (IPCC 1997).

Οι συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που υπολογίστηκαν για την Αττική με βάση τα παραπάνω παρουσιάζονται στο **Σχήμα 8-6**.

Όπως φαίνεται από το σχήμα, το σενάριο S3 (τόσο η RDF όσο και η SRF εκδοχή) εμφανίζει καθαρό περιβαλλοντικό όφελος (μειώνει τις εκπομπές) σε σχέση με τα αέρια του θερμοκηπίου, με άλλα λόγια εκπέμπει λιγότερο από τις εκπομπές που μειώνει λόγω υποκατάστασης ενεργειακών μορφών (πετρωκ, ηλεκτρισμός από το διασυνδεδεμένο δίκτυο). Ακολουθούν, κατά αύξουσα σειρά εκπομπών, τα σενάρια S2/SRF, S1, S4/SRF, S2/RDF, και S4/RDF.



**Σχήμα 8-6** Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (σε kt ισοδ. CO<sub>2</sub>) ανά σενάριο στην Περιφέρεια Αττικής και για χρονικό ορίζοντα 40 ετών (μέχρι το έτος 2047)

Στο σενάριο S3 προκύπτει καθαρό περιβαλλοντικό όφελος αναφορικά με τα αέρια θερμοκηπίου λόγω του ότι η μόνη δραστηριότητα που δημιουργεί εκπομπές είναι η καύση του RDF/SRF, όπου όμως από τα επιμέρους συστατικά τους (χαρτί, πλαστικό, και οργανικό κλάσμα για το SRF) μόνο για την καύση του πλαστικού ο συντελεστής εκπομπής CO<sub>2</sub> (με βάση τις Κατευθυντήριες Οδηγίες του IPCC – IPCC 1997) είναι μηδενικός. Συγχρόνως, η αξιοποίηση του RDF/SRF στη βιομηχανία/ηλεκτροπαραγωγή οδηγεί σε υποκατάσταση στερεών καυσίμων που έχουν υψηλούς συντελεστές εκπομπής CO<sub>2</sub>.

Στο σενάριο S4, το καθαρό όφελος του S3 σε σχέση με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου παύει να υπάρχει λόγω του ότι το RDF/SRF δεν διατίθεται στη βιομηχανία (και επομένως δεν αποφεύγονται εκπομπές CO<sub>2</sub> λόγω υποκατάστασης πετρωκ), ενώ η ποσότητα του παραγόμενου ηλεκτρισμού από

τη θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας δεν είναι τέτοια ώστε το περιβαλλοντικό όφελος από την υποκατάσταση ηλεκτρισμού να αντισταθμίσει την προαναφερθείσα απώλεια.

Τα σενάρια RDF έχουν υψηλότερες εκπομπές (ή μικρότερο όφελος για το S3) από τα σενάρια SRF λόγω του ότι (α) η καύση του RDF –είτε στη μονάδα θερμικής κατεργασίας είτε στη βιομηχανία/ηλεκτροπαραγωγή- συνεπάγεται υψηλότερες εκπομπές από του SRF, που περιέχει και οργανικό κλάσμα (με μηδενικό συντελεστής εκπομπής CO<sub>2</sub>, βλ. παραπάνω), και (β) η μηχανική διαλογή – κομποστοποίηση παράγει περισσότερο και λιγότερο βιοσταθεροποιημένο υπόλειμμα και επομένως οδηγεί σε υψηλότερες εκπομπές κατά τη διάθεση στους ΧΥΤΥ.

Το σενάριο S2/RDF έχει υψηλότερες εκπομπές από το S1 γιατί παράγει λιγότερο ηλεκτρισμό (και επομένως έχει χαμηλότερο όφελος εκπομπών από την υποκατάσταση ηλεκτρισμού από το δίκτυο).

Τέλος, το Σενάριο Αναφοράς (S0) έχει κατά πολύ υψηλότερες εκπομπές σε σχέση με όλα τα εξεταζόμενα σενάρια.

Μία επιπλέον παράμετρος που χρειάζεται να αναφερθεί καθώς σχετίζεται με το ιδιωτικο-οικονομικό κόστος είναι η δέσμευση γης. Για την εκτίμησή της χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικοί δείκτες και παραδοχές. Συγκεκριμένα:

- Για τους ΧΥΤΑ/ΧΥΤ, θεωρήθηκε ότι η πυκνότητα των απορριμμάτων που αποτίθενται είναι ίση με 0.7 t/m<sup>3</sup> και ο βαθμός συμπίεσης είναι της τάξης του 15%, ενώ το τελικό ύψος των απορριμμάτων στο τέλος του ενεργού χρόνου ζωής του χώρου θεωρήθηκε ίσο με 40 m.
- Για τις μονάδες MBE, η δέσμευση γης λήφθηκε ίση με 0.4 m<sup>2</sup>/t επεξεργαζόμενων απορριμμάτων (DEFRA 2005b).

Για τις μονάδες θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας, η δέσμευση γης λήφθηκε ίση με 0.16 m<sup>2</sup>/t επεξεργαζόμενων απορριμμάτων (DEFRA 2005a).

## **8.4 Ιδιωτικο-οικονομικό κόστος σεναρίων**

### **8.4.1 Βασικά στοιχεία εισόδου – Παραδοχές**

Για την οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν τα βασικά οικονομικά στοιχεία και παραδοχές ανά τεχνολογία επεξεργασίας που καταγράφονται στον Πίνακα 8-3.

Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν μετά από επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας (DEFRA 2005a, DEFRA 2005b, DEFRA 2005c, Eunomia Research & Consulting 2002, Diaz et al. 2002, ISWA 2006, Ecoprog GmbH and Fraunhofer UMSICHT 2006, Foth & Van Dyke and Associates 2004, ENVIROS 2005, Rand et al. 2000, The Chartered Institution of Wastes Management 2003) και των ελληνικών συνθηκών αγοράς ανακυκλωμένων υλικών και ηλεκτρισμού.

**Πίνακας 8-3 Στοιχεία εισόδου και παραδοχές για την ιδιωτικο-οικονομική αξιολόγηση σεναρίων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων**

<b>ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ</b>	<b>ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Κόστος επένδυσης ΧΥΤΑ</u> (χωρίς την αγορά γης και την εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου): 50 €/t · έτος για ΧΥΤΑ μεγάλης δυναμικότητας (&gt;800.000 t ετησίως), 158 €/t · έτος για ΧΥΤΑ μικρής δυναμικότητας (της τάξης των 130-180.000 t ετησίως).</li> <li>▪ <u>Κόστος επένδυσης για ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου</u>: 850 €/kW για γεννήτρια και 43 €/kW για ηλεκτρικό εξοπλισμό, 5% επιπλέον για προκαταρκτικές εργασίες, μελέτες κλπ.</li> <li>▪ <u>Κόστος Ο&amp;Μ</u>: 13 €/t ταφόμενων στερεών αποβλήτων (ΧΥΤΑ), 5% του κόστους επένδυσης για ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου.</li> <li>▪ <u>Μέσο κόστος γης</u>: 27 - 52.000 - €/στρέμμα (ανάλογα με την περιοχή)</li> <li>▪ <u>Τιμή πώλησης παραγόμενου ηλεκτρισμού από βιοαέριο</u>: 73 cents €/kWh (με βάση το νέο Ν. 3468/2006 για ΑΠΕ και συμπαράγωγή).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Κόστος επένδυσης</u> (χωρίς την αγορά γης): 500 - 700 €/t · έτος για μονάδα μεγάλης δυναμικότητας (της τάξης των 450 - 600.000 t ετησίως)</li> <li>▪ <u>Κόστος Ο&amp;Μ</u>: 8.8% του κόστους επένδυσης.</li> <li>▪ <u>Μέσο κόστος γης</u>: 52.000 - €/στρέμμα (για την περιοχή της Φυλής)</li> <li>▪ <u>Τιμή πώλησης παραγόμενου ηλεκτρισμού</u>: 50 cents €/kWh όταν η μονάδα χρησιμοποιεί RDF, 60 cents €/kWh όταν η μονάδα χρησιμοποιεί SRF (καθώς έχει περισσότερα οργανικά και επομένως προσεγγίζει περισσότερο την περίπτωση του ηλεκτρισμού από βιοαέριο στο Ν. 3468/2006 και ο οποίος επιδοτεί την παραγόμενη kWh με 73 cents €).</li> </ul>
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ &amp; ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ</b>	<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ – ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ &amp; ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Κόστος επένδυσης</u> (χωρίς την αγορά γης): 220 €/t · έτος για μονάδα μεγάλης δυναμικότητας (της τάξης των 400.000 t ετησίως)</li> <li>▪ <u>Κόστος Ο&amp;Μ</u>: 54 €/t επεξεργαζόμενων στερεών αποβλήτων</li> <li>▪ <u>Μέσο κόστος γης</u>: 27 - 35.000 - €/στρέμμα (ανάλογα με την περιοχή)</li> <li>▪ <u>Τιμές πώλησης κομποστ</u>: -7€/t (δηλ. κόστος ώστε να διατεθεί για αποκαταστάσεις χώρων).</li> <li>▪ <u>Τιμές πώλησης RDF</u>: -20 €/t (δηλ. κόστος ώστε να διατεθεί σε ενεργειακές/βιομηχανικές εγκαταστάσεις) στα σενάρια S0 και S3, μηδενική τιμή στα σενάρια S1 και S2.</li> <li>▪ <u>Τιμές πώλησης μετάλλων</u>: 300 €/t για σιδηρούχα, 1000 €/t για αλουμίνιο</li> </ul>	

Για τον υπολογισμό του καθαρού (net) μοναδιαίου συνολικού κόστους σε κάθε σενάριο χρησιμοποιήθηκε επιτόκιο 6% για την ετησιοποίηση του κόστους επένδυσης. Το μοναδιαίο κόστος ανά σενάριο υπολογίστηκε από τον τύπο

$$MK = \frac{\sum_{j=1}^N IC_j \frac{i}{1 - (1+i)^{-t}} + \sum_{j=1}^N OM_j + \sum_{j=1}^N REV_j}{\left( \sum_{k=1}^t M_k \div 21 \right)}, \text{ όπου}$$

- MK: Καθαρό μοναδιαίο κόστος σεναρίου (€/t απορριμμάτων προς επεξεργασία και διάθεση)  
j: Τεχνολογία επεξεργασίας / διάθεσης  
IC<sub>j</sub>: Κόστος επένδυσης της τεχνολογίας-j που περιλαμβάνεται στο σενάριο (€)  
i: Επιτόκιο προεξόφλησης (λαμβάνεται ίσο με 6%)  
t: Χρονικός ορίζοντας ανάλυσης (λαμβάνεται ίσος με 21 έτη, ήτοι 2007-2027)  
OM<sub>j</sub>: Ετήσιο κόστος (€) λειτουργίας και συντήρησης της τεχνολογίας-j που περιλαμβάνεται στο σενάριο, λαμβάνεται ως ο μέσος όρος στη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα της ανάλυσης  
REV<sub>j</sub>: Ετήσια έσοδα (€) της τεχνολογίας-j που περιλαμβάνεται στο σενάριο, λαμβάνεται ως ο μέσος όρος στη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα της ανάλυσης  
M<sub>k</sub>: Ποσότητα απορριμμάτων προς επεξεργασία και διάθεση (βλ. Πίνακα 8-1 παραπάνω).  
N: Αριθμός διαθέσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας / διάθεσης απορριμμάτων

Ειδικά για τον ηλεκτρισμό από την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου στους ΧΥΤΑ λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο τα έτη ενεργού ζωής του χώρου απόθεσης, αλλά και τα επόμενα 20 έτη καθώς η παραγωγή βιοαερίου στους ΧΥΤΑ συνεχίζεται παρά την οριστική διακοπή της απόθεσης στερεών αποβλήτων σε αυτούς.

Ακόμα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς ορισμένοι παράγοντες χαρακτηρίζονται από σημαντική αβεβαιότητα (π.χ. τιμή πώλησης RDF, κόστος επένδυσης μονάδας θερμικής κατεργασίας με ανάκτηση ενέργειας), διενεργούνται και ορισμένες αναλύσεις ευαισθησίας ως προς τους παράγοντες αυτούς.

#### 8.4.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός

Τα αποτελέσματα της ιδιωτικο-οικονομικής αξιολόγησης παρουσιάζονται στους Πίνακες 8-4 και 8-5.

**Πίνακας 8-4 Μοναδιαίο κόστος επεξεργασίας ανά σενάριο (€/t διαχειριζόμενων στερεών αποβλήτων) - Βασική περίπτωση (κόστος επένδυσης θερμικής επεξεργασίας: 500 €/t ετήσιας δυναμικότητας)**

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΜΠ. ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ)	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΗΣ</b>								
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>22.6</b>	<b>65.6</b>	<b>66.9</b>	<b>65.6</b>	<b>74.1</b>	<b>75.1</b>	<b>81.1</b>	<b>94.6</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	23.4	67.3	70.1	68.9	78.8	77.7	90.3	105.0
Χωρίς τα έσοδα από compost	22.3	65.3	66.5	65.2	73.1	74.8	80.1	94.3
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	21.6	65.6	66.9	65.6	69.3	66.9	80.8	94.2
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	21.3	65.3	66.5	65.2	68.3	66.6	79.8	93.9
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	26.2	86.9	86.7	89.2	74.7	75.4	94.5	109.3
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>27.0</b>	<b>88.6</b>	<b>89.8</b>	<b>92.6</b>	<b>79.4</b>	<b>78.0</b>	<b>103.7</b>	<b>119.6</b>
<b>ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΗΣ</b>								
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>24.7</b>	<b>67.1</b>	<b>68.5</b>	<b>67.2</b>	<b>76.3</b>	<b>77.1</b>	<b>83.7</b>	<b>97.4</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	25.5	68.9	71.6	70.5	81.0	79.7	92.9	107.7
Χωρίς τα έσοδα από compost	24.4	66.8	68.1	66.9	75.3	76.8	82.7	97.0
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	23.8	67.1	68.5	67.2	71.5	68.9	83.4	96.9
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	23.5	66.8	68.1	66.9	70.5	68.6	82.4	96.6
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	28.3	88.4	88.2	90.8	77.0	77.5	97.1	112.0
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>29.1</b>	<b>90.1</b>	<b>91.4</b>	<b>94.2</b>	<b>81.6</b>	<b>80.1</b>	<b>106.3</b>	<b>122.4</b>

ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>16.3</b>	<b>22.0</b>	<b>25.3</b>	<b>22.4</b>	<b>54.6</b>	<b>56.1</b>	<b>48.0</b>	<b>52.3</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	17.1	23.7	28.4	25.7	59.3	58.7	57.2	62.7
Χωρίς τα έσοδα από compost	16.0	21.7	24.9	22.1	53.6	55.8	47.0	52.0
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	15.4	22.0	25.3	22.4	49.8	47.9	47.7	51.9
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	15.1	21.7	24.9	22.1	48.8	47.6	46.7	51.6
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	19.9	43.3	45.0	46.0	55.2	56.4	61.4	67.0
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>20.7</b>	<b>45.0</b>	<b>48.2</b>	<b>49.4</b>	<b>59.9</b>	<b>59.0</b>	<b>70.6</b>	<b>77.4</b>

**Πίνακας 8-5 Μοναδιαίο κόστος επεξεργασίας ανά σενάριο (€/t διαχειριζόμενων στερεών αποβλήτων) – Ανάλυση ευαισθησίας 1 (κόστος επένδυσης θερμικής επεξεργασίας: 700 €/t ετήσιας δυναμικότητας)**

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ (ΣΥΜΠ. ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ)	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΗΣ</b>								
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>22.6</b>	<b>95.0</b>	<b>92.4</b>	<b>92.3</b>	<b>74.1</b>	<b>75.1</b>	<b>90.4</b>	<b>110.6</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	23.4	96.8	95.6	95.6	78.8	77.7	99.6	120.9
Χωρίς τα έσοδα από compost	22.3	94.7	92.0	92.0	73.1	74.8	89.4	110.3
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	21.6	95.0	92.4	92.3	69.3	66.9	90.1	110.1
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	21.3	94.7	92.0	92.0	68.3	66.6	89.1	109.8
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	26.2	116.3	112.2	115.9	74.7	75.4	103.8	125.2
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>27.0</b>	<b>118.0</b>	<b>115.3</b>	<b>119.3</b>	<b>79.4</b>	<b>78.0</b>	<b>113.0</b>	<b>135.6</b>
<b>ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΗΣ</b>								
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>24.7</b>	<b>96.6</b>	<b>94.0</b>	<b>93.9</b>	<b>76.3</b>	<b>77.1</b>	<b>93.0</b>	<b>113.3</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	25.5	98.3	97.1	97.2	81.0	79.7	102.2	123.6
Χωρίς τα έσοδα από compost	24.4	96.3	93.6	93.6	75.3	76.8	92.0	113.0
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	23.8	96.6	94.0	93.9	71.5	68.9	92.7	112.9
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	23.5	96.3	93.6	93.6	70.5	68.6	91.7	112.5
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	28.3	117.8	113.7	117.6	77.0	77.5	106.4	128.0
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>29.1</b>	<b>119.6</b>	<b>116.9</b>	<b>120.9</b>	<b>81.6</b>	<b>80.1</b>	<b>115.6</b>	<b>138.3</b>

ΚΟΣΤΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΧΩΡΙΣ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>Με τα έσοδα όλων των προϊόντων</b>	<b>16.3</b>	<b>34.6</b>	<b>36.2</b>	<b>33.7</b>	<b>54.6</b>	<b>56.1</b>	<b>52.0</b>	<b>59.2</b>
Χωρίς τα έσοδα από προϊόντα MBE	17.1	36.3	39.3	37.1	59.3	58.7	61.2	69.5
Χωρίς τα έσοδα από compost	16.0	34.3	35.7	33.4	53.6	55.8	51.0	58.9
Χωρίς τα έσοδα από RDF/SRF	15.4	34.6	36.2	33.7	49.8	47.9	51.7	58.7
Χωρίς τα έσοδα από compost και RDF/SRF	15.1	34.3	35.7	33.4	48.8	47.6	50.7	58.4
Χωρίς τα έσοδα από ηλεκτρισμό	19.9	55.8	55.9	57.4	55.2	56.4	65.4	73.8
<b>Χωρίς τα έσοδα των προϊόντων</b>	<b>20.7</b>	<b>57.5</b>	<b>59.0</b>	<b>60.8</b>	<b>59.9</b>	<b>59.0</b>	<b>74.6</b>	<b>84.2</b>

Σημειώνεται ότι το συνολικό μοναδιαίο κόστος ανά σενάριο που παρουσιάζεται στους Πίνακες 8-4 και 8-5 εκφράζεται σε € ανά τόνο στερεών αποβλήτων προς επεξεργασία/διάθεση (βλ. Πίνακα 8-1), έτσι ώστε τα σενάρια να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους (καθώς η ποσότητα των προς επεξεργασία/διάθεση αποβλήτων είναι κοινή για όλα τα σενάρια). Το μοναδιαίο κόστος για κάθε επιμέρους τεχνολογία επεξεργασίας (π.χ. κόστος θερμικής επεξεργασίας ανά τόνο απορριμμάτων που αποτεφρώνεται, κόστος μηχανικής διαλογής-κομποστοποίησης ανά τόνο απορριμμάτων που υφίσταται την επεξεργασία αυτή) μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερο (καθώς ο παρονομαστής με τον οποίο διαιρείται η απόλυτη τιμή του κόστους ώστε να προκύψει το μοναδιαίο κόστος είναι ένα μέρος μόνο από την ποσότητα των στερεών αποβλήτων προς επεξεργασία/διάθεση).

Το συνολικό κόστος επένδυσης και το μέσο ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και το μέσο ετήσιο κόστος/όφελος από τη διαχείριση των προϊόντων παρουσιάζεται στους Πίνακες 8-6 και 8-7. Το πρόσημο «-» στα έσοδα σημαίνει κόστος.

**Πίνακας 8-6 Βασικά οικονομικά μεγέθη σεναρίων (εκατ. €) – Βασική περίπτωση (κόστος επένδυσης θερμικής επεξεργασίας: 500 €/t ετήσιας δυναμικότητας)**

	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>Κόστος επένδυσης (χωρίς την αγορά γης)</b>	<b>169.5</b>	<b>1,180.3</b>	<b>1,127.4</b>	<b>1,169.4</b>	<b>528.2</b>	<b>513.7</b>	<b>896.3</b>	<b>1,145.5</b>
ΧΥΤΑ	169.5	35.8	47.4	42.9	44.2	29.7	52.8	44.5
Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία	0.0	0.0	88.0	88.0	484.0	484.0	484.0	484.0
Θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας	0.0	1,144.5	992.0	1,038.5	0.0	0.0	359.5	617.0
<b>Κόστος γης</b>	<b>58.0</b>	<b>41.4</b>	<b>42.8</b>	<b>43.9</b>	<b>60.4</b>	<b>55.8</b>	<b>70.9</b>	<b>73.6</b>
<b>Κόστος O&amp;M</b>	<b>47.6</b>	<b>103.6</b>	<b>110.9</b>	<b>113.8</b>	<b>137.9</b>	<b>135.9</b>	<b>162.5</b>	<b>178.1</b>
ΧΥΤΑ	26.0	9.8	9.9	9.8	8.6	6.6	10.3	9.5
Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία	21.7	21.7	38.5	38.5	129.3	129.3	129.3	129.3
Θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας	0.0	72.1	62.5	65.4	0.0	0.0	23.0	39.3
<b>Έσοδα από προϊόντα</b>	<b>10.1</b>	<b>52.9</b>	<b>52.6</b>	<b>62.3</b>	<b>12.2</b>	<b>6.7</b>	<b>52.1</b>	<b>57.6</b>
Ηλεκτρισμός	8.3	48.9	45.4	54.5	1.5	0.7	30.9	33.8
Compost	-0.7	-0.7	-1.0	-0.7	-2.3	-0.7	-2.3	-0.7
RDF/SRF	-2.1	0.0	0.0	0.0	-11.1	-18.9	-0.7	-1.0
Μέταλλα ανακυκλωμένα	4.7	4.7	8.2	8.5	24.2	25.5	24.2	25.5

**Πίνακας 8-7 Βασικά οικονομικά μεγέθη σεναρίων (εκατ. €) – Ανάλυση ευαισθησίας 1 (κόστος επένδυσης θερμικής επεξεργασίας: 700 €/t ετήσιας δυναμικότητας)**

	S0	S1	S2		S3		S4	
			S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF	S3/SRF	S4/RDF	S4/SRF
<b>Κόστος επένδυσης (χωρίς την αγορά γης)</b>	<b>169.5</b>	<b>1,638.1</b>	<b>1,524.2</b>	<b>1,584.8</b>	<b>528.2</b>	<b>513.7</b>	<b>1,040.1</b>	<b>1,392.3</b>
ΧΥΤΑ	169.5	35.8	47.4	42.9	44.2	29.7	52.8	44.5
Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία	0.0	0.0	88.0	88.0	484.0	484.0	484.0	484.0
Θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας	0.0	1,602.3	1,388.8	1,453.9	0.0	0.0	503.3	863.8
<b>Κόστος γης</b>	<b>58.0</b>	<b>41.4</b>	<b>42.8</b>	<b>43.9</b>	<b>60.4</b>	<b>55.8</b>	<b>70.9</b>	<b>73.6</b>
<b>Κόστος O&amp;M</b>	<b>47.6</b>	<b>132.5</b>	<b>135.9</b>	<b>139.9</b>	<b>137.9</b>	<b>135.9</b>	<b>171.7</b>	<b>193.8</b>
ΧΥΤΑ	26.0	9.8	9.9	9.8	8.6	6.6	10.3	9.5
Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία	21.7	21.7	38.5	38.5	129.3	129.3	129.3	129.3
Θερμική κατεργασία με ανάκτηση ενέργειας	0.0	101.0	87.5	91.6	0.0	0.0	32.1	55.0
<b>Έσοδα από προϊόντα</b>	<b>10.1</b>	<b>52.9</b>	<b>52.6</b>	<b>62.3</b>	<b>12.2</b>	<b>6.7</b>	<b>52.1</b>	<b>57.6</b>
Ηλεκτρισμός	8.3	48.9	45.4	54.5	1.5	0.7	30.9	33.8
Compost	-0.7	-0.7	-1.0	-0.7	-2.3	-0.7	-2.3	-0.7
RDF/SRF	-2.1	0.0	0.0	0.0	-11.1	-18.9	-0.7	-1.0
Μέταλλα ανακυκλωμένα	4.7	4.7	8.2	8.5	24.2	25.5	24.2	25.5

Η οικονομικότητα του σεναρίου S3 επιβαρύνεται ιδιαίτερα από το γεγονός ότι η διάθεση του κομποστ δεν γίνεται με όφελος αλλά με κόστος, ενώ το ίδιο συμβαίνει και για την περίπτωση του RDF/SRF (σημ.: εάν δεν ληφθούν υπόψη καθόλου τα προϊόντα, το μοναδιαίο κόστος του S3 είναι χαμηλότερο από αυτό των S1-S2 στη Βασική Περίπτωση και πολύ περισσότερο στην Ανάλυση Ευαισθησίας 1). Ειδικά ως προς το παραγόμενο καύσιμο από τις μονάδες ΕΜΑΚ και βιολογικής – μηχανικής επεξεργασίας, από τις μέχρι σήμερα πληροφορίες από βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου το καύσιμο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ενεργειακά προκύπτει ότι οι εγκαταστάσεις ζητούν να λάβουν οικονομική αποζημίωση προκειμένου να απορροφήσουν το RDF/SRF, όπως επίσης και να μην επιβαρυνθούν καθόλου με το σχετικό κόστος μεταφοράς. Η ενεργειακή αξιοποίηση του καυσίμου απαιτεί τεχνικές μετατροπές στη μονάδα, τόσο στο σύστημα τροφοδοσίας του καυσίμου όσο και στις εφαρμοζόμενες διατάξεις αντιρρύπανσης προκειμένου οι εγκαταστάσεις να μπορούν να τηρήσουν τις οριακές τιμές εκπομπών που καθορίζει η σχετική περιβαλλοντική νομοθεσία. Έτσι, καταρχήν παραγωγή των καυσίμων αυτών δεν συνεπάγεται οικονομικά οφέλη για τον φορέα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων αλλά αντίθετα πρόσθετο κόστος. Η εφαρμογή νέων περιβαλλοντικών Οδηγιών (όπως η Οδηγία 2003/87 για την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών) θα μπορούσε να μεταβάλλει την κατάσταση αυτή στο μέλλον, καθώς η καύση του RDF/SRF συνεπάγεται μειωμένες εκπομπές CO<sub>2</sub>.

## 8.5 Εξωτερικό κόστος σεναρίων

### 8.5.1 Βασικά στοιχεία εισόδου – Παραδοχές

Τα σενάρια που διαμορφώθηκαν και παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην Παράγραφο 8.2.2 αξιολογήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης όχι μόνο ως προς τα ιδιωτικο-οικονομικά κόστη και οφέλη αλλά και ως προς τις προκαλούμενες εξωτερικές οικονομίες που συνδέονται σε κάθε περίπτωση με την περιβαλλοντική υποβάθμιση και τις γενικότερες επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων στις γειτνιάζουσες περιοχές. Η ανάλυση των εξωτερικών οικονομιών που επιχειρήθηκε βασίστηκε στο μεθοδολογικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 6, αξιοποιώντας κατά βάση τα αποτελέσματα ήδη δημοσιευμένων μελετών, ενώ ειδικά για την εκτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης που προκαλείται από μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα μοντέλα διασποράς αερίων ρυπαντών και τα συνεπαγόμενα εξωτερικά κόστη υπολογίζονται αναλυτικά για τη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης. Οι σημαντικότερες παραδοχές που υιοθετήθηκαν συνοψίζονται στα επόμενα.

#### Επιπτώσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή

Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων που προκαλούνται από την έκλυση αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, έγινε στη βάση των πλέον πρόσφατα προτεινόμενων τιμών από την ομάδα εργασίας του ExternE. Σύμφωνα με αυτές, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής υπολογίζονται με μία κεντρική τιμή κόστους ίση με 19 €/2000/t CO<sub>2</sub>eq για το βασικό σενάριο εξωτερικών οικονομιών, ενώ ως κάτω και άνω όρια για αναλύσεις ευαισθησίας λαμβάνονται τιμές ίσες 9 και 50 €/2000/t CO<sub>2</sub>eq αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι στον υπολογισμό των τιμών αυτών έχουν ληφθεί υπόψη κατάλληλοι αποπληθωριστές, έτσι ώστε οι ζημιές της κατηγορίας αυτής που κατά βάση θα εκδηλωθούν σε βάθος χρόνου να αναχθούν στο παρόν.



### **Επιπτώσεις που συνδέονται με τη ρύπανση των υδατικών πόρων και του εδάφους / υπεδάφους**

Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων που συνδέονται με τη ρύπανση των υδατικών πόρων και του εδάφους / υπεδάφους εξαιτίας της δημιουργίας και διαρροής στραγγισμάτων σε χώρους απόθεσης απορριμμάτων, έγινε στη βάση τεχνικών μεταφοράς οφέλους και χρησιμοποιώντας ως βασικές πηγές αναφοράς τις μελέτες CSERGE et al (1993) και Miranda and Hale (1997) που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 6.4.3. Για την περίπτωση των απορριμμάτων που αποτίθενται απ' ευθείας σε ΧΥΤΑ, η μελέτη CSERGE et al (1993) προτείνει μια μέση τιμή εξωτερικού κόστους της τάξης των 0.77 €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται (στην επιχειρούμενη ανάλυση η τιμή αυτή χρησιμοποιείται ως άνω όριο), ενώ αντίστοιχα η μελέτη Miranda and Hale (1997) προτείνει μια μέση τιμή της τάξης 0.55 €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται (αντίστοιχα η τιμή αυτή χρησιμοποιείται ως κάτω όριο). Η μέση τιμή των δύο αυτών εκτιμήσεων, ήτοι 0.66 €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται στο ΧΥΤΑ, χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης για το βασικό σενάριο εξωτερικών οικονομιών. Τέλος, όσον αφορά στα υπολείμματα θερμικής επεξεργασίας τα οποία στη συνέχεια αποτίθενται σε ΧΥΤΑ, η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με τη δημιουργία και διαρροή στραγγισμάτων γίνεται στη βάση της τιμής 1.3 €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται, που προτείνεται από τη μελέτη CSERGE et al (1993).

### **Επιπτώσεις που συνδέονται με την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής**

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης αποτιμώνται οικονομικά οι επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής από την ύπαρξη και λειτουργία ΧΥΤΑ. Αντίθετα, το κόστος δυσφορίας από τη γεινίαση με μονάδες θερμικής επεξεργασίας σχετίζεται κατά βάση με τον κίνδυνο επιπτώσεων στη δημόσια υγεία, οι οποίες υπολογίζονται παρακάτω αναλυτικά. Η επιχειρούμενη οικονομική αποτίμηση βασίζεται και πάλι στη βάση τεχνικών μεταφοράς οφέλους χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των μελετών που παρουσιάστηκαν στην Παράγραφο 6.4.4. Για το βασικό σενάριο εξωτερικών οικονομιών χρησιμοποιήθηκε η τιμή 13.6 €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται στο ΧΥΤΑ, όπως αυτή υπολογίστηκε με βάση τη μελέτη ExternE (1999). Η επιλογή αυτή έγινε δεδομένου ότι η μελέτη αυτή αφορά σε ΧΥΤΑ που χωροθετείται σε ευρύτερη αστική περιοχή (Μιλάνο), περίπτωση που προσομοιάζει με αυτή της Αθήνας. Επιπλέον, οι αξίες γης στην περιοχή μελέτης ήταν σχετικά υψηλές και εν μέρει προσομοιάζουν τις μεγάλες αυξήσεις τιμών που σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής τα τελευταία χρόνια. Για αναλύσεις ευαισθησίας χρησιμοποιούνται οι τιμές 2,75 (χαμηλό σενάριο) και 37 (υψηλό σενάριο) €/2000/t απορριμμάτων που αποτίθενται στο ΧΥΤΑ, που προέκυψαν αντίστοιχα από τις μελέτες Eunomia (2002) για την Ελλάδα και RDC & Pira (2001) για 12 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

### **Περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την αποφυγή αέριας ρύπανσης λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού**

Όλα τα εξεταζόμενα σενάρια διαχείρισης των απορριμμάτων συνοδεύονται στον ένα ή στον άλλο βαθμό από την αξιοποίηση παραπροϊόντων ή συγκεκριμένων ρευμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν περιβαλλοντικά οφέλη που συνδέονται κατά βάση με τη μείωση της αέριας ρύπανσης που επιτυγχάνεται στους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής λόγω του ότι δεν θα παραχθούν από αυτούς ισόποσες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας με αυτές που παράγονται σε κάθε σενάριο διαχείρισης απορριμμάτων. Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

υπολογίζονται με τρόπο ανάλογο με αυτό που παρουσιάστηκε παραπάνω. Όσον αφορά στους λοιπούς αέριους ρύπους χρησιμοποιούνται τα δημοσιευμένα αποτελέσματα σχετικά με το εξωτερικό κόστος χαρακτηριστικών μονάδων του Ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά (ExternE 1999), και με βάση τη σχετική συμμετοχή των διαφόρων τεχνολογιών στο ενεργειακό ισοζύγιο του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, το συνολικό εξωτερικό κόστος του Ελληνικού διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος υπολογίζεται σε 16.5 €/2000/MWh, μη συμπεριλαμβάνοντας τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Προς το παρόν δεν έχει πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη επικαιροποίησης των αποτελεσμάτων του εξωτερικού κόστους του Ελληνικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής. Χρησιμοποιώντας όμως μεθόδους στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να εκτιμηθεί η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων, προκύπτει ότι το εύρος διακύμανσης των εν λόγω εξωτερικών οικονομιών κυμαίνεται στο διάστημα 3 - 27 €/2000/MWh, που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα για τη διαμόρφωση του χαμηλού και υψηλού σεναρίου εξωτερικών οικονομιών.

### **Επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης από τη λειτουργία μονάδων θερμικής επεξεργασίας**

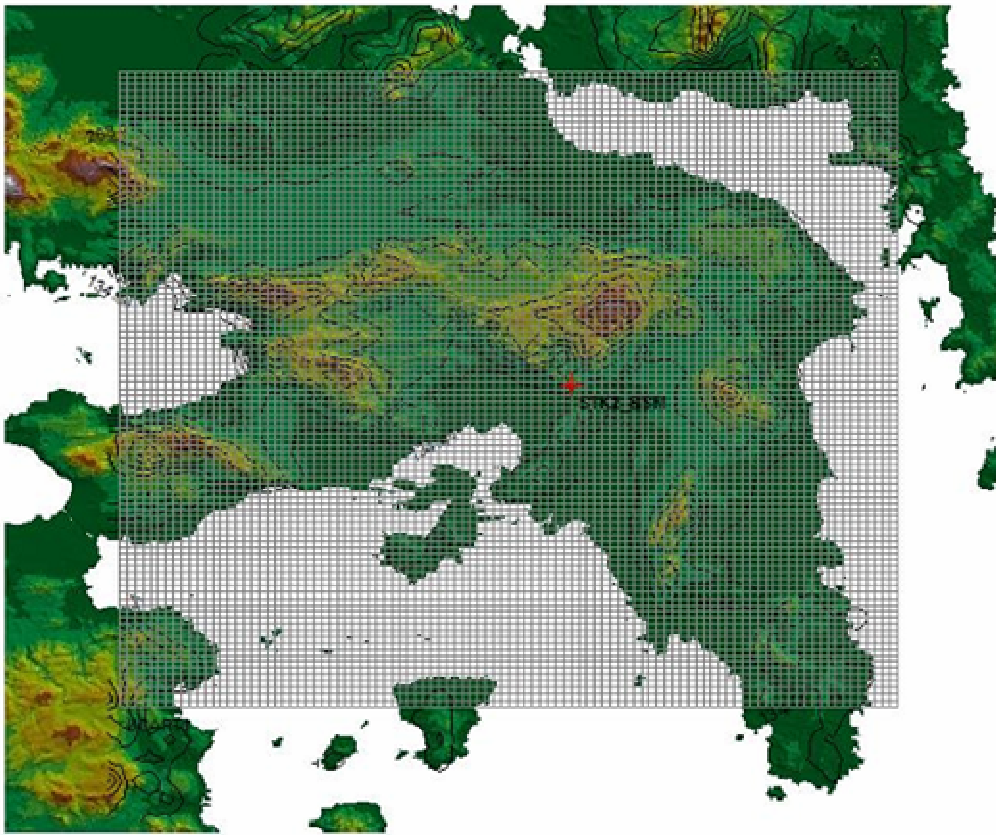
Το οικονομικό μέγεθος των επιπτώσεων που προκαλούνται από τους εκλυόμενους αέριους ρυπαντές κατά τη λειτουργία μονάδων θερμικής επεξεργασίας, εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, τη χωροθέτηση της μονάδας, το πλήθος και το είδος των αποδεκτών στην ευρύτερη περιοχή, τις κρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, κλπ. Στο πλαίσιο λοιπόν της παρούσας ανάλυσης και λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω ιδιαιτερότητες, επιχειρήθηκε μια αναλυτική αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών για όλα τα σενάρια στα οποία προβλέπεται μονάδα θερμικής επεξεργασίας, χρησιμοποιώντας δύο μοντέλα διασποράς αερίων ρυπαντών.

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων των πρωτογενών ρύπων (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, διοξίνες, βαρέα μέταλλα, κλπ.) σε τοπική κλίμακα (δηλ. σε αποστάσεις μέχρι 50 km από την πηγή εκπομπής) χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο *AMS/EPA Regulatory Model* (AERMOD), το οποίο αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (US-EPA). Το AERMOD είναι ένα μοντέλο τύπου Gauss που βασίζεται στη θεωρία του πλανητικού οριακού στρώματος (**Planetary Boundary Layer - PBL**), το οποίο ταυτόχρονα λαμβάνει υπόψη την επίδραση του τοπικού ανάγλυφου στη διασπορά. Για την υπό θεώρηση μελέτη περίπτωσης η ευρύτερη περιοχή της Αττικής, καθώς και οι γειτονικές περιοχές της Βοιωτίας και της Κορινθίας, προσεγγίζονται με μία κάναβο διαστάσεων 90 x 75 km, που περιέχει 10201 κελιά διαστάσεων 900 x 750 m. Στο **Σχήμα 8-6** παρουσιάζεται γραφικά το χρησιμοποιούμενο επίπεδο ανάλυσης για μονάδα καύσης η οποία θεωρείται ενδεικτικά ότι εγκαθίσταται στην περιοχή της Φυλής.

Το μοντέλο υπολογίζει ωριαίες συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, διοξινών και βαρέων μετάλλων για ένα έτος, σε κάθε κόμβο του πλέγματος. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των ρυπαντών, που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε ετήσια βάση, προκύπτουν ως η μέση τιμή των εκτιμώμενων ωριαίων τιμών.

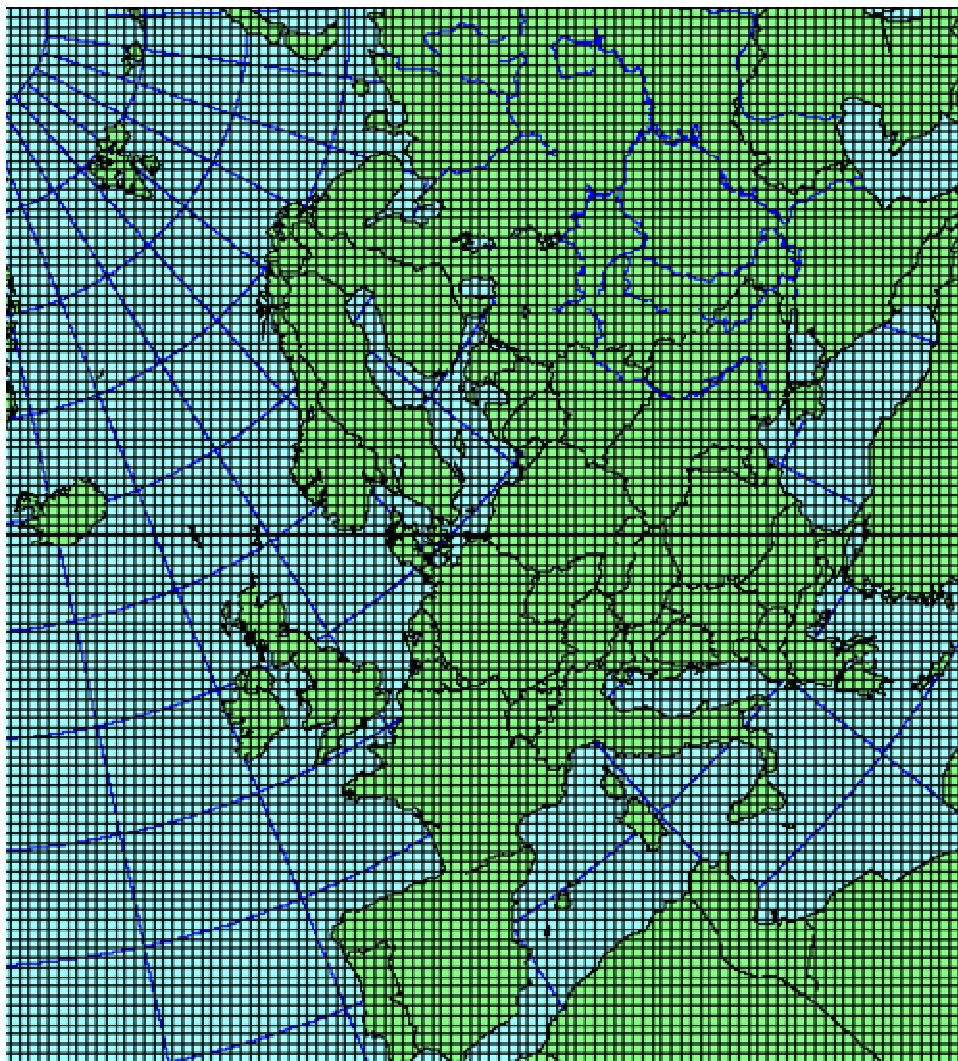
Για την εκτίμηση της διασποράς με βάση το **AERMOD**, το μοντέλο τροφοδοτείται με μετεωρολογικά και γεωμορφολογικά δεδομένα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής. Το μετεωρολογικό αρχείο περιέχει αναλυτικές μετεωρολογικές πληροφορίες σε ωριαία βάση και για διάρκεια ενός έτους. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, μέση θερμοκρασία ατμόσφαιρας, νεφοκάλυψη, ύψος νέφωσης, πίεση, βροχόπτωση, κλπ. Για τις ανάγκες της παρούσας ανάλυσης προκειμένου να εκτιμηθεί η διασπορά των αερίων ρυπαντών σε τοπική κλίμακα από τη μονάδα καύσης που χωροθετείται στη Φυλή χρησιμοποιήθηκαν

μετεωρολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού του ΕΑΑ στο Θησείο, ο οποίος είναι Α' τάξης. Το αρχείο με τα γεωμορφολογικά δεδομένα περιέχει υψομετρικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής με ανάλυση 250 x 250 m σε μορφή xyz.



**Σχήμα 8-6** Γεωγραφική περιοχή ανάλυσης για την εκτίμηση των επιπτώσεων σε τοπική κλίμακα από τη μονάδα καύσης στην περιοχή της Αττικής. Κάθε κελί της κανάβου έχει διαστάσεις 950 x 750 m.

Οι επιπτώσεις των δευτερογενών ρύπων (δηλ. των ρύπων που παράγονται στην ατμόσφαιρα,  $O_3$ , sulphates, nitrates, κλπ.) στη δημόσια υγεία, στην αγροτική παραγωγή, και στα υλικά κτιρίων και υποδομών εκτιμήθηκαν με το μοντέλο Ecosense. Η ανάλυση γίνεται σε περιφερειακή κλίμακα και καλύπτει αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων από την πηγή εκπομπής (Σχήμα 8-7). Η διασπορά των αερίων ρυπαντών σε περιφερειακή κλίμακα έγινε με τη βοήθεια του Windrose Trajectory Model και του Source – Receptor Ozone Model (SROM), που εμπεριέχονται στο Ecosense.



**Σχήμα 8-7** Γεωγραφική περιοχή ανάλυσης για την εκτίμηση των επιπτώσεων σε περιφερειακή κλίμακα που ενσωματώνεται στην υπολογιστική πλατφόρμα Ecosense χρησιμοποιώντας την κάναβο του EMEP με κελιά διαστάσεων 50 x 50 km.

Με βάση τη διασπορά των αερίων ρυπαντών που προσομοιώνεται με τα προαναφερθέντα μοντέλα, υπολογίζονται οι αυξημένες συγκεντρώσεις αερίων ρυπαντών λόγω της λειτουργίας των μονάδων θερμικής επεξεργασίας στις γειτνιάζουσες περιοχές, για κάθε εξεταζόμενο σενάριο διαχείρισης απορριμμάτων. Οι αυξημένες αυτές συγκεντρώσεις ρυπαντών προκαλούν επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, στην αγροτική παραγωγή και στα υλικά κτιρίων και υποδομών, οι οποίες αποτιμώνται οικονομικά στη βάση καταλλήλων συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης και των μοναδιαίων τιμών κόστους διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης για όλα τα σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων που περιλαμβάνουν μονάδες θερμικής επεξεργασίας παρουσιάζονται στον **Πίνακα 8-7**.

**Πίνακας 8-7 Οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης που εκλύεται από τις μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων που αναπτύσσονται σε κάθε εξεταζόμενο σενάριο (σε χιλιάδες €<sub>2000</sub> / έτος).**

Κατηγορίες επιπτώσεων	Σενάριο S1	Σενάριο S2-RDF	Σενάριο S2-SRF	Σενάριο S4-RDF	Σενάριο S4-SRF
Υλικά	137.8	121.5	126.9	84.4	90.2
Αγροτική παραγωγή					
Όξινη απόθεση	12.8	11.3	11.8	7.8	8.4
Απόθεση N	-38.4	-33.8	-35.3	-23.4	-25.1
O3	91.0	80.2	83.8	55.6	59.5
SO2	-2.7	-2.4	-2.5	-1.7	-1.8
Δημόσια υγεία					
Νοσηρότητα PM10	215.5	188.4	205.5	190.6	200.2
Θνησιμότητα PM10	428.7	374.9	408.8	379.2	398.3
Νοσηρότητα nitrates	903.4	796.4	831.8	554.4	592.5
Θνησιμότητα nitrates	1808.0	1593.9	1664.6	1109.0	1185.2
Νοσηρότητα O3	135.8	119.7	125.0	83.0	88.7
Θνησιμότητα O3	25.4	22.4	23.4	15.5	16.6
Νοσηρότητα SO2	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9
Θνησιμότητα SO2	44.0	38.5	42.0	38.9	40.9
Νοσηρότητα sulphates	418.0	368.4	384.8	257.2	274.9
Θνησιμότητα sulphates	836.3	737.2	769.9	514.8	550.2
Διοξίνες	109.3	96.2	100.5	66.8	71.3
Βαρέα μέταλλα	67.4	59.3	62.9	41.6	43.8
<b>Σύνολο</b>	<b>5193.4</b>	<b>4573.1</b>	<b>4804.7</b>	<b>3374.6</b>	<b>3594.6</b>

Σε κάθε περίπτωση πάντως, θα πρέπει να τονισθεί ότι η ανάλυση εξωτερικών οικονομιών των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης των απορριμμάτων για την Αττική που επιχειρείται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δίνει μια κατ' αρχήν εκτίμηση της τάξης μεγέθους των προκαλούμενων επιπτώσεων, ενώ μια πιο ακριβής εκτίμησή τους μπορεί να γίνει μόνο με την εκπόνηση αναλυτικών μελετών πεδίου για όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων, καθώς και με τον ακριβή προσδιορισμό της τεχνολογίας των μονάδων και της περιοχής εγκατάστασής τους.

### 8.5.2 Αποτελέσματα και σχολιασμός

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εξωτερικών οικονομιών για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 8-8 έως 8-10. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 8-8 παρουσιάζεται το βασικό σενάριο και δίνονται οι τιμές εξωτερικού κόστους οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τη συγκριτική αξιολόγηση και ιεράρχηση των σεναρίων. Αντίστοιχα, στους Πίνακες 8-9 και 8-10 παρουσιάζεται το πιθανό εύρος διακύμανσης των εξωτερικών οικονομιών για όλα τα σενάρια και αναδεικνύεται η αναγκαιότητα για την εκπόνηση αναλυτικότερων μελετών πεδίου ανά μελέτη περίπτωσης έτσι ώστε να μειωθούν οι αβεβαιότητες και οι αποφάσεις να λαμβάνονται με όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα στοιχεία, χαρακτηριστικών της μελέτης περίπτωσης.

**Πίνακας 8-8 Βασικό σενάριο εκτίμησης του εξωτερικού κόστους των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων (σε €<sub>2000</sub> / t απορριμμάτων).**

Επιπτώσεις	S0	S1	S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF <sup>1</sup>	S3/SRF <sup>1</sup>	S4/RDF	S4/SRF
Εκπομπές αερίων φαινομένου θερμοκηπίου	6.38	0.50	0.77	0.31	-4.96 (4.49)	-8.25 (5.23)	1.91	0.79
Ρύπανση υδατικών πόρων και εδάφους / υπεδάφους	0.56	0.33	0.32	0.32	0.19 (0.20)	0.15 (0.16)	0.25	0.26
Υποβάθμιση ποιότητας ζωής	11.52	4.39	4.44	4.38	3.97 (4.11)	3.04 (3.28)	4.46	4.18
Μείωση της αέριας ρύπανσης λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού	-1.70	-6.83	-6.33	-6.40	-0.26 (-1.02)	-0.11 (-1.18)	-5.02	-5.46
Αύξηση της αέριας ρύπανσης λόγω της λειτουργίας θερμικών μονάδων	0.00	1.93	1.70	1.79	0.00	0.00	1.26	1.34
<b>Σύνολο</b>	<b>16.75</b>	<b>0.32</b>	<b>0.90</b>	<b>0.39</b>	<b>-1.06</b> <b>(7.78)</b>	<b>-5.17</b> <b>(7.48)</b>	<b>2.86</b>	<b>1.11</b>

<sup>1</sup> Οι υπολογιζόμενες εξωτερικές οικονομίες που παρουσιάζονται στο σενάριο S3 εντός παρενθέσεων αφορούν στην περίπτωση που τα δευτερογενώς παραγόμενα προϊόντα (RDF/SRF) δεν διατεθούν στη βιομηχανία αλλά οδηγηθούν στο ΧΥΤΑ.

**Πίνακας 8-9 Υψηλό σενάριο εκτίμησης του εξωτερικού κόστους των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων (σε €<sub>2000</sub> / t απορριμμάτων).**

Επιπτώσεις	S0	S1	S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF <sup>1</sup>	S3/SRF <sup>1</sup>	S4/RDF	S4/SRF
Εκπομπές αερίων φαινομένου θερμοκηπίου	16.78	1.31	2.03	0.81	-13.04 (11.82)	-21.72 (13.76)	5.02	2.09
Ρύπανση υδατικών πόρων και εδάφους / υπεδάφους	0.65	0.35	0.34	0.34	0.22 (0.23)	0.17 (0.19)	0.28	0.29
Υποβάθμιση ποιότητας ζωής	31.35	11.95	12.07	11.90	10.79 (11.17)	8.27 (8.92)	12.15	11.37
Μείωση της αέριας ρύπανσης λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού	-2.79	-11.21	-10.39	-10.50	-0.42 (-1.67)	-0.18 (-1.94)	-8.24	-8.96
Αύξηση της αέριας ρύπανσης λόγω της λειτουργίας θερμικών μονάδων	0.00	1.93	1.70	1.79	0.00	0.00	1.26	1.34
<b>Σύνολο</b>	<b>45.99</b>	<b>4.34</b>	<b>5.76</b>	<b>4.35</b>	<b>-2.45</b> <b>(21.56)</b>	<b>-13.45</b> <b>(20.92)</b>	<b>10.47</b>	<b>6.13</b>

<sup>1</sup> Οι υπολογιζόμενες εξωτερικές οικονομίες που παρουσιάζονται στο σενάριο S3 εντός παρενθέσεων αφορούν στην περίπτωση που τα δευτερογενώς παραγόμενα προϊόντα (RDF/SRF) δεν διατεθούν στη βιομηχανία αλλά οδηγηθούν στο ΧΥΤΑ.

**Πίνακας 8-10 Χαμηλό σενάριο εκτίμησης του εξωτερικού κόστους των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων (σε €<sub>2000</sub> / t απορριμμάτων).**

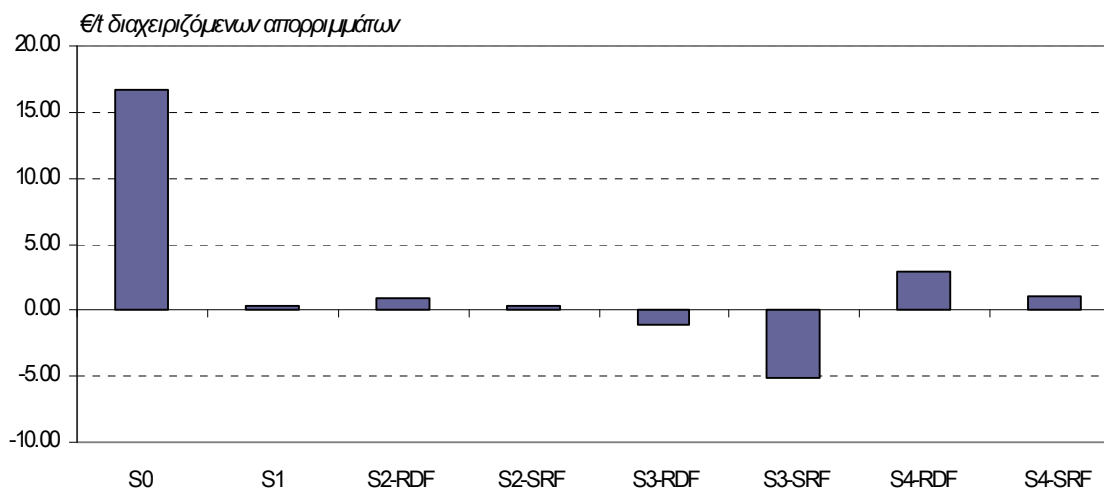
Επιπτώσεις	S0	S1	S2/RDF	S2/SRF	S3/RDF <sup>1</sup>	S3/SRF <sup>1</sup>	S4/RDF	S4/SRF
Εκπομπές αερίων φαινομένου θερμοκηπίου	3.02	0.24	0.37	0.15	-2.35 (2.13)	-3.91 (2.48)	0.90	0.38
Ρύπανση υδατικών πόρων και εδάφους / υπεδάφους	0.46	0.32	0.30	0.30	0.16 (0.16)	0.12 (0.13)	0.22	0.24
Υποβάθμιση ποιότητας ζωής	2.33	0.89	0.90	0.88	0.80 (0.83)	0.61 (0.66)	0.90	0.85
Μείωση της αέριας ρύπανσης λόγω της παραγωγής ηλεκτρισμού	-0.31	-1.25	-1.15	-1.17	-0.05 (-0.19)	-0.02 (-0.22)	-0.92	-1.00
Αύξηση της αέριας ρύπανσης λόγω της λειτουργίας θερμικών μονάδων	0.00	1.93	1.70	1.79	0.00	0.00	1.26	1.34
<b>Σύνολο</b>	<b>5.50</b>	<b>2.13</b>	<b>2.11</b>	<b>1.96</b>	<b>-1.43</b> <b>(2.94)</b>	<b>-3.19</b> <b>(3.06)</b>	<b>2.37</b>	<b>1.80</b>

<sup>1</sup> Οι υπολογιζόμενες εξωτερικές οικονομίες που παρουσιάζονται στο σενάριο S3 εντός παρενθέσεων αφορούν στην περίπτωση που τα δευτερογενώς παραγόμενα προϊόντα (RDF/SRF) δεν διατεθούν στη βιομηχανία αλλά οδηγηθούν στο ΧΥΤΑ.

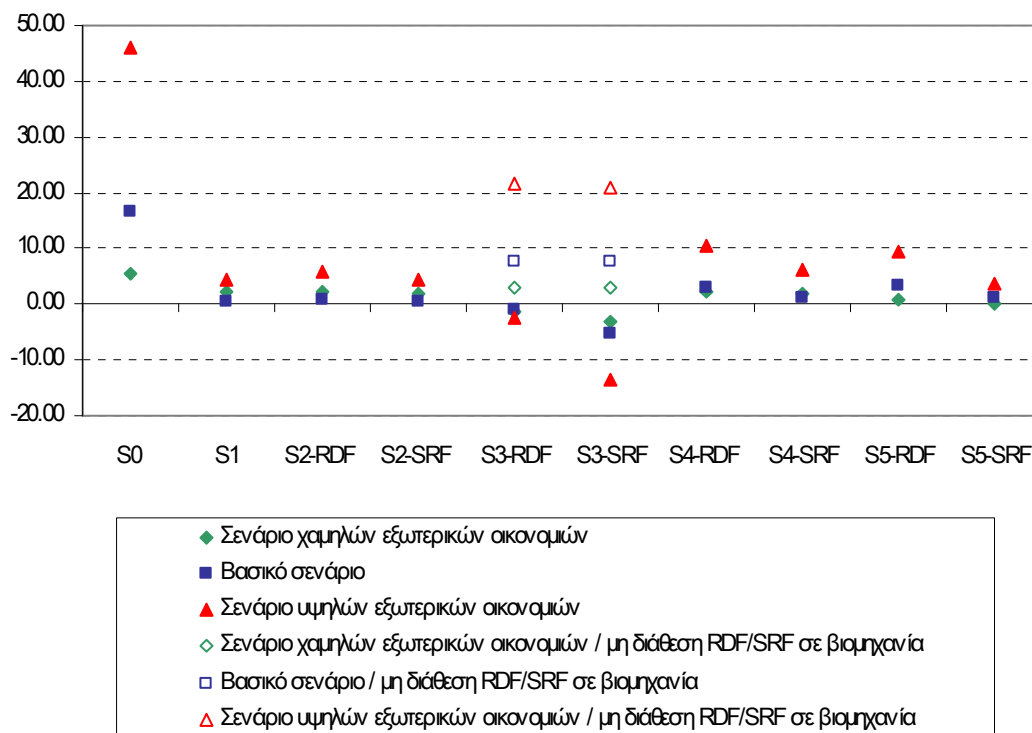


Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης καθίσταται φανερό ότι κατ' αρχήν το σενάριο αναφοράς (S0) συνοδεύεται από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αντιστοιχούν σε επίπεδα εξωτερικού κόστους της τάξης των 17 €/2000/t απορριμμάτων στο βασικό σενάριο οικονομικής αποτίμησης. Στα σενάρια S1 και S2 τα υπολογιζόμενα εξωτερικά κόστη που υπολογίζονται αντισταθμίζονται σε σημαντικό βαθμό από τα οφέλη που προκύπτουν από τη μείωση της αέριας ρύπανσης σε συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Συνολικά τα σενάρια S1 και S2 οδηγούν σε περιβαλλοντικά εξωτερικά κόστη της τάξης των 0.3-0.9 €/2000/t απορριμμάτων στο βασικό σενάριο οικονομικής αποτίμησης. Το σενάριο S3 εμφανίζεται να έχει συνολικά αρνητικό περιβαλλοντικό κόστος (ήτοι περιβαλλοντικό όφελος) της τάξης των 1-5 €/2000/t απορριμμάτων. Βέβαια, στην περίπτωση που το παραγόμενο δευτερογενές προϊόν δεν διατεθεί στη βιομηχανία αλλά χρησιμοποιηθεί σε μονάδα θερμικής επεξεργασίας με ανάκτηση ενέργειας (σενάριο S4) τότε έχουμε και πάλι ένα περιβαλλοντικό κόστος της τάξης των 1-3 €/2000/t απορριμμάτων. Τα κυριότερα περιβαλλοντικά οφέλη από το σενάριο S3 προκύπτουν από την αποφυγή αερίων του θερμοκηπίου από την καύση των δευτερογενών προϊόντων (RDF ή SRF) σε βιομηχανίες. Βέβαια, στις περιπτώσεις που δεν είναι εξασφαλισμένη η διάθεση του δευτερογενούς προϊόντος σε βιομηχανικές μονάδες τα περιβαλλοντικά οφέλη περιορίζονται και το συνολικό περιβαλλοντικό κόστος του σεναρίου αυτού αν τα δευτερογενή προϊόντα (ή μέρος τους) οδηγηθεί σε ΧΥΤΑ μπορεί να φθάσει μέχρι τα 3 €/2000/t απορριμμάτων.

Είναι φανερό, ότι το οικονομικό μέγεθος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των σεναρίων S1-S3 είναι σχετικά μικρό και σημαντικά χαμηλότερο του εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους του σεναρίου S0, που όμως δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις της νομοθεσίας. Στο **Σχήμα 8-8** δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα περιβαλλοντικού κόστους για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια υιοθετώντας το βασικό σενάριο αποτίμησης των εξωτερικών οικονομιών. Επιπροσθέτως, στο **Σχήμα 8-9** δίνεται το εύρος διακύμανσης των εξωτερικών αυτών οικονομιών για κάθε εξεταζόμενο σενάριο.



**Σχήμα 8-8** Διακύμανση του βασικού σεναρίου εξωτερικών οικονομιών για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια.



**Σχήμα 8-9** Εύρος διακύμανσης των εξωτερικών οικονομιών για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων.

## 8.6 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

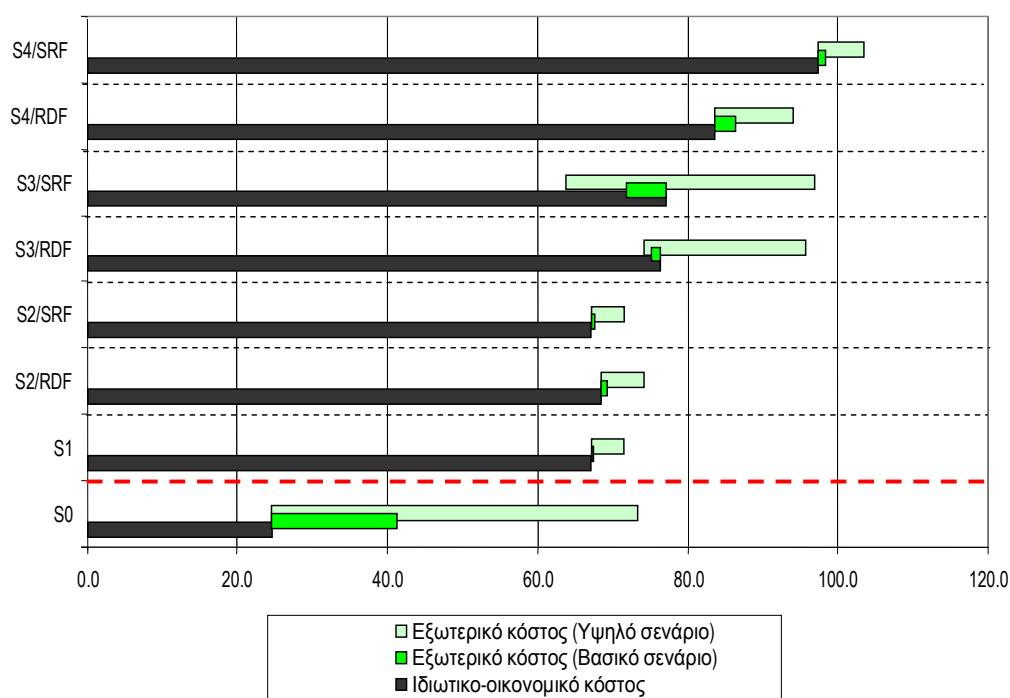
Τα αποτελέσματα της κλασσικής οικονομικής ανάλυσης για την αποδοτικότητα των σεναρίων διαχείρισης των απορριμμάτων που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην Παράγραφο 8.4.2. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα πιθανά κόστη και οφέλη από την αξιοποίηση προϊόντων κλπ., προκύπτει ότι όλα τα εξεταζόμενα σενάρια που καλύπτουν τις απαιτήσεις του θεσμικού πλαισίου που έχει υιοθετηθεί συνεπάγονται ένα ανηγμένο κόστος ανά t διαχειριζόμενων απορριμμάτων στο εύρος των 67 – 99 €. Τα σενάρια S1 και S2 που περιλαμβάνουν θερμική επεξεργασία εμφανίζονται σχετικά αποδοτικότερα από τα σενάρια S3 που βασίζονται αποκλειστικά στη μηχανική / βιολογική επεξεργασία. Τέλος, τα σενάρια S4 στα οποία το παραγόμενο RDF ή SRF δεν διατίθεται σε βιομηχανικές μονάδες αλλά χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε νέες μονάδες παρουσιάζει το σχετικά υψηλότερο μοναδιαίο κόστος. Το σύνολο όμως των σεναρίων S1-S4 εμφανίζει μοναδιαίο κόστος διαχείρισης απορριμμάτων σημαντικά υψηλότερο από το σενάριο αναφοράς S0, το οποίο βέβαια αδυνατεί να ικανοποιήσει τους στόχους που έχουν τεθεί ως προς τη διαχείριση απορριμμάτων στο υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο.

Επιπλέον, όλα τα σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων που εξετάστηκαν συνοδεύονται στον έναν ή στον άλλο βαθμό από περιβαλλοντικά κόστη και οφέλη τα οποία και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη λήψη αποφάσεων και τη συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων. Η εφαρμογή προσεγγιστικών τεχνικών για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων αυτών κατέδειξε ότι η υλοποίηση του σεναρίου S0 συνεπάγεται τη δημιουργία αρνητικών εξωτερικών οικονομιών σημαντικά μεγαλύτερων (της τάξης των 17 €/t διαχειριζόμενων απορριμμάτων στο



βασικό σενάριο αποτίμησης που μπορεί να φθάσουν έως 46 €/t διαχειριζόμενων απορριμμάτων στο υψηλό σενάριο αποτίμησης) από όλα τα υπόλοιπα εξεταζόμενα σενάρια, τις οποίες όμως θα κληθεί τελικά να πληρώσει το κοινωνικό σύνολο.

Η ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους που υπολογίστηκε για κάθε σενάριο στην επιχειρούμενη οικονομική ανάλυση και η συγκριτική αξιολόγησή τους στη βάση του κοινωνικού κόστους / οφέλους, που συμπεριλαμβάνει τόσο τις ιδιωτικοοικονομικές χρηματοροές όσο και τις εξωτερικές οικονομίες, δείχνει ότι τα εξεταζόμενα σενάρια δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την οικονομική αποδοτικότητά τους, λαμβάνοντας βέβαια υπόψη τις σημαντικές αβεβαιότητες που εγγενώς συνοδεύουν την αποτίμηση των εξωτερικών οικονομιών (Σχήμα 8-10). Με όρους κοινωνικού κόστους τα σενάρια που βασίζονται στη μηχανική / βιολογική επεξεργασία (S3 και S4) εμφανίζονται να παρουσιάζουν σχετικά υψηλότερο κόστος από αυτά που περιλαμβάνουν κατά βάση θερμική επεξεργασία (S1 και S2) ενώ οι σημαντικές εξωτερικές οικονομίες που προκαλεί το σενάριο αναφοράς (S0) συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της ελκυστικότητάς του. Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό ότι με βάση το υψηλό σενάριο εξωτερικού κόστους, το κοινωνικό κόστος του S0 είναι υψηλότερο των S1 και S2 καθώς και του S3 (στην περίπτωση που η συνολική παραγόμενη ποσότητα RDF/SRF διατεθεί σε βιομηχανικές μονάδες), παρά το ότι δεν ικανοποιεί βασικές επιταγές της υφιστάμενης νομοθεσίας.



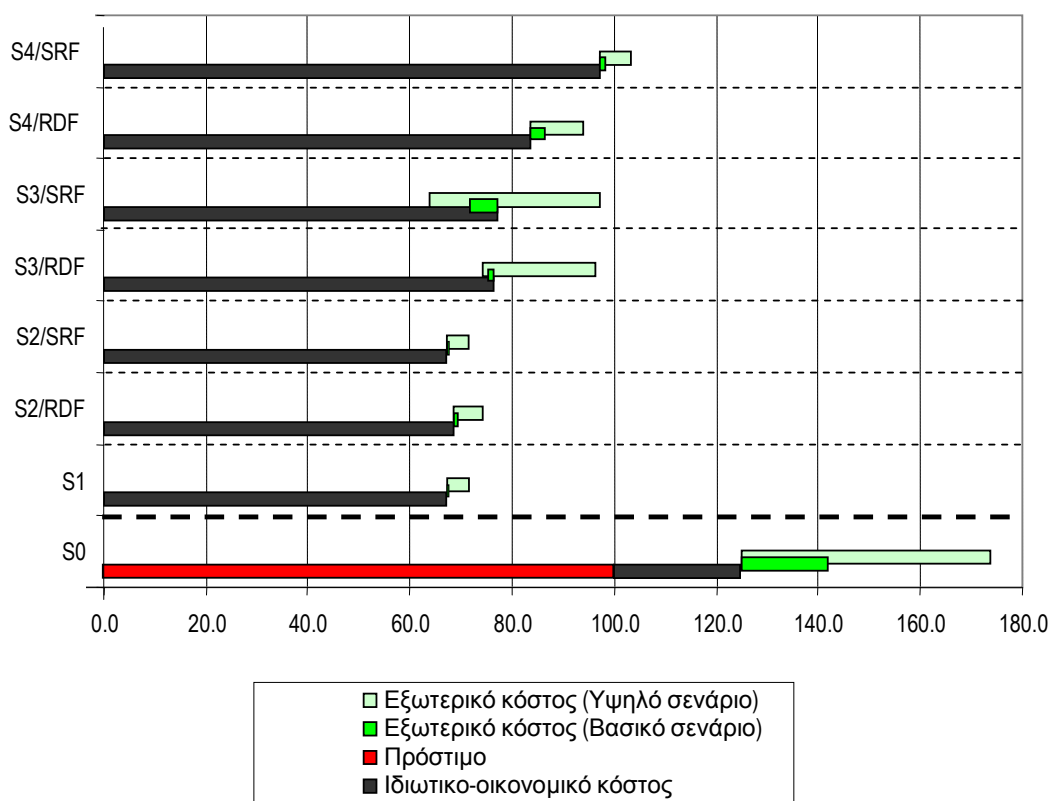
**Σχήμα 8-10** Συγκριτική οικονομική αξιολόγηση των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων στη βάση του κοινωνικού κόστους (σε €/t διαχειριζόμενων απορριμμάτων).

Όπως ήδη έχει τονιστεί σε προηγούμενα κεφάλαια ο υπάρχον σχεδιασμός (σενάριο S0) δεν καλύπτει τις κοινοτικές προδιαγραφές με αποτέλεσμα στο κόστος του να πρέπει να ενταχθεί και το αναμενόμενο κόστος των προστίμων. Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης τα πρόστιμα έχουν υπολογιστεί με βάση τις σημερινές τιμές και την εμπειρία του «Κουρουπητού» (~ 100 €/t διαχειριζόμενων απορριμμάτων) χωρίς να ληφθούν υπόψη οι προβλέψεις για το νέο ύψος των

σχετικών προστίμων μετά από την πρόταση οδηγίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Έτσι, το σενάριο S0 γίνεται πιο άμεσα συγκρίσιμο με τα υπόλοιπα σενάρια που εξετάστηκαν. Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 8-11** όλα τα σενάρια S1-S4 πλεονεκτούν σημαντικά σε σχέση με το S0 τόσο με όρους ιδιωτικο-οικονομικού όσο και κοινωνικού κόστους.

Η μικρή οικονομική διαφορά των σεναρίων S1-S4 παρέχει τη δυνατότητα ευελιξίας στην επιλογή της ενδεδειγμένης λύσης. Τα κριτήρια επιλογής της λύσης θα πρέπει να σχετίζονται άμεσα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής. Η ποιοτική σύνθεση των απορριμμάτων και κυρίως οι δυνατότητες αλλά και η διαμόρφωση της τοπικής αγοράς, που προορίζονται τα «προϊόντα», θα πρέπει να αξιολογούνται ως βασικοί παράμετροι της αποτελεσματικότητας της μίας ή άλλης λύσης. Ιδιαίτερα τα χαρακτηριστικά της σχετικής αγοράς θα πρέπει να γίνουν αντικείμενο ειδικής μελέτης. Ο αριθμός των επιχειρήσεων που έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν τα προϊόντα των εναλλακτικών λύσεων είναι πολύ περιορισμένος. Σε πολλές περιπτώσεις, εάν όχι σε όλες σχεδόν, παρατηρούνται χαρακτηριστικά μονοψωνίου. Για το λόγο αυτό οι ποσότητες που θα απορροφηθούν αλλά κυρίως η διαμόρφωση της τιμής του προϊόντος δεν είναι ενιαία για όλη την επικράτεια και παράλληλα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την οικονομική αποτελεσματικότητα και βιωσιμότητα του όλου εγχειρήματος.

Επιπλέον, αναλυτικότερες μελέτες πεδίου για τον ακριβέστερο προσδιορισμό του εξωτερικού κόστους / οφέλους που συνεπάγεται κάθε επιλογή μπορεί να δώσει κρίσιμες πληροφορίες για την πλέον ενδεδειγμένη λύση.



**Σχήμα 8-11** Συγκριτική οικονομική αξιολόγηση των εξεταζόμενων σεναρίων διαχείρισης απορριμμάτων στη βάση του κοινωνικού κόστους συμπεριλαμβάνοντας και πιθανά πρόστιμα που είναι πιθανόν να επιβληθούν λόγω της υλοποίησης του S0 (σε €/t διαχειριζόμενων απορριμμάτων).

## Βιβλιογραφία

1. CEMBUREAU (2003), The Cement CO<sub>2</sub> Protocol: CO<sub>2</sub> Emissions Monitoring and Reporting Protocol for the European Emissions Reduction & Trading system - Guide to the Protocol, May.
2. CSERGE, Warren Spring Laboratory, EFTEC (1993), Externalities from landfill and incineration, Report to the UK Department of the Environment, London: HMSO.
3. DEFRA (2005a), Advanced Thermal Treatment of Municipal Solid Waste, Waste Implementation Programme – New Technologies Supporter Programme (<http://ww.defra.gov.uk/environment/waste/wip/newtech/pubs.htm>)
4. DEFRA (2005b), Advanced Biological Treatment of Municipal Solid Waste, Waste Implementation Programme – New Technologies Supporter Programme (<http://ww.defra.gov.uk/environment/waste/wip/newtech/pubs.htm>)
5. DEFRA (2005c), Mechanical Biological Treatment & Mechanical Heat Treatment of Municipal Solid Waste, Waste Implementation Programme – New Technologies Supporter Programme (<http://ww.defra.gov.uk/environment/waste/wip/newtech/pubs.htm>)
6. Diaz, L.F., Papadimitriou, E.K., Savage, G.M., Eggerth, L.L., Stentiford, E.I. (2002), Selective Aspects of the Treatment Of Biodegradable Waste in the European Union. In: Michel, F.C., Rynk, R.F., Hoitink, H.A. (Eds.), Proceeding of the 2002 International Symposium on Composting and Compost Utilization, May 6-8, Columbus, Ohio, USA
7. Ecoprog GmbH, Fraunhofer UMSICHT (2006), The European market for waste incineration plants. Market volume – Manufacturers – Strategies – Trends, Cologne.
8. ENVIROS (2005), Municipal Waste Management Strategy (Appendices) - Rotherham Metropolitan Borough Council 2005-2020, Report prepared for Rotherham Metropolitan Borough Council (<http://www.rotherham.gov.uk/NR/rdonlyres/288AA7E4-1D53-426F-9243-7416CBD4DC34/0/StrategyAppendicesfinal1.pdf>)
9. Eunomia Research & Consulting (2002), Costs for Municipal Waste Management in the EU, Final Report to DG Environment, European Commission (<http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/>)
10. Externe (1999), Externalities of energy: national implementation, Vol. 10, European Commission, EUR 18528.
11. Foth & Van Dyke and Associates, Inc. (2004), Updated Research Study of Alternative Waste Processing Technologies, Scope I.D.: 04R004, Report prepared for Ramsey/Washington County Resource Recovery Project, Minesota USA ([http://www.co.ramsey.mn.us/NR/rdonlyres/C9000BB9-1C1A-43F5-8E1D-80A0A7E6AF35/5665/PC\\_Research\\_Study\\_on\\_Alternate\\_Waste\\_Processing.pdf](http://www.co.ramsey.mn.us/NR/rdonlyres/C9000BB9-1C1A-43F5-8E1D-80A0A7E6AF35/5665/PC_Research_Study_on_Alternate_Waste_Processing.pdf)).
12. Herhof Environmental (2007), Is the Stabilat® a clean fuel and where can it be used?, Frequently Asked Questions (<http://www.herhofenvironmental.com/site/faq.asp>)
13. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (1997), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories – Greenhouse gas inventory reference manual (Vol.3), IPCC/OECD/IEA, UK Meteorological Office, Bracknell.

14. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2000), Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
15. International Solid Waste Association [ISWA] Working Group on Thermal Treatment of Waste (2006), Energy from Waste, State-of-the-Art Report – Statistics 5<sup>th</sup> Edition, Copenhagen.
16. McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P. (2002), Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
17. Miranda M L and Hale B (1997), Waste not, want not: the private and social costs of waste-to-energy production, Energy Policy, 25(6), pp. 587-600.
18. Rand, T., Haukohl, J., Atarxen, L.U. (2000), Municipal Solid Waste Incineration. A Decision Maker's Guide, World Bank, Washington, USA ([http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2000/11/04/000094946\\_0010250532405/Rendered/PDF/multi\\_page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2000/11/04/000094946_0010250532405/Rendered/PDF/multi_page.pdf))
19. RDC & Pira (2001), Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62EC, Proposed draft Final Report, [www.scotland.gov.uk/library5/environment/pptc-00.asp](http://www.scotland.gov.uk/library5/environment/pptc-00.asp).
20. The Chartered Institution of Wastes Management (2003), Energy from Waste: A good practice guide, IWM Business Services, Northampton, UK ([http://www.iswa.ch/Info/Documents/Publication Awards04/Energy%20from%20Waste\(CIWM\).pdf](http://www.iswa.ch/Info/Documents/Publication Awards04/Energy%20from%20Waste(CIWM).pdf))
21. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών [ΕΑΑ] – ΥΠΕΧΩΔΕ (2006), Πρόβλεψη εκπομπών / απορροφήσεων των αερίων του θερμοκηπίου από ενεργειακές και μη-ενεργειακές χρήσεις, Δεκέμβριος, Αθήνα.

## 9 Συμπεράσματα

Η ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα παρόλη την πρόοδο τα τελευταία χρόνια δεν έχει ακόμη προχωρήσει σε ικανοποιητικό βαθμό ενώ συγχρόνως η πιθανότητα επίτευξης των νομικά δεσμευτικών σχετικών στόχων εντός των προθεσμιών που ορίζονται στις σχετικές Οδηγίες εξακολουθεί να παραμένει μικρή. Έτσι, διάφορες βασικές επιλογές βάσει των οποίων διαμορφώθηκαν στρατηγικές και επιλέχθηκαν δράσεις θα πρέπει να εξετασθούν εκ νέου στο πλαίσιο νέων δεδομένων τεχνολογικών, οικονομικών, νομικών και πολιτικών.

**Βασικός στόχος αυτής της μελέτης ήταν η παροχή της αναγκαίας πληροφορίας και η ανάπτυξη ενός πλαισίου αξιολόγησης των επιλογών που είναι σήμερα διαθέσιμες για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, μέσω: (1) συγκέντρωσης στοιχείων, τεχνικών και οικονομικών, (2) εκτίμησης μεγεθών, (3) περιγραφής τεχνολογιών και κυρίως (4) μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης του συνολικού κόστους συνυπολογίζοντας εξωτερικά οφέλη και επιβαρύνσεις**

Όλες οι εκτιμήσεις, τόσο από προηγούμενες μελέτες όσο και από αυτές στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, καταδεικνύουν την συνεχιζόμενη τάση αύξησης της ποσότητας των αποβλήτων και μάλιστα με σχετικά μεγάλα ποσοστά, της τάξης του 2.2-3% ετησίως για τα επόμενα 20 χρόνια, σε αντίθεση με μειωτικές τάσεις σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Αποτέλεσμα της τάσης αυτής είναι η αύξηση της ετήσιας παραγόμενης ποσότητας κατά περισσότερο από 45% μέχρι το 2020 σε σχέση με σήμερα. Αυτό βέβαια υπογραμμίζει την ανάγκη άμεσης επιλογής και εφαρμογής μεθόδων για την βέλτιστη διαχείριση και κατά το δυνατόν αξιοποίηση των αστικών αποβλήτων.

Είναι δεδομένο ότι η οποιαδήποτε στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος δεν μπορεί παρά να περιλαμβάνει αναγκαστικά μέτρα μείωσης της παραγωγής στην πηγή. Η σχεδίαση συγκεκριμένων δράσεων και η εφαρμογή μέτρων μείωσης δεν αποτέλεσε αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Εν τούτοις εκτιμάται ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια μείωσης της παραγόμενης ποσότητας στην Ελλάδα αφού μέχρι στιγμής δεν έχει θεσμοθετηθεί κανένα μέτρο προς την κατεύθυνση αυτή. Έτσι η προσπάθεια μείωσης θεωρείται μεν δεδομένη, αλλά ακόμη και στην περίπτωση επιτυχούς υλοποίησης σχετικών προγραμμάτων, οι εκτιμήσεις, οι πληροφορίες και τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης δεν επηρεάζονται σημαντικά.

Η μελέτη θεώρησε επίσης δεδομένη την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη προσπάθεια ανακύκλωσης υλικών στην πηγή, ειδικά αυτών που έχουν ήδη ανεπτυγμένο, έστω και σε στοιχειώδη βαθμό, δίκτυο συλλογής και ωφέλιμο οικονομικό αντικείμενο όπως χαρτί, αλουμίνιο και σιδηρούχα μέταλλα.

Μία επιπλέον παράμετρος του γενικού προβλήματος, αυτή της αποκομιδής, δεν περιλαμβάνεται στο αντικείμενο της μελέτης ακριβώς επειδή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες της όποιας περιφέρειας ορίσει κανείς για την εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης των αποβλήτων. Άλλωστε ο ορισμός αυτός της περιοχής εφαρμογής δεν μπορεί παρά να λάβει υπόψη του, πέραν των διοικητικών και κοινωνικών παραμέτρων, και τα προβλήματα αποκομιδής. Η αποκομιδή δημιουργεί με την σειρά της περιβαλλοντική επιβάρυνση το κόστος της οποίας, εξωτερικό μέχρι στιγμής, θα πρέπει να συνεκτιμηθεί όταν προχωρήσει η μελέτη εφαρμογής ολοκληρωμένου

σχεδίου διαχείρισης, σε συνδυασμό με το σύνολο των άλλων οικονομικών στοιχείων κόστους, για την σωστή επιλογή μιας κατά το δυνατόν βέλτιστης λύσης.

Τέλος, η μελέτη δεν περιλαμβάνει στοιχεία για τον τρόπο που αντιμετωπίστηκε το μεγάλο θέμα της επίτευξης γενικής αποδοχής της χωροθέτησης των εγκαταστάσεων σε δήμους ή περιοχές άλλων χωρών. Οι αναγκαίες δράσεις της λεγόμενης κοινωνικής μηχανικής (social engineering) για την ενημέρωση, ανταλλαγή απόψεων και στοιχείων, και ζύμωση με συναινετικές διαδικασίες ώστε να προχωρήσει ανεμπόδιστα η υλοποίηση των έργων, πρέπει να αποτελέσουν και αυτά μέρος της σχεδίασης, αφού άλλωστε η διαβούλευση είναι πλέον υποχρεωτική σύμφωνα με την Ελληνική και Κοινοτική νομοθεσία.

Ένα πρώτο συμπέρασμα της μελέτης που προκύπτει αμέσως από την επισκόπηση των στοιχείων για την διαχείριση αποβλήτων από όλες τις χώρες της ΕΕ αλλά και τρίτες χώρες όπως ΗΠΑ και Ιαπωνία είναι η **μεγάλη διακύμανση των στοιχείων κόστους** και τιμολόγησης των υπηρεσιών, των τελών και των προϊόντων. Αυτό είναι αποτέλεσμα των τοπικών προτεραιοτήτων, των οικονομικών και των τοπικών τεχνικών υποδομών και δυσκολιών. Υπάρχουν ακόμη διαφορές τιμών και στον τεχνικό εξοπλισμό αφού δεν πρόκειται για τυποποιημένες μονάδες αλλά για εγκαταστάσεις που σχεδιάζονται και διαστασιοποιούνται για την διαχείριση στερεών αποβλήτων συγκεκριμένης ποσότητας και σύνθεσης, και για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό εντείνεται και από τις διαφορές στην αξία γης ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Έτσι είναι αναπόφευκτη η ανάλυση κάθε περίπτωσης ξεχωριστά ώστε να ληφθούν υπόψη σωστά οι τοπικές και ειδικές συνθήκες.

Δεύτερο συμπέρασμα που συνδέεται με το προηγούμενο είναι η σημασία **των όρων χρηματοδότησης της επένδυσης** για τις όποιες εγκαταστάσεις κριθούν αναγκαίες για την λειτουργία του συστήματος διαχείρισης. Το κόστος επένδυσης είναι γενικά υψηλό. Ειδικά για την κατασκευή μονάδων ΜΒΕ ή καύσης, το κόστος είναι πιθανόν διπλάσιο αυτού ενός ΧΥΤΑ. Επιπλέον παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις, με αποτέλεσμα την πιθανή ανατροπή της ιεράρχησης επιλογών ανάλογα με την τελική τιμή κατασκευής που προσφέρεται. Επιβάλλεται, ως εκ τούτου, η διερεύνηση όλων των πηγών χρηματοδότησης, κρατικών, κοινοτικών και μεικτών με συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα ή της ΤΑ καθώς επίσης και η αξιοποίηση νέων χρηματοπιστωτικών εργαλείων.

Άμεσα συναφές θέμα είναι η τιμολόγηση των υπηρεσιών αποκομιδής και διάθεσης που θα πρέπει να επανεξετασθεί ώστε να ενσωματώσει διαφοροποιήσεις βασισμένες στην ποσότητα και τοπικές ιδιομορφίες με βάση την γενικά αποδεκτή αρχή του «ο ρυπαίνων πληρώνει». Σήμερα π.χ. το κόστος ταφής δεν τιμολογείται ορθολογικά και σε μερικές περιπτώσεις δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη. Το θέμα εντούτοις χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη ανάλυση εξ αιτίας της σημασίας των τελών στους προϋπολογισμούς των ΟΤΑ αλλά και την επιμέρους ανάλυση των σχετικών δαπανών.

Τρίτο συμπέρασμα είναι η διαπίστωση της **διεθνούς αποδοχής της καύσης με ενεργειακή αξιοποίηση** σαν ισότιμη μέθοδο διαχείρισης των στερεών αποβλήτων και μείωσης της ποσότητας προς ταφή. Σήμερα όλες οι χώρες των ΕΕ-15 πλην Ιρλανδίας και Ελλάδας λειτουργούν μονάδες παραγωγής θερμικής ενέργειας από αστικά στερεά απόβλητα, πολλές εκ των οποίων πολύ κοντά ή και μέσα στο κέντρο αστικών περιοχών. Υπάρχουν πλέον και εφαρμόζονται μέθοδοι/τεχνικές που διασφαλίζουν πλήρως την περιβαλλοντική ασφάλεια και την τήρηση των ορίων των αερίων εκπομπών το κόστος των οποίων συμπεριλαμβάνεται στην οικονομική εκτίμηση του κόστους των εγκαταστάσεων καύσης. Χώρες με αυστηρή περιβαλλοντική νομοθεσία και με αποτελεσματικούς μηχανισμούς ελέγχου επιτρέπουν την λειτουργία εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας

αποβλήτων ακόμη και στα κέντρα μητροπολιτικών περιοχών και δήμων ενώ οι τελευταίες κοινοτικές οδηγίες επιβάλλουν αυστηρότερα κριτήρια.

Τέταρτο συμπέρασμα είναι η ανάγκη εξασφάλισης **διάθεσης των προϊόντων της μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας** και δευτερογενών καυσίμων (εδαφοβελτιωτικά, ανακυκλώσιμα, SRF, RDF) πέραν της ταφής. Αυτό απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργασία και διαδικασίες τυποποίησης των προϊόντων και κατάλληλο σχεδιασμό ανάπτυξης αγορών ώστε να επιτευχθεί η αποδοχή των τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής πλευράς. Τα οικονομικά στοιχεία κόστους για την μεγαλύτερη επεξεργασία, για την διάθεση σε εγκαταστάσεις που έχουν την δυνατότητα θερμικής εκμετάλλευσης ή για ταφή αν δεν υπάρξει άλλη συμφερότερη διάθεση θα πρέπει να συνεκτιμηθούν στην λήψη αποφάσεων επιλογής της πλέον συμφέρουσας λύσης.

Συνάμα, θα πρέπει εδώ να σημειωθεί και η ανάγκη άμεσης εξειδίκευσης της νομοθεσίας και αποσαφήνισης των ορισμών ανάκτησης και απόθεσης αλλά και βιοαποδομήσιμου υλικού. Οι ορισμοί αυτοί σε συνδυασμό με τις ρυθμίσεις που απορρέουν από σχετικές οδηγίες για την καύση, χρήση ΒΔΤ κλπ. θα πρέπει να διαμορφωθούν έτσι ώστε αφ ενός μεν να μην δημιουργούν διαδικαστικά προβλήματα και αφ ετέρου να βοηθούν στην αξιοποίηση ειδικά των SRF & RDF αλλά και των προϊόντων κομποστοποίησης, πάντα στο πνεύμα της πλήρους διαφύλαξης της υγείας των πολιτών.

Πέμπτο συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι υπάρχει **κατώτερο όριο μεγέθους** που προέρχεται από τεχνικούς περιορισμούς ειδικά σε εγκαταστάσεις καύσης (της τάξης των 200 τόννων την ημέρα) με αποτέλεσμα να απαιτείται προσεκτικός ορισμός της περιοχής που θα εξυπηρετεί μία εγκατάσταση ειδικά σε μία χώρα όπως η Ελλάδα με τις μικρές και απομονωμένες καθώς και νησιωτικές περιοχές. Ταυτόχρονα υπάρχουν και ανώτερα όρια που προέρχονται από την έλλειψη εμπειρίας με πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις και τις δυσκολίες και αυξημένο κόστος αποκομιδής/μεταφοράς.

Έκτο συμπέρασμα είναι η σημασία της **διερεύνησης των δεδομένων και στοιχείων** όλων των φάσεων και των δυνατών τεχνικών που είναι ώριμες και διαθέσιμες με στόχο την σχεδίαση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των αποβλήτων μιας περιοχής, της οποίας ο ορθολογικός ορισμός των ορίων της δεν μπορεί παρά να αποτελεί μέρος του σχεδίου. Τα στοιχεία αυτά είναι καθοριστικής σημασίας στην εκτίμηση των δεικτών και κριτηρίων επιλογής της συμφέρουσας διάταξης και στην μετέπειτα σχεδίαση των εγκαταστάσεων και των λειτουργικών δομών. Είναι επίσης απαραίτητα στην μελέτη και διαπραγμάτευση των συμφωνιών για την διοίκηση και οικονομική πολιτική δασμών και τελών.

Ένα συναφές συμπέρασμα είναι η **έλλειψη επαρκών και αξιόπιστων** στοιχείων σε βάθος χρόνου αλλά και λεπτομέρειας (κυρίως σύσταση, ημερήσια παραγωγή και αποκομιδή ανά διαμέρισμα, πραγματική διάθεση, ποσοστά ανακύκλωσης) ακόμη και από ΟΤΑ ικανού μεγέθους με συγκροτημένες υπηρεσίες. Σε αρκετές περιπτώσεις τα στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμα σε αξιοποιήσιμη μορφή, είτε γιατί δεν είχαν αρχειοθετηθεί είτε γιατί δεν υπήρχαν αρκετές πληροφορίες για την εκτίμηση της ακρίβειας των. Είναι προφανές ότι, ανεξάρτητα από τις μελλοντικές οποιεσδήποτε επιλογές σχεδιασμού, απαιτείται η έναρξη ή ενίσχυση των προγραμμάτων μέτρησης και αρχειοθέτησης των στοιχείων όπως μετρήσεις θερμογόνου δύναμης, στοιχειομετρική ανάλυση και πρωτόκολλα δειγματοληψίας σε τοπικό και εθνικό επίπεδο και η δημιουργία μιας προσβάσιμης, επίκαιρης και βιώσιμης σε βάθος χρόνου βάσης δεδομένων.

Ένα επιπλέον, έβδομο συμπέρασμα προκύπτει από το σύνολο των νομοθετικών ρυθμίσεων τόσο αυτών που ήδη αποτελούν νόμο του κράτους και της ΕΕ όσο και αυτών που βρίσκονται σε διάφορα στάδια επεξεργασίας/κύρωσης ειδικά στην ΕΕ, και είναι η **εξάντληση πλέον όλων των**

**περιθωρίων για την εφαρμογή των διατάξεων**, κυρίως αυτών που απαγορεύουν την συνέχιση της λειτουργίας ΧΑΔΑ αλλά και ΧΥΤΑ πλέον, γεγονός που θα επισύρει πρόστιμο αρκετά μεγάλο ώστε να κάνει άμεσα αναγκαία την αναζήτηση δράσεων και την λήψη αποφάσεων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό θα ενταθεί στο μέλλον αφού είναι δεδομένη η προσπάθεια για ενίσχυση της προστασίας του περιβάλλοντος και των πολιτών που άλλωστε επισημοποιήθηκε πρόσφατα (Φεβρουάριος 2007) με την κατάθεση σχεδίου Οδηγίας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για ελάχιστες κυρώσεις, οικονομικές αλλά και ποινικές, για παραβάσεις περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Μία κωδικοποίηση της νομοθεσίας και νομολογίας αλλά και τα μέσα διάχυσης της θα βοηθούσαν σημαντικά προς την κατεύθυνση αυτή.

Όγδοο συμπέρασμα είναι ότι η **ενεργειακή αξιοποίηση** των αποβλήτων προς παραγωγή ενέργειας η οποία έχει ήδη αρχίσει με την αξιοποίηση του βιοαερίου από τους ΧΥΤΑ σε λίγες εγκαταστάσεις (Ν. Λιόσια, Ταγαράδες και άλλες εγκαταστάσεις όπως η Ψυτάλλεια) θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είτε από μονάδες που λειτουργούν με την απευθείας καύση στους χώρους υγειονομικής ταφής είτε από υπάρχουσες μονάδες καύσης όπως η ΔΕΗ και οι τσιμεντοβιομηχανίες. Με την έμφαση που δίνεται τελευταία στην μείωση των εκπομπών ΑΦΘ (δες την μονομερή δέσμευση της ΕΕ για μείωση μέχρι το 2020, κατά τουλάχιστον 20% σε σχέση τις εκπομπές του) και την ταυτόχρονη ανάληψη υποχρεωτικού στόχου παραγωγής 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ, η συνεισφορά από την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων ή παραγώγων του, θα είναι τριπλή, άμεση παραγωγή ηλεκτρισμού από καύση, βοήθεια στην επίτευξη του στόχου των ΑΠΕ αφού αυξάνεται η σημασία και αξιοποίηση βιομάζας, και μείωση εκπομπών μεθανίου που είναι 21 φορές περισσότερο επιβλαβητικό από το CO<sub>2</sub>. Στο πλαίσιο αυτό μάλιστα ίσως θα πρέπει να επαναξεασθεί η αποσαφήνιση του νομικού πλαισίου ως προς την ένταξη των απορριμάτων που οδηγούνται προς ενεργειακή αξιοποίηση στην κατηγορία των ΑΠΕ, ειδικότερα δε όσον αφορά τα RDF / SRF.

Ένα τελευταίο συμπέρασμα είναι η ανάγκη **συνεκτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους/οφέλους** στην αξιολόγηση των επιλογών για την καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων. Με την χρήση τεχνικών που είναι γενικά πλέον αποδεκτές είναι δυνατή η αναγωγή των επιπτώσεων σε οικονομικά μεγέθη ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμα με τα άλλα μεγέθη που αφορούν επενδύσεις, λειτουργία, συντήρηση κλπ. Κάποιες από τις επιπτώσεις μπορεί να είναι και θετικές (όφελος) ενώ άλλες δεν λαμβάνονται υπόψη στις μέχρι τώρα θεωρήσεις, τουλάχιστο ποσοτικά. Η σημασία του περιβαλλοντικού κόστους στην διαμόρφωση της σειράς προτίμησης των πιθανών επιλογών μεταβάλλεται σύμφωνα με τις τοπικές παραμέτρους, είναι μη αμελητέα και κατά περίπτωση μπορεί να είναι καθοριστική.

Θα πρέπει εδώ να επισημανθεί ότι η ευρωπαϊκή στρατηγική για τα απόβλητα όπως πλέον αποτυπώνεται και στο σχέδιο οδηγίας που αναμένεται να υιοθετηθεί μέχρι το τέλος του 2007, απαιτεί η επιλογή των σχεδίων διαχείρισης σε εθνικό και τοπικό επίπεδο να γίνεται με βάση την ανάλυση κύκλου ζωής, εργαλείο του οποίου είναι ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού κόστους.

### Η περίπτωση της Αττικής

Έχοντας υπόψη τον βασικό στόχο της μελέτης, δηλαδή την ανάλυση με ποσοτικά κριτήρια του ειδικού βάρους του περιβαλλοντικού κόστους (ή και πιθανού οφέλους) στην ιεράρχηση επιλογών για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης, επιλέχθηκε σαν παράδειγμα εφαρμογής της γενικότερης προσέγγισης που συνοπτικά παρουσιάστηκε προηγουμένως, η ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου, μια περιοχή που ταλανίζεται από την συνεχή επιδείνωση των προβλημάτων



διάθεσης των στερεών αλλά και των προϊόντων υγρών αποβλήτων. Τα αποτελέσματα ήδη παρουσιάστηκαν σε λεπτομέρεια σε προηγούμενα κεφάλαια. Συνοπτικά, με δεδομένη την ήδη υπάρχουσα κατάσταση όπως διαμορφώθηκε με τις σχετικές υπουργικές αποφάσεις και νόμους αλλά και τις επιταγές της Κοινοτικής νομοθεσίας, οι πιθανές λύσεις της αξιοποίησης των 3 θέσεων προς δημιουργία νέων χώρων υγειονομικής ταφής/διάθεσης σε συνδυασμό με μηχανική ή και με βιολογική επεξεργασία, με ή χωρίς καύση των αποβλήτων ή των προϊόντων της επεξεργασίας SRF-RDF, δεν διαφέρουν σημαντικά ώστε να έχει μία εξ αυτών των επιλογών σαφές προβάδισμα. Οι διαφορές είναι σχετικά μικρές (της τάξεως του +/- 15% του κόστους ανά τόνο αποβλήτων προς επεξεργασία). Η αλλαγή κάποιων από τις παραδοχές της μελέτης αλλάζει μεν την σειρά κατάταξης αλλά δεν μεγαλώνει την διαφορά μεταξύ των επιλογών ώστε κάποια να αναδειχθεί καθαρά η συμφέρουσα.

Το σενάριο υλοποίησης του υφιστάμενου σχεδιασμού, δηλαδή της κατασκευής των 3 ΧΥΤΑ και την λειτουργία του ΕΜΑΚ Λιοσίων είναι η «οικονομικότερη» λύση, πλην όμως περιλαμβάνει την λειτουργία ΧΥΤΑ για μη επεξεργασμένα απόβλητα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι δεν ικανοποιείται η κοινοτική νομοθεσία για την ανάκτηση υλικών, γεγονός που σίγουρα θα επιφέρει την καταδίκη και επιβολή προστίμου που θα την καταστήσει την λιγότερο οικονομική. Η φαινομενική υπεροχή της οφείλεται κυρίως στην ήδη υπάρχουσα επένδυση που έχει καταβληθεί τα προηγούμενα χρόνια.

Στην αξιολόγηση των άλλων εναλλακτικών σεναρίων, μεγάλη σημασία παίζουν ο τρόπος και οι όροι διάθεσης των προϊόντων της επεξεργασίας των ΑΣΑ (RDF, SRF και προϊόντα ανακύκλωσης), το είδος της θερμικής επεξεργασίας και αξιοποίησης της ενέργειας, το κόστος επένδυσης και το συνολικό περιβαλλοντικό κόστος (ή και όφελος).

Τα αποτελέσματα της συνεκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος και του κλίματος της Γης, στην ρύπανση των υδατικών πόρων και του εδάφους και στην ποιότητα ζωής και της υγείας των κατοίκων της περιοχής, αλλά και τα πιθανά οφέλη από την σωστή ενεργειακή εκμετάλλευση που έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή άλλων ρύπων, καταλήγουν σε προσαυξήσεις της τάξεως του 50-60% του κόστους ανά τόνο για τον ισχύοντα σχεδιασμό που δεν περιλαμβάνει καθόλου καύση και μειώνεται δραστικά στο 1-2% για τα υπόλοιπα σενάρια ενώ για ένα από αυτά γίνεται αρνητικό (δηλαδή όφελος). Βασικός επιβαρυντικός παράγων είναι η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής που αποτυπώνεται σε μια σχετικά μεγάλη τιμή για όλα τα σενάρια, και η οποία τριπλασιάζεται για την περίπτωση του ισχύοντα σχεδιασμού. Το κόστος αυτό αντισταθμίζεται από περίπου ισόποσο όφελος λόγω μείωσης είτε της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είτε των εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου. Για τον λόγο αυτό δεν ανατρέπεται η ιεράρχηση ακόμη και στην περίπτωση της αποδοχής υψηλών συντελεστών σχέσεων συγκεντρώσεων-επιπτώσεων στην υγεία (πάντα μέσα στα διεθνώς αποδεκτά όρια).

Το κύριο συμπέρασμα της ανάλυσης των εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης των στερεών αποβλήτων της Αττικής είναι η **ανάγκη αξιοποίησης συνδυασμού σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας**. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός θα επιλεγεί αφού προσδιοριστούν και συμπεριληφθούν και οι όροι των σχημάτων χρηματοδότησης των αναγκαίων επενδύσεων. Η ανάλυση επίσης αναδεικνύει τη **σημασία της θερμικής επεξεργασίας με παραγωγή ενέργειας** αφού αποδεικνύεται συμφέρουσα βάσει οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων, καθώς και την σημασία της **χρήσης εξελιγμένων μεθόδων λήψης αποφάσεων** που να έχουν την δυνατότητα συνεκτίμησης όλων των κρίσιμων παραμέτρων, μεταξύ των οποίων η χρηματοδότηση, το περιβαλλοντικό κόστος και η δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων ανακύκλωσης και δευτερογενούς επεξεργασίας. Τέλος, αναδεικνύει την ανάγκη προεργασίας για την διατύπωση και

αποδοχή των βασικών προδιαγραφών, για την επίτευξη προγραμματικών συμφωνιών και την συμμετοχή όλων των σχετικών φορέων.

#### Εν κατακλείδι

Συνεκτιμώντας όλα τα ανωτέρω αλλά και τα επιμέρους συμπεράσματα και στοιχεία της μελέτης, θα μπορούσε κανείς να διατυπώσει μία γενική πρόταση για την προσέγγιση του μεγάλου προβλήματος της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην χώρα μας. Η προτεινόμενη προσέγγιση θα πρέπει να περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα εξής καίρια σημεία πέραν των τυπικών που αφορούν στις διαδικασίες δημοπράτησης, επίβλεψης και λειτουργίας των εγκαταστάσεων:

- Ορισμός περιοχής εφαρμογής του σχεδίου, που πιθανόν να απαιτεί επαναλαμβανόμενες επανεκτιμήσεις σε συνδυασμό με αρχικά αποτελέσματα των επομένων φάσεων.
- Συμφωνία για την σύσταση ενός φορέα διαχείρισης με την συμμετοχή όλων των ΟΤΑ της περιοχής ο οποίος θα έχει την πολιτική κάλυψη, την θεσμική αρμοδιότητα με σωστά θεμελιωμένες εξουσιοδοτήσεις, την απαιτούμενη ευελιξία, την στελέχωση, την τεχνική υποδομή και τις οικονομικές υπηρεσίες.
- Συλλογή και αξιολόγηση στοιχείων παραγωγής από όλες τις πηγές
- Εξέταση, τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής πλευράς, όλων των σύγχρονων τεχνολογιών χωρίς εκ των προτέρων αποκλεισμούς
- Ανάπτυξη σχεδίου μείωσης παραγωγής και διαλογής στην πηγή
- Επεξεργασία αποτελεσματικού σχεδίου αποκομιδής, που περιλαμβάνει πραγματικές εκτιμήσεις κόστους αλλά και περιβαλλοντικής επιβάρυνσης
- Διατύπωση εναλλακτικών λύσεων προς εξέταση
- Εκτίμηση του γενικευμένου κόστους των εναλλακτικών λύσεων που περιλαμβάνει και το περιβαλλοντικό (και μέχρι σήμερα εξωτερικό) κόστος
- Επιλογή μεθόδου αξιολόγησης που να συνεκτιμά στοιχεία οικονομικά, τεχνικά, κοινωνικά κ.α. και να περιλαμβάνει σε κατά το δυνατόν σαφείς ποσοτικούς δείκτες
- Διερεύνηση πηγών χρηματοδότησης των αναγκαίων επενδύσεων και εκτίμηση του κόστους του χρήματος
- Διαμόρφωση πολιτικής τιμολόγησης
- Επεξεργασία δράσεων πληροφόρησης του κοινού, διαβούλευσης και επίτευξης ευρείας, κατά το δυνατόν, αποδοχής της/των προτεινομένων λύσεων.

Πολλά από τα παραπάνω σημεία, όπως π.χ. η αποκομιδή, η επιλογή τιμολογιακής πολιτικής και τελών, τα κριτήρια και ο αλγόριθμος επιλογής, και οι πηγές χρηματοδότησης, χρειάζονται περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία που δεν ήταν δυνατή στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, όπως άλλωστε σημειώνεται στην αρχή, κυρίως επειδή εξαρτώνται από τοπικούς παράγοντες, χρονικές συγκυρίες και συνθήκες. Εντούτοις, παρουσίαση των περισσότερων θεμάτων περιλαμβάνεται σε επιμέρους κεφάλαια και για τα περισσότερα από αυτά, δίνεται η αναγκαία πληροφορία και πλαίσιο σε ικανοποιητικό βάθος και λεπτομέρεια ώστε να είναι σε θέση οι υπεύθυνοι φορείς να διαβουλεύονται τόσο με τον τεχνικό/επιστημονικό κόσμο όσο και με τους πολίτες, ατομικά ή συλλογικά μέσω τοπικών ΜΚΟ ή άλλων οργανώσεων. Αυτή άλλωστε

εκτιμάται ότι θα είναι και η σημαντικότερη συνεισφορά της μελέτης στην επίλυση προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης.

Από τα προηγούμενα αναδεικνύεται η ανάγκη ολοκληρωμένης θεώρησης του προβλήματος διαχείρισης απορριμμάτων θέτοντας εθνικούς στόχους και λαμβάνοντας υπόψη τους υφιστάμενους σχεδιασμούς (που μπορεί να ξεπερνούν τα όρια νομών ακόμη και περιφερειών) και τα έργα που έχουν ήδη δρομολογηθεί. Ταυτόχρονα όμως θα πρέπει να συνεκτιμώνται όλες οι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνιστώσες των προτεινόμενων λύσεων έτσι ώστε τελικά να επιλέγονται οι λύσεις που μεγιστοποιούν το κοινωνικό όφελος.

Αλλά επιμέρους τεχνικά σημεία που προέκυψε από την παρούσα μελέτη ότι χρίζουν περαιτέρω ανάλυσης περιλαμβάνουν:

- Παραμέτρους που επηρεάζουν το κόστος επενδύσεων, προϊόντων και υπηρεσιών στον ελληνικό χώρο ώστε να καθορίζουν την συμφερότερη λύση
- Προβλήματα εφαρμογής συγχρόνων μεθόδων σε απομονωμένες και νησιωτικές περιοχές
- Τα πιθανά σχήματα και τους όρους χρηματοδότησης
- Ανάλυση αγορών και ελαστικότητας ζήτησης προϊόντων ανακύκλωσης και αποδοχής SRF, RFD
- Πρόγραμμα συλλογής στοιχείων και ανάλυσης
- Δημιουργία λειτουργικής και δυναμικής βάσης δεδομένων
- Κωδικοποίηση νομοθεσίας/νομολογίας για τους ορισμούς και χρήση προϊόντων επεξεργασίας ΑΣΑ
- Προδιαγραφές για βελτιστοποίηση της ενεργειακής εκμετάλλευσης προϊόντων εγχωρίων ΑΣΑ
- Εξειδίκευση συναρτήσεων περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον ελληνικό χώρο
- Ανάπτυξη μεθόδων ποσοτικοποίησης κοινωνικών παραμέτρων για χρήση σε αλγορίθμους λήψεων αποφάσεων

Η υλοποίηση ενός αποτελεσματικού προγράμματος διαχείρισης ΑΣΑ που είναι επιτακτική ανάγκη για την Αττική αλλά και για άλλες περιοχές της χώρας χρειάζεται την συνδρομή όλων των κοινωνικών εταίρων. Απώτερος στόχος της μελέτης είναι η συνεισφορά στην έγκυρη και τεκμηριωμένη πληροφόρηση των αιρετών και στελεχών των ΟΤΑ όλων των βαθμίδων, της κεντρικής πολιτικής ηγεσίας, των μέσων μαζικής ενημέρωσης, των μη-κυβερνητικών οργανισμών που ενδιαφέρονται για την ποιότητα της ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος και τέλος των πολιτών η συνεισφορά των οποίων είναι αυτή που τελικά θα δώσει την λύση.